

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

TATIANE FERNANDES

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO AMIDO DA MANDIOCA SECO
NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Marechal Cândido Rondon

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

TATIANE FERNANDES

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO AMIDO DA MANDIOCA SECO
NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para a obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”.

Orientadora: Maximiliane Alavarse Zambom
Co-orientadora: Elisa Cristina Modesto

Marechal Cândido Rondon

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

F363u	<p>Fernandes, Tatiane Utilização de residuo da extração do amido da mandioca seco na alimentação de ruminantes / Tatiane Fernandes - Marechal Cândido Rondon, 2014. 68 p.</p> <p>Orientadora: Prof. Dr. Maximiliane Alavarse Zambom Coorientador: Prof. Dr. Elisa Cristina Modesto</p> <p>Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2014.</p> <p>1. Bovino de leite - Nutrição. 2. Bovino de leite - Alimentos alternativos. 3. Bovinocultura. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 636.2142 CIP-NBR 12899</p>
-------	---

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

TATIANE FERNANDES

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO AMIDO DA MANDIOCA SECO
NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Dissertação, apresentada, como pré-requisito, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia pelo Programa de pós Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Marechal Cândido Rondon 21/02/2013

BANCA EXAMINADORA

Maximiliane Alavarse Zambom

Claudete Regina Alcalde

Deise Dalazen Castagnara

Silvana Teixeira Carvalho

*A Deus, por abençoar a minha vida,
Aos meus pais, Vanderlei Fernandes e Neusa Roseli Veit Fernandes, pelo eterno amor,
carinho e apoio, durante toda a minha vida, e em especial pela compreensão.
As minhas irmãs, Anne Denise Fernandes e Deise Susana Fernandes, por todos os momentos
maravilhosos, amor e companheirismo.
Por ser a razão do meu viver, e o meu imenso amor, a vocês...*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao “SENHOR” que me conduz pelos caminhos da vida.

Aos meus pais Vanderlei e Neusa Fernandes, que amo incondicionalmente, pelo amor, ensinamentos, dedicação, educação, paciência e todas as oportunidades que eu tive em minha vida.

As minhas irmãs Anne e Deise Fernandes, a quem amo demais da conta, pela dedicação companheirismo, paciência, amizade e amor durante toda a minha vida.

A minha família pela paciência e compreensão que tiveram durante os momentos ausentes e difíceis que deixei de compartilhar alegria e carinho.

Ao meu amor, Ricardo Vianna Nunes, pela paciência, carinho, amor e dedicação.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em especial ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela oportunidade e conhecimentos.

À Professora Doutora Maximiliane Alavarse Zambom, pelos seus ensinamentos, dedicação e amizade.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Zootecnia pelos seus ensinamentos, meu muito obrigado.

Ao Paulo Henrique Morsh, pela dedicação e especialmente pela paciência.

Aos funcionários da Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa da UNIOESTE, em especial a Lidiane, pela colaboração nos trabalhos.

Aos colegas da equipe Qualhada®, essenciais na condução do experimento, obrigado pela paciência e dedicação de todos.

Em especial à Deise Dalazen Castagnara, Leiliane Cristine de Souza, Daiane de Oliveira Damasceno, Emerson Schimidt, pela colaboração no trabalho, amizade e pelos momentos de alegria que passamos juntos.

Aos meus amigos, por compreenderem a minha ausência durante este período.

E a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para que este trabalho se tornasse uma realidade.

Tudo depende da flexibilidade do rabo da lagartixa.

Se banana tem caroço, quantas melancias cabem na lua?

Autor desconhecido.

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO AMIDO DA MANDIOCA SECO NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Na produção de ruminantes, existe a possibilidade de utilização de resíduos agroindustriais na alimentação, devido à capacidade de fermentação ruminal que estes animais apresentam. Diversos resíduos podem ser utilizados, entre os quais possui destaque o resíduo do processamento da mandioca para a extração do amido. Que apresenta qualidade nutricional considerável para alimentação de ruminantes, assim como grande disponibilidade nas regiões próximas às indústrias processadoras da mandioca. Com o objetivo de avaliar a utilização de resíduo da extração de amido da mandioca seco (REAMs) na alimentação de ruminantes, foram realizados estudos para avaliação da digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* do REAMs e do milho e determinação do nível adequado de REAMs em substituição ao milho na ração de bovinos, avaliando os parâmetros fermentativos. Para tal, foram utilizados quatro bois castrados, dotados de cânula ruminal, alimentados individualmente, com dietas contendo níveis crescentes (0%, 33%, 66% e 100%) de REAMs em substituição ao milho, para avaliação da ingestão de matéria seca e nutrientes, digestibilidade *in vivo*, avaliação do pH e nitrogênio amoniacal do líquido ruminal, em diferentes horas (0, 2, 4, 6 e 8) após a alimentação. O REAMs apresentou diferenças quanto à digestibilidade *in vitro* da MS, MO e FDN, quando comparado ao milho, mas não apresentou alteração quanto ao NDT e a degradabilidade *in situ*. Quanto às avaliações *in vivo*, a ingestão de MS e dos nutrientes foi influenciada de forma decrescente pelos tratamentos, resultando em alteração na digestibilidade da MS, MO e no NDT das dietas, ocorrendo redução na concentração de N-NH₃, mas o pH não foi influenciado. O resíduo da extração do amido da mandioca apresenta características nutricionais semelhantes ao milho. Sua utilização na alimentação de ruminantes melhora as características fermentativas em até 100% de substituição, necessitando de mais estudos para que este não interfira na ingestão. Em um segundo momento, foi realizado estudo para avaliação da inclusão do REAMs na dieta de vacas em lactação, com o objetivo de mensurar a influência da inclusão deste resíduo no consumo, desempenho e condição metabólica destes animais, assim como a viabilidade econômica da sua utilização. Para este estudo, foram utilizadas quatro vacas em lactação, alimentadas com dietas, contendo níveis crescentes (0%, 33%, 66% e 100%) de REAMs em substituição ao milho. Foi observada redução no consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais, fibra em detergente ácido, não interferindo no consumo de fibra em detergente neutro. Tais variações não afetaram a digestibilidade aparente dos nutrientes, mas observou-se redução na produção de leite e não foi observada alteração na eficiência de produção de leite e nos constituintes do leite, mas sim na produção diária de lactose, sólidos e minerais. Os parâmetros metabólicos, foram influenciados pelos tratamentos, mas permaneceram dentro dos níveis adequados para estes animais. A utilização do REAMs na alimentação de vacas em lactação é uma alternativa à utilização do milho como fonte de energia, em substituição total ou parcial. Contudo, mais estudos precisam ser realizados, visando estratégias de fornecimento, e sua utilização deve ser associada à rentabilidade do produto, uma vez que a aquisição deste resíduo, já seco, não é viável.

Palavras-chaves: alimentos alternativos, bovinos de leite, nutrição, subprodutos

USE OF DRY CASSAVA STARCH EXTRACTION RESIDUE ON CATTLE FEEDING

In the production of ruminants there is the possibility of using agroindustrial residue in feeding, due to the capacity these animals present of ruminal fermentation. Many residues can be used, among which we highlight the cassava starch extracting residue, which presents considerable nutritional quality for ruminant feeding, as well as high availability in regions close to the cassava processing industries. With the objective of evaluating the use of dry cassava starch extraction residue (dCSER) in ruminant feeding, we performed studies to evaluate the *in vitro* digestibility and *in situ* degradability of dCSER and maize, as well as determine the appropriate level of dCSER to replace the maize in cattle diet, evaluating the fermentative parameters. For this purpose we used four castrated oxen, with rumen cannula, individually fed with diets containing increasing levels (0, 33, 66 and 100%) of dCSER replacing maize, to evaluate the dry matter and nutrient intake, *in vivo* digestibility, evaluation of pH and ammonia nitrogen of rumen fluid at different times (0, 2, 4, 6 and 8) after feeding. The dCSER presented differences regarding DM, OM and NDF *in vitro* digestibility when compared to maize, but did not present changes regarding NDT and *in situ* degradability. As for the *in vivo* evaluations, DM and nutrients intake was influenced, in a decreasing manner, by the treatments, resulting in changes in DM, OM and NDT digestibility, causing reduction in the NH₃-N concentration, not influencing the pH. The cassava starch extraction residue presented nutritional traits similar to those of the maize. Its use in ruminant feeding improves fermentation characteristics in up to 100% of replacement, requiring further studies so that it does not interfere with the intake. In a second phase, we performed a study to evaluate the inclusion of dCSER in the diet of lactating cows, with the objective of measuring the influence of the residue replacement on intake, performance, and metabolic condition of these animals, as well as the economic feasibility of its use. For this study, we used four lactating cows, fed diets containing increasing levels (0, 33, 66 and 100%) of dCSER as replacement of maize. We observed reduction in dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, total carbohydrates and acid detergent fiber intake, without interfering in neutral detergent fiber intake. Such variations did not affect the apparent digestibility of the nutrients. We also observed reduction in milk production, without any changes in the efficiency of milk production and in milk components, but with changes in the daily production of lactose, solids and minerals. The metabolic parameters were affected by the treatments, but remained within appropriate levels for these animals. The use of dCSER in ruminant feeding is an alternative to maize as an energy source, in total or partial replacement. However, more studies must be conducted in order to provide strategies, and its use should be linked to the product's profitability, since the acquisition of this residue, already dry, is not feasible.

Key-words: alternative food, dairy cattle, nutrition, byproducts.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. Revisão.....	12
2.1 Mandioca.....	12
2.2. Subprodutos do processamento da mandioca.....	14
2.3. Resíduo da extração do amido de mandioca seco	15
2.4. Utilização de resíduos da mandioca na alimentação de ruminantes.....	17
2.5. Referências	20
3. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO AMIDO DA MANDIOCA SECO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS.....	25
3.1 Introdução	27
3.2 Material e Métodos.....	28
3.3 Resultados e Discussão	35
3.4 Conclusões	42
3.5 Referências	42
4. RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO AMIDO DA MANDIOCA SECO NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO.....	46
4.1 Introdução	48
4.2 Material e Métodos.....	49
4.3 Resultados e Discussão	54
4.4 Conclusões	64
4.5 Referências	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de leite apresenta potencial para crescimento em função das recentes mudanças impostas por meio da Instrução Normativa nº51 (IN 51) (BRASIL, 2002) e, posteriormente, com a Instrução Normativa nº62 (IN 62) (BRASIL, 2011), que regulamentam a produção do leite desde a sua origem até a sua comercialização, garantindo aos consumidores finais maior confiabilidade no produto, e exigindo dos produtores, investimentos e melhorias em suas propriedades.

No entanto, a dinâmica entre os diferentes produtores de leite, que se estendem por todo território nacional, leva-os a um ambiente de elevada concorrência, incertezas e possibilidades de redução nas margens de lucro, necessitando, assim, de eficácia nas decisões para garantir competitividade na produção leiteira (OLIVEIRA et al., 2007). Historicamente, os sistemas de produção de leite caracterizam-se por períodos de remuneração, adequada por parte da indústria e períodos em que os produtores precisam adequar seus custos de produção com a baixa rentabilidade do produto, principalmente via restrição alimentar (DORNELES et al., 2009).

Segundo Pires et al. (2008), a alimentação dos animais representa o maior custo da atividade pecuária, principalmente quando se utiliza o milho como ingrediente energético, pois, apesar da alta qualidade nutricional, geralmente onera a produção. Existe uma variedade de alimentos que podem ser utilizados em dietas para ruminantes, sem comprometer o desempenho produtivo e possibilitando redução nos custos. Portanto, é fundamental o conhecimento das características dos alimentos, permitindo estabelecer critérios para sua inclusão nas dietas dos animais, maximizando o potencial digestivo e possibilitando a manifestação de seu potencial genético e a consequente otimização da utilização do alimento para funções produtivas (ABRAHÃO et al., 2006a).

A utilização de fontes alimentares alternativas, como resíduos agroindustriais, pode contribuir para reduzir o custo de produção e a contaminação ambiental (PIRES et al., 2008). Nesse contexto, a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) e os diversos subprodutos de sua industrialização destacam-se como substitutos energéticos mais baratos para formulação de rações para ruminantes, uma alternativa viável, pois possui valor nutritivo semelhante ao do milho (RAMALHO et al., 2006a).

Entre estes subprodutos, destacam-se os resíduos, obtidos em indústrias de fécula, os quais durante o processo de extração da fécula ou amido de mandioca culminam com a geração de um resíduo conhecido como farelo, massa ou bagaço, sendo um resíduo sólido

composto pelo material fibroso da raiz, parte da fécula que não foi possível extrair no processamento e água que é adicionada durante o processo de extração do amido. Nas fecularias, há uma grande produção deste resíduo, podendo variar sua composição de acordo com a tecnologia empregada na extração do amido.

Tendo em vista a grande variabilidade dos resíduos, obtidos nas diferentes indústrias, em função das práticas e tecnologias empregadas nos processos industriais de extração do amido, objetiva-se, com este estudo, estabelecer critérios para a utilização do resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) na alimentação de ruminantes, determinar o nível de substituição do milho pelo REAMs para bovinos, por meio da avaliação nutricional e parâmetros de fermentação ruminal, bem como, determinar o nível de substituição de milho pelo REAMs para vacas em lactação, por meio do desempenho produtivo e de parâmetros fisiológicos, além da avaliação da viabilidade econômica.

2. Revisão

2.1 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) originária das regiões tropicais da América do Sul encontra condições favoráveis para seu desenvolvimento em todos os climas tropicais e subtropicais. A produção brasileira é de 14,62 t/ha e a média mundial de produção é de 12,78 t/ha, mas pode variar de 1,35 t/ha como é o caso da Burkina Faso e chega a valores elevados como 36,48 t/ha, o que ocorre na Índia (EMBRAPA, 2011).

