

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

BERNARDO LIMA BENTO DE MELLO

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SILAGEM DOS RESTOS CULTURAIS DO
ABACAXIZEIRO PARA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS EM DIFERENTES PLANOS
NUTRICIONAIS**

**Campos dos Goytacazes – RJ
Abril – 2016**

BERNARDO LIMA BENTO DE MELLO

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SILAGEM DOS RESTOS CULTURAIS DO
ABACAXIZEIRO PARA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS EM DIFERENTES PLANOS
NUTRICIONAIS**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Alberto Magno Fernandes
COORIENTADOR: Prof. Dr. Fernando de Paula Leonel
COORIENTADOR: Dr. Leonardo Siqueira Glória

Campos dos Goytacazes – RJ
Abril – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCT / UENF**

106/2016

Mello, Bernardo Lima Bento de

Avaliação nutricional da silagem dos restos culturais do abacaxizeiro para alimentação de bovinos em diferentes planos nutricionais / Bernardo Lima Bento de Mello. – Campos dos Goytacazes, 2016.

47 f.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Zootecnia. Campos dos Goytacazes, 2016.

Orientador: Alberto Magno Fernandes.

Coorientadores: Fernando de Paula Leonel e Leonardo Siqueira Glória.

Área de concentração: Nutrição e produção animal.

Bibliografia: f. 40-47.

1. METABOLIZABILIDADE 2. RUMINANTES 3. ABACAXIZEIRO - SUBPRODUTO I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Zootecnia II. Título

CDD

636.084

BERNARDO LIMA BENTO DE MELLO

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SILAGEM DOS RESTOS CULTURAIS DO
ABACAXIZEIRO PARA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS EM DIFERENTES PLANOS
NUTRICIONAIS**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Aprovada em 11 de abril de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Tadeu Silva de Oliveira (Doutor em Zootecnia)

Dr. Leonardo Siqueira Glória (Doutor em Genética e Melhoramento) (Coorientador)

Prof. Fernando de Paula Leonel (Doutor em Zootecnia) – UFSJ (Coorientador)

Prof. Alberto Magno Fernandes (Doutor em Zootecnia) – UENF (Orientador)

Ao meu pai, Ricardo Bento de Mello,
por todo apoio, incentivo, dedicação,
amizade, educação, amor e força para
sempre seguir em frente lutando.

À minha mãe, Zélia Therezinha Lima Bento de Mello,
in memoriam, fonte de inspiração...
Por todo o amor, carinho, amizade, educação,
companheirismo, força e apoio em todos
os momentos da minha vida.

Ao meu irmão, Pedro Lima Bento de Mello,
por todo apoio, motivação, incentivo,
amizade, companheirismo,
além de ser um irmão maravilhoso.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por sempre me iluminar, guiar meus passos e me mostrar os melhores caminhos diante das dificuldades da vida. Por ter me proporcionado saúde, coragem e perseverança para a conclusão de mais uma etapa da minha vida.

A UENF, por ter me dado a oportunidade de estudar, atingindo boa formação e por permitir a ampliação dos meus conhecimentos profissionais por meio da pesquisa.

A Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), por terem cedido o campo experimental e os animais para este estudo.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

Ao meu orientador, professor e amigo, Dr. Alberto Magno Fernandes, grande motivador de minha caminhada pela pesquisa científica e de minha vida profissional, desde a iniciação científica, no curso de Graduação em Zootecnia da UENF. Exemplo de pessoa e de profissional, a quem sou muito grato, pela incansável ajuda, pela valiosa orientação profissional, dedicação, compreensão, amizade e por toda confiança em mim depositada, ao longo destes anos de nossa saudável convivência.

Ao professor Dr. Fernando de Paula Leonel, da UFSJ, por todos os valiosos conhecimentos adquiridos, pelo exemplo de profissional dinâmico, dedicado e humano, por ter proporcionado todo o apoio para que pudéssemos realizar o experimento nas dependências da UFSJ e da EPAMIG, por todo apoio na minha estada na universidade e ao projeto de pesquisa, do qual é idealizador.

Aos professores Ph.D Carlos Augusto de Alencar Fontes, Dr. Manuel Vazquez Vidal Júnior, Dr. Humberto Pena Couto, Dra. Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares, Dr. Antônio Gesualdi Júnior e Dr. Ricardo Augusto Mendonça Vieira, por todas as valiosas críticas construtivas, conselhos e ensinamentos ao longo do Doutorado.

Aos colegas de pós-graduação e amigos, Dr. Leonardo Siqueira Glória e Dra. Renata Soares Tavares da Silva, pelas sugestões e pela valiosa e imprescindível ajuda na realização das análises laboratoriais e estatísticas.

Aos exemplares, solícitos e competentes alunos do curso de Graduação em Zootecnia da UFSJ, Jonas Marco de Carvalho, Dimas Alves de Melo Júnior, Mayra Micaela de Assis, Jéssica Laureane Pinto, Alessandra Vanessa Pereira, Douglas Christofer Kicke Basaia, Tamara de Castro Nunes, Lorena Rodrigues Palmeira, Marco Aurélio Teixeira Andrade e Nayara Rezende, que não mediram esforços em “arregaçar as mangas” e trabalhar, desde a montagem da estrutura do curral para o experimento, até o preparo das amostras. Pela nossa convivência e pelo grande apoio agradeço, pois estiveram presentes, mesmo nas solitárias e intermináveis noites e madrugadas de coletas do experimento. Sem a valiosa e imprescindível ajuda de vocês, não seria possível a realização deste estudo.

Aos servidores e funcionários da UFSJ, Caio Rodrigues Monteiro e da EPAMIG, Sr. Antônio, Jaílton, Elias, Gilson, por toda a ajuda na montagem e execução do experimento.

Aos servidores da UENF, Maria Beatriz Mercadante, Almir Ribeiro de Carvalho Junior Cláudio Teixeira Lombardi, Jovana Ferraz Cerqueira Campos e Conceição Custódio dos Santos, pela atenção despendida e pelo apoio no decorrer do curso de Doutorado.

Ao professor Dr. José Geraldo de Vargas Junior, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), pela valiosa ajuda na determinação dos teores de energia bruta das amostras.

Ao Dr. Tadeu Silva de Oliveira, pelas sugestões para a elaboração da tese.

À Karla Rodrigues de Lima, pela grande ajuda na realização das análises estatísticas.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da UENF, com quem convivi neste doutorado, pela formação que me proporcionaram.

Aos meus pais, por tudo, pelo amor incomensurável, por todo tempo dedicado a mim e ao meu irmão, pelo maravilhoso exemplo de vida, motivação e apoio incondicional, com quem eu divido mais esta conquista. Ao meu irmão, por tudo, e mesmo por estar tão longe, sempre se fazer tão próximo e amigo. A vocês, o meu eterno amor e gratidão.

A toda minha família, pelo amor, carinho, entusiasmo, apoio, atenção, amizade e por terem participado de mais esta conquista. Por acreditarem que seria possível, mesmo nos momentos mais difíceis. Os meus sinceros agradecimentos.

Aos meus amigos Uilian Machado de Souza, Nardele Moreno Rohem Júnior e Daniel Loivos de Latorre Pereira, pelo apoio e pelas nossas sempre divertidas conversas.

A todos os meus amigos que, por muitas vezes, mesmo na distância, se fizeram presentes com palavras de apoio e força, demonstrando verdadeira e valiosa amizade, que conservarei para sempre.

A todos os colegas do Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), em especial a Joanir Gomes, Luana Gomes Gobbo Binda, Antônio Neto Magevski, Bevaldo Martins Pacheco, João Anselmo Molino e Agno Tadeu da Silva, pela compreensão, paciência e pelo grande apoio para a conclusão do meu curso de Pós-graduação.

A todos os amigos que fiz ao longo desta caminhada, pela atenção, amizade e pelo incentivo.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho e para conclusão dessa etapa de minha vida. Vocês fazem parte desta conquista.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

Bernardo Lima Bento de Mello, filho de Ricardo Bento de Mello e de Zélia Therezinha Lima Bento de Mello (*in memoriam*), nasceu em 05 de agosto de 1981, no município de Nova Friburgo, RJ.

Em 2003, ingressou no curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), no município de Campos dos Goytacazes, RJ, em que iniciou suas atividades junto à pesquisa por meio do Programa de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UENF), sendo bolsista em 2007 e 2008, e graduando-se em dezembro de 2008.

Em 2009, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal na mesma universidade e em maio de 2011 submeteu-se à defesa de dissertação com o título “Avaliação do modelo NRC para predição do consumo de matéria seca por vacas leiteiras manejadas em pastagens tropicais”, com a qual recebeu o título de Mestre em Ciência Animal.

Em 2012, ingressou no curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal na mesma universidade, sob orientação do Professor Dr. Alberto Magno Fernandes, e no dia 11 de abril de 2016, submeteu-se à defesa desta tese para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o consumo, a digestibilidade aparente e os teores energéticos de dietas, contendo a silagem dos restos culturais do abacaxizeiro em diferentes planos nutricionais. Dois quadrados latinos balanceados, com quatro tratamentos e duas repetições, foram conduzidos simultaneamente durante 84 dias, sendo 14 dias de adaptação dos animais às dietas e sete dias de coletas das amostras. Os tratamentos consistiram em quatro planos nutricionais (L), múltiplos da manutenção, i.e., $L = ME/M_m$ em que, ME é a energia metabolizável da dieta e M_m é a exigência de energia metabolizável na manutenção. Os quatro níveis do L foram: ME/M_m ; $ME/1,5 M_m$; $ME/2 M_m$; $ME/2,7 M_m$. As dietas isoproteicas foram balanceadas com a silagem dos restos culturais do abacaxizeiro, milho moído, farelo de soja, ureia e suplemento mineral, para oito novilhos de 202 ± 23 kg. A formulação foi modelada no *Microsoft Excel Solver*[®] e o ganho de massa foi ajustado para variar livremente nos $L = 1,5, 2$ e $2,7$. A metabolizabilidade (q , adimensional) das dietas foi mantida constante ($q = 0,61$) para todos os L . Foram calculados o plano nutricional corrigido L_c , a ME das dietas e sua metabolizabilidade corrigida (q'_m), além da estimativa do $[ME]$ da silagem. As variáveis foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico misto de Tempelman (2004). Foram observados efeitos dos tratamentos ($P < 0,05$) para todas as variáveis estudadas, exceto para: consumo de carboidratos não fibrosos, energia da urina e balanço de nitrogênio. O consumo observado (F) tendeu a ser inferior ao consumo predito na formulação das dietas. O consumo de matéria seca, em porcentagem da massa corporal dos animais ($F_{\%W}$, 1,3 a 2,1 % da W) e os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas foram próximos ao descrito na literatura para dietas com volumosos tradicionais. A ME consumida indicou possível ação da regulação fisiológica do F , nos $L = 1,5, 2$ e $2,7$ e as dietas forneceram de 0,87 a 1,29 vezes a energia metabolizável exigida pelos novilhos. A silagem dos restos culturais do abacaxizeiro mostra-se como boa forrageira alternativa para as dietas de ruminantes.

Palavras-chave: metabolizabilidade, ruminantes, subproduto.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate, in different nutritional plans, the intake, apparent digestibility and energy content of diets containing ensilage of the waste from pineapple cultivation (aerial parts). Two balanced latin squares, with four treatments and two replications were conducted simultaneously for 84 days, being 14 days for animals to adapt to diets and 7 days of sample collection. The treatments consisted of four nutritional plans (L), multiples of maintenance, i.e., $L = ME/M_m$, in which ME is the metabolizable energy of the diets and M_m is the requirement of metabolizable energy in maintenance. The four levels of L were; ME/M_m , $ME/1.5M_m$, $ME/2M_m$, $ME/2.7M_m$. The isoproteic diets were balanced with the ensilage of the waste from pineapple cultivation, ground corn, soybean meal, urea and mineral supplement for eight steers of 202 ± 23 kg. The formulation was modeled in Microsoft Excel Solver®. The gain of body weight was adjusted to vary freely in $L = 1.5, 2$ and 2.7 . The metabolizability (q , dimensionless) of diets was held constant ($q = 0.61$) for each L . The study calculated the adjusted nutritional plan (L_c), the ME of the diets and the adjusted metabolizability (q'_m) as well as the estimate of $[ME]$ silage. The variables were analyzed using the mixed statistical model of Tempelman (2004). Effects of the treatment ($P < 0.05$) were observed in all variables, except for: intake of non-fiber carbohydrates, urine energy and nitrogen balance. The observed intake (F) tended to be lower than the predicted consumption in the formulation of diets. The dry matter intake, in percentage of animal body weight ($F_{\%W}$ 1.3 to 2.1% W) as well as apparent digestibility coefficients of the diets were similar to that described in the literature for diets with traditional bulky. The ME consumed indicated a possible action of the physiological regulation of F in $L = 1.5, 2$ and 2.7 and the diets provided from 0.87 to 1.29 times the metabolizable energy required by steers. The ensilage of the waste from pineapple cultivation (aerial parts) shows up as a good alternative for ruminant diets.

Key words: by-product, metabolizability, ruminants.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 O ABACAXIZEIRO	13
2.2 RESÍDUOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DOS FRUTOS DO ABACAXI	14
2.3 SILAGEM DOS RESTOS CULTURAIS DO ABACAXIZEIRO.....	15
2.4 VALOR NUTRITIVO	16
2.5 PARTIÇÃO ENERGÉTICA DA DIETA.....	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 LOCALIZAÇÃO, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DURAÇÃO	22
3.2 FORMULAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS	22
3.3 MANEJO EXPERIMENTAL E COLETAS DE URINA E DE FEZES	25
3.4 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS	26
3.5 MONTANTES DOS NUTRIENTES E CONTEÚDOS ENERGÉTICOS.....	27
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A colheita e o processamento agroindustrial dos grãos de cereais e da fruticultura tropical proporcionam enormes sobras de resíduos que, *in natura* ou beneficiados, podem contribuir com uma parcela expressiva para a alimentação dos ruminantes.

Pesquisas e informações para utilização de algumas destas fontes alimentares alternativas ainda são limitadas (CAETANO et al., 2014; SANTOS et al., 2014; SILVA, 2014). No entanto, grandes quantidades de restos de culturas e resíduos agroindustriais são produzidas, porém, por vezes, com pouca utilização na alimentação animal. As agroindústrias investem no aumento da capacidade de produção, gerando grandes volumes de subprodutos, que geram custos operacionais para as empresas ou poluição para o meio ambiente. Assim, a utilização desses produtos, considerando seus teores proteicos e energéticos, pode ser uma importante alternativa alimentar para os ruminantes (LAVEZZO, 1995).

Existem diferenças conceituais entre resíduos, subprodutos e coprodutos agrícolas. Todos são substâncias ou materiais secundários gerados durante a colheita ou processamento das matérias primas, seja no campo ou dentro das agroindústrias propriamente ditas. O que difere resíduo de subproduto é a existência ou não de um mercado definido para a sua comercialização (FADEL, 1999). Assim, os produtos secundários de um processo agroindustrial demandados pelo mercado e que possuem valor de comercialização definido são chamados de subprodutos e aqueles que não têm potencial mercadológico ou cujo potencial não é efetivamente explorado são chamados de resíduos (BURGI, 1986). Todavia, o termo coproduto pode ser uma opção, pois é uma denominação que não passa a ideia de algo repugnante ou inútil, ou seja, não denigre o alimento (PEREIRA et al., 2009). Além disso, este termo é empregado quando um subproduto possui importância econômica considerável, dentro do processamento da matéria prima original. Contudo, os coprodutos possuem maior importância econômica no segmento que os subprodutos. A legislação nacional, de acordo com o Decreto nº 76.986, de 6 de janeiro de 1976, revogado pelo Decreto nº 6.296, de 11 de dezembro de 2007, dispõe sobre a inspeção e a fiscalização dos produtos destinados a alimentação animal, e não deixa clara a distinção entre subproduto e resíduos. No entanto, as duas terminologias passam a ideia de inferioridade ou mesmo a impressão de contaminante ambiental, no caso dos

resíduos. Deste modo, as denominações de subproduto e coproduto são empregadas a resíduos com finalidade mercadológica e renda agregada definidas.

O abacaxi (*Ananas comosus* L., Merr.) é uma das frutas tropicais mais populares do mundo, e o Brasil é um dos principais países produtores da espécie. Em 2015, o país produziu 1.767.270 mil frutos de abacaxi com rendimento médio de 26.365 frutos/ha (IBGE, 2016). Do abacaxizeiro, apenas o fruto, que compreende 38% da planta, é comercializável, sendo o restante, a soqueira, que é composta de folhas, caules e raízes considerada como resíduo agrícola (PY et al., 1984).

A parte aérea dos restos culturais do abacaxizeiro é composta pelas folhas e pelo caule, que podem ser utilizados nas dietas dos ruminantes. Após a colheita do fruto e das mudas remanescentes, pode-se obter de 15 a 30 toneladas de matéria seca (*DM*) por hectare deste resíduo (0,4 a 0,6 kg/planta), sendo este material passível de utilização na dieta dos ruminantes (PY et al., 1984). Por sua vez, culturas forrageiras tradicionais no Brasil, como o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.), frequentemente apresentam produtividades em torno de 20 toneladas de *DM*/ha (FLARESSO et al., 2000; GOMES et al., 2002; NEUMANN et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011), tal montante de *DM* ilustra o potencial de uso do referido resíduo agrícola.

Contudo, a literatura nacional carece de informações nutricionais específicas deste alimento e de seu impacto na nutrição e alimentação dos ruminantes. Conhecer o valor nutritivo dos restos culturais do abacaxizeiro é importante para que este recurso alimentar alternativo possa ser utilizado com mais segurança na alimentação dos bovinos, proporcionando uma alternativa alimentar para o aumento da eficiência dos sistemas de produção, minimizando custos com alimentação e as perdas de nutrientes para o ambiente (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992). O objetivo com este estudo foi avaliar o consumo, a digestibilidade aparente e os teores energéticos de dietas contendo a silagem dos restos culturais do abacaxizeiro, em diferentes planos nutricionais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O ABACAXIZEIRO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L., Merr.) é uma planta monocotiledônea, herbácea perene, da família Bromeliaceae, que cresce no solo com suas próprias raízes (REINHARDT, 2000). Todas as variedades de abacaxi de interesse para a fruticultura fazem parte dessa espécie (PY et al., 1984).

Os principais cultivares de abacaxi produzidos em todo o mundo são: *Smooth Cayenne* (*Cayenne*), *Singapore Spanish*, *Queen*, *Red Spanish* (*Española Roja*), Pérola e Perolera. No entanto, estima-se que 70% da produção mundial tenha como base a cultivar *Smooth Cayenne*. As cultivares *Smooth Cayenne* e Pérola lideram o mercado brasileiro. A primeira é bastante explorada, sobretudo no Triângulo Mineiro, uma das principais regiões produtoras de abacaxi do país. Já no Nordeste brasileiro, a variedade Pérola é a preferida (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

A cultivar *Smooth Cayenne*, pertencente ao grupo *Cayenne*, é tida como a rainha das cultivares de abacaxizeiro, por possuir muitas características favoráveis. É uma planta de crescimento semiereto, folhas com até 1,0 m de comprimento e com apenas dois a três pares de espinhos na extremidade, pedúnculo curto (± 15 cm), poucos filhotes, susceptível à fusariose e à murcha causada por cochonilhas. O fruto tem forma cilíndrica, com peso de 1,5 a 2,5 kg, polpa amarela, coloração externa alaranjada, elevado teor de açúcar e média acidez (CUNHA; CABRAL, 1999).

Por sua vez, a cultivar Pérola é muito cultivada no Brasil, apresenta porte médio, crescimento ereto, folhas com ± 65 cm de comprimento e com espinhos nos bordos, pedúnculo longo (± 30 cm), grande número de filhotes (10 a 15), susceptível à fusariose, porém apresenta certa tolerância à murcha causada por cochonilha. O fruto tem forma cônica, coroa grande, peso de 1 a 1,5 kg, polpa branca com muito suco e pouco ácida. Apesar de suas boas características organolépticas, não apresenta características adequadas para a industrialização e exportação *in natura* (CUNHA; CABRAL, 1999).

Quanto à oferta de frutos ao mercado durante o ano, a análise de sazonalidade de preços nas principais CEASAS – Centrais de Abastecimento do Brasil indica que o período de redução da oferta de abacaxi e consequente melhora nos preços da fruta ocorre entre fevereiro e maio. De junho a outubro têm-se os preços médios e de

novembro a janeiro temos os preços mais baixos da fruta, em função da safra (NASCENTE, 2005). Desta forma, segundo o setor de estatística da CEASA do Espírito Santo (ES), o abacaxi Pérola é uma fruta encontrada durante o ano todo, contudo, entre outubro e dezembro há um aumento significativo nas vendas e, conseqüentemente, devido ao período de safra (CEASA/ES, 2016), também se encontram os subprodutos do abacaxizeiro ao mercado.

2.2 RESÍDUOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DOS FRUTOS DO ABACAXI

Além de utilizado *in natura*, o abacaxi também pode ser industrializado para a extração do suco, fruto em calda ou enlatado, além de vários subprodutos que podem ser obtidos, apresentando um rendimento médio de 30 a 40% (PY et al., 1984).

O resultado do processamento do fruto do abacaxi, bastante presente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, constitui-se da casca, coroa, brotos, gomos, miolo e aparas, além da polpa da qual se extrai o suco (OLIVEIRA, 2003). Estes constituintes podem ser desidratados, originando o farelo de abacaxi. Boa parte da planta (72%), correspondente às folhas, aos caules e às raízes, – ainda é pouco aproveitada, mesmo tendo boas características forrageiras (VASCONCELOS et al., 2002). Segundo Ferreira et al. (2004), cerca de 77,5% da produção de abacaxi constitui-se das cascas, das folhas, dos caules, das coroas e dos frutos descartados.

A busca pela redução dos custos de produção dos ruminantes, aliada ao interesse no aproveitamento de resíduos agroindustriais da fruticultura, assim como a possível utilização de alimentos alternativos, motivou o surgimento de alguns trabalhos sobre o potencial de utilização dos resíduos da agroindústria do processamento de abacaxi (LALLO et al., 2003; PRADO et al., 2003; CORREIA et al., 2006; ROGÉRIO et al., 2007; FERREIRA et al., 2009a; RIESTRA et al., 2014) e/ou de outras frutas como acerola, banana, caju, caqui, cacau, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão e tomate (CARVALHO, 1992; LOUSADA JÚNIOR et al., 2005; LOUSADA JÚNIOR et al., 2006; FERREIRA et al., 2009b; AZEVÊDO et al., 2011). Contudo, Müller (1978) observou que a composição bromatológica dos resíduos das plantas do abacaxi e dos resíduos da indústria de conserva são nutricionalmente diferentes.

2.3 SILAGEM DOS RESTOS CULTURAIS DO ABACAXIZEIRO

Os restos culturais do abacaxizeiro são compostos basicamente pela parte aérea do abacaxizeiro sem o fruto, ou seja, o caule e as folhas. Segundo Kellems et al. (1979), o resíduo verde do abacaxizeiro pós-colheita apresenta 50,5 toneladas de *DM*/ha, que equivalem a 226 toneladas de matéria verde/ha. O abacaxizeiro adulto pode ter de 70 a 80 folhas (PY, 1969), que podem ser espinhosas, lisas ou semiespinhosas e/ou com espinhos apenas na extremidade.

A composição nutricional da silagem dos restos culturais do abacaxizeiro, obtida em quatro densidades de compactação (Tabela 1), foi avaliada por Caetano et al. (2014), que recomendaram a utilização desta silagem com densidade de 750 kg/m³, por apresentar melhor digestibilidade (257 g/kg), menor tempo médio de retenção no rúmen e menor custo. A digestibilidade ou degradabilidade do alimento é a sua capacidade de permitir que o animal utilize, em maior ou menor escala, seus nutrientes (COELHO DA SILVA; LEÃO, 1979).

Tabela 1 – Composição bromatológica da silagem dos restos culturais do abacaxizeiro sob diferentes pressões de compactação

Parâmetros	Pressões de Compactação			
	600 kg/m ³	700 kg/m ³	900 kg/m ³	1000 kg/m ³
Matéria Seca (%)	39,06	38,40	33,92	33,43
Proteína Bruta (%)	6,62	6,87	5,88	6,59
Fibra em Detergente Neutro (%)	54,10	53,95	54,61	55,37
Extrato Etéreo (%)	4,90	3,96	4,75	3,72
Lignina (%)	7,48	8,75	8,49	8,21

Fonte: Caetano et al., 2014 (adaptado).

Em trabalho conjunto, Marques et al. (2010), Leonel et al. (2010) e Paula et al. (2010) avaliaram a inclusão de aditivos (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus* ou farelo de milho) na silagem dos restos culturais do abacaxizeiro, e seus efeitos sobre a produção de ácido láctico e butírico, além das possíveis variações nos teores *DM* (MARQUES et al., 2010), proteína insolúvel em detergente neutro (*NDIP*) e ácido (*ADIP*) (LEONEL et al., 2010) e fibra insolúvel, após o tratamento com detergentes neutro (*NDF*) e ácido (*ADF*) (PAULA et al., 2010). Neste estudo, Marques et al. (2010) descreveram que os aditivos não promoveram alterações sobre a concentração dos ácidos butírico e láctico nas silagens estudadas. Os aditivos não

promoveram alterações na produção de ácidos orgânicos no interior dos silos e o processo fermentativo foi satisfatório para os restos culturais do abacaxizeiro ensilados com ou sem aditivos. Leonel et al. (2010) observaram que os níveis *NDIP* e *ADIP* obtidos não comprometem a utilização das silagens avaliadas. Segundo Paula et al. (2010), maior teor de *NDF* foi obtido nos silos confeccionados com aditivo microbiano e a diluição de massas entre o farelo de milho e plantas de abacaxi teve maior efeito sobre a *NDF* e a *ADF* nestas silagens do que em relação aos aditivos microbianos.