A grande variação do volume, produzido, pode ser associada às características das variedades de mandioca. As mandiocas bravas possuem sabor amargo, e altas concentrações de cianogênicos, acima de 100 mg/kg da raiz fresca (SANTOS et al., 2008), o que as tornam altamente tóxicas para o consumo humano ou animal, sendo destinadas para a produção de farinha ou fécula. No entanto, as mansas, cujo teor de toxinas é menor, são preparadas domesticamente para consumo *in natura* (SEBRAE, 2008).

A mandioca é produzida em diversos continentes como na América do Sul, sendo Brasil, Paraguai e Colômbia os principais produtores desta região. No continente africano, a produção é destinada ao consumo *in natura*, sem processamento industrial, onde estão 11 dos

maiores países produtores e são responsáveis por mais de 50% da produção mundial de mandioca (SEBRAE, 2008). O continente asiático apresenta-se como o segundo maior produtor mundial, caracterizado por uma produção, destinada à industrialização e exportação, produzindo amido e álcool, além de pellets destinados ao consumo animal, a exemplo da Tailândia, maior produtor de fécula (FELIPE et al., 2013).

No Brasil, este tubérculo também é conhecido pelos nomes de macaxeira ou aipim sendo uma planta perene, arbustiva, pertencente à família das Euforbiáceas. A parte mais importante da planta é a raiz, rica em fécula e utilizada na alimentação humana desde a antiguidade pelos povos nativos. Atualmente, além de ser utilizada na alimentação humana, é utilizada na alimentação animal ou como matéria prima para indústrias (CEREDA, 1994).

Tendo em vista a sua utilização para alimentação animal, que aproveita também a parte aérea da planta, algumas características como alto rendimento de raízes e da parte aérea, boa retenção foliar, alto teor de proteína e teor mínimo de ácido cianídrico, tanto em folhas como nas raízes, são recomendadas (EMBRAPA, 2010).

Para a indústria do amido, outras características são preconizadas, como apresentar altos teores de amido nas raízes, polpa branca, ausência de cintas nas raízes, destaque fácil da película, raízes grossas e bem conformadas, a fim de se alcançar um bom rendimento industrial (EMBRAPA, 2010). A raiz da mandioca apresenta em sua composição 62% de umidade, 32% de amido, 1,5% de fibra, 0,1% de lipídeos, 0,5% de cinzas e 0,6% de proteína, na matéria natural (CAMACHO e CABELLO, 2012).

O Brasil corresponde ao segundo maior país produtor da mandioca (PERESSIN, 2010). Entretanto, na produção nacional de 2013, estima-se uma redução de 9,4% da produção total em relação à produção do ano de 2012, passando de 23,41 milhões de toneladas para 21,18 milhões de toneladas, neste ano, em função de entraves climáticos que ocorreram na região Nordeste e o custo de comercialização (LSPA, 2013).

No Estado do Paraná, a redução foi menos evidenciada, reduzindo 0,8% da produção, atingindo uma produção de 3,68 milhões de toneladas, correspondendo a 18,1% da produção total (LSPA, 2013). De acordo com dados da SEAB (Safra 2011/2012), 93,55% da produção paranaense de mandioca foi destinada à industrialização. A produção nacional de fécula de mandioca foi de aproximadamente 519,2 mil toneladas no ano de 2011 (SEBRAE, 2012), sendo que a produção de fécula concentra-se nos Estados do Paraná (64,5%), Mato Grosso do Sul (19,5%), São Paulo (11,9%), Santa Catarina (3,9%) e Ceará (0,2%) (EMBRAPA, 2010).

As perspectivas de expansão dos produtos, provenientes da mandioca, são grandes, ao mesmo tempo dependentes do grau de modernização da economia dos países, o que conduz a

uma diminuição no consumo de mandioca, na forma *in natura*, e aumenta a demanda por produtos industrializados, nos mais diferentes segmentos industriais, como papel e papelão, massas, biscoitos, panificação, frigoríficos, indústrias químicas e indústrias têxtil (SEBRAE, 2012). Mas há um mercado já existente que está em constante expansão, em especial o que envolve a indústria alimentícia, devido ao potencial que estes produtos têm em substituir a importação do trigo para a alimentação humana (SOUZA et al., 2006).

2.2. Subprodutos do processamento da mandioca

A mandioca pode ser utilizada na alimentação animal, de forma integral, fornecendo-lhe a planta inteira, ou através do uso de seus subprodutos. As raízes e a folhagem da mandioca são produtos primários da planta, e podem ser usados como alimento para os animais, a parte aérea pode ser utilizada na forma de silagem, feno ou *in natura* (MODESTO et al., 2007), as raízes podem ser utilizadas picadas e secas, conhecidas como raspas ou aparas (SOUZA e FIALHO, 2003).

Além destes, existem os subprodutos da industrialização, que podem apresentar bom potencial como alimento para animais. Com os processos de industrialização da mandioca, tem-se a produção de grande volume de resíduos sólidos, cascas, bagaços e descartes, e resíduo líquido como água de lavagem e a manipueira (SILVEIRA et al., 2002).

Dentre os subprodutos mais comuns utilizados na alimentação animal, destaca-se a raspa, bagaço ou massa residual (subproduto da raiz triturada, retirado o amido), farelo de farinha de mesa (subproduto da fabricação da farinha de mesa) e farinha de varredura (pó e resíduo de farinha, retirado do chão e equipamentos das indústrias processadoras da mandioca) (EMBRAPA, 2010).

O farelo é obtido durante o início da fabricação da farinha de mandioca e é constituído de casca, entrecasca e pontas de mandioca, sendo chamado de raspas de mandioca, e apresenta teor de umidade de 85%, podendo ser desidratado ao sol até atingir cerca de 88% de matéria seca (MS). A farinha de varredura é um resíduo originado da limpeza das farinheiras, contendo principalmente farinha suja, a qual se torna imprópria para o consumo humano, e apresenta teor de amido em cerca de 80% e cerca de 90% de MS (CALDAS NETO et al., 2000).

Durante o processamento da mandioca para a extração de amido, é gerado o resíduo sólido composto pelo material fibroso da raiz e parte da fécula que não foi possível extrair no

processamento de prensagem para extração da fécula ou amido da mandioca na indústria por via úmida. Nas fecularias, para cada tonelada de raiz, processada, são produzidos aproximadamente 250,0 kg de amido (LEONEL e CEREDA 2000) e 928,6 kg de resíduo com 75% de umidade (CEREDA, 2000), resultante da adição de água durante o processo de extração do amido, gerando um montante de aproximadamente 1928,52 mil toneladas deste resíduo, anualmente no Brasil, considerando dados de produção de 2011 (SEBRAE, 2012).

Este material necessita de um destino adequado, podendo tornar-se um entrave para as indústrias processadoras da mandioca, uma vez que seu transporte torna-se oneroso e trata-se de um potencial contaminante, podendo causar um grande impacto ambiental, devido à contaminação de áreas e regiões com lagos e rios em consequência da grande carga orgânica e, ainda, a presença de um composto que pode gerar cianeto, o qual é tóxico para a maioria dos seres de respiração aeróbica (MENEGHETTI; DOMINGUES, 2008).

A quantidade e qualidade desses resíduos irão depender do cultivar, da idade da planta, tempo após colheita e do equipamento industrial. Desta forma, a análise química prévia do material a ser utilizado, faz-se necessária para garantir que estes alimentos sejam utilizados em quantidades e na forma adequada às dietas. Os subprodutos, derivados das raízes, são caracterizados pelo elevado conteúdo energético, sendo que tanto o farelo quanto a raspa ou massa de mandioca possuem valores nutricionais próximos aos do milho, podendo estes ser utilizados como substitutos energéticos de menor custo (CALDAS NETO et al., 2000).

2.3. Resíduo da extração do amido de mandioca seco

O resíduo, produzido a partir da extração de fécula de mandioca por via úmida, possui diversas denominações como: bagaço, farelo, massa de mandioca, massa de fecularia, resíduo de fécula, o qual é mais bem definido como resíduo da extração do amido da mandioca (BERTOL e LIMA, 1999; LEONEL et al., 1999). Este é constituído por material fibroso da raiz, e apresenta adição de água utilizada na etapa de separação da fécula (CEREDA, 2000; LEONEL, 2001). Esta umidade excessiva é um fator importante a ser considerado, pois pode provocar perdas significativas dos nutrientes. O resíduo apresenta também, altos teores de carboidratos não estruturais, próximo a 70%, com predominância do amido, e baixos teores de

proteína bruta inferior a 2% (MARQUES; CALDAS NETO, 2002; RAMALHO et al., 2006a).

O processo de produção de fécula de mandioca consiste, na recepção, lavagem e descascamento, mantendo-se a entrecasca da mandioca, seguindo-se pela ralação, que consiste na moagem da mandioca em partículas muito finas com adição de água, provocando o rompimento das membranas celulares e expondo os grânulos de amido. Após este processo, é realizada a extração da fécula, que ocorre em tanques equipados com agitadores e peneiras, e consiste na separação da água, agora chamada de “leite de fécula”, do material fibroso da raiz, que consiste no resíduo da extração do amido da mandioca. O leite de fécula segue no processo de separação do amido, por decantação ou centrifugação, com posterior secagem e moagem (SEBRAE, 2008).

Na indústria de fécula, há maior utilização de variedades de mandioca brava, em que os glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina) estão presentes e podem causar toxidez, ao liberar cetona, açúcar e ácido cianídrico. Os processos de maceração e embebição em água, empregados nas indústrias, volatizam ou extraem seu princípio tóxico (glicosídeos cianogênicos), o que faz com que seus derivados normalmente não apresentem problemas de toxidez (SILVA et al., 2001, CEREDA, 2003).

O alto teor de umidade do resíduo da extração de amido da mandioca, próximo a 88,73% (JAVORSKI, 2012), torna-se um dos principais fatores limitantes para o uso efetivo na alimentação animal (LEONEL, 2001).

De acordo com Javorski (2012), o baixo teor de matéria seca e a armazenagem em condições aeróbicas propiciam o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, os quais podem interferir negativamente na sua conservação, alterar as propriedades nutricionais com consequente redução da qualidade do resíduo. Se for armazenado em local propício para o desenvolvimento de fungos, relacionados à presença de micotoxinas, o crescimento de fungos chega a valores de até 7,18 log UFC/g de resíduo.

Gonçalves et al. (2014), cita que, além da dificuldade, encontrada no transporte e armazenagem na propriedade, outro fator limitante é o de como administrar na dieta total em grande escala pelo seu difícil manuseio e ausência de equipamentos próprios para o seu uso.

Desta forma, uma alternativa para facilitar a utilização do resíduo da extração de amido da mandioca, é a secagem, que reduz os custos com transporte e armazenagem, além de garantir melhor qualidade ao produto que será administrado aos animais. Porém, o processo de secagem do resíduo pode acarretar em aumento nos custos, devido à tecnologias necessárias para sua realização. De acordo com Maggioni et al., (2007), quando este adquiriu

o resíduo da extração de amido da mandioca na forma úmida o custo por tonelada de matéria seca foi de R\$ 60,00. Deve-se ressaltar que há grande variação nos custos em função de fatores ligados aos processos de industrialização e transporte, como distância da indústria até a propriedade e, principalmente, há um aumento considerável no custo do produto, quando este passa pelo processo de secagem na própria indústria.

Este processo de secagem pode ser por meio artificial com auxílio de estufas, ou natural por secagem ao sol (MENEGHETTI; DOMINGUES, 2008). Porém, a secagem ao sol depende das condições climáticas e de um local apropriado para a realização da secagem, não sendo um método muito eficiente. Ao utilizar este processo de secagem Gonçalves et al. (2014), não observou grande alteração no teor de matéria seca (aumento de 2,27% no teor de matéria seca) deste resíduo, quando exposto por um período de três horas ao sol.

Outra alternativa que pode ser utilizada é a secagem através de fornos ou estufas, instalados nas próprias indústrias, que possibilitam aceleração do processo de secagem e redução dos problemas com deterioração do material. Segundo Corrêa et al. (2008), a secagem é empregada, visando, principalmente, a conservação de produtos perecíveis, pois permite a diminuição do teor de água e o armazenamento por período mais longo. Desta forma, obtém-se o resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) que apresenta menor desenvolvimento de microrganismos e insetos, reduz a massa e o volume (ANDRADE et al., 2006) podendo ser facilmente transportado, armazenado e incorporado nas dietas de ruminantes.

Este resíduo apresenta grande variabilidade na sua composição química, que é dependente da origem e variedade da mandioca e da técnica de processamento utilizada na produção da fécula (MATSUI et al., 2003), apresentando como característica principal o elevado teor de amido residual próximo a 75%, fibras (15%) e quantidades mínimas de lipídios, proteínas e matéria mineral (CEREDA, 1996; PANDEY et al., 2000). Desta forma, estes resíduos destacam-se como substitutos energéticos para formulação de rações para ruminantes, pois possui valor nutritivo semelhante ao do milho (RAMALHO et al., 2006a).

2.4. Utilização de resíduos da mandioca na alimentação de ruminantes

A utilização de subprodutos na alimentação de ruminantes vem elevando suas proporções, com a necessidade de redução dos custos com alimentação destes animais, uma

vez que alimentos mais nobres como milho, destinam-se à alimentação de humanos e de animais monogástricos, que possuem um melhor aproveitamento, aliado à necessidade de escoamentos destes resíduos nas indústrias processadoras.

Nas indústrias brasileiras de derivados de mandioca, os resíduos, geralmente, não são tratados, podendo causar sérios problemas ambientais (FELIPE et al., 2009). Diante deste aspecto, a produção de derivados da mandioca gera poluição, prejudicando, principalmente, populações ao redor das empresas (INOUE, 2008), mananciais e rios.

Ao se considerar as características funcionais dos ruminantes, deve-se considerar que estes possuem grande capacidade de utilização de diferentes alimentos, considerados de baixo valor nutricional para outras espécies, em função da fermentação ruminal, que permite aproveitamento de alimentos ricos em celulose e hemicelulose (ZAMBOM et al., 2001) por meio da produção de gases, e da síntese microbiana (KOZLOSKI, 2009).