2.4 VALOR NUTRITIVO

O valor nutritivo de um alimento ou de uma dieta possui três componentes: o consumo alimentar; a digestibilidade; e a eficiência de utilização energética (VAN SOEST, 1994). Nos ruminantes o consumo de matéria seca é controlado por fatores físicos, fisiológicos e psicogênicos (MERTENS, 1994).

A regulação física do consumo de matéria seca ocorre quando dietas de baixa qualidade são fornecidas ao animal, que consome o alimento até atingir a capacidade máxima de enchimento do seu trato gastrintestinal (MERTENS, 1994). Desta forma, o consumo de alimentos volumosos pelos ruminantes é limitado pela distensão física resultante do fluxo da digesta ao longo do trato gastrintestinal, e está negativamente relacionado com o teor de *NDF* na dieta (ALLEN, 1997). Segundo Mertens (1992), dietas com consumos diários de *NDF* superiores a 1,2% da massa corporal são reguladas pelos mecanismos físicos e o consumo também é limitado pelo tempo necessário para que ocorra a digestão ruminal da fibra, na qual as partículas são suficientemente reduzidas, para que então possam deixar o órgão.

A regulação fisiológica do consumo é dada primariamente pela demanda de energia do organismo animal (KLEIBER, 1975), de modo que o balanço nutricional ou o status energético satisfaçam as exigências de manutenção e produção (MERTENS, 1997). Assim, quando dietas de alta qualidade são fornecidas, o animal se alimenta para satisfazer sua demanda energética e a ingestão é limitada pelo potencial produtivo do animal em utilizar a energia absorvida (MERTENS, 1994). Segundo Forbes (1993), os ruminantes, em geral, são capazes de controlar seu consumo energético de maneira semelhante aos animais de estômago simples, desde que o teor de nutrientes da dieta seja suficientemente alto para que as restrições físicas não

interfiram no consumo. De acordo com Conrad et al. (1964), dietas com digestibilidade acima de 66% tem o consumo regulado pelos fatores fisiológicos por apresentarem maior teor energético.

O mecanismo psicogênico de regulação do consumo envolve respostas do comportamento animal a fatores que inibem ou estimulam o consumo e estão relacionados ao alimento ou ao ambiente, independente do conteúdo energético da dieta ou mecanismo de controle físico do consumo. Assim, sabor, odor, textura e aparência de um alimento, além do *status* emocional do animal, das suas interações sociais e do aprendizado podem alterar a intensidade do consumo de um determinado alimento (MERTENS, 1994).

Segundo Mertens (1994), os efeitos de dominância da regulação fisiológica e da limitação física da ingestão são modificados por estímulos relacionados com a palatabilidade e o manejo alimentar. Contudo, a dominância de um mecanismo de controle de consumo sobre o outro pode estar relacionada à qualidade da dieta, ao seu conteúdo energético e a sua digestibilidade. Assim, dietas de alta digestibilidade apresentam maiores teores energéticos e menores taxas de consumo. Por sua vez, as dietas de baixa digestibilidade proporcionam menores consumos de matéria seca aos animais (VAN SOEST, 1994).

A digestibilidade dos alimentos apresenta maior variação entre os animais do que aos eventos ligados ao consumo e à eficiência de utilização energética que, por sua vez, são dependentes do estado fisiológico em que os animais se encontram. Assim, a digestibilidade é mais comumente utilizada como indicativo do valor nutritivo dos alimentos, mesmo quando os maiores responsáveis pela resposta produtiva são o consumo e a eficiência de utilização energética (VAN SOEST, 1994). A digestibilidade verdadeira é obtida pela diferença entre a massa de dieta ingerida e o montante de fezes produzido, subtraídos dos produtos metabólicos da digestão, presentes nas fezes. O coeficiente de digestibilidade verdadeira é sempre mais alto do que o de digestibilidade aparente que, por sua vez, não distingue no conteúdo fecal os componentes remanescentes da dieta, dos produtos metabólicos da digestão no animal (VAN SOEST, 1994).

Por seu turno, a qualidade do volumoso empregado nas dietas está entre os fatores mais importantes que exercem influência no desempenho do ruminante, quer seja em pastejo ou em confinamento (VAN SOEST, 1994). Para ser útil, a informação sobre a qualidade do volumoso deve estar disponível antes do fornecimento da dieta

ao animal e esta informação deve ser expressa em termos nutricionais, de forma que possa ser utilizada para prever o desempenho animal, quando o volumoso é a única fonte de nutrientes ou quando for utilizado com concentrados (MOORE, 1994).

Os nutrientes presentes nas dietas dos ruminantes são compostos químicos orgânicos e inorgânicos que participam diretamente dos processos metabólicos dos animais e são fornecidos a estes pelos alimentos, agrupados nas diferentes dietas. Os principais nutrientes para os animais são: carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas, minerais e água; sendo os três primeiros e a água, requeridos em maiores quantidades nas dietas (NRC, 2001).

A energia, fornecida nas dietas primariamente pelos carboidratos e lipídeos, e pela proteína, são considerados essenciais na nutrição animal, haja vista sua importância para o desenvolvimento dos animais (NRC, 2001) e também o fato de serem responsáveis pela maior fração do custo da alimentação nos sistemas de produção. Em animais recebendo dietas a base de volumosos, a maior porção da energia utilizada pelos ruminantes provém da fermentação da fração fibrosa dos alimentos no rúmen (VAN SOEST, 1994).

2.5 PARTIÇÃO ENERGÉTICA DA DIETA

A energia, definida como a capacidade de realizar trabalho, é requerida por todos os seres vivos, que a utilizam em todas as suas funções vitais (KLEIBER, 1975). Segundo Blaxter (1962), dois métodos gerais foram inicialmente utilizados para estudar o metabolismo energético dos animais. O primeiro mensurava toda a energia desperdiçada ou convertida em calor, e com isso determinava por diferença a energia no produto formado, tanto em termos de calorimetria, quanto no que se refere ao balanço de nitrogênio e de carbono. O segundo método, mensurava diretamente ou indiretamente a energia depositada no produto formado, como por exemplo, o abate comparativo e os cálculos baseados no balanço de *N* e no ganho de massa pelos animais.

A exigência de energia de manutenção tem sido definida como a quantidade de energia alimentar ingerida que não resulta em acréscimo ou perda de energia nos tecidos corporais do animal (LOFGREEN; GARRETT, 1968).

A energia presente nos alimentos é chamada de energia bruta (*GE*), que pode ser liberada na forma de calor, quando os alimentos são completamente oxidados. A

primeira perda da *GE* ocorre na digestão, mediante a determinação do calor de combustão das fezes, que quando subtraído do valor da *GE* obtém-se a energia digestível da dieta (*DE*). Neste montante estão incluídas as parcelas dos produtos metabólicos do organismo e dos alimentos não digeridos pelo animal (BRODY, 1945). Além da perda de energia das fezes dos animais, outros fatores importantes influenciam na utilização energética. Dentre eles devemos considerar o efeito do nível de consumo; o efeito da função orgânica, para a qual a energia é utilizada; e o efeito do balanço e de nutrientes nas dietas (MEYER; GARRETT, 1967).

Contudo, quando a energia perdida pela produção de gases da digestão (CH_4) e na urina são subtraídas da *DE*, tem-se a estimativa da energia metabolizável (*ME*). Tal medida indica o quanto da energia total ingerida é realmente aproveitada pelo organismo (BRODY, 1945). O CH_4 perdido é eliminado do rúmen pela eructação do animal durante a digestão (BLAXTER, 1962), sendo o gás emitido em maior quantidade pelos ruminantes. O CH_4 é produzido pelos microrganismos metanogênicos a partir de hidrogênio (H_2) e gás carbônico (CO_2) (FAHEY; BERGER, 1988). Durante a fermentação ruminal anaeróbica, os carboidratos são convertidos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente os ácidos acético, propiônico e butírico, que são os ácidos graxos voláteis. As proporções entre os ácidos graxos gerados pela atividade microbiana influenciam a emissão de CH_4 no rúmen. A formação dos ácidos acético e butírico é acompanhada pela produção de H_2 enquanto a produção de ácido propiônico envolve o consumo de H_2 . Assim, a proporção destes três ácidos determina a quantidade em excesso de H_2 no rúmen, passível de ser transformado em CH_4 pelas arqueobactérias metanogênicas (WHITELAW et al., 1984).

Segundo Johnson e Johnson (1995), a perda de energia devido à produção ruminal de metano pode ser de 2 a 12% da *GE* consumida pelo animal. Todavia, Van Soest (1994) descreve que as perdas energéticas pela produção de metano e via urina tendem a ser constantes, variando de 5 a 12% e de 3 a 5%, respectivamente.

Em adição às perdas que são deduzidas na obtenção da energia metabolizável, é preciso contabilizar a energia alimentar perdida na forma de calor, como incremento calórico e calor de fermentação, para se chegar à energia totalmente útil ao organismo, denominada energia líquida (*NE*) (LOFGREEN; GARRETT, 1968). Os principais componentes do incremento calórico da utilização dos carboidratos pelo organismo parecem ser os custos ou gastos energéticos estimados na armazenagem

de energia pelos animais e a sua contribuição é variável, dependendo da quantidade e forma de armazenamento da glicose no organismo. No entanto, o incremento calórico associado à utilização de proteínas e aminoácidos como fonte de energia pelo animal é maior (20 a 40%) que o incremento calórico advindo da utilização dos carboidratos para este fim, o que denota a menor eficiência das proteínas e dos aminoácidos para a geração de energia, quando comparadas aos carboidratos (BALDWIN, 1968). Todavia, tem-se que a *NE* é subdividida em energia líquida de manutenção (NE_m) que supre o metabolismo basal, as atividades de manutenção do organismo e de termorregulação, e energia líquida de produção (NE_p), que sustenta o crescimento, a engorda e a produção de leite (LOFGREEN; GARRETT, 1968).

Entretanto, a eficiência de utilização da energia para produção pelos animais consiste em como esta energia contida nos alimentos é transformada pelo organismo, em produto animal, seja este carne, gordura ou leite, dentre outros. Essa eficiência pode variar de acordo com a composição da dieta, a composição do ganho de peso (taxa de deposição de proteína e gordura), o grupo genético do animal, a velocidade de ganho, o ambiente de criação e o estágio de crescimento dos animais (KLEIBER, 1975).

De acordo com o *National Research Council – NRC* (1989), o sistema de *NE* fornece valores de disponibilidade de energia muito mais precisos que as antigas estimativas dos teores de nutrientes digestíveis totais (*TDN*). No entanto, segundo o NRC (2001) a digestibilidade dos alimentos pode ser reduzida em função do aumento no consumo. Desta forma, esta publicação propôs o cálculo de um fator de desconto que deve ser aplicado na *DE* de manutenção, que corrige o efeito do consumo sobre a digestibilidade e conseqüentemente sobre o valor energético dos alimentos, obtendo a *DE* produtiva. O valor da *ME* pode ser então estimado por equações, a partir da *DE* produtiva e a *NE*, estimada a partir da *ME*. Assim, quando o *TDN* ou a *DE* são conhecidos, todos os outros teores energéticos podem ser estimados utilizando-se equações apropriadas (NRC, 2001).

Os ruminantes podem utilizar a *ME* com diferentes eficiências nos diversos processos fisiológicos (manutenção, gestação, crescimento, engorda, lactação e trabalho) (BLAXTER, 1962). A eficiência de utilização da *ME* para manutenção (k_m) pode ser expressa pela razão entre a produção de calor em jejum e o consumo de energia metabolizável para manutenção (GARRETT, 1980). Contudo, a quantidade de *NE* disponível para manutenção e produção, bem como a quantidade da energia dissipada

na forma de calor, depende da *ME* presente nos alimentos (LOFGREEN; GARRETT, 1968). Por sua vez, a eficiência de utilização da *ME* para ganho (k_g) de massa corporal nos animais em crescimento é definida como a razão entre a *NE* para ganho e o consumo de *ME* para ganho (GARRETT, 1980). Segundo Tedeschi et al. (2010), a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção é maior do que a direcionada para o ganho de massa corporal.

Quanto ao aproveitamento da energia, o *Agricultural Research Council* – ARC (1980) estabeleceu o conceito da metabolizabilidade (q), definida como a energia metabolizável do alimento dividida por sua energia bruta. A metabolizabilidade da energia na manutenção é simbolizada por q_m e, em qualquer outro nível de alimentação, q_L . A eficiência de utilização da energia metabolizável (simbolizada por k) é definida como o aumento na retenção de energia que ocorre por unidade de incremento de energia metabolizável oferecida, tendo por isso estreita relação com a metabolizabilidade da energia em cada alimento. A eficiência de utilização da energia metabolizável foi então apresentada como função linear da metabolizabilidade da energia, sendo específica quanto à função fisiológica de interesse (manutenção, ganho de massa corporal, lactação, etc.).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DURAÇÃO

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura Leiteira, da Fazenda Experimental Risoleta Neves, localizada no município de São João del-Rei – MG, pertencente ao convênio entre a Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Foram utilizados dois quadrados latinos balanceados simultâneos, como descrito por Lucas (1957), que consistiram de quatro tratamentos e duas repetições. O experimento teve a duração de 84 dias, divididos em quatro períodos experimentais de 21 dias, sendo, 14 dias para adaptação e 7 dias de coletas de dados, e foi conduzido de setembro a dezembro de 2013.

Os tratamentos consistiram de quatro planos nutricionais (L), formados por múltiplos da manutenção, i.e., $L=ME/M_m$, em que, segundo o (AFRC, 1993), ME (MJ/d) é a energia metabolizável fornecida pela dieta e M_m (MJ/d) é a exigência de energia metabolizável na manutenção do animal. Os quatro L foram: ME/M_m ; $ME/1,5M_m$; $ME/2M_m$; $ME/2,7M_m$.

3.2 FORMULAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Para que as dietas experimentais pudessem ser adequadamente formuladas, os restos culturais do abacaxizeiro (*Ananas comosus* L., Merr., cv. Pérola) foram inicialmente ensilados em um silo experimental. Este silo foi confeccionado em um balde de PVC, lacrado com tampa de plástico e fita adesiva, com a finalidade de se conhecer sua composição bromatológica, para a formulação das dietas experimentais (Tabela 2). Simultaneamente foi confeccionado um silo tipo superfície na área experimental, do qual os animais foram alimentados durante este estudo.

As exigências nutricionais de manutenção dos novilhos foram calculadas de acordo com o AFRC (1993). A formulação das dietas dos diferentes tratamentos como múltiplos da manutenção (eq. (2)) foram modeladas como um problema de programação não linear geral. Para tanto, foi utilizando o Microsoft Excel Solver[®] com o método de resolução de Newton, como originalmente proposto por Lasdon et al. (1978). A maioria dos acrônimos, contidos na publicação do AFRC (1993), foram mantidos no presente

trabalho. Foi utilizada a convenção de acrônimos entre colchetes para indicar teor nutricional dos alimentos. A função objetivo é mostrada pela eq. (1), que contém os custos individuais (c_j , R\$/kg) de uma quantidade x_j desconhecida do j -ésimo ingrediente (na matéria natural, kg/d). As restrições estão representadas nas eq. (2) a (10) e os axiomas estão descritos no texto:

$$\min \sum_j c_j x_j, \text{ submetido a:} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$L = 1, 1,5, 2, \text{ ou } 2,7; \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\Delta W \geq 0; \quad \text{Eq. (3)}$$

$$q_m = 0,61; \quad \text{Eq. (4)}$$

$$0 \leq \text{Ureia} \leq 0,4 \text{ g/(d/kg)}; \quad \text{Eq. (5)}$$

$$ME = LM_m; \quad \text{Eq. (6)}$$

$$MP = 5,99LM_m; \quad \text{Eq. (7)}$$

$$[\text{peNDF}] \geq 200 \text{ g/kg DM}; \quad \text{Eq. (8)}$$

$$\text{NDF} \leq 12W; \quad \text{Eq. (9)}$$

$$x_j \geq 0. \quad \text{Eq. (10)}$$

O plano nutricional foi definido, como descrito anteriormente, para se obter uma solução para cada L . O ganho de massa diário (ΔW , g/d) foi ajustado para variar livremente nos, exceto no $L = 1$. A metabolizabilidade das dietas ($q_m = [ME]/GE$, adimensional, em que $GE = 18,8$ (AFRC, 1993)) foi mantida constante para todos os valores de L . A energia metabolizável da dieta (MJ/kg) foi calculada como se segue: $[ME] = (\sum_j [DM]_j [ME]_j x_j) / (\sum_j [DM]_j x_j)$, (MJ/kg DM). A quantidade de matéria seca a ser oferecida (DM, kg/d) foi computada como $\sum_j 0,001 [DM]_j x_j$. A energia metabolizável fornecida pela dieta (ME, MJ/d) foi igual a $\sum_j 0,001 [DM]_j [ME]_j x_j$. O teor de matéria seca ($[DM]_j$, g/kg de matéria natural) e o conteúdo de energia metabolizável ($[ME]_j$, MJ/kg DM), bem como os outros constituintes dos j -ésimos ingredientes e suas composições bromatológicas, foram consideradas como entradas para a resolução do problema da formulação, assim como as quantidades ofertadas, que são apresentados na Tabela 2. Algumas variáveis necessárias à formulação das

dietas (Tabela 2) foram obtidas segundo descrito pelo *Agricultural and Food Research Council – AFRC* (1993).

Tabela 2 – Composição bromatológica e custos dos alimentos utilizados como entradas, para a otimização das dietas dos tratamentos e as dietas resultantes otimizadas, para cada plano nutricional

Dados de Entrada ^a	Ingredientes			
	Silagem de Abacaxi	Milho Moído	Ureia	Farelo de Soja
c^{ab} , R\$/kg do alimento	0,12	0,60	1,20	0,60
[DM] ^a , g/kg do alimento	186,5	860	950	890
[NDF] ^a , g/kg DM	543	90	-	140
pef^{ac}	0,8	0,34	-	0,23
[ME] ^a , MJ/kg DM	10,24 ^f	13,8	-	12,6
[FME] ^a , MJ/kg	8,0 ^f	12,4	-	12,0
[CP] ^a , g/kg DM	77,1	102	2600	497
[ADIN] ^a , g/kg DM	1,2	-	-	2,2
a^a , dmls ^c	0,34 ^f	0,26	1,0	0,08
b^a , dmls ^c	0,57 ^f	0,69	-	0,92
k_d^a , 1/h	0,1 ^f	0,01	-	0,08
u^{ac} , dmls	0,09 ^f	0,05	-	-
[QDP] ^a , g/kg DM	26,2 ^f	26,5	2600	39,8
[SDP] ^a , g/kg DM	36,8 ^f	23,9	-	367,8
[ERDP] ^a , g/kg DM	57,8 ^f	45,1	2080	399,6
[UDP] ^a , g/kg DM	11,7 ^f	51,6	-	89,4
[DUP] ^a , g/kg DM	5,9 ^f	46,4	-	68,1
<i>Dietas otimizadas^{de}</i>				
1 x a manutenção	8344	937	-	170
1,5 x a manutenção	12463	1491	9	168
2 x a manutenção	16710	1988	9	214
2,7 x a manutenção	22087	3024	60	15

^ac, custo do alimento; DM, matéria seca; NDF, fibra em detergente neutro; pef , física fisicamente efetiva; ME, energia metabolizável; FEM, energia metabolizável fermentável; CP, proteína bruta; ADIN, nitrogênio insolúvel em detergente ácido; a , fração solúvel rapidamente degradável; b , fração insolúvel potencialmente degradável; k_d , taxa fracional de degradação de b ; u , fração não degradável da proteína; QPD, proteína rapidamente degradável; SDP, proteína lentamente degradável; ERDP, proteína efetivamente degradada no rúmen; UDP, proteína indegradável; DUP, proteína não degradada digestível.

^bR\$/kg de alimento. Preços de mercado de setembro de 2013 (quando 1 R\$ = 0,44 US\$).

^c Adimensional.

^d Quantidade dos alimentos, na matéria natural. i.e., g/d.

^e A todas as dietas foram adicionados 60 g/d de suplemento mineral comercial (Ca 205 g/kg, P 195 g/kg, Na 68 g/kg, S 12 g/kg, Co 200 mg/kg, Cu 1650 mg/kg, I 195 mg/kg, Mn 1960 mg/kg, Se 32 mg/kg, 6285 Zn mg/kg e F 1 mg/kg).

^f Valores calculados segundo o AFRC (1993).

As dietas foram isoproteicas e, ao restringi-las para proteína metabolizável constante (MP , g/d), para a taxa de ME (g/MJ), e por meio da fixação de valores exatos para L (eq. (2)), o aporte de ME e MP da dieta se tornou uma função da M_m como mostrado nas eqs. (6) e (7). As constantes 0,61 (eq. (4)) e 5,99 (eq. (7)) foram os menores valores utilizados como entradas que resultaram em soluções viáveis para o problema não-linear na faixa do L planejado. A quantidade de ureia ($Ureia$, g/d) foi ajustada para um limite superior, objetivando evitar intoxicações dos animais (eq. (5)). As restrições relacionadas às fibras (eq. (8) e (9)) foram adicionados às equações

originais do AFRC. O conteúdo fibroso do j -ésimo ingrediente ($[NDF]$, g/kg DM), bem como o seu fator de efetividade física da fibra (pef , adimensional) foram considerados. O teor de fibra fisicamente efetiva ($[peNDF]$) foi definido como um valor mínimo necessário para evitar a disfunção ruminal, tal como sugerido pelo NRC (2001) e mostrado pela eq. (8). Além disso, a capacidade máxima de consumo de fibras foi definida em $12 \text{ g/kg } Wd^{-1}$ (MERTENS, 1987; VIEIRA et al., 2008), o qual foi mostrado na eq. (9). W (kg), denota a massa do animal. A quantidade de fibra oferecida (NDF , g/d) foi definida como $10^{-6} \sum_j [DM]_j [NDF]_j x_j$.

3.3 MANEJO EXPERIMENTAL E COLETAS DE URINA E DE FEZES

Foram utilizados oito novilhos mestiços Holandês x Gir, não castrados, com idade de 18 meses e massa corporal de 202 ± 23 kg. Os animais passaram por tratamento prévio contra endo e ecto parasitas e tiveram a massa aferida ao início e ao final de cada período. Os novilhos foram alojados em baias individuais cobertas, providas de piso concretado, com bebedouros de livre acesso e comedouros individuais.

As dietas foram oferecidas aos animais duas vezes ao dia (às 7h e 13h), na forma completa, de modo que cada refeição continha 50% da porção diária pré-estabelecida. Diariamente, durante o arraçamento dos animais, foram quantificadas as massas das dietas ofertadas e das eventuais sobras de alimentos, e ainda foram realizadas amostragens destes materiais. Durante os períodos de adaptação dos animais às dietas experimentais foram realizados ajustes na oferta de alimentos, visando evitar a ocorrência de sobras nos cochos, durante os períodos de avaliação. O consumo diário individual de alimento pelos animais (F , kg/d) foi determinado pela diferença entre a massa total de alimento ofertado e a massa das possíveis sobras encontradas.

Nos 15^o e 16^o dias de cada período foram realizadas coletas totais de urina, durante 24h. Estas coletas foram feitas com auxílio de funis coletores, fixados aos animais. Estes funis foram fixados nos novilhos somente durante as coletas, para evitar injúrias aos animais. Os recipientes coletores tinham a capacidade para 5000 mL e continham 200 mL de solução 1,2 molar de HCl, para evitar a perda de amônia urinária. Ao término de cada período de 24 horas de coleta, a urina excretada foi

quantificada, homogeneizada e amostrada. Em cada dia foram coletadas duas amostras de urina dos animais, que foram armazenadas em frascos plásticos e mantidas em congelador a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Simultaneamente às coletas de urina, foram realizadas coletas totais de fezes, durante sete dias consecutivos, por período. Após defecção espontânea, as fezes foram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Ao término de cada período de 24 horas de coleta as fezes foram quantificadas e homogeneizadas, retirando-se uma amostra.

As massas frescas das dietas oferecidas, sobras, fezes e urina foram mensuradas com a aproximação de 0,005 kg. As amostras das dietas, eventuais sobras e das fezes passaram pelo processo de pré-secagem, em estufa de ventilação forçada a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 72 horas, e foram processadas em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm.

3.4 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Zootecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e no Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Após a secagem e a moagem, as amostras das dietas, sobras e fezes foram homogeneizadas para formar amostras compostas por animal por período.

As amostras das dietas, sobras e fezes foram analisadas para matéria seca ([DM], AOAC 967.03; AOAC, 1990), gordura bruta ([CF], AOAC 2003.06; THIEX et al., 2003), e cinzas [Ash] (AOAC 942.05; AOAC, 1990). O conteúdo de proteína bruta ([CP]) foi obtido pela digestão das amostras (0,25 g) em 5 mL de H_2SO_4 e 1 g de uma mistura 56:1 de Na_2SO_4 e $\text{Cu}_2\text{SO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ em tubos de 100 mL utilizando blocos de digestão de alumínio de acordo com as orientações descritas nos métodos AOAC 984.13 e AOAC 2001.11, incluindo a recuperação do N com certificação do $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ e Lisina-HCl (AOAC, 1990; THIEX et al., 2002). O teor de fibra insolúvel foi analisado com sulfito de sódio e duas adições de uma solução padronizada de amilase estável ao calor, com as [Ash] excluídas de acordo com o método AOAC 2002.04 ([NDF]; MERTENS, 2002). O teor dos carboidratos não fibrosos ([NFC]) foi estimado como: $[\text{NFC}] = 1000 - [\text{CP}] - [\text{CF}] - [\text{Ash}] - [\text{NDF}]$.