Existem vários fatores, relacionados ao consumo de alimento pelos bovinos, podendo o mesmo sofrer limitações causadas por características do alimento, pelo animal ou pelas condições de fornecimento da alimentação, tornando-se determinante no atendimento das exigências (MERTENS, 1997). Em estudo comparativo entre o milho e o resíduo da extração do amido da mandioca, Marques et al. (2005), obtiveram valores de 10,8% e 1,9% de proteína bruta (PB), 12,1% e 30,5% de fibra em detergente neutro (FDN), 4,1% e 22,6% de fibra em detergente ácido (FDA), 71,0% e 75,0% de amido, respectivamente.

A degradação do amido da mandioca, no ambiente ruminal, apresenta-se elevada quando comparada ao milho, podendo aumentar o aporte de ácidos graxos voláteis (AGV's), devido ao aumento observado na fermentação ruminal, e, conseqüentemente, causando maior aporte energético ao animal (SCOTON, 2003). Esse aumento no aporte de AGV's pode levar a alterações metabólicas que podem interferir negativamente no consumo de matéria seca, afetando o desempenho produtivo animal (MENEGETTI; DOMINGUES 2008).

Segundo Abrahão et al. (2006b), novilhas em terminação, alimentadas com resíduo seco da extração de fécula de mandioca em substituição total ao milho, apresentaram consumo de matéria seca (MS) 10% inferior ao tratamento controle, utilizando o milho como base energética da ração. Conseqüentemente, o rendimento, obtido pelos animais alimentados com resíduo seco da extração de fécula de mandioca, foi inferior ao tratamento controle. Marques et al., (2000), observaram consumo inferior para novilhas, alimentadas com diferentes subprodutos da mandioca em comparação ao milho, atribuindo este consumo à baixa quantidade de extrato etéreo, que reduz a palatabilidade da dieta, e pulverulência que

estes produtos apresentam, além da tendência destes resíduos em fixar-se na língua e focinho dos animais, dificultando a ingestão.

Diversos trabalhos têm demonstrado redução no consumo de MS e de nutrientes, quando se utiliza dietas, contendo resíduos da mandioca, podendo afetar o desempenho destes animais (MARQUES et al., 2000; RAMOS et al., 2000; ABRAHÃO et al., 2006b; RAMALHO et al., 2006b). Outros pesquisadores observaram redução no consumo sem interferência no desempenho dos animais (ABRAHÃO et al, 2005; ABRAHÃO et al, 2006a; PRADO et al, 2006), enquanto que outros observaram redução no desempenho animal sem interferência no consumo de matéria seca (CALDAS NETO et al., 2000; RAMALHO et al., 2006a).

Em estudo, utilizando a raspa de mandioca na alimentação de vacas em lactação, Ramalho et al. (2006a), não observaram alterações no consumo de matéria seca e dos nutrientes, mas observaram redução na produção de leite e na eficiência alimentar para os maiores níveis de utilização de raspa de mandioca, atribuindo estas alterações a diferenças nos processos de digestão absorção e metabolismo do amido do milho e da mandioca, assim como efeitos associativos entre os alimentos da dieta. Os autores citam que o uso deste produto deve considerar os custos com relação aos alimentos, uma vez que em níveis parciais de substituição do milho pela raspa de mandioca, os animais apresentaram rendimento semelhante ao tratamento controle.

Ainda assim, são escassos os trabalhos que utilizam este resíduo na forma seca para vacas em lactação e, em geral, os trabalhos encontrados avaliam animais de baixa produção (PIRES et al., 1999; SCOTON et al., 2003). Para animais de alta produção (30 kg de leite/dia) utilizando resíduo da extração do amido da mandioca na forma úmida, utilizando inclusão de 0%, 8%, 16%, 24% e 32%, observou-se redução de 15% na produção de leite, com aumento dos constituintes do leite, sem interferência na eficiência de produção (JAVORSKI, 2012). Além disso, quando o mesmo resíduo foi utilizado na forma de silagem, foi observada redução na produção de leite, com o aumento nos constituintes do leite e sem interferência na eficiência de produção e nos níveis séricos de glicose e nitrogênio ureico (FERNANDES, 2011).

Estratégias de fornecimento precisam ser adotadas para o uso dos resíduos de mandioca na alimentação de ruminantes, em especial para vacas de alta produção, devido às alterações que estes resíduos causam no consumo de matéria seca e no desempenho, além de buscar melhor sincronização da fermentação ruminal de proteínas e carboidratos, uma vez que

o amido da mandioca possui uma fermentação mais rápida que o amido do milho (MENEGHETTI; DOMINGUES, 2008).

2.5. Referências

- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; PEROTTO, D.; et al. Características de carcaças e da carne de tourinhos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição do milho por resíduo úmido da extração da fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1640-1650, 2005.
- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; PEROTTO, D.; et al. Digestibilidade de dietas contendo resíduo úmido de mandioca em substituição ao milho para tourinhos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.512-518, 2006a.
- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A.; et al. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.512-518, 2006b.
- ANDRADE, E. T.; CORREA, P.C.; TEIXEIRA, L.P.; et al. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engvista**, Niterói, v. 8, n. 2, p. 83-95, 2006.
- BERTOL, T.M.; LIMA, G.J.M.M. Níveis de Resíduo Industrial de Fécula da Mandioca na Alimentação de Suínos em Crescimento e Terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.243-248, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº62 de 29 de dezembro de 2011. Aprovar o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite..., Diário Oficial, Brasília, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº51 de 18 de setembro de 2002. Aprovar o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite..., Diário Oficial, Brasília, 2002.
- CALDAS NETO S.F.; ZEOULA L.M.; BRANCO A.F. et al. Mandioca e Resíduos das Farinheiras na Alimentação de Ruminantes: Digestibilidade Total e Parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2099-2108, 2000.
- CAMACHO, I.A.O.; CABELLO, C. Caracterização dos Resíduos do Processamento de Mandioca para a Produção de Bio-etanol. **Revista Energia na Agricultura**, v.27, n.1, p.82-88, 2012.
- CEREDA, M. P. **Processamento da mandioca como mecanismo de detoxificação**, p. 47-81. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Tecnologia, usos e potencialidades de

tuberosos amilacias. São Paulo: Fundação Cargill, 3(3), (Serie culturas de tuberosas amilacias Latino Americanas). 2003.

CEREDA, M.P. **Caracterização, usos e tratamentos de resíduos da industrialização da mandioca**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, p.56, 1996.

CEREDA, M.P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: Cereda, M.P. (Ed.) **Resíduos da industrialização da mandioca**. Botucatu. p.11-50, 1994.

CEREDA, M.P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M.P. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação CARGILL, p.13-37, 2000.

CORRÊA, J. L. G.; SILVA FILHO, E.D.; BATISTA, M.B.; et al. Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2008.

DORNELES, C.K.P.; RORATO, P.R.N.; COBUCI, J.A.; et al. Oliveira, h.n. Persistência na lactação para vacas da raça Holandesa criadas no Estado do Rio Grande do Sul via modelos de regressão aleatória. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.39, no. 5, Aug. 2009.

EMBRAPA - MANDIOCA E FRUTICULTURA. Mandioca: Perguntas e Respostas 2010. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-mandioca.php Acesso em: 14/10/2013.

EMBRAPA - MANDIOCA E FRUTICULTURA. Produção Nacional e Internacional 2011. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/planejamento/Mandioca_Mundo_2011.pdf Acesso em 09/1/2014.

GONÇALVES, J.A.G.; ZAMBOM, M.A.; FERNANDES, T.; et al. Composição químico-bromatológica e perfil de fermentação da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca. **Bioscience Journal**, v.30, n.2, p.502-511, 2014.

FELIPE, F.I.; ALVES, L.R.A.; VIEIRA, R.M. Fécula de mandioca, produção na Tailândia *versus* Brasil. Mercado & Negócios, **Agroanalysis**, Março, 2013.

FELIPE, F.I.; RIZATO, M.; WANDALAZEN, J.V. Potencial Econômico dos Resíduos de Mandioca Provenientes de Fecularias no Brasil. In: SOBER 47º CONGRESSO, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Desenvolvimento Rural e Sistemas Agroalimentares: os agronegócios no contexto de integração das nações, 2009, p.1-14.

FERNANDES, T. **Silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca na alimentação de vacas em lactação: produção e composição do leite**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Graduação em zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus Marechal Cândido Rondon – PR. 25p, 2011.

INOUE, K.R.A. Produção de Biogás Caracterização e Aproveitamento Agrícola do Biofertilizante Obtido na Digestão da Manipueira. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, UFV, p.78, 2008.

- JAVORSKI, C.R. **Utilização de resíduo úmido de fécula de mandioca na dieta de vacas holandesas em lactação**. Dissertação (Mestrado). Mestrado em zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus Marechal Cândido Rondon – PR. 55p, 2012.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 2ªed., Santa Maria – UFSM, p.216, 2009.
- LEONEL, M. O Farelo, Subproduto da Extração de Fécula de Mandioca. *In*: CEREDA, M.P. **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. v.4, Fundação Cargill, São Paulo, 2001a, p.211-216.
- LEONEL, M.; CEREDA, P.M.; ROAU, X. Aproveitamento do resíduo da produção de etanol a partir de farelo de mandioca, como fonte de fibras dietéticas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, vol.19, n.2, p.241-245, 1999.
- LSPA - LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. **Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil**. Rio de Janeiro v.26 n.8 p.1-84, 2013.
- MAGGIONI, D.; ZAWADZKI, F.; PRADO, I.N.; et al. Viabilidade econômica da substituição parcial do milho pela massa de fecularia seca no confinamento de novilhas mestiças. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 3, p. 50, 2007.
- MARQUES, J.A.; CALDAS NETO, S.F. **Mandioca na alimentação Animal: Parte Aérea e Raiz**. Campo Mourão – PR. CIES, 28p. 2002.
- MARQUES, J.D.; MAGGIONI, D.; SILVA, R.E.I.; et al. Substituição parcial do milho pela massa de fecularia seca sobre o desempenho e características da carcaça de novilhas em confinamento. **Archivos Latino Americanos de Produccion Animal**, v.13, n.3, p.103-108, 2005.
- MARQUES, J.A.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. et al. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1528-1536, 2000.
- MENEGHETTI, C. D. C.; DOMINGUES J. L.; Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n. 2, p.512-536, Março/Abril 2008.
- MERTENS, D.R. Predicting in intake and digestibility using mathematical models of ruminal functions. **Journal of Animal Science**, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; et al. Substituição da silagem de milho pela silagem de rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 4, p. 359-364, 2007.
- OLIVEIRA, A.S.; CUNHA, D.N.F.V.; CAMPOS, J.M.S.; et al. Identificação e quantificação de indicadores-referência de sistemas de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.507-516, 2007.

- PERESSIN, V.A. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da mandioca.** Campinas: Instituto Agronômico, p.54, 2010.
- PIRES, A. V. **Efeito da inclusão de fontes de amido e silagem de milho com dietas a base de cana-de-açúcar na digestibilidade de nutrientes e na produção de leite de vacas holandesas.** 1999. 120p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz” - USP, Piracicaba, 1999.
- PIRES, A.V.; SUSIN, I.; SANTOS, F.A.P.; et al. Efeito de fontes e formas de processamento do amido sobre o desempenho e o metabolismo do nitrogênio em vacas Holandesas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37 n.8, p.1456-1462, 2008.
- PRADO, I.N.; ZEVIANI, A.L.; MARQUES, J.A.; et al. Avaliação produtiva e econômica da substituição do milho por subprodutos industriais da mandioca na terminação de novilhas. **Campo Digital**, Campo Mourão, v.1, n.1, p.37-47, jul./dez. 2006.
- RAMALHO, R.P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; et al. Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1221-1227, 2006a.
- RAMALHO, R.P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; et al. Substituição do farelo de soja pela mistura raspa de mandioca e ureia em dietas para vacas mestiças em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1212-1220, 2006b.
- RAMOS, P.R.; PRATES, E.R.; FONTANELLI, R.S.; et al. Uso do Bagaço de Mandioca em Substituição ao Milho no Concentrado para Bovinos em Crescimento. 1. Consumo de Matéria Seca, Matéria Orgânica e Proteína Bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1 p.295-299, 2000.
- SANTOS, H.R.; PAULA-MORAES, S.V.; VIEIRA, E.A.; et al. Teor de ácido cianídrico (hcn) como parâmetro para seleção de possíveis acessos de mandioca resistentes ao percevejo-de-renda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008.
- SCOTON, R. A. **Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada e/ou raspa de mandioca na dieta de vacas leiteiras em final de lactação.** 2003. 55p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- SEAB - SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL – DERAL. **Produção Agropecuária, Safra 2011/2012.** Disponível em:
<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>. Acesso em: 14/10/2013.
- SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Mandiocultura, Farinha e Fécula**, Relatório Completo, Estudos de Mercado Sebrae / ESPM, 2008.
- SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Mandiocultura, Farinha e Fécula**, Série de Estudos Mercadológicos, 2012.

- SILVA, M.J.; ROEL, A.R.; MENEZES, G.P. **Apontamento dos cursos: Cultivo da mandioca e derivado – Engorda de frango caipira.** Campo Grande, MS, 2001, 100p.
- SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; FREITAS, D.; et al. Fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana de açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p. 793-801, 2002.
- SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; et al. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.817, 2006.
- SOUZA, L.S. e FIALHO, J.F. Mandioca na alimentação animal. Embrapa Mandioca e Fruticultura, **Sistemas de Produção**, v.8, Jan/2003.
- ZAMBOM, M.A.; SANTOS, G.T.; MODESTO, E.C.; et al. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.

3. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO AMIDO DA MANDIOCA SECO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

Resumo: O resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) é produzido em grandes quantidades e pode ser considerado um alimento alternativo, apresentando características que o assemelham ao milho. O presente estudo tem por objetivo caracterizar o REAMs e o milho quanto à digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ*. Além de determinar o nível adequado de REAMs, em substituição ao milho na ração de bovinos, avaliando os parâmetros fermentativos, foram realizados estudos para avaliação da digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ*, utilizou-se quatro bois castrados, dotados de cânula ruminal, alimentados individualmente, com dietas contendo níveis crescentes (0%, 33%, 66% e 100%) de REAMs em substituição ao milho, para avaliação da ingestão e digestibilidade da matéria seca e nutrientes, avaliação do pH e nitrogênio amoniacal do líquido ruminal. O REAMs apresentou diferenças quanto à digestibilidade *in vitro* da MS, MO e FDN, quando comparado ao milho, mas não apresentou alteração quanto ao NDT e a degradabilidade *in situ*. Quanto às avaliações *in vivo* a ingestão de MS e dos nutrientes foi influenciada de forma decrescente pelos tratamentos, resultando em alteração na digestibilidade da MS, MO e no NDT das dietas, ocorrendo redução na concentração de N-NH₃, mas o pH não foi influenciado. O resíduo da extração do amido da mandioca apresenta características nutricionais semelhantes ao milho. Sua utilização na alimentação de ruminantes melhora as características fermentativas em até 100% de substituição, necessitando de mais estudos que visem estratégias de fornecimento deste resíduo, para que este não interfira na ingestão e nos parâmetros ruminais.

Palavras-chave: digestibilidade , degradabilidade, ingestão, parâmetros ruminais

NUTRITIONAL EVALUATION OF DRY CASSAVA STARCH EXTRACTION RESIDUE IN CATTLE FEED

Abstract: The dry cassava starch extraction residue (dCSER) is produced in large quantities and may be considered an alternative food, presenting characteristics which make it similar to maize. The present study aims at characterizing the dCSER and maize regarding *in vitro* digestibility and *in situ* degradability. In addition to determining the appropriate level of dCSER in substitution of maize in cattle feed, evaluating the fermentative parameters, we performed studies to evaluate the *in vitro* digestibility and *in situ* degradability, using four castrated oxen, with rumen cannula, individually fed diets containing increasing levels (0, 33, 66 and 100%) of dCSER in substitution of maize, in order to evaluate intake and digestibility of dry matter and nutrients, pH and ammonia nitrogen of the rumen fluid. The dCSER showed differences in *in vitro* digestibility of DM, OM and NDF when compared to maize, but did not present changes regarding NDT and *in situ* degradability. As for the *in vivo* evaluations, the intake of DM and nutrients was influenced in a decreasing manner by the treatments, resulting in changes in DM, OM and NDT digestibility, which caused reduction in the concentration of NH₃-N, although the pH remained unaffected. The cassava starch extraction residue presented nutritional characteristic similar to those of maize. Its use in ruminant feeding improves fermentation characteristics in up to 100% of replacement, requiring further studies aimed at strategies for supplying this residue, so it does not interfere with the intake and rumen parameters.

Key-words: digestibility, degradability, intake, rumen parameters

3.1 Introdução

A busca por alimentos alternativos, que viabilizem a produção animal, é imprescindível para garantir a rentabilidade dos produtores rurais, da mesma forma que possibilita redução de resíduos agroindustriais, que seriam descartados sem tratamento, resultando em danos ao meio ambiente (MELO et al., 2011).

Ao se considerar o uso de alimentos alternativos, estes podem servir como fonte de energia, fibra ou proteína. No entanto, estes alimentos possuem uma variabilidade em sua composição superior quando comparados aos alimentos convencionais, necessitando de análises frequentes, quanto à composição nutricional (PEREIRA et al., 2008). É fundamental conhecer as características do alimento, de forma a permitir o estabelecimento de critérios para sua inclusão nas dietas dos animais, maximizar o potencial digestivo e possibilitar ao animal a manifestação de seu potencial genético e a consequente otimização da utilização do alimento para funções produtivas (ABRAHÃO et al., 2006).

Os subprodutos do processamento da mandioca destacam-se como substitutos energéticos mais baratos para formulação de rações para ruminantes, uma alternativa viável, pois possui valor nutritivo semelhante ao do milho (RAMALHO et al., 2006).

O resíduo da extração de amido da mandioca seco é obtido a partir da extração de amido por via úmida e posterior secagem do resíduo deste beneficiamento. De acordo com Jasko et al. (2011), o teor de umidade do bagaço que sai do processo é frequentemente superior a 80 %, dificultando a logística de transporte e armazenamento, pois o material é altamente perecível. No entanto, a secagem deste subproduto é uma forma de permitir sua adequada conservação e transporte, o que otimiza sua utilização.

Embora os ruminantes tenham o ambiente ruminal a seu favor, que possibilita a utilização eficiente dos mais diversos alimentos, este mesmo ambiente pode ser sensivelmente afetado por alterações na dieta, e por consequência prejudicar o desempenho destes animais. Logo, a adoção de práticas de caracterização nutricional de alimentos pode ser uma ferramenta para viabilizar o uso destes na nutrição animal.

Diante do exposto, com o presente estudo, objetivou-se caracterizar o resíduo da extração do amido da mandioca seco e o milho quanto à digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ*, além de determinar o nível adequado de resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho na ração de bovinos, por meio da avaliação do consumo e digestibilidade da matéria seca e nutrientes e parâmetros ruminais.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. O milho grão moído, o farelo de soja e a silagem de milho, planta inteira foram obtidos no Núcleo de Estações Experimentais Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa. O resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) foi obtido da indústria de beneficiamento de mandioca, localizada no município de Altônia-PR.

O delineamento experimental, adotado para avaliação dos alimentos, foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos (REAMs e milho grão moído) e com quatro repetições por tratamento.

Para os procedimentos laboratoriais de avaliação da qualidade nutricional dos alimentos, as amostras foram secadas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas, moídas em peneira com crivo de 1 mm, e acondicionados em recipientes polipropileno, dotados de tampas, devidamente identificados.

Para análise dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) foi utilizada metodologia descrita pela AOAC (1990) e a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi realizada segundo Van Soest et al. (1991). Os teores de matéria orgânica (MO) foram determinados pela diferença entre MS e MM (Tabela 1). O teor de amido do REAMs, 698,79 g/kg de MS, foi determinado pelo Grupo São Camilo – Laboratório de Alimentos e Água (Maringá, PR) por meio do Método Analítico nº 27 (Castro, 2009).

As frações de carboidratos foram determinadas conforme as recomendações de Sniffen et al., (1992): frações A (açúcares simples) e B₁ (amido e pectina), fração B₂ (carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis) e fração C (carboidratos fibrosos não degradáveis).

A porcentagem de carboidratos totais (CT) foi obtida pela equação $CT = 100 (\%PB + \%EE + \%MM)$ (SNIFFEN et al., 1992). Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN corrigida para cinzas e proteínas (FDN_{CP}); os CNF, correspondentes às frações A+B₁, pela diferença entre os CT e a FDN_{CP} (HALL, 2003). A fração B₂, foi obtida pela diferença entre a FDN_{CP} e a fração C foi determinada pela FDN indigestível (CABRAL et al., 2004), utilizando 240 horas de incubação *in situ*.

A proteína foi dividida em cinco frações: A, B1, B2, B3 e C. A fração A corresponde à proteína solúvel, fração B1 corresponde à proteína rapidamente degradável, a fração B2 corresponde à porção de proteína de degradação intermediária, a fração B3, corresponde à porção lentamente degradável, e a fração C corresponde à porção de proteína indigestível, de acordo com o proposto por Licitra et al. (1996).

Tabela 1. Composição química do resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs), milho grão, farelo de soja e da silagem de milho

Composição	Alimentos			
	REAMs	Milho	Farelo de Soja	Silagem de Milho
Matéria Seca (g/kg)	869,07	880,00	886,68	307,41
Matéria Orgânica (g/kg de MS)	985,60	985,74	934,04	956,38
Proteína Bruta (g/kg de MS) ¹	14,91	95,73	514,83	81,49
A (g/kg PB)	200,41	195,21	126,85	548,15
B1 (g/kg PB)	70,79	36,48	43,58	75,16
B2 (g/kg PB)	268,23	682,86	763,32	220,03
B3 (g/kg PB)	157,78	19,88	62,01	47,69
C (g/kg PB)	302,79	65,57	4,24	108,97
Extrato Etéreo (g/kg de MS)	03,61	06,03	06,41	23,86
FDN (g/kg de MS) ²	393,75	124,49	134,09	494,11
FDA (g/kg de MS) ³	216,59	46,94	79,89	284,55
CNF (g/kg de MS) ⁴	573,89	730,42	263,25	343,81
CT (g/kg de MS) ⁵	967,64	854,91	397,34	837,92
A+B1(g/kg CT)	607,76	893,32	767,44	440,64
B2 (g/kg CT)	313,46	89,27	180,07	351,90
C (g/kg CT)	80,23	17,41	52,50	207,47

¹PB: Proteína Bruta, A: Fração solúvel, B1: Fração de rápida degradação, B2: Fração de degradação intermediária, B3: Fração de lenta degradação e C: Fração indigestível; ²FDN: Fibra em Detergente Neutro; ³FDA: Fibra em Detergente Ácido; ⁴CNF: Carboidratos Não Fibrosos; ⁵CT: Carboidratos Totais, A+B1: Fração de carboidratos solúveis e rapidamente degradáveis, B2: Carboidratos potencialmente degradáveis, C: fração de carboidratos não degradáveis.

Digestibilidade *in vitro*

A determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foi realizada conforme a técnica descrita por Tilley e Terry, (1963), adaptada ao Rúmen Artificial, conforme descrito por Holden (1999).

Para a coleta do líquido ruminal, foram utilizados três bovinos, machos castrados, munidos de cânula ruminal. Os animais foram mantidos em piquete sombreado, onde foi disponibilizado à vontade, água e pastagem de Tifton 85 e fornecido diariamente silagem de milho, e ração concentrada a base de milho, farelo de soja e REAMs a fim de atender suas exigências nutricionais, de acordo com NRC (1996).

Foi pesado 0,50 g de amostra de cada alimento concentrado e colocados em filtros F57 (ANKON®). Dois filtros de cada amostra foram acondicionados em cada jarro, contendo líquido ruminal, coletado dos diferentes animais, acrescidos de solução tampão.

O material permaneceu incubado por 48 horas com rotação constante e controle da temperatura a 39°C. No término deste período, foi acrescentada no fermentador artificial uma solução de HCl-Pepsina (1:10.000), permanecendo o material incubado por mais 24 h. Ao término deste período, foram retirados estes filtros do fermentador ruminal, e realizada lavagem, com água destilada, até a total retirada dos materiais aderentes ao filtro e, após, foram secados em estufa de circulação forçada de ar por 8 h a 105°C, determinando-se a MS analítica.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi calculada pela diferença entre a quantidade incubada e o resíduo após a incubação:

$$DIVMS = \frac{(\text{MS do alimento Inicial} - \text{MS do alimento Residual})}{\text{MS do alimento Inicial} * 100}$$

A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) foi determinada através da queima em mufla do resíduo do material incubado, e o resultado da DIVMO foi obtido através do cálculo obtido pela diferença entre a quantidade incubada e o resíduo após a incubação:

$$DIVMO = \frac{(\text{MO do alimento Inicial} - \text{MO do alimento Residual})}{\text{MO do alimento Inicial} * 100}$$

Para a determinação da DIVFDN, adotou-se a metodologia descrita por Goering e Van Soest (1975), retirando-se os filtros com 48 horas de incubação, submetendo-os a análise de FDN. A DIVFDN foi calculada pela diferença entre o FDN do alimento incubado e o resíduo após a determinação da FDN do material incubado:

$$DIVFDN = \frac{(\text{FDN do alimento incubado} - \text{FDN do resíduo})}{\text{FDN do alimento incubado} * 100}$$

Os valores da DIVMO foram utilizados para estimar os nutrientes digestíveis totais (NDT) da forragem, conforme equação descrita por Kunkle e Bates (1998):

$$\text{NDT} = \text{MO} (\%) / 100 (26,8 + 0,595 (\text{DIVMO} (\%)))$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças foram testadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade, utilizando o SAEG (UFV, 1999). O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + x_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = observação do tratamento x_i , na repetição j ;

μ = constante inerente a todas as observações;

x_i = efeito do tratamento;

e_{ij} = efeito do erro experimental associado a observação Y_{ij} .

Degradabilidade *in situ*

Para a realização da degradabilidade *in situ* da MS, MO, foram utilizados três bovinos, machos castrados, da raça Jersey, munidos de cânula ruminal. Estes animais receberam uma dieta de adaptação, constituída de ração concentrada à base de milho grão moído, farelo de soja e REAMs, e volumoso à base de silagem de milho e pastagem de Tifton 85, além de suplemento vitamínico e mineral.

As amostras de REAMs e milho foram moídas em peneira com crivo de 2 mm. Colocando-se 7 gramas de alimento em cada saco de náilon, proporcionando de 10 a 20 mg de alimento por cm^2 de área útil do saco (NOCEK, 1988), em triplicada para cada tempo de incubação e para cada boi. Utilizando três repetições (bovinos) por alimento e os tempos de incubação foram: 0, 2, 4, 8, 16, 24 e 48 horas (NRC, 2001). Na incubação, os sacos foram presos a uma barra cilíndrica de ferro inox com 540 g de peso, que por sua vez, foi presa na cânula, durante o período de incubação.

Após a incubação *in situ*, os sacos passaram por um processo de lavagem em máquina lavadora com turbilhão e renovação constante de água, até limpeza dos mesmos e aparência límpida da água; após a lavagem, os sacos foram secados em estufa de ventilação forçada a 55°C , por 72 horas e pesados em balança analítica. Posteriormente, foram realizadas análises quanto aos teores de MS e MO do resíduo.