Foram feitas amostras compostas da urina por animal por período. Em uma amostra de urina foi determinado o teor de nitrogênio (UN) (THIEX et al., 2002) e na outra foi determinado o teor de matéria seca, após secagem em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. O conteúdo de energia da urina (UE , MJ/d), das dietas, sobras e fezes foram determinados pelo calor de combustão, num calorímetro de volume constante (*Parr Instrument Company, Moline, USA*).

3.5 MONTANTES DOS NUTRIENTES E CONTEÚDOS ENERGÉTICOS

O conteúdo de energia digestível (DE , MJ/d) das dietas consumidas foi obtido pela diferença entre o consumo de energia bruta (F_{ge} , MJ/d) e a energia bruta das fezes (R_{ge} , MJ/d), eq. (11).

$$DE(\text{MJ/d}) = F_{ge} - R_{ge}; \quad \text{Eq. (11)}$$

O consumo observado de matéria seca (F , kg/d) das dietas foi calculado como se segue: $F = 0,001(\sum_j [DM]_j x_j - [DM]_o O)$. A quantidade das sobras diárias (O , kg/d), o teor de DM das sobras ($[DM]_o$, g/kg DM) e a DM fecal produzida diariamente (R , kg/d) foram utilizados no cálculo da matéria seca digestível (D , kg/d), i.e., $D = F - R$. A quantidade digestível aparente de um nutriente específico foi indicada como D_{Nut} , isto é D_{NFD} , D_{Ash} , D_{CP} ou D_{CF} , e a sua concentração na dieta foi denotado como $[D_{Nut}]$. Para qualquer dado nutriente, os componentes individuais eq. (12) foram calculados como se segue: $Nut_{offered} = 10^{-6} \sum_j [DM]_j [Nut]_j x_j$; $O_{Nut} = 10^{-6} [DM]_o [Nut]_o O$; e $R_{Nut} = 0,001 [Nut]_{feces} R$. A quantidade de um determinado nutriente na DM fecal foi também denotada como R_{Nut} (kg/d). Um determinado Nut foi calculado como $F_{Nut} = Offered_{Nut} - O_{Nut}$.

$$\forall D_{Nut}(\text{kg/d}) = Offered_{Nut} - O_{Nut} - R_{Nut}; \quad \text{Eq. (12)}$$

$$[DE](\text{MJ/kg}) = DE/F. \quad \text{Eq. (13)}$$

Os coeficientes de digestibilidade da DM de uma dieta consumida e de um nutriente específico foram determinados como se segue:

$$[D](\text{g/kg } DM) = 1000D/F; \quad \text{Eq. (14)}$$

$$[D_{Nut}](\text{g/kg } DM) = 1000 D_{Nut}/F. \quad \text{Eq. (15)}$$

A energia diária estimada do metano (E_g , MJ/d) foi estimada pela equação proposta por Blaxter & Clapperton (1965), modificada como na eq. (16).

$$E_g = 18,8F(1,3 + 0,112[D]_m + L_c(2,37 - 0,05)[D]_m/100). \quad \text{Eq. (16)}$$

Os termos $[D]_m$ e L_c representam a digestibilidade média da dieta em nível de manutenção ($L = 1$) e o plano nutricional corrigido, respectivamente. Estas estimativas a partir das perdas de energia foram descontadas da DE para produzir o consumo aparente de energia metabolizável (ME) das dietas ($[ME]$), que alimentaram cada animal em cada combinação entre tratamento e período.

$$ME(\text{MJ/d}) = DE - UE - E_g. \quad \text{Eq. (17)}$$

Entretanto, como descrito por Jardim et al. (2013; 2015), o valor de L_c foi ignorado e uma equação adicional relacionando o L_c com outra entrada de consumo de energia metabolizável (eq. (18)) foi necessária, para se encontrar a solução numérica de L_c . De acordo com a eq. (6), $L_c = ME/M_m$; e $M_m = (FHP + A)/k_m$ e $k_m = 0,35ME_m/GE_m + 0,503$ e $M_m = ME_m$. Os termos FHP , A , k_m , GE_m e ME_m representam, respectivamente, a produção de calor em jejum, as atividades voluntárias do animal, a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção, o consumo de energia bruta na manutenção e o consumo de energia metabolizável na manutenção, i.e., $ME_m/M_m = 1$.

$$ME = 26,9F_m(-0,503L_c + (0,253L_c^2 + 1,4L_c^2(FHP + A)/(18,8F_m))^{1/2}). \quad \text{Eq. (18)}$$

O termo F_m denota o F medido na manutenção do animal. O plano nutricional corrigido desconhecido (L_c) foi obtido utilizando o resultado da razão entre eq. (17)/eq. (18) como resultado da otimização do custo por variação numérica de L_c , sendo esta otimização feita utilizando a ferramenta do Microsoft Excel Solver®, sempre que a razão entre eq. (17)/eq. (18) se aproximou de $1,0000 \pm 0,0005$. Assim, o conteúdo de energia metabolizável das dietas, utilizado para os resultados da eq. (17) e eq. (18), baseado na otimização, foi finalmente obtido como $[ME] = ME/F$ (MJ/kg DM) e a metabolizabilidade corrigida das dietas (q') foi obtida considerando $q' = ME_m/GE_m$ (JARDIM et al., 2013; 2015).

O $[ME]$ da silagem dos restos culturais do abacaxizeiro foi obtido por diferença, a partir das observações de arraçoamento em que não ocorreram sobras de alimentos nos cochos, subtraindo-se dos $[ME]$ das dietas, os $[ME]$ tabelados do milho e do farelo de soja, descritos pelo AFRC (1993) e presentes no concentrado ofertado (Tabela 2). Assim, o conhecimento do $[ME]$ da silagem dos restos culturais do abacaxizeiro

proporcionou também a estimativa de sua metabolizabilidade (q) obtida pela razão entre $[ME]/[GE]$.

O balanço de nitrogênio foi considerado como; $NB = (F_{CP} - R_{cp})/6,25 - UN$. Em que, F_{CP} , R_{cp} e UN , correspondem, respectivamente, ao consumo de proteína bruta, à proteína bruta nas fezes e ao montante de nitrogênio excretado na urina diariamente (JARDIM et al., 2013).

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para fins de comparação, o consumo de nutrientes, nutrientes digestíveis, energia digestível, energia metabolizável e os montantes de fezes e urina produzidos diariamente foram escalonados para o tamanho metabólico, dividindo-se a respectiva entrada ou a quantidade excretada pelo $W^{3/4}$ (g ou MJ/kg^{3/4}/d). A quantidade consumida de fibra foi escalonada para W (g/kg/d). As estimativas dos parâmetros finais foram apresentadas em sua forma escalonada, em g ou MJ/kg^{3/4}/d. As variáveis foram analisadas pelo seguinte modelo estatístico misto (TEMPELMAN, 2004):

$$Y_{ikl} = \mu + \alpha_i + s_k + \beta_l + \alpha\beta_{il} + e_{ikl} \quad (\text{Eq. 19})$$

Em que: Y_{ikl} é a observação relacionada com a grandeza de medição no k -ésimo novilho alimentado para o i -ésimo plano nutricional durante o l -ésimo período. Os efeitos fixos na Eq. (19) são a média (μ), o plano nutricional (α_i), o período repetido para os dois quadrados latinos balanceados (β_l), e a interação tratamento \times período ($\alpha\beta_{il}$). Os efeitos aleatórios são os novilhos (s_k) e o termo do erro normal (e_{ikl}).

O modelo estatístico foi ajustado utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS (Version9; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) com o método da máxima verossimilhança restrita. A matriz de covariâncias dos resíduos foi modelada como componentes de variância, simetria composta, correlações auto-regressivas e com a estrutura de variância-covariância irrestrita (LITTELL et al., 2006). A escolha da estrutura de covariância foi feita pelo critério de Akaike (SUGIURA, 1978; BURNHAM; ANDERSON, 2004). As probabilidades das diferentes estruturas foram comparadas de acordo com Vieira et al. (2012). Todos os critérios da informação computada também foram utilizados para verificar a probabilidade da Eq. (19), montada com ou sem o termo $\alpha\beta_{il}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados efeitos dos tratamentos ($P < 0,05$) para todas as variáveis estudadas (Tabela 3), exceto para; F_{NFC} , U_{GE} e NB . Foi observada interação entre os efeitos de tratamento e período, para R_{CF} , D_{Ash} e q'_m (Tabela 4). As análises estatísticas das variáveis nutricionais medidas resultaram em variâncias homogêneas nos diferentes L estudados (Tabelas 5 e 6).

Tabela 3 – Valores de probabilidade ($P < 0,05$) das variáveis medidas analisadas sob os efeitos do plano nutricional (T), período (P) e da interação período e tratamento (I)

Variável	Estrutura de Variância ^h	T	P	I	Linear	Quadrática
W^a	cs	0,002	<0,001	0,378	0,013	0,420
DM^b	cs	<0,001	0,155	0,104	<0,001	0,001
O^b	vc	0,032	0,619	0,807	0,001	0,261
F^b	cs	<0,001	0,244	0,145	<0,001	0,001
F_{Ash}^b	cs	<0,001	0,016	0,213	<0,001	0,002
F_{CF}^b	cs	<0,001	<0,001	0,085	<0,001	0,022
F_{CP}^b	cs	<0,001	0,001	0,070	0,001	0,047
F_{NDF}^b	cs	<0,001	0,121	0,150	<0,001	0,002
F_{NFC}^b	vc	0,304	0,811	0,873	0,324	0,037
F_{Lig}^b	cs	<0,001	0,001	0,134	0,001	0,024
F_{GE}^b	cs	<0,001	0,054	0,159	<0,001	0,003
R^c	cs	<0,001	0,080	0,203	<0,001	0,004
R_{Ash}^c	cs	0,016	<0,001	0,906	0,054	0,226
R_{CF}^c	vc	<0,001	0,002	0,025*	-	-
R_{CP}^c	cs	<0,001	0,007	0,109	<0,001	0,006
R_{NDF}^c	cs	<0,001	<0,001	0,115	0,001	0,013
R_{NFC}^c	vc	0,004	0,783	0,207	0,014	0,071
R_{LIG}^c	cs	<0,001	<0,001	0,397	0,001	0,029
R_{GE}^c	cs	<0,001	0,003	0,135	<0,001	0,011
D_{Coe}^d	vc	0,020	0,001	0,060	0,057	0,087
D^e	cs	<0,001	0,403	0,081	<0,001	0,001
D_{Ash}^e	vc	<0,001	0,001	0,034*	-	-
D_{CF}^e	ar	0,001	0,006	0,426	<0,001	0,200
D_{CP}^e	ar	<0,001	<0,001	0,082	0,013	0,383
D_{NDF}^e	cs	<0,001	0,011	0,099	0,004	0,038
D_{NFC}^e	cs	<0,001	0,042	0,075	<0,001	0,001
DE^f	cs	<0,001	0,552	0,201	<0,001	0,001
U_{GE}^f	vc	0,116	0,131	0,958	0,044	0,075
ME^f	cs	<0,001	0,042	0,104	<0,001	<0,001
UN^g	vc	0,034	0,034	0,848	0,030	0,222
NB^g	vc	0,541	0,090	0,073	0,315	0,586
q^a	cs	<0,001	<0,001	<0,001*	-	-
L_c^a	cs	<0,001	<0,001	0,7658	<0,001	<0,001

^a W , denota a massa dos animais (kg) e as variáveis adimensionais são a metabolizabilidade corrigida das dietas (q) e o plano nutricional corrigido (L_c).

^b Montantes de matéria seca oferecida (DM), sobras (O), consumo de matéria seca (F), consumo de cinzas (F_{Ash}), consumo de gordura bruta (F_{CF}), consumo de proteína bruta (F_{CP}), consumo de fibra em detergente neutro (F_{NDF}), consumo de carboidratos não fibrosos (F_{NFC}) e consumo de lignina (F_{Lig}), expressos em $g/(d \times kg^{3/4})$, consumo de energia bruta (F_{GE}), em $MJ/(d \times kg^{3/4})$.

^c Montantes fecais de matéria seca (R), cinzas (R_{Ash}), gordura bruta (R_{CF}), proteína bruta (R_{CP}), fibra em detergente neutro (R_{NDF}), carboidratos não fibrosos (R_{NFC}) e lignina (R_{LIG}), expressos em $g/(d \times kg^{3/4})$. Energia bruta das fezes (R_{GE}), em $MJ/(d \times kg^{3/4})$.

^d Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (% DM).

^e Digestibilidades aparentes da matéria seca (D), cinzas (D_{Ash}), gordura bruta (D_{CF}), proteína bruta (D_{CP}), fibra em detergente neutro (D_{NDF}) e carboidratos não fibrosos (D_{NFC}), expressos em $g/(d \times kg^{3/4})$.

^f Consumo de energia digestível (DE), energia bruta da urina (U_{GE}) e consumo de energia metabolizável (ME) expressos em $MJ/(d \times kg^{3/4})$.

^g Nitrogênio na urina (UN) e balanço de nitrogênio (NB), em $g/(d \times kg^{3/4})$.

^h Simetria composta (cs), componente de variância (vc) e auto regressiva de primeira ordem (ar).

* Interações desdobradas na Tabela 4.

Tabela 4 – Desdobramentos dos valores de probabilidade ($P < 0,05$) das variáveis analisadas que apresentaram efeitos de interação entre período e tratamento

Variável	Período	Tratamento	Linear	Quadrática
R_{CF}^a	1	0,285	0,089	0,095
	2	0,012	0,004	0,655
	3	0,041	0,069	0,077
	4	0,071	0,013	0,310
D_{Ash}^b	1	0,036	0,513	0,096
	2	0,081	0,010	0,286
	3	0,095	0,955	0,010
	4	0,003	0,105	0,856
q^c	1	0,005	0,329	0,227
	2	<0,001	<0,001	<0,001
	3	<0,001	0,080	0,013
	4	<0,001	0,001	0,001

^a R_{CF} , gordura bruta nas fezes ($g/(d \times kg^{3/4})$).

^b D_{Ash} , digestibilidade aparente das cinzas ($g/(d \times kg^{3/4})$).

^c q^c , metabolizabilidade corrigida das dietas (adimensional).

A silagem dos restos culturais do abacaxizeiro (Tabela 5) apresentou composição bromatológica próxima ao descrito em trabalhos recentes (SILVA, 2014), diferindo somente do menor [NDF], descrito por Santos et al. (2014) e do maior [DM], encontrado por Caetano et al. (2014).

Contudo, o F dos animais nos $L = 1,5, 2$ e $2,7$ tendeu a ser inferior ao consumo predito (F_{Pred}) na formulação das dietas experimentais (Figura 1. a). Esta superestimação do F , provavelmente se deve a inclusão nas dietas estudadas em cerca de 60% da DM (Tabela 2), de um volumoso com características nutricionais até então pouco conhecidas. Ao observarmos os valores F obtidos para cada L estudado (Tabela 6) é perceptível o comportamento de estabilização de F a partir do $L = 2$. Este comportamento foi mais evidente com o aumento dos L . Os valores observados de consumo de matéria seca, em porcentagem da massa corporal dos animais ($F_{\%W}$, % da W) (Tabela 6) foram próximos aos descritos na literatura, para outras dietas com volumosos comumente utilizados para alimentação de bovinos, como as silagens de capim marandu (1,74% da W), sorgo (2,19 % da W , CHIZZOTTI et al., 2005; 2,06 % da W , PEREIRA et al, 2006) e milho (2,47 % da W , FREITAS, et al., 2002; 1,98 a 2,04 da W , SILVA et al., 2006), além dos fenos dos capins *coast cross* e *Urochloa decumbens* (2,05 a 2,14 % da W , VÉRAS et al, 2000), o que indica boa aceitação das dietas estudadas pelos novilhos, mesmo nos $L = 1,5, 2$ e $2,7$ em que foram observadas sobras de alimentos ofertados nos cochos (Tabela 5). A ocorrência de sobras nos maiores L estudados, parece ser um indicativo da ação dos mecanismos regulatórios sobre o consumo dos animais e a heterogeneidade da sua composição bromatológica (Tabela 5) pode ser resultante da ação de seleção das dietas pelos animais.

Tabela 5 – Teores^a de matéria seca (*DM*), nutrientes^b e energia^b da silagem e das dietas, sobras, fezes e matéria digerida em cada plano nutricional previsto (*L*), das dietas experimentais de novilhos

Plano Nutricional	<i>DM</i> ^d	[<i>DM</i>] ^e	[<i>CP</i>] ^e	[<i>CF</i>] ^e	[<i>Ash</i>] ^e	[<i>NDF</i>] ^e	[<i>NFC</i>] ^e	[<i>GE</i>] ^f	[<i>DE</i>] ^f
<i>Silagem</i> ^c									
	-	186,4	81,1	33,6	70,1	527,0	287,3	17,1	-
<i>Dietas Oferecidas</i>									
<i>L</i> = 1	49,6	273,9	93,1	33,2	72,0	475,9	413,5	26,0	-
<i>L</i> = 1,5	69,4	273,3	91,1	33,2	73,0	475,6	417,9	26,8	-
<i>L</i> = 2	82,2	272,0	90,1	33,5	72,8	476,9	417,3	27,9	-
<i>L</i> = 2,7	81,7	276,2	91,3	33,7	72,1	473,9	423,0	28,0	-
<i>Sobras</i>									
<i>L</i> = 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L</i> = 1,5	0,1	28,6	12,2	3,5	7,9	72,3	29,2	2,1	-
<i>L</i> = 2	1,1	167,2	51,3	14,1	45,1	336,6	177,9	10,5	-
<i>L</i> = 2,7	3,1	220,5	84,2	26,3	81,8	463,1	219,6	14,6	-
<i>Fezes</i>									
<i>L</i> = 1	17,3	199,4	137,1	50,3	186,5	494,8	131,3	16,3	-
<i>L</i> = 1,5	25,8	185,4	134,5	51,0	156,1	514,6	143,9	16,6	-
<i>L</i> = 2	31,6	189,3	134,0	54,1	156,3	500,3	155,3	16,7	-
<i>L</i> = 2,7	29,5	184,8	134,6	52,5	149,7	509,7	153,6	16,8	-
<i>Digerido</i>									
<i>L</i> = 1	32,2	968,2	98,8	20,2	24,3	274,8	565,8	-	17,2
<i>L</i> = 1,5	43,5	965,6	92,3	19,8	43,2	255,3	579,0	-	17,0
<i>L</i> = 2	49,5	964,3	87,5	18,8	41,5	258,6	583,5	-	16,9
<i>L</i> = 2,7	49,2	962,7	93,0	21,3	37,1	241,3	593,2	-	16,8

^a Resultados analíticos na *DM* e das variáveis, possuem mesma amplitude do intervalo de confiança (95%) em cada *L* para; oferecido, sobras, fezes e digerido, respectivamente: *DM* = ±9,3, ±1,6, ±4,6 e ±5,3. [*DM*] = ±0,3, ±81,4, ±8,3 e ±0,9. [*CP*] = ±0, ±24,0, ±7,5 e ±4,4. [*CF*] = ±0, ±7,5, ±5,7 e ±3,0. [*Ash*] = ±0, ±29,6, ±6,1 e ±4,9. [*NDF*] = ±0,1, ±156,5, ±14,4 e ±11,7. [*NFC*] = ±0,2, ±95,2, ±15,6 e ±11,7. [*GE*] = ±0,6, ±4,9 e ±0,1. [*DE*] = ±0,1.

^b [*CP*], proteína bruta; [*CF*], gordura bruta; [*Ash*], cinzas; [*NDF*], fibra em detergente neutro; [*NFC*], carboidratos não fibrosos; [*GE*], energia bruta; [*DE*], energia digestível.

^c Erro padrão da média dos [*DM*], [*CP*], [*CF*], [*Ash*], [*NDF*], [*NFC*] e [*GE*] da silagem de ±4,9, ±3,7, ±3,6, ±10,9, ±11,3, ±10,7 e 0,2, respectivamente.

^d g/(dxkg^{3/4}).

^e g/kg de *DM*, para silagem, dietas ofertadas, sobras, fezes e digerido.

^f MJ/kg *DM*.

A relação entre *F* e os consumos de fibra em detergente neutro (F_{NDF}) (Figura 1. b) e de lignina (F_{Lig}) (Figura 1. c) não indicam a ocorrência de regulação do *F* causada pelos componentes fibrosos das dietas. Este fato corrobora os resultados obtidos para os consumos diários de fibra em detergente neutro (F_{NDFg} , g/d) (Tabela 6), que não foram superiores à restrição apresentada na eq. (9) (MERTENS, 1987; VIEIRA et al., 2008). Os [*NDF*] oferecidos, bem como os digeridos (Tabela 5), foram inferiores ao limiar superior de F_{NDF} de 550 a 600 g/kg *DM*, descrito por Van Soest (1965), para que ocorram efeitos prejudiciais do [*NDF*] sobre o *F* voluntário dos animais. Embora a lignina esteja contida no montante do F_{NDF} , sua distribuição foi

apresentada (Figura 1. c) devido a sua importância sobre efeito regulatório do F dos ruminantes, por estar intimamente ligada às frações de lenta digestibilidade e indigestíveis da fibra, as quais tendem a permanecer no rúmen por mais tempo, causando os efeitos de enchimento do órgão, com consequente regulação do F por repleção ruminoreticular (VAN SOEST, 1965). A fração indigestível da NDF somente deixa o rúmen pelo escape das partículas ao longo do trato gastrointestinal, o que favorece a ocorrência dos efeitos da repleção ruminal sobre depressão do F (VIEIRA et al., 1997), principalmente em dietas de baixa digestibilidade.

Nos maiores níveis observados de F , ocorreram também os maiores F_{NDF} (Tabela 5) e, segundo Mertens (1996), este maior aporte dietético de NDF apresenta uma razão inversa com a disponibilidade de energia das dietas. Desta forma, observou-se que os montantes de ME consumidos pelos animais (Tabela 5) tenderam à estabilização nos maiores níveis de F (Figura 1. d), indicando a possível atuação dos mecanismos fisiológicos de regulação do F nos animais, nos $L= 1,5, 2$ e $2,7$. Nestes mecanismos, a regulação do F é feita a partir do atendimento das exigências energéticas do animal (MERTENS, 1997), quando a ingestão de energia se iguala à exigência do animal (MERTENS, 1994). Assim, a exigência energética do animal é regulada primariamente, pelo nível de produção, que está em função do seu potencial produtivo (NRC, 1989).

O F_{CP} sofreu influência do plano nutricional (Tabela 2) e pode ter sido influenciado pela seleção da dieta, feita pelos animais nos maiores L . Contudo UN e o NB não diferiram nos tratamentos (Tabela 6). O NB foi positivo em todos os L avaliados, indicando que as dietas possivelmente supriram as exigências proteicas dos animais. No $L=1$ foram observados os menores F e os maiores $CoefD_{CP}$ (Tabela 6). Este comportamento corrobora a teoria de que o maior aproveitamento dos compostos nitrogenados nos ruminantes ocorre em dietas com menores teores proteicos (RUSSELL et al., 1992), uma vez que o aumento excessivo do $[CP]$ da dieta pode levar ao excesso de liberação de ureia via urina pelo animal, ocasionando perda de N (CAVALCANTE et al., 2006).

Tabela 6 – Variáveis medidas em cada plano nutricional (L) e seus intervalos de confiança (IC).

Variável	L = 1	L = 1,5	L = 2	L = 2,7	IC (95%)
W^a	200,3	201,1	196	190,5	$\pm 23,9$
F^b	48,5	67,8	79,3	76,8	$\pm 9,6$
$F_{\%W}^c$	1,3	1,8	2,1	2,1	$\pm 0,3$
F_{NDF}^b	17,5	24,4	28,6	27,0	$\pm 3,9$
F_{NDFg}^c	4,7	6,5	7,7	7,3	$\pm 1,2$
D^d	31,2	42,0	47,7	47,3	$\pm 5,7$
$CoefD^e$	64,4	62,2	60,8	62,0	$\pm 1,5$
D_{NDF}^d	8,8	11,1	12,6	12,1	$\pm 1,6$
$CoefD_{NDF}^e$	51,0	45,9	45,5	44,5	$\pm 2,1$
D_{NFC}^d	18,3	25,2	29,0	28,9	$\pm 3,6$
$CoefD_{NFC}^e$	88,9	87,2	85,7	86,6	$\pm 1,9$
D_{CF}^d	0,6	0,9	1,0	1,0	$\pm 0,2$
$CoefD_{CF}^e$	42,5	39,4	35,8	41,0	$\pm 6,4$
D_{CP}^d	3,2	4,0	4,3	4,6	$\pm 0,5$
$CoefD_{CP}^e$	57,0	53,6	51,0	53,7	$\pm 3,0$
UN^f	0,3	0,4	0,3	0,4	$\pm 0,05$
NB^g	0,1	0,1	0,2	0,2	$\pm 0,2$
DE^h	0,8	1,2	1,3	1,3	$\pm 0,2$
ME^h	0,43	0,59	0,65	0,65	$\pm 0,07$
q'^a	0,543	0,519	0,501	0,514	0,002
L_c^a	0,87	1,18	1,29	1,25	$\pm 0,09$

^a W , massa dos animais (kg) no início dos períodos; e as variáveis adimensionais, metabolizabilidade corrigida (q') e plano nutricional corrigido (L_c).

^b Consumo de matéria seca (F), consumo de fibra em detergente neutro (F_{NDF}), em $g/(d \times kg^{3/4})$.

^c Consumo de matéria seca ($F_{\%W}$), em % da W . Consumo de fibra em detergente neutro (F_{NDFg}), em g/kg de W .

^d Digestibilidades aparentes; da matéria seca (D), da fibra em detergente neutro (D_{NDF}), dos carboidratos não fibrosos (D_{NFC}), da gordura bruta (D_{CF}) e da proteína bruta (D_{CP}), em $g/(d \times kg^{3/4})$.