A percentagem de degradação da MS e MO em cada tempo foi calculada pela proporção que ficou nos sacos após a incubação no rúmen. As degradabilidades da MS e MO foram calculadas através da equação descrita por ORSKOV e MCDONALD (1979):

$$p = a + b (1 - e^{-ct})$$

p = taxa de degradação no tempo t ;

a = fração de rápida degradação (representado pelo intercepto da curva de degradação no tempo zero);

b = fração potencialmente degradável;

c = taxa constante de degradação da fração b ;

t = tempo de incubação;

Os parâmetros não lineares, a , b e c foram estimados através do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, programa (SAEG), desenvolvido pela Universidade Federal de

Viçosa (UFV, 1999). A degradabilidade efetiva da MS (DEMS) e da MO (DEMO) no rúmen foi calculada, usando a equação descrita por ORSKOV e MCDONALD (1979):

$$\text{DEMS e DEMO} = a + [(b \times c) / (c + k)]$$

k = taxa estimada de passagem das partículas no rúmen;

As degradabilidades efetivas da MS e MO foram estimadas para cada tratamento, levando-se em conta as taxas de passagem de sólidos no rúmen de: 2%/h, 5%/h e 8%/h, as quais podem ser atribuídas aos níveis de ingestão alimentar, baixa, média e alta (ARC, 1984).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças foram testadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade, utilizando o SAEG (UFV, 1999). O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + x_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = observação do tratamento x_i , na repetição j;

μ = constante inerente a todas as observações;

x_i = efeito do tratamento;

e_{ij} = efeito do erro experimental associado à observação Y_{ij} .

Ingestão, digestibilidade e parâmetros ruminais *in vivo*

Foram utilizados quatro bovinos machos, da raça Jersey, castrados, canulados no rumen, com idade aproximada de 4 anos, com peso corporal médio de $533 \pm 91,5$ kg. Os animais foram distribuídos no delineamento experimental em quadrado latino (4x4) com quatro períodos experimentais de 21 dias cada, sendo 14 dias para adaptação à dieta e sete para coleta de dados, totalizando 84 dias e quatro tratamentos.

Os tratamentos, utilizados, foram: níveis de substituição (0%, 33%, 66% e 100%) do milho por resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs). O protocolo de experimentação animal, utilizado, foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNIOESTE (protocolo 49/13).

A dieta foi composta por 50% de silagem de milho, como fonte de volumoso, e 50% de ração concentrada e misturada (milho moído fino, REAMs, farelo de soja, fosfato bicálcio e suplemento mineral). Para a formulação das dietas procedeu-se avaliação bromatológica dos alimentos. As dietas foram formuladas conforme recomendações do NRC (1996) para atender as exigências dos animais em manutenção, adotando-se o fornecimento de 2% do peso corporal (Tabela 2).

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas, contendo resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho moído

Alimentos	Níveis de substituição			
	0%	33%	66%	100%
Silagem de milho (g/kg)	500,00	500,00	500,00	500,00
REAMs ¹ (g/kg)	0,00	119,13	226,96	320,07
Milho (g/kg)	376,22	237,76	109,96	0,00
Farelo de Soja (g/kg)	110,94	131,17	150,52	166,55
Suplemento Mineral ² (g/kg)	11,27	9,02	8,96	8,92
Fosfato Bicálcico (g/kg)	1,57	2,93	3,58	4,46
Nutrientes				
Matéria Seca (g/kg)	593,03	593,60	593,49	593,41
Matéria Orgânica (g/kg de MS)	952,32	950,11	947,00	946,83
Proteína Bruta (g/kg de MS)	141,24	149,83	158,28	150,19
Extrato Etéreo (g/kg de MS)	15,78	14,87	14,58	14,33
Carboidratos Totais (g/kg de MS)	791,94	794,46	792,14	796,68
FDN ³ (g/kg de MS)	325,05	343,24	365,44	390,20
FDA ⁴ (g/kg de MS)	183,72	199,00	209,64	225,85
NDT ⁵ estimado (g/kg de MS)	774,50	751,10	729,70	710,90

¹Resíduo da Extração do Amido da Mandioca seco; ²Composição química (quantidades/kg do produto): Ca - 260 g, P - 40 g, Co - 13 mg, Mg - 15 g, Mn - 1100 mg, Zn - 3000 mg, Se - 20 mg, I - 40 mg, S - 12 g, F - 170 mg e F - 400 mg (produto comercial); ³FDN: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁴FDA: Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁵NDT: Nutrientes Digestíveis Totais (Estimado por: $NDT = MO (\%) / 100 [26,8 + 0,595 (DIVMO (\%))]$);

Os animais permaneceram confinados em baias, com cocho individual para controle do ingestão de matéria seca. O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, às 06:30h e 16:30h, nas proporções de 70% e 30%, respectivamente, do total de MS oferecida. No início e final de cada período experimental, foi realizada a pesagem dos animais.

Durante os sete dias de cada período experimental, as sobras referentes a cada animal foram pesadas, amostradas e congeladas, diariamente antes do fornecimento do alimento, quando também se procedeu a amostragem das dietas. As amostras de alimentos e sobras foram pré-secas em estufa de ventilação, forçada de ar, a 55°C, para formarem, ao final de cada período experimental, uma amostra composta por animal, por tratamento, por período.

Para determinação da digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, do 15º ao 20º dia, as amostras de fezes foram coletadas diretamente na saída do reto, nos seguintes horários: 8, 10, 12, 14, 16 e 18h, respectivamente a cada dia.

As estimativas de excreção fecal foram obtidas, utilizando-se como indicador interno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) conforme proposto por Waller et al. (1980). O FDNi foi estimado pela incubação no rúmen de filtros F57 da ANKOM[®] Technology

Corporation, por 240 horas (LIPPKE et al., 1986) com amostras de alimento, sobras e fezes, seguido da análise de fibra em detergente neutro.

Amostras dos alimentos, das sobras e das fezes foram analisadas quanto aos teores de MS, MM, EE, PB, FDN, FDA e MO como descrito anteriormente. Os carboidratos totais (CT) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados, segundo as equações descritas por Sniffen et al. (1992): $CT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$ e $NDT = PBD + 2,25 \times EED + CTD$, em que PBD = proteína bruta digestível, EED = extrato etéreo digestível e CTD = carboidratos totais digestíveis.

Para a determinação do pH e do nitrogênio amoniacal (N-NH₃), foi realizada coleta de líquido ruminal, no 21º dia de cada período experimental, via cânula ruminal, com o auxílio de uma concha de metal, nos seguintes horários: 0, 2, 4, 6 e 8 horas após a alimentação da manhã. O tempo zero (0) corresponde à amostra, coletada antes da primeira refeição e o tempo oito (8), antes do fornecimento da segunda alimentação. Imediatamente após a coleta as amostras foram filtradas em tecido de algodão.

A mensuração do pH do líquido ruminal foi realizada imediatamente após a coleta, utilizando-se potenciômetro digital. Uma alíquota de 50 mL foi retirada, acrescida de 1mL de ácido sulfúrico 1:1 e congelada para posteriores análises de N-NH₃. A dosagem de amônia foi determinada pela destilação com hidróxido de potássio 2N, conforme técnicas de Fenner (1965), adaptadas por Vieira (1980).

Para os valores referentes aos parâmetros ruminiais, adotou-se análise por esquema de parcelas subdivididas no tempo. Para as variáveis referentes à ingestão de MS e nutrientes, assim como digestibilidade *in vivo*, os dados foram interpretados por análise de variância, utilizando-se o SAEG (UFV, 1999), e submetidos à regressão polinomial, considerando os níveis de REAMs (0%; 33%; 66%; ou 100%) ao nível de 5% de probabilidade. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + C_j + T_k + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observação relativa ao tratamento k, na linha (animal) i, e coluna (período) j;

μ = Constante geral;

L^i = Efeito do animal i; i = 1, 2, 3 e 4;

C_j = Efeito do período j; j = 1, 2, 3 e 4;

T_k = Efeito do tratamento k do animal i e do período j; k = 1, 2, 3 e 4;

e_{ijk} = Erro aleatório, associado a cada observação Y_{ijk} .

3.3 Resultados e Discussão

Digestibilidade *in vitro*

Na digestibilidade *in vitro* da MS, MO e FDN, houve diferença para DIVMS entre os alimentos estudados (Tabela 3). O milho grão apresentou maior digestibilidade, ficando próximo aos valores, observados por Hashimoto et al., (2007) os quais verificaram valores de 95,38%. Esta digestibilidade é coerente com o fracionamento de carboidrato e fracionamento de proteína (Tabela 1), em que se observa que maior parte dos carboidratos totais e da proteína estão distribuídos nas frações mais rapidamente degradáveis e uma pequena quantidade corresponde a fração C, que é indigestível.

O milho é reconhecidamente um alimento de alta digestibilidade, sendo um dos suplementos energéticos mais utilizados na alimentação animal (RIBEIRO FILHO et al., 2012). A DIVMS do REAMs foi de 88,92%, diferindo estatisticamente do milho, mas ainda assim é um valor elevado de DIVMS, por se tratar de um resíduo da agroindústria.

Tabela 3. Digestibilidade *in vitro* do resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) e milho grão

Digestibilidade <i>in vitro</i>	Alimentos		EP ⁵
	REAMs	Milho	
MS ¹ %	88,92 ^B	93,64 ^A	2,870
MO ² %	90,93 ^B	95,92 ^A	2,447
FDN ³ %	81,52 ^B	84,88 ^A	3,151
NDT ⁴ %	80,47 ^A	82,86 ^A	1,545

Valores em mesma linha, seguidos de letras diferem entre si pela análise de variância a 5% de significância.

¹MS: Matéria Seca; ²MO: Matéria Orgânica; ³FDN: Fibra em Detergente Neutro; ⁴NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; ⁵EP: Erro Padrão.

A digestibilidade da MO apresentou diferenças significativas para o REAMs, em comparação ao milho grão, moído, sendo que a DIVMO do milho apresentou valores de 95,92%, superiores aos valores citados por Oliveira (2012), que apresenta 88,2% de DIVMO.

A digestibilidade da FDN apresentou diferenças significativas entre os alimentos testados, sendo que o milho, grão, apresentou maiores valores (84,88%), seguido do REAMs (81,52%). Os valores de digestibilidade da FDN podem ser explicados pela variação no fracionamento de carboidratos (Tabela 1), onde se pode observar que o milho apresentou menor quantidade de fração C (1,49%) quando comparado ao REAMs (7,76%). Os valores,

observados neste estudo para a digestibilidade do FDN do milho (61,98%) foram superiores aos observados por Hashimoto et al. (2007), que foram de 57,59%.

Pode-se observar que apesar do conteúdo elevado de FDN e FDA e o fracionamento de carboidratos no REAMs (Tabela 1), este possui potencial para ser degradado no rúmen, e ser utilizado como fonte energética na dieta de ruminantes, mesmo apresentando uma digestibilidade inferior, mas ainda assim próxima a do milho. O NDT do REAMs não apresentou diferenças significativas quando comparado ao milho grão, que é o principal ingrediente energético, utilizado na dieta de ruminantes (CLARINDO et al., 2008), demonstrando seu potencial na utilização em dietas para ruminantes em substituição ao milho da ração.

Degradabilidade *in situ*

Os parâmetros 'a', 'b' e 'c' e as degradabilidades efetivas (DE), para as taxas de passagem de 2%, 5% e 8% da MS e da MO não apresentaram diferenças significativas entre o REAMs e milho (Tabela 4), indicando que o REAMs pode ser uma alternativa à utilização do milho em rações para ruminantes, por ser tão eficiente quanto o milho no fornecimento de energia para os microrganismos ruminais. Porém, outros autores citam que há diferenças quanto à degradabilidade do amido (ZEOULA et al., 1999), podendo, assim, prejudicar a fermentação ruminal.

O REAMs apresentou 24,145% da fração a, inferior ao observado por Martins et al., (1999), quando avaliou a degradabilidade da MS da raspa de mandioca, obtendo 55,6% de Fração A. Estas diferenças devem-se ao maior teor de amido, presente na raspa de mandioca, uma vez que o REAMs é submetido ao processo de extração do amido. No entanto, os mesmos autores observaram degradabilidade efetiva de 81,9%; 75,0% e 71,4% para as taxas de 2%, 5% e 8% respectivamente, valores semelhantes aos observados neste estudo, para as mesmas taxas de passagem.

Para DE da MS do milho, foi obtido valores inferiores aos observados por Fortaleza et al. (2009), 72,88%; 63,65% e 54,79% para taxas de passagem de 3%, 5% e 8% respectivamente, sendo superiores aos valores obtidos por Cação et al., (2012) de 66,0%; 50,9% e 43,4% para as mesmas taxas de passagem. É possível que interferências na moagem dos alimentos e diferenças nos animais, utilizados, possam causar estas alterações nos resultados.

Tabela 4. Degradabilidade da Matéria Seca e Matéria Orgânica do resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) e milho grão

	REAMs	Milho	EP ⁵	P value
	MS			
a ¹	24,145	24,684	1,059	0,831
b ²	70,066	81,602	5,096	0,306
c ³	0,146	0,067	0,026	0,131
DE ⁴ (2%)	84,782	83,929	0,602	0,541
DE (5%)	74,890	67,712	2,273	0,117
DE (8%)	67,929	58,738	2,905	0,116
	MO			
a ¹	24,293	24,186	1,030	0,966
b ²	69,511	82,735	5,367	0,257
c ³	0,150	0,066	0,026	0,114
DE ⁴ (2%)	84,715	84,111	0,630	0,684
DE (5%)	75,074	67,635	2,358	0,117
DE (8%)	68,230	58,542	3,018	0,108

Valores em mesma linha, seguidos de letras diferem entre si pela análise de variância.

¹a: fração de rápida degradação; ²b: fração potencialmente degradável; ³c: taxa constante de degradação da fração b; ⁴DE: Degradabilidade Efetiva em diferentes taxas de passagem (2, 5 e 8%); ⁵EP: Erro Padrão.

Para a DE da MO do milho, os valores, obtidos neste estudo 67,63% e 58,54%, foram superiores aos observados por Fortaleza et al. (2009), que foram de 51,81% e 46,84%, para as taxas de passagem de 5% e 8%.