^e Coeficientes de digestibilidade aparente; da matéria seca ($CoefD$), da fibra em detergente neutro ($CoefD_{NDF}$), dos carboidratos não fibrosos ($CoefD_{NFC}$), da gordura bruta ($CoefD_{CF}$) e da proteína bruta ($CoefD_{CP}$), em %.

^f UN , nitrogênio na urina, $g/(d \times kg^{3/4})$.

^g NB , balanço de nitrogênio, $g/(d \times kg^{3/4})$.

^h Montantes consumidos de energia digestível (DE) e energia metabolizável (ME), em $MJ/(d \times kg^{3/4})$.

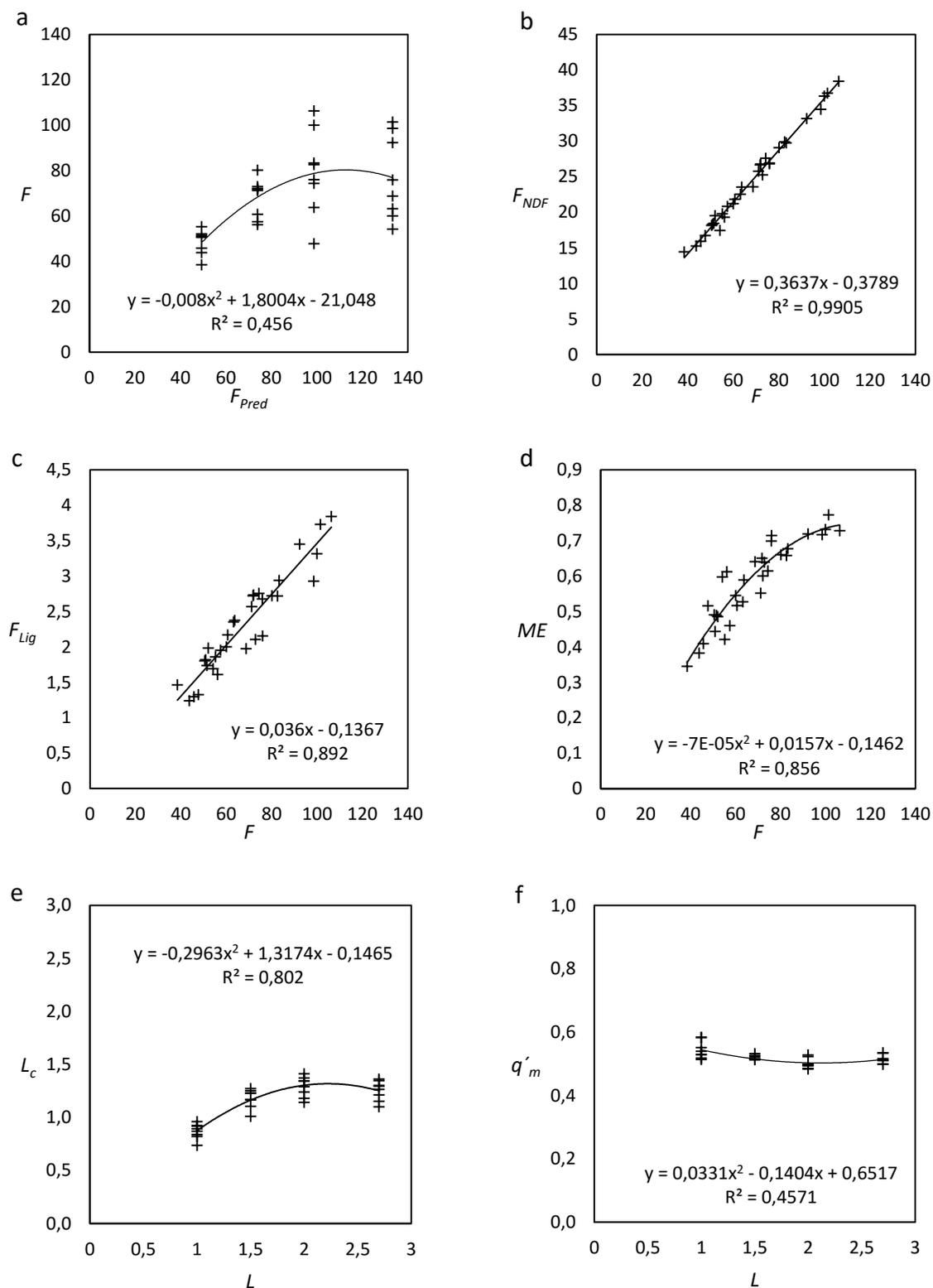


Figura 1 – Comportamento observado de algumas variáveis distribuídas em função do consumo de matéria seca observado (F , $g/(d \times kg^{3/4})$) e do plano nutricional predito (L , adimensional). Na figura (a) o F em função do consumo de matéria seca predito (F_{Pred} , $g/(d \times kg^{3/4})$). Na figura (b), o consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (F_{NDF} , $g/(d \times kg^{3/4})$) em função do F . Na figura (c), o consumo de lignina (F_{Lig} , $g/(d \times kg^{3/4})$) em função do F . Na figura (d), o montante de energia metabolizável consumida (ME , $MJ/(d \times kg^{3/4})$) em função do F . Na figura (e), o plano nutricional corrigido (L_c , adimensional) em função do L . Na figura (f), a metabolizabilidade corrigida (q'_m , adimensional) das dietas em função do L .

A superestimação do F_{Pred} nos $L = 1,5, 2$ e $2,7$ (Figura 1. a) proporcionou também restrição do aporte energético esperado aos animais e isso contribuiu para a estimativa de valores do L_c (Tabela 6) inferiores aos L planejados (Figura 1. e), uma vez que, na ocasião da formulação das dietas, eram desconhecidos os teores de DE e ME do volumoso e seus limites de consumo diário pelos animais. Desta forma, o menor aporte observado de DE e ME aos animais (Tabela 6) ocasionou também menores valores da q'_m (Tabela 6), uma vez que a q'_m provém do teor energético da dieta (i.e.: $q'_m = ME/GE$). A q'_m das dietas apresentou comportamento distinto nos L estudados (Figura 1. f). Todavia, nas dietas estudadas em que a relação volumoso concentrado foi próxima de 60:40, o $[ME]$ estimado da silagem dos restos culturais do abacaxizeiro foi de $7,37 \pm 0,32$ MJ/kg, com q de $0,433 \pm 0,020$, gerados a partir de 19 observações de arração, em que não houve sobras de alimentos nos cochos. Este $[ME]$ estimado da silagem, corresponde acerca de 65% do $[ME]$ da silagem de milho (11,3 MJ/kg), descrito pelo AFRC (1993).

Por sua vez, a tendência observada de estabilização do F das dietas nos maiores L parece ter influenciado também os montantes digeridos de D , D_{NDF} , D_{NFC} , D_{CF} e D_{CP} ($g/(d \times kg^{3/4})$), por estes apresentarem comportamento semelhante de estabilização (Tabela 6) nos maiores L . Contudo, ao aumentar o F observado, a D tende a não aumentar na mesma proporção (Tabela 6). Este comportamento corrobora o descrito pelo NRC (2001): a D dos alimentos pode ser reduzida em função do aumento no F , uma vez que, ao aumentar o nível de F , ocorre redução no tempo de retenção ruminal das dietas, reduzindo assim a exposição das partículas à ação fermentativa microbiana que ocorre no órgão. Este fato pode ser melhor entendido pela constatação de que nos dois maiores L foram observados também os maiores F_{NDF} e que, segundo Van Soest (1967), nos ruminantes o F_{NDF} geralmente apresenta relação negativa com a digestibilidade das dietas.

Nos L estudados, os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca ($CoefD$, %) e da fibra em detergente neutro ($CoefD_{NDF}$, %) (Tabela 6) das dietas foram próximos aos valores de 66,58 e 54,86, descritos por Santos et al. (2014), ao avaliarem uma dieta isoproteica (13,5% PB e 63% NDT), com relação volumoso concentrado também de 60:40, fornecida a cordeiros, em que a silagem dos restos culturais do abacaxizeiro cv. pérola foi utilizada como volumoso único. Entretanto, Silva (2014) também estudou a silagem dos restos culturais do abacaxizeiro, cv. pérola, avaliando qualitativamente este volumoso triturado em dois tamanhos de

partículas (20 e 50 mm), submetido a diferentes tempos de fermentação nos silos (30 a 120 dias). Este autor descreve valores de digestibilidade *in vitro* da *DM* e da *NDF*, de 56,8 e 33,4%, respectivamente.

Nas dietas com a silagem dos restos culturais do abacaxizeiro, os *CoefD*, os *CoefD_{NDF}* e os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (*CoefD_{CP}*, %) (Tabela 6) também foram próximos aos valores descritos na literatura para dietas contendo as silagens de milho, sorgo e girassol (MIZUBUTI et al., 2002; COSTA et al., 2005; LEITE et al., 2006; SILVA et al., 2006; PEREIRA et al., 2006). Sobre este aspecto, cabe ressaltar a importância dos bons *CoefD_{NDF}* observados nas dietas estudadas, pois, segundo Vieira e Fernandes (2006), a qualidade da *NDF* influencia nas ações de digestão e retenção da matéria fibrosa no rúmen que, por sua vez, exercem influência direta sobre a capacidade gastrintestinal dos animais em acomodar a fibra insolúvel, podendo influenciar na regulação do consumo voluntário, um importante determinante da produtividade dos animais. Todavia, os coeficientes de digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos (*CoefD_{NFC}*, %) (Tabela 6) das dietas avaliadas foram superiores aos encontrados nas silagens de milho e sorgo descritas acima, o que denota maior aproveitamento desta fração pelos animais, nas dietas deste estudo. Somente os coeficientes de digestibilidade aparente da gordura bruta (*CoefD_{CF}*, %) das dietas estudadas (Tabela 6) foram inferiores aos das silagens supracitadas, o que favorece o ponto de vista da digestibilidade à inclusão do volumoso estudado nas dietas dos ruminantes.

Contudo, as características nutricionais discutidas neste estudo indicaram que o volumoso empregado nas dietas se comportou de maneira satisfatória, principalmente no que tange ao consumo e à digestibilidade, favorecendo o entendimento acerca de seu valor nutritivo. Entretanto, mais estudos de cunho científico são necessários com ruminantes recebendo este subproduto agrícola para que se conheça o seu potencial para ganho de massa corporal e produção de leite nestes animais. Todavia, por se tratar de um subproduto da agricultura, deve-se avaliar caso a caso a disponibilidade e a sazonalidade mercadológica deste alimento volumoso, bem como os custos com sua aquisição e transporte.

5 CONCLUSÕES

A silagem dos restos culturais do abacaxizeiro mostra-se como boa alternativa forrageira para as dietas de bovinos.

REFERÊNCIAS

- AFRC - Agricultural and Food Research Council. **Energy and protein requirements of ruminants**. Cambridge: CAB International, 1993. 159p.
- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p.1447-1462, 1997.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**.15. ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117p.
- ARC - AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. London: ARC, 1980. 351p.
- AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; PINA, D. S; PEREIRA, L. G. R; OLIVEIRA, K. A. M.; FERNANDES, H. J; SOUZA, N. K. P. Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 391-402, 2011.
- BALDWIN, R. L. Estimation of theoretical calorific relationships as a teaching technique. A review. **Journal of Dairy Science**, v. 51, n. 1, p. 104-111, 1968.
- BLAXTER, K. L. **Energy metabolism of ruminants**. London: Hutchinson, 1962. 329p.
- _____; CLAPPERTON, J. L., Prediction of amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 19, 1965. 511p.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1945. 1023p.
- BURGI, R. Utilização de resíduos agro-industriais na alimentação de ruminantes. In: Congresso Brasileiro de Pastagens e Simpósio sobre Manejo da Pastagem. 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. 1986. p. 101-117.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. **Sociological Methods & Research**, v. 33, p. 261-304, 2004.
- CAETANO, G. A. D. O.; VILLELA, S. D. J.; OLIVEIRA, M. M. N. F. D.; LEONEL, F. D. P.; TAMY, W. P. Particle passage kinetics and neutral detergent fiber degradability of silage of pineapple waste (aerial parts) under different packing densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 1, p. 49-53, 2014.
- CARVALHO, F. C. Disponibilidade de resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos agrícolas. **Informações Econômicas**, SP, v. 22, n.12, dez. 1992.
- CAVALCANTE, M. A. B. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 203-210, 2006.

CEASA – ES. Centrais de abastecimento do Espírito Santo. **Governo do Estado do Espírito Santo**. Disponível em: <<http://www.ceasa.es.gov.br/?p=2029>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

CHIZZOTTI, F. H. M.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. G.; GARCIA, R.; CHIZZOTTI, M. L.; LEÃO, M. I.; PEREIRA, D. H. Consumo, digestibilidade total e desempenho de novilhos Nelore recebendo dietas contendo diferentes proporções de silagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2427-2436, 2005.

COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocetes, 1979. 384p.

CONRAD, H. R.; PRATT, A. D.; HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 47, n. 1, p. 54-62, 1964.

CORREIA, M. X. C.; COSTA, R. G.; SILVA, J. H. V.; CARVALHO, F. F. R.; MEDEIROS, A. N. Utilização de resíduo agroindustrial de abacaxi desidratado em dietas para caprinos em crescimento: digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1822-1828, 2006.