Ingestão, digestibilidade e parâmetros fermentativos *in vivo*

A ingestão de matéria seca foi influenciada de forma decrescente, pelo aumento do nível de REAMs em substituição ao milho (Tabela 5). Estes resultados corroboram com os apresentados por Abrahão et al., (2006b), em que novilhas alimentadas com dietas à base de milho apresentaram ingestão superior de 10,40% quando comparadas as que foram alimentadas com dietas a base de resíduo seco da extração do amido da mandioca.

A redução da ingestão pode estar associada a características dos resíduos da industrialização da mandioca, tais como a rápida fermentação do amido da mandioca, que resulta em um aumento na quantidade de ácidos graxos voláteis (AGV's), formados no rúmen e leva a restrição da ingestão em resposta a um sinal metabólico de saciedade (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008).

A ingestão de MS em porcentagem do PC não foi influenciada pela dieta, corroborando com os efeitos, observados por Abrahão et al. (2006a), utilizando o resíduo úmido de mandioca em substituição ao milho, na alimentação de tourinhos em terminação,

embora estes autores tenham observado ingestão superior (1,98% PC), devido à exigência de animais em terminação.

A ingestão de MO diminuiu linearmente, com aumento da substituição do milho pelo REAMs. Esta variação apresenta-se em decorrência da variação, observada para a ingestão de MS. Já, na ingestão de PB, foi observada variação quadrática, com o aumento do REAMs, é provável que esta variação tenha ocorrido em função da variação na PB da dieta (Tabela 2).

Tabela 5. Ingestão diária de matéria seca e dos nutrientes de bovinos, recebendo dietas contendo resíduo da extração do amido de mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho da ração

	Níveis de substituição				Equação Regressão	EP ⁸	P value	
	0%	33%	66%	100%			L	Q
IMS ¹ (kg/dia)	9,75	9,40	9,45	8,98	1	0,426	0,0177	0,7338
IMS (%PV)	1,76	1,69	1,76	1,65	$\hat{Y} = 1,714$	0,030	0,2151	0,6355
IMO ² (kg/dia)	9,28	8,93	8,94	8,50	2	0,406	0,0146	0,7817
IPB ³ (kg/dia)	1,42	1,48	1,55	1,39	3	0,067	0,9758	0,0065
IEE ⁴ (kg/dia)	0,27	0,23	0,21	0,18	4	0,022	0,0048	0,6766
ICT ⁵ (kg/dia)	7,67	7,43	7,44	7,15	5	0,331	0,0278	0,8132
IFDN ⁶ (kg/dia)	3,06	2,98	3,28	3,37	6	0,153	0,0495	0,4882
IFDA ⁷ (kg/dia)	1,74	1,81	1,90	1,99	7	0,096	0,0013	0,8749

^{1,2}IMS: Ingestão de Matéria Seca; ²IMO: Ingestão de Matéria Orgânica; ³IPB: Ingestão de Proteína Bruta; ⁴IEE: Ingestão de Extrato Etéreo; ⁵ICT: Ingestão de Carboidratos Totais; ⁶IFDN: Ingestão de Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁷IFDA: Ingestão de Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁸EP: Erro Padrão.

¹ $\hat{Y} = 9,72737 - 0,00672802x$ ($R^2 = 0,85$);

² $\hat{Y} = 9,25919 - 0,00700936x$ ($R^2 = 0,89$);

³ $\hat{Y} = 1,40716 + 0,00487148x - 0,0000487491x^2$ ($R^2 = 0,79$);

⁴ $\hat{Y} = 0,261268 - 0,000793626x$ ($R^2 = 0,98$);

⁵ $\hat{Y} = 7,65297 - 0,00465462x$ ($R^2 = 0,88$);

⁶ $\hat{Y} = 2,98694 + 0,00373408x$ ($R^2 = 0,76$);

⁷ $\hat{Y} = 1,73492 + 0,0024833x$ ($R^2 = 0,80$).

A ingestão de EE apresentou efeito linear decrescente com o aumento de REAMs na dieta. Esta ingestão deve-se, além da influencia da ingestão de MS, ao baixo teor de EE presente no REAMs. Este comportamento também foi observado por Lima et al. (2008), ao avaliarem a inclusão de resíduo de mandioca em percentuais de 0%, 5%, 10% e 15% na dieta de vacas mestiças leiteiras Holandês x Zebu, os quais verificaram redução na ingestão de EE com o aumento dos níveis do resíduo de mandioca na dieta.

Foi observado efeito linear decrescente, para a ingestão de carboidratos totais, com o aumento dos níveis de substituição do milho pelo REAMs, em consequência da variação, observada para a ingestão de MS. Para a ingestão de FDN e FDA, foi obtida variação linear crescente, devido ao teor destes nutrientes no REAMs, e consequente aumento dos níveis de REAMs na dieta (Tabela 2).

Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e CT, assim como o NDT, foram influenciados, pelo aumento dos níveis de substituição de milho pelo REAMs. Contudo, os demais nutrientes não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 6).

Houve redução no coeficiente de digestibilidade da MS, e, conseqüentemente, redução no coeficiente de digestibilidade da MO. Os valores, observados neste estudo, assemelham-se aos obtidos em estudo, avaliando a substituição do milho pelo resíduo úmido de mandioca (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) na dieta de tourinhos em terminação (ABRAHÃO et al., 2006a), obtendo valores médios de 65,42%.

Tabela 6. Digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes de bovinos, recebendo dietas contendo resíduo da extração do amido de mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho da ração

	Níveis de substituição				Equação Regressão	EP ⁹	P value	
	0%	33%	66%	100%			L	Q
DMS ¹ (%)	69,24	68,01	66,91	59,28	1	1,346	0,0288	0,2398
DMO ² (%)	73,07	72,52	71,58	64,94	2	1,219	0,0320	0,1907
DPB ³ (%)	70,60	71,43	71,47	61,66	$\hat{Y} = 68,789$	1,552	0,1107	0,1517
DEE ⁴ (%)	79,72	74,51	76,88	70,26	$\hat{Y} = 75,342$	1,681	0,0780	0,8073
DCT ⁵ (%)	73,55	73,43	72,50	66,50	5	1,150	0,0383	0,1710
DFDN ⁶ (%)	48,72	42,02	49,33	38,09	$\hat{Y} = 44,541$	2,171	0,4047	0,4321
DFDA ⁷ (%)	43,41	45,95	52,49	41,38	$\hat{Y} = 45,806$	2,309	0,2225	0,3264
NDT ⁸ (%)	73,05	73,33	72,73	65,79	8	1,1783	0,0494	0,1306

¹DMS: Digestibilidade de Matéria Seca; ²DMO: Digestibilidade de Matéria Orgânica; ³DPB: Digestibilidade de Proteína Bruta; ⁴DEE: Digestibilidade de Extrato Etéreo; ⁵DCT: Digestibilidade de Carboidratos Totais; ⁶DFDN: Digestibilidade de Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁷DFDA: Digestibilidade de Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁸NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; ⁹EP: Erro Padrão.

¹ $\hat{Y} = 70,5044 - 0,0933549x$ ($R^2 = 0,80$);

² $\hat{Y} = 74,3284 - 0,0764213x$ ($R^2 = 0,76$);

⁵ $\hat{Y} = 71,49586 - 0,06662044x$ ($R^2 = 0,73$);

⁸ $\hat{Y} = 74,5911 - 0,0676469x$ ($R^2 = 0,64$).

É provável que a redução na digestibilidade da MS, da MO e dos CT, seja em função de deficiências, ocorridas na sincronização entre carboidratos e proteínas. Apesar de não serem observadas diferenças entre a degradabilidade da MS e MO (Tabela 4). A mandioca apresenta uma maior degradabilidade ruminal do amido quando comparada ao milho, devido às características físico-químicas dos grânulos de amido da mandioca em relação ao milho (ausência de pericarpo, ausência de matriz proteica, maior teor de amilopectina) (ZEOULA et al., 1999).

Pode-se observar que a digestibilidade da dieta, utilizada na alimentação dos bovinos, foi inferior a digestibilidade *in vitro*, observada para o milho e o REAMs, em função da incorporação dos demais alimentos (silagem de milho e farelo de soja), assim como

interferências na taxa de passagem dos alimentos no trato gastrointestinal, semelhante ao ocorrido na degradabilidade ruminal (Tabela 2).

Não foi obtida diferença entre a digestibilidade da FDN nas rações experimentais, corroborando com a ausência de alteração de pH ruminal entre os tratamentos (Figura 1). De acordo com Caldas Neto et al. (2000), a digestibilidade da FDN pode ser influenciada pelas variações no pH ruminal, provocando redução da digestibilidade quando há redução excessiva no pH ruminal.

Ocorreu uma diminuição no NDT da dieta com o aumento dos níveis de substituição de REAMs, devido à variação das digestibilidades da MS e da MO, uma vez que o NDT é influenciado pela digestibilidade da MS e da MO e reduz com o incremento nos teores de FDN (CAPPELLE et al., 2001). No presente estudo, observou-se incremento no teor de FDN e de FDA das dietas (Tabela 1), em função da maior concentração destes nutrientes no REAMs, o que pode ter influenciado na redução das digestibilidades da MS e MO.

Para o pH ruminal não foi observada interação entre os tratamentos e as horas após a alimentação. Também não foi observado efeito entre os tratamentos, ocorrendo apenas variação para as horas, após a alimentação, obtendo-se ponto mínimo de pH às 4,83 (04:50) horas após a alimentação.

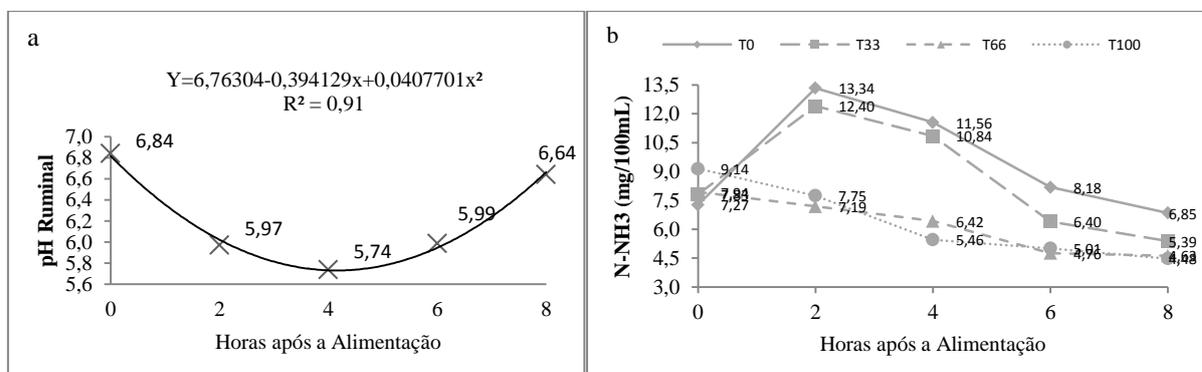


Figura 1. Concentração de (a) pH e (b) nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no líquido ruminal de bovinos, recebendo dietas contendo resíduo da extração do amido de mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho da ração durante as horas após a alimentação

- ◆ T0: $\hat{Y} = 8,30059 + 2,0399x - 0,292536x^2$ ($R^2 = 0,70$);
- T33: $\hat{Y} = 8,7399 + 1,46432x - 0,2511x^2$ ($R^2 = 0,74$);
- T100: $\hat{Y} = 8,78044 - 0,603697x$ ($R^2 = 0,92$);

A utilização do REAMs, em substituição ao milho, possibilitou a manutenção de um ambiente ruminal adequado, uma vez que as bactérias ruminais são adaptadas para manter o seu crescimento neste meio com variação de pH de 5,5 a 7,0 (HOOVER & STOKES, 1991).

No entanto, bactérias celulolíticas são sensíveis a pH inferior a 6,1, podendo resultar em redução da digestibilidade (RUSSELL & DOMBROWSKI, 1980).

Os resultados deste estudo corroboram com os resultados, obtidos por Fregadolli et al. (2001), os quais não observaram efeitos significativos para o pH ruminal, utilizando duas fontes de amido (milho e casca de mandioca), mas observaram alterações em função das horas, após a alimentação, semelhante ao ocorrido neste estudo. Os menores valores de pH ocorreram entre 2 e 4 horas após a alimentação.

Para este estudo observou-se redução do pH, após a alimentação, permanecendo inferior a 6,1 período de 1,3 a 6,30 horas após a alimentação. Esta redução no pH pode ser associada à relação volumoso: concentrado de 50:50, que promove maior aporte energético ao animal, assim como, ao fato de 70% da dieta diária ser fornecida no período da manhã, acarretando em maior ingestão de alimento neste período.

Foi observada interação significativa entre as horas, após a alimentação, e os tratamentos para os níveis de N-NH₃, sendo observado efeito significativo para os tratamentos às 2 horas ($\hat{Y} = 13,75038 - 0,782854x$; R² = 0,81) e às 4 horas ($\hat{Y} = 11,9605 - 0,0681741x$; R² = 0,91), após a alimentação, decrescendo com o aumento dos níveis de substituição de REAMs. De acordo com Nolan e Dobos (2005), o pool de N-NH₃ tende a aumentar entre 2 e 4 horas, após a alimentação, dependendo da degradabilidade da proteína bruta da dieta e das condições para crescimento da microbiota. A concentração de N-NH₃ necessária para o incremento do crescimento microbiano pode ser inferior a 10mg/dL, variando de 5 a 8mg /dL para dietas, contendo maior quantidade de concentrado em condições tropicais (LENG, 1990).

Para os tratamentos 0% e 33% de substituição do milho por REAMs, os valores máximos de N-NH₃ ocorreram às 3,48 (03:29) e 2,92 (02:55) horas, após a alimentação, respectivamente, corroborando com os resultados, obtidos por Zeoula et al. (2002), que obteve quantidade superior de N-NH₃ (12,5 mg/100mL) 2 horas após a alimentação, no tratamento que continha milho quando comparado ao tratamento com raspa de mandioca na ração.

Para o tratamento 66% não foi observada variação significativa durante as horas, após a alimentação, enquanto que para o tratamento com 100% de substituição, observou-se efeito linear decrescente na concentração de N-NH₃ do líquido ruminal, reduzindo à medida que foi adicionado REAMs na dieta. É possível que as baixas concentrações de N-NH₃, observadas para estes tratamentos, sejam decorrentes da necessidade de incremento de farelo de soja para manutenção de dietas isoproteicas, com o aumento dos níveis de REAMs na dieta (Tabela 1 e 2), o que pode ter ocasionado defaunação dos protozoários em função do incremento de EE,

proveniente do farelo de soja, conduzindo a um maior consumo de N-NH₃ pelas bactérias ruminais (MARTINELE et al., 2008), uma vez que os protozoários têm a ingestão de bactérias como a principal fonte de aminoácidos e ácidos nucléicos (KOZLOSKI, 2011).

3.4 Conclusões

O resíduo da extração do amido da mandioca apresenta características nutricionais semelhantes ao milho. Sua utilização na alimentação de ruminantes melhora as características fermentativas em até 100% de substituição, necessitando de mais estudos que visem estratégias de fornecimento deste resíduo, para que este não interfira na ingestão.

3.5 Referências

- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; PEROTTO, D.; et al. Digestibilidade de dietas contendo resíduo úmido de mandioca em substituição ao milho para tourinhos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.512-518, 2006a.
- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A.; et al. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.512-518, 2006b.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements for ruminant livestock**. London: CAB. Suppl. 1, p.45, 1984.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16.ed., Arlington: AOAC Internacional, 1990. 1025p.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Taxas de digestão das frações proteicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.
- CAÇÃO, M.M.F.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L., et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca de grãos de milho e de sorgo com alto ou baixo conteúdo de tanino processados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.516-528, 2012.
- CALDAS NETO S.F.; ZEOULA L.M.; BRANCO A.F. et al. Mandioca e Resíduos das Farinhas na Alimentação de Ruminantes: Digestibilidade Total e Parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2099-2108, 2000.

- CAPPELLE, E.L.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; et al. Estimativas do Valor Energético a partir de Características Químicas e Bromatológicas dos Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, 2001.
- CASTRO, F. F. (Coord.). **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. São Paulo: Sindirações, 2009. 390 p.
- CLARINDO, R.L.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M.; et al. Avaliação de fontes energéticas e proteicas na dieta bovinos confinados em fase de terminação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 902-910, 2008.
- FENNER, H. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal Dairy of Science**, p.249-251, 1965.
- FORTALEZA, A.P.S.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A.; et al. Degradabilidade ruminal *In Situ* dos componentes nutritivos de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 481-496, 2009.
- FREGADOLLI, F.F.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F.; et al. Efeito das Fontes de Amido e Nitrogênio de Diferentes Degradabilidades Ruminais. 2. pH, Concentração de Amônia no Líquido Ruminal e Eficiência de Síntese Microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.870-879, 2001.
- GOERING, H.K., VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)** Agriculture Handbook 379. United States Department of Agriculture. 20p. 1975.
- HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226-3232, 2003.
- HASHIMOTO, J.H.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; et al. Desempenho e digestibilidade aparente em cabritos Boer x Saanen em confinamento recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.174-182, 2007.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 2 n.8 p.1791-1794, 1999.
- JASKO, A.C.; ANDRADE, J.; CAMPOS, P.F.; et al. Caracterização físico-química de bagaço de mandioca in natura e após tratamento hidrolítico. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 05, suplemento: p.427-441, 2011.
- KUNKLE, W. E.; BATES, D. B. Evaluating feed purchasing options: energy, protein, and mineral supplements. **In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE**, 1998, Gainesville. Proceedings... Gainesville: University of Florida, p.59-70, 1998.
- KOZLOSKI, G.W. **Bioquímica dos ruminantes**, 3.ed. Santa Maria, Ed. Da UFSM, p.216, 2011.

- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research and Review**, v.3, p.277-303, 1990.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M., VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- LIPPKE, H.; ELLIS, W.C.; JACOBS, F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.2, p.403-412, 1986.
- MARTINELE, I.; EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; et al. Efeito da monensina e do óleo de soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com parâmetros da fermentação ruminal e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1129-1136, 2008.
- MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradabilidade Ruminal In Situ da Matéria Seca e Proteína Bruta das Silagens de Milho e Sorgo e de Alguns Alimentos Concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1109-1117, 1999.
- MELO, P.S.; BERGAMASCHI, K.B.; TIVERON, A.P.; et al. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v.41, n.6, 2011.
- MENEGHETTI, C. D. C.; DOMINGUES J. L.; Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n. 2, p.512-536, Março/Abril 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, p.232, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington, D.C: National Academy Press, p.381, 2001.
- NOCEK, J. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2051-2069, 1988.
- NOLAN, J.V.; DOBOS, R.C. Nitrogen transactions in ruminants. In: **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J.(eds). 2 ed. p.177-206, 2005.
- OLIVEIRA, A.P.B.B. **Uso de grão de milho inteiro ou laminado como suplemento para bezerras decorte em pastejo em azevém**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, p.60, 2012.
- ORSKOV, E.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agricultural Science**, v. 92, n.02, p.499-503, 1979.

- PEIXOTO, R.R., WARNER, R. G. Avaliação da farinha de mandioca como componente de rações para terneiros leiteiros e desaleitamento precoce. **Revista Brasileira de Mandioca**, 12(1/2):39-47. 1993.
- PEREIRA, E.S.; REGADAS FILHO, J.G.L.; ARRUDA, A.M.V. et al. Equações do NRC (2001) para predição do valor energético de co-produtos da agroindústria no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.258-269, 2008.
- RAMALHO, R.P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; et al. Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1221-1227, 2006.
- RIBEIRO FILHO, H.M.N. Estratégias para o manejo dos animais e do pasto em sistemas de produção de leite. **Veterinaria** (Montevideo), v.48, Supl.1, p.91-96, 2012.
- RUSSELL, J.B.; DOMBROWSKI, D.B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. *Applied Environmental Microbiology*, v.39, p.604-610, 1980.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A., A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland**. v18, n.2, p.104-111, 1963.
- UFV - UNIERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VIEIRA, P. F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídeos em rações para ruminantes**. Tese. (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1980.
- WALLER, J., N. MERCHEN, T. HANSON et al. Effect of sampling intervals and digesta markers on abomasal flow determinations. **Journal of Animal Science**, v.50, p.1122, 1980.
- ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S.F.; BRANCO, A.F.; et al. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: pH, cocentração de amônia e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.03, p. 1582-1593, 2002.
- ZEOULA, L.M.; MARTINS, A.S.; PRADO, I.N. et al. Solubilidade e Degradabilidade Ruminal do Amido de Diferentes Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.898-905, 1999.

4. RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO AMIDO DA MANDIOCA SECO NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO

Resumo: O presente estudo teve por objetivo determinar o melhor nível de utilização de resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs), em substituição ao milho da ração para vacas em lactação. Para este estudo, foram utilizadas quatro vacas em lactação, alimentadas individualmente, com dietas, contendo níveis crescentes (0%, 33%, 66% e 100%) de substituição do milho pelo REAMs. Foi avaliada a ingestão e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, produção e composição do leite, parâmetros sanguíneos de glicose e ureia, síntese microbiana e viabilidade econômica das dietas, sendo observada redução na ingestão de matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo e carboidratos totais, aumento na ingestão de fibra em detergente ácido, não influenciando, porém, na digestibilidade dos nutrientes. Tais variações resultaram na redução na produção de leite, sem alterar a eficiência de produção e os constituintes do leite, observando-se efeito decrescente na produção diária de lactose, sólidos e minerais. Os parâmetros metabólicos, glicose e nitrogênio ureico no plasma, foram influenciados pelos tratamentos, mas permaneceram dentro dos níveis adequados para estes animais. A síntese de proteína microbiana aumentou com o uso do REAMs em substituição ao milho. No entanto a utilização do REAMs não apresentou viabilidade econômica. O resíduo da extração do amido da mandioca seco pode ser utilizado na alimentação de vacas em lactação em até 100% de substituição ao milho. No entanto, a sua utilização promove redução na ingestão de matéria seca e nutrientes e na produção de leite, devendo ser associada à rentabilidade do produto, sendo viável quando o valor de aquisição for 22,5% inferior ao milho.

Palavras-chave: ingestão, digestibilidade, parâmetros sanguíneos, produção, síntese microbiana

DRY CASSAVA STARCH EXTRACTION RESIDUE IN THE FEED OF LACTATING COWS

Abstract: The present study aimed at determining the best level of use for dry cassava starch extraction residue (dCSER) in replacement to the ration's maize for lactating cows. For this study, we used four lactating cows, individually fed diets containing increasing levels (0%, 33%, 66% and 100%) of maize replacement of dCSER. We evaluated intake and digestibility of dry matter and nutrients, milk production and composition, glucose and urea blood parameters, microbial synthesis and economic viability of the diets. We verified the decrease in the intake of dry matter, organic matter, ethereal extract and total carbohydrates, increase in the intake of acid detergent fiber, however, not influencing nutrient digestibility. Such changes resulted in reduced milk production, without altering production efficiency and milk constituents, observing a decreasing effect on daily production of lactose, solids and minerals. The metabolic parameters, glucose and urea nitrogen in plasma, were affected by the treatments, but remained within appropriate levels for these animals. The synthesis of microbial protein increased with the use of dCSER in replacement of maize. However, its use showed no economic viability. The dry cassava starch extraction residue can be used as feed for lactating cows by up to 100% maize replacement. However, its use promotes reduction in the intake of dry matter and nutrients, and in milk production, demanding its association to the product profitability, being viable when the acquisition price is 22.5 % lower than that of maize.

Key-words: intake, digestibility, blood parameters, production, microbial synthesis

4.1 Introdução

O desenvolvimento da produção de leite, no Brasil, conduz a uma busca por alimentos alternativos que possam minimizar os custos com a produção e assim melhorar a rentabilidade dos produtores que normalmente utilizam o leite como renda fixa. Assim, os resíduos agroindustriais tomam destaque nesta busca por alimentos alternativos, uma vez que os custos com alimentação chegam a 65% dos custos operacionais na bovinocultura de leite (NOGUEIRA, 2004).

Neste contexto, destacam-se os resíduos agroindustriais da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), uma vez que a demanda mundial por amidos nativos e modificados está projetada para crescer de 35 milhões de toneladas para 50 milhões no período de 2011 a 2015 (FELIPE et al., 2013), impulsionando a produção e aumentando a quantidade de resíduos que necessitam de um destino adequado.

Os resíduos do processamento da mandioca podem ser facilmente obtidos, nas regiões próximas a indústrias processadoras, em função da grande quantidade produzida e da necessidade da indústria de escoamento deste produto de forma adequada (LAMAISON, 2009). Os subprodutos da mandioca são considerados como substitutos energéticos mais baratos para a formulação de rações para ruminantes, sendo uma alternativa viável, pois possuem valor nutritivo semelhante ao do milho (RAMALHO et al., 2006). Entre os resíduos do processamento da mandioca, destaca-se o resíduo obtido a partir da extração do amido por via úmida.

Devido aos elevados teores de umidade (85%) sua conservação é dificultada (ABRAHÃO et al., 2006b). No entanto, a secagem deste subproduto é uma forma de permitir sua adequada conservação e transporte, o que aperfeiçoa sua utilização, embora, eleve os custos de aquisição do mesmo e possa causar alterações quanto a sua composição químico-bromatológica, em função do processo utilizado para a sua secagem.

O resíduo da extração do amido apresenta elevada quantidade de carboidratos não fibrosos, com predominância do amido e baixo percentual de proteína, característica de todos os resíduos do processamento da mandioca (RAMALHO et al., 2006), sendo este amido de maior degradabilidade ruminal em relação ao milho, devido ao baixo teor de amilose (SVIHUS et al., 2005).

Segundo Abrahão et al. (2006a), é fundamental conhecer as características do alimento, permitindo estabelecer critérios para sua inclusão nas dietas dos animais,

maximizando o potencial digestivo e possibilitando ao animal a manifestação de seu potencial genético e a consequente otimização da utilização do alimento para funções produtivas.

Ao utilizar alimentos alternativos, torna-se importante observar e avaliar qual é a influência deste alimento na ingestão, na produção e qualidade dos produtos, assim como na viabilidade de sua utilização, uma vez que a diminuição dos custos de produção é um dos meios de incrementar a rentabilidade das propriedades. Diante do exposto, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de determinar o melhor nível de utilização de resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs), em substituição ao milho da ração para vacas em lactação.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado, no setor de Bovinocultura de Leite da Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, Linha Guará, situada no município de Marechal Cândido Rondon e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon – PR. O protocolo de experimentação animal, utilizado, foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNIOESTE (protocolo 48/13).

Foram utilizadas quatro vacas da raça Holandesa, multíparas (entre 4º e 6º lactação), após o pico de lactação (aproximadamente aos 100 dias de lactação), com peso corporal médio de $627,5 \pm 31,5$ kg e produção média inicial de $24,21 \pm 5,98$ kg de leite por dia. Os animais foram distribuídos no delineamento experimental em quadrado latino (4x4) com quatro períodos experimentais de 21 dias cada, sendo 14 dias para adaptação à dieta e sete dias para a coleta de dados (período total de 84 dias) e quatro tratamentos. Os tratamentos utilizados foram: níveis de substituição do milho (0%, 33%, 66% e 100%) por resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs).

Para a formulação das dietas, procedeu-se avaliação bromatológica dos alimentos, analisando os teores de MS (matéria seca), MM (matéria mineral), EE (extrato etéreo) e PB (proteína bruta), conforme metodologia descrita por AOAC (1990); e FDN (fibra em detergente neutro) e FDA (fibra em detergente ácido), segundo Van Soest et al. (1991). A MO (matéria orgânica) foi obtida pela diferença entre o teor de MM e o total de MS (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química do resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs), milho grão, farelo de soja e da silagem de milho, utilizados para formulação das dietas

Composição	Alimentos			
	REAMs	Milho	Farelo de Soja	Silagem de Milho
Matéria Seca (g/kg)	869,07	880,00	886,68	307,41
Matéria Orgânica (g/kg de MS)	985,60	985,74	934,04	956,38
Proteína Bruta (g/kg de MS) ¹	14,91	95,73	514,83	81,49
A (g/kg PB)	200,41	195,21	126,85	548,15
B1 (g/kg PB)	70,79	36,48	43,58	75,16
B2 (g/kg PB)	268,23	682,86	763,32	220,03
B3 (g/kg PB)	157,78	19,88	62,01	47,69
C (g/kg PB)	302,79	65,57	04,24	108,97
Extrato Etéreo (g/kg de MS)	03,61	06,03	06,41	23,86
FDN (g/kg de MS) ²	393,75	124,49	134,09	494,11
FDA (g/kg de MS) ³	216,59	46,94	79,89	284,55
CNF (g/kg de MS) ⁴	573,89	730,42	263,25	343,81
CT (g/kg de MS) ⁵	967,64	854,91	397,34	837,92
A+B1(g/kg CT)	607,76	893,32	767,44	440,64
B2 (g/kg CT)	313,46	89,27	180,07	351,90
C (g/kg CT)	80,23	17,41	52,50	207,47
NDT estimado (g/kg) ⁶	80,47	82,86	70,16	70,71

¹PB: Proteína Bruta, A: Fração solúvel, B1: Fração de rápida degradação, B2: Fração de degradação intermediária, B3: Fração de lenta degradação e C: Fração indigestível; ²FDN: Fibra em Detergente Neutro; ³FDA: Fibra em Detergente Ácido; ⁴CNF: Carboidratos Não Fibrosos; ⁵CT: Carboidratos Totais, A+B1: Fração de carboidratos solúveis e rapidamente degradáveis, B2: Carboidratos potencialmente degradáveis, C: fração de carboidratos não degradáveis. ⁶NDT: Nutrientes Digestíveis Totais (estimado por $NDT = MO (\%) / 100 (26,8 + 0,595 (DIVMO (\%)))$).

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com o estabelecido pelo NRC (2001), para atender as exigências da categoria animal, utilizada (Tabela 2). As dietas foram compostas por 50% de silagem de milho, como fonte de volumoso, e 50% de ração concentrada (milho moído, REAMs, farelo de soja, fosfato bicálcio e suplemento mineral). Para estimativa dos valores de NDT (Nutrientes Digestíveis Totais) foram utilizados os valores da digestibilidade in vitro da MO (DIVMO), obtida pela metodologia descrita por Tilley e Terry, (1963), conforme equação descrita por Kunkle e Bates (1998): $NDT = MO (\%) / 100 (26,8 + 0,595 (DIVMO (\%)))$.

Os animais foram alojados em estábulo coberto, em baias individuais com cocho para controle da ingestão da dieta. O arraçoamento foi realizado, duas vezes ao dia, às 06:30h e 16:30h, nas proporções de 70% e 30%, respectivamente, do total de MS oferecida. As sobras dos alimentos, oferecidos no cocho, foram pesadas diariamente para proporcionar sobras de

10% do total de MS oferecida. A ingestão da matéria seca e dos nutrientes foi determinada pela diferença entre o fornecido e as sobras do comedouro.

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas, contendo resíduo da extração do amido da mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho moído

Alimentos	Níveis de substituição			
	0%	33%	66%	100%
Silagem de milho (g/kg)	500,00	500,00	500,00	500,00
REAMs ¹ (g/kg)	0,00	102,36	192,18	274,86
Milho (g/kg)	323,50	204,33	97,31	0,00
Farelo de Soja (g/kg)	161,88	177,89	194,54	208,60
Suplemento Mineral ² (g/kg)	9,00	8,99	8,92	8,89
Fosfato Bicálcico (g/kg)	5,62	6,43	7,05	7,65
Nutrientes				
Matéria Seca (g/kg)	592,79	592,87	593,49	593,41
Matéria Orgânica (g/kg)	950,78	950,11	947,00	946,83
Proteína Bruta (g/kg)	148,21	149,83	148,28	150,19
Extrato Etéreo (g/kg)	15,28	15,03	14,82	14,62
Carboidratos Totais (g/kg)	773,87	773,80	765,94	773,72
FDN ^{3*} (g/kg)	320,88	333,77	354,88	373,01
FDA ^{4*} (g/kg)	180,64	190,74	204,85	218,93
NDT ⁵ estimado (g/kg)	789,80	785,70	782,3	779,00

¹Resíduo da Extração do Amido da Mandioca seco; ²Composição química (quantidades/kg do produto): Ca - 260 g, P - 40 g, Co - 13 mg, Mg - 15 g, Mn - 1100 mg, Zn - 3000 mg, Se - 20 mg, I - 40 mg, S - 12 g, F - 170 mg e F - 400 mg (produto comercial); ³FDN: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁴FDA: Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁵NDT: Nutrientes Digestíveis Totais (estimado por $NDT = MO (\%) / 100 (26,8 + 0,595 (DIVMO (\%)))$).

Durante os sete dias do período experimental, foram realizadas pesagens das sobras de cada animal e amostragem das rações fornecidas e das sobras, as quais foram congeladas para posteriores análises. As amostras de alimentos e sobras foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C, e acondicionadas em sacos plásticos, para formarem, ao final de cada período experimental, uma amostra composta por animal, por tratamento.

Para determinação da digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, do 15º ao 20º dia de cada período experimental, realizaram-se coletas de fezes, diretamente na saída do reto, nos seguintes horários: 8, 10, 12, 14, 16 e 18h a cada dia respectivamente.

Para obtenção das estimativas de excreção fecal foi utilizado como indicador interno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), conforme proposto por Waller et al. (1980), que foi determinada pela incubação *in situ* por 240h, de amostras de alimento, sobras e fezes, em filtros F57 da ANKON® Technology Corporation, em seguida realizando-se a análise de fibra em detergente neutro (LIPPKE et al., 1986).

Amostras do alimento, das sobras e das fezes foram analisadas quanto aos teores de MS, MM, EE, PB, FDN, FDA e MO conforme descrito anteriormente. Os carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados segundo as equações descritas por Sniffen et al. (1992): $CT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$ e $NDT = PBD + 2,25 \times EED + CTD$, em que PBD = proteína bruta digestível, EED = extrato etéreo digestível e CTD = carboidratos totais digestíveis.

As ordenhas foram realizadas duas vezes ao dia (às 6:00 e 16:00h), efetuando-se o registro da produção de leite por animal, no período de coleta de dados, utilizando medidores acoplados ao equipamento de ordenha. No início e final de cada período experimental, foi realizada a pesagem dos animais, logo após a ordenha e antes da alimentação da manhã.

No 15º e 16º dias de cada período experimental, amostras de leite foram coletadas, obtidas de maneira proporcional as duas ordenhas diárias, acondicionadas em frascos de polietileno, contendo conservante Bronopol® (2-bromo-2-nitropopano-1,3-diol), sendo encaminhadas para o Laboratório do Programa de Análises do Rebanho Leiteiro do Paraná (PARLPR), pertencente à Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandês (APCBRH), onde foram analisados os teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais.

Para a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PLG), utilizou-se a equação citada por Sklan et al. (1992):

$$PLG = (0,432 + 0,1625 \times G) \times \text{kg de leite, em que } G = \% \text{ de gordura do leite.}$$

A eficiência de produção de leite (EPL) foi computada para cada vaca, dividindo-se a produção média de leite pela ingestão média de MS de cada período de coleta de dados (VALADARES FILHO et al., 2000).

$$EPL = \text{Ingestão de MS (kg) / Produção de Leite Corrigida (kg)}$$

As amostras de leite, destinadas à análise de alantoína, foram desproteinizadas, utilizando-se 5 mL de ácido tricloroacético a 25%, filtrado em papel qualitativo e armazenado a -20°C.

No 20º dia, foram realizadas coletas de urina spot, aproximadamente, quatro horas após o fornecimento da alimentação matinal. Alíquota de 10 mL foi separada e diluída com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) e destinada à quantificação das concentrações urinárias de creatinina, alantoína e ácido úrico. A excreção diária de creatinina, considerada para estimar o volume urinário por intermédio das amostras de urina spot, foi de 24,05 mg/kg PV (CHIZZOTTI et al., 2007).

A excreção de purinas totais (PT) foi estimada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico, excretadas na urina e alantoína no leite. A quantidade de purinas microbianas,

absorvidas (PA) (mmol/dia), foi estimada a partir da excreção de purinas totais (mmol/dia), por meio da equação proposta por Verbic et al. (1990):

$$PA \text{ (mmol/dia)} = PT - (0,385 * PV^{0,75}) / 0,85$$

PA são as purinas absorvidas; PT corresponde às purinas totais (mmol/dia); 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina na urina; e 0,385 = excreção endógena de derivados de purina na urina (mmol).

O fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (g NM/dia) foi estimado, a partir da quantidade de purinas, absorvidas (mmol/dia), segundo a equação de Chen & Gomes (1992):

$$NM \text{ (g/dia)} = (70 * PA) / (0,83 * 0,116 * 1000)$$

No monitoramento de metabólitos, as coletas de sangue foram realizadas em diferentes horários, após o arraçoamento da manhã (0, 1, 2, 4, 6 e 8 horas), no 21º dia de cada período, utilizando-se tubos de ensaio de 4 mL contendo fluoreto de sódio, através de punção da veia coccígea. As amostras foram refrigeradas e encaminhadas para processamento e análise. O plasma foi obtido por meio de centrifugação a 3500 rpm por 15 minutos, para determinação das concentrações de glicose e ureia, as quais foram analisadas por meio de kits comerciais, utilizando o método colorimétrico, seguindo-se as recomendações dos fabricantes dos kits, para posterior determinação da absorbância, utilizando espectrofotômetro.

Para verificar a viabilidade econômica do uso de níveis de REAMs na ração, seguiram-se parâmetros, estabelecidos por Picoli (2013), que são: o preço pago ao produtor pelo litro de leite (R\$ 0,79/L), preços dos ingredientes da ração (silagem de milho R\$ 0,073/kg; milho R\$ 0,39/kg; farelo de soja R\$ 1,32/kg; R\$ 0,70/kg de REAMs; R\$ 3,28/kg de suplemento mineral e R\$ 1,28/kg de fosfato bicálcico), praticados no Estado do Paraná no mês de julho de 2012:.

O custo médio por quilo de ração (CMkg) foi calculado de acordo com a composição centesimal das dietas experimentais. O custo médio de ração (CMR) foi calculado pelo CMkg e a ingestão média de ração das vacas para cada tratamento. A receita bruta média (RBM) foi calculada a partir da produção média diária de leite e o preço pago ao produtor. A margem bruta (MB) é resultado entre a RBM e o CMR, o índice de rentabilidade (IR) é obtido do quociente MB e CMR, o IR indica a taxa de retorno do capital empregado e o ponto de equilíbrio (PE) mostra o volume exato de produção em que há retorno zero (RBM=CMR). A abordagem econômica, realizada no presente estudo, levou em consideração somente os custos com a alimentação devido à finalidade da pesquisa, não abrangendo os demais componentes de custo de produção. Portanto, trata-se da produção de leite necessária para cobrir os custos com a alimentação. No caso, infere-se apenas o ponto de equilíbrio parcial.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas programa (SAEG), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1999). Os dados foram submetidos à análise de variância e posterior análise de regressão polinomial, considerando os níveis de REAMs (0%; 33%; 66%; ou 100%) ao nível de 5% de probabilidade. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + C_j + T_k + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observação relativa ao tratamento k, na linha (animal) i, e coluna (período) j;

μ = Constante geral;

L^i = Efeito do animal i; i = 1, 2, 3 e 4;

C_j = Efeito do período j; j = 1, 2, 3 e 4;

T_k = Efeito do tratamento k do animal i e do período j; k = 1, 2, 3 e 4;

e_{ijk} = Erro aleatório associado a cada observação Y_{ijk} .

4.3 Resultados e Discussão

A ingestão de matéria seca foi influenciada pelo aumento do nível de substituição do milho pelo resíduo da extração do amido da mandioca (REAMs) (Tabela 3). A redução da ingestão pode estar associada às características de resíduos da industrialização da mandioca, como a rápida fermentação do amido da mandioca, que resulta em aumento na quantidade de ácidos graxos voláteis (AGV's) formados no rúmen e leva à restrição da ingestão, em resposta ao sinal metabólico de saciedade (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008). Outro fator que pode ter influenciado negativamente a ingestão é a baixa aceitabilidade e a pulverulência deste material (MARQUES et al., 2000). Estes resultados corroboram com Abrahão et al., (2006b), em que novilhas, alimentadas com dietas a base de milho, apresentaram ingestão 10,40% superior àquelas alimentadas com dietas a base de REAMs.

A ingestão de MS em porcentagem do peso corporal (PC) não foi influenciada pelos tratamentos, corroborando com os resultados apresentados por Ramalho et al. (2006). No estudo os autores não observaram variação na ingestão de matéria seca em porcentagem do peso vivo de vacas primíparas em lactação, alimentadas com diferentes dietas, contendo raspa de mandioca (0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição ao milho), que possui composição semelhante ao REAMs. No entanto, a ingestão de MS, obtida neste trabalho (18,42 kg/dia), foi superior aos dados, apresentados por estes autores (17,40 kg/dia), enquanto que a ingestão

em % do PC (2,91%) foi inferior aos dados, observados pelos mesmos autores. Estas variações são atribuídas à situação fisiológica dos animais, pois vacas primíparas necessitam de nutrientes para manutenção, produção e ainda crescimento (OHIO et al., 2010).

Tabela 3. Ingestão diária de matéria seca e dos