COSTA, M. G.; CAMPOS, J. D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; MENDONÇA, S. D. S.; SOUZA, D. D. P.; TEIXEIRA, M. D. P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2437-2445, 2005.

CUNHA, G. A. P.; CABRAL, R. S. C. Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. da S. **O abacaxizeiro – cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa/Mandioca e Fruticultura, 1999. p.15-51.

FADEL, J. G. Quantitative analyses of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, n. 4, p. 255-268, 1999.

FAHEY, G. Jr.; BERGER, L. L. Carbohydrate nutrition of ruminants. In: CHURCH, D. C. (Ed.). **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. p. 269-297, 1988.

FERREIRA, A. C. H.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. et al. Valor nutritivo de silagens de capim elefante com níveis crescentes de subprodutos da indústria do suco do abacaxi. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. (CD-ROM)

_____; _____; _____; CAMPOS, W. E; BORGES, I. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 223-229, 2009a.

_____; _____; _____; SANTANA, G. Z. M.; BORGES, I.; LÔBO, R. N. B. Desempenho produtivo de ovinos alimentados com silagens de capim elefante contendo subprodutos do processamento de frutas. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 40, n. 2, p. 315-322, 2009b.

FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no alto vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1608-1615, 2000.

FORBES, J. M. Voluntary feed intake. In: FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: University Press, 1993. p. 479-494.

FREITAS, D. D.; BERCHIELLI, T.T.; SILVEIRA, R. N. D.; SOARES, J. P. G.; PIRES, A. V.; ANDRADE, P. D. Consumo e digestibilidade aparente total e parcial de rações com cana de açúcar, casca e raspa de mandioca ensiladas com polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1531-1542. 2002.

GARRETT, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 6, p.1434-1440, 1980.

GOMES, M. S.; PINHO, R. G. V; OLIVEIRA, J. S.; RAMALHO, M. A. P.; VIANA, A. C.; Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca e degradabilidade ruminal da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n. 2, p. 83-90, 2002.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. Características da fruta.13p. In: GONÇALVES, Neide Botrel. Abacaxi. Pós-colheita. **Embrapa Agroindústria de Alimentos** (Rio de Janeiro, RJ). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 45p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=26&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

JARDIM, J. G.; VIEIRA, R. A. M.; FERNANDES, A. M.; ARAUJO, R. P.; GLÓRIA, L. S.; ROHEN JÚNIOR, N. M.; ROCHA, N. S.; ABREU, M. L. C. Application of a nonlinear optimization tool to balance diets with constant metabolizability. **Livestock Science**, v. 158, p. 106-117, 2013.

_____. *Corrigendum to* "Application of a nonlinear optimization tool to balance diets with constant metabolizability. [Livest. Sci. 158 (1–3) (2013) 106–117]". **Livestock Science**, v. 173, p. 119-120, 2015.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emission from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2483-2492, 1995.

KELLEMS, R. O.; WAYMAN, O.; NGUYEN, A. H.; NOLAN, J. C.; CAMPBELL, C. M.; CARPENTER, J. R.; HO-a, E. B.; Post-harvest pineapple plant forage as a potential feedstuff for beef cattle: evaluated by laboratory analyses *in vitro* and *in vivo* digestibility and feedlot trials. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 5, 1979.

KLEIBER, M. **The fire of life an introduction to animal energetics**. 2. ed. New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 453p. 1975.

LALLO, F. H.; PRADO, I. N.; NASCIMENTO, W. G.; ZEOULA, L. M.; MOREIRA, F. B.; WADA, F. Y. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduos industriais de abacaxi sobre a degradabilidade ruminal em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 719-726, 2003.

LASDON, L. S.; WARREN, A. D.; JAIN, A.; RATNER, M. Design and testing of a generalized reduced gradient code for nonlinear programming. **ACM Transactions on Mathematical Software**, v. 4, p. 34-50, 1978.

LAVEZZO, O. E. N. M. Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, p.7-16. 1995.

LEITE, L. A.; SILVA, B. O.; REIS, R. B.; FARIA, B. N.; GONÇALVES, L. C.; COELHO, S. G.; SATURNINO, H. M. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade aparente. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v. 58, n. 6, p. 1192-1198, 2006.

LEONEL, F. P.; COSTA, M. G.; VITOR, C. M. T.; TEIXEIRA, A. O.; RESENDE, M. L.; GODOY, M. C. L. Residuais de proteína em distintas frações fibra de silagens de plantas de abacaxi preparadas com diferentes aditivos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, BA. 2010.

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D.; SCHABENBERGER, O. **SAS® for Mixed Models**, SAS Institute Inc., Cary, USA. 2006.

LOFGREEN, G. P.; GARRETT, W. N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 27, n. 3, p. 793-806, 1968.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.

_____; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; LÔBO, R. N. B. Consumo e Digestibilidade de Subprodutos do Processamento de Frutas em Ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 659-669, 2005.

LUCAS, H. L. Extra-period Latin-squarechange-over designs. **Journal of Dairy Science**, v. 40, 1957. 225p.

MARQUES, R. C.; LEONEL, F. P.; COSTA, M. G.; VITOR, C. M. T.; TEIXEIRA, A. O.; ARAÚJO, K. G. Matéria seca e ácidos orgânicos em silagens de plantas de abacaxi preparadas com diferentes aditivos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, BA. 2010.

MERTENS, D. R. **Formulating dairy rations:** using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. Proceedings of the US Dairy Forage Research Center Information Conference, 1996.

_____. Creating a system for meeting the fibre requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

_____. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, p. 1-33, 1992.

_____. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber 516 in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **J. AOAC International**, v. 517, n. 85, p. 1217-1240, 2002.

_____. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal Animal Science**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

_____. Regulation of forage intake. In: National conference on forage quality evaluation and utilization. 1994. University of Nebraska. **Proceedings...** Lincoln, 1994. p. 450-493.

MEYER, J. H.; GARRETT, W. N. Efficiency of feed utilization. **Journal of Animal Science**, v. 26, n. 3, p. 638-646, 1967.

MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; ROCHA, M. A.; SILVA, L. D. F.; PINTO, A. P. FERNANDES, W. C.; ROLIM, M. A. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 267-272, 2002.

MOORE, J. E. Forage quality indices: Development and applications. In: FAHEY, Jr. G. **Forage quality, evaluation, and utilization**. American Society of Agronomy, Crop Science of America, Soil Science of America. Madison, Wisconsin. p. 967-998, 1994.

MÜLLER, Z. O. Feeding potential of pineapple waste for cattle. **World Animal Review**, v. 25, n. 1, p. 25-29, 1978.

NASCENTE, A. S.; COSTA, R. S. C.; COSTA, J. N. Cultivo do Abacaxi em Rondônia. Sistemas de Produção 3. **Embrapa Rondônia**, 2005.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press. 1989. 157p.

_____. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. 2001.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; RESTLE, J.; OST, P. R.; LUSTOSA, S. B. C.; FALBO, M. K. Ensilagem de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes alturas de corte e tamanho de partícula: produção, composição e utilização na terminação de bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 3, p. 379-397, 2007.

OLIVEIRA, E. R. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na alimentação de ovinos. In: Simpósio internacional de caprinos e ovinos de corte, 3., 2003, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: EMEPA. CD-ROM. 2003.

OLIVEIRA, M. R.; NEUMANN, M.; MENDES, M. C.; FARIA, M. V.; NERI, J. Resposta econômica na terminação de novilhos confinados com silagens de milho (*Zea mays* L.), em diferentes estádios de maturação, associadas a dois níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 87-95, 2011.

PAULA, D. C.; LEONEL, F. P.; COSTA, M. G.; VITOR, C. M. T.; TEIXEIRA, A. O.; CARVALHO, J. C. Distintas frações fibra em silagens de plantas de abacaxi preparadas com diferentes aditivos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, BA. 2010.

PEREIRA, D. H.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, A. P.; MARTINS, F. H.; VIANA, V. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.1, p. 282-291, 2006.

PEREIRA, L. G. R.; AZEVEDO, J. A. G.; PINA, D. S.; BRANDÃO, L. G. N.; ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V. Aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes. **Embrapa Semi Árido**, Petrolina, PE, 2009. 30p.

PRADO, I. N.; LALLO, F. H.; ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F.; NASCIMENTO, W. G.; MARQUES, J. A. Níveis de Substituição da Silagem de Milho pela Silagem de Resíduo Industrial de Abacaxi sobre o Desempenho de Bovinos Confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 737-744, 2003.

PY, C. **La piña tropical**. Barcelona: Blume, 1969. 278p.

_____; LACOEUILHE, J. J.; TEISSON, C. **L'ananas, saculture, sesproduits**. Paris: G.P. Maisonneuve & Larose, 1984. 562p.

REINHARDT, D. H. R. C.; SOUZA, L. F. S.; CABRAL, J. R. S. Abacaxi. Produção: aspectos técnicos. **Embrapa Mandioca e Fruticultura** (Cruz das Almas, BA). Brasília: CTT, 2000. 77p.

RIESTRA, S. P.; CARÍAS, A. A. R.; CHIN, E. M. V.; RENDEL, P. F. Pineapple and citrus silage as potential feed for small ruminant diets: fermentation characteristics, intake, nutrient digestibility, and aerobic stability. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v. 27, n. 1, p. 37-46. 2014.

ROGÉRIO, M. C.; BORGES, I.; NEIVA, J. N.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C.; MARTINS, G. A.; CARVALHO, F. C. Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus* L.) em dietas para ovinos. 1. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 59, n. 3, p. 773-781, 2007.

RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 1. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, n. 11, p. 3551- 3561, 1992.

SANTOS, S. C.; FERNANDES, J. J. R.; CARVALHO, E. R.; GOUVEA, V. N.; LIMA, M. M.; DIAS, M. J. Utilização da silagem de restos culturais do abacaxizeiro em substituição à silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos. **Cienc. Anim. Bras.**, Goiânia, v. 15, n. 4, p. 400-408, out./dez. 2014.

SILVA, A. V.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; GARCIA, R.; CECON, P. R.; FERREIRA, C. L. L. F. Consumo e digestibilidades dos nutrientes em bovinos recebendo dietas contendo silagens de milho e sorgo, com e sem inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2469-2478, 2006.

SILVA, M. L. S. Avaliação nutricional de silagem de restos culturais de abacaxi pérola. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - **Universidade Estadual Paulista**, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2014.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.

SUGIURA, N. Further analysis of the data by Akaike's Information Criterion and the finite corrections. **Communications in Statistics**, Theory and Methods A7, 13-26. 1978.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; CARSTENS, G. E.; FERRELL, C. L. The partial efficiency of use of metabolisable energy for growth in ruminants. **EAAP Publication**, v. 127, p. 519-529, 2010.

TEMPELMAN, R. J. Experimental design and statistical methods for classical and bioequivalence hypothesis testing with an application to dairy nutrition studies. **Journal of Animal Science**, v. 82, E162-E172.

THIEX, N. J.; ANDERSON, S.; GILDEMEISTER, B. Crude fat, hexanes extraction, in feed, cereal grain, and forage (Randall/soxtec/submersion method): collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 86, n. 5, p. 899-908, 2003.

_____; MANSON, H.; ANDERSON, S.; PERSSON, J. A. Determination of crude protein in animal feed, forage, grain, and oil seeds by using block digestion with a copper catalyst and steam distillation into boric acid: collaborative study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 85, p. 309-317, 2002.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca, New York: Cornell University, 1994. 476p.

_____. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 3, p. 834-844, 1965.

_____. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. **Journal of Animal Science**, v. 26, p. 119-128, 1967.

VASCONCELOS, V. R.; LEITE, E. R.; ROGÉRIO, M. C. P. et al. Utilização de subproduto da indústria frutífera na alimentação de caprinos e ovinos. Sobral, CE: **Embrapa/CNPC**, 2002. 36p. (Documentos, 42).

VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES, R. F. D.; FERREIRA, M. A.; CABRAL, L. S. Consumo e digestibilidade aparente em bovinos nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2367-2378 (Suplemento 2). 2000.

VIEIRA, R. A. M.; CAMPOS, P. R. D. S. S.; SILVA, J. F. C. D.; TEDESCHI, L. O.; TAMY, W. P. Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. **Animal Feed Science and Technology**, v. 171, p. 154-166, 2012.

_____; FERNANDES, A. M. A Importância de Estudos Quantitativos Associados à Fibra para a Nutrição e a Alimentação de Ruminantes. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43., 2006, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa, 2006. p. 258-290.

_____; PEREIRA, J. C.; MALAFAIA, P. A. M. et al. The influence of elephant-grass (*Pennisetum purpureum*, Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, v. 67, n. 2-3, p. 151-161, 1997.

_____; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. **Journal of Theoretical Biology**, v. 255, p. 357-368, 2008.

WHITELAW, F. G. et al. Methane formation in faunated and ciliate-free cattle and its relationship with rumen volatile fatty acid production. **British Journal of Nutrition**, v. 52, p. 261-275, 1984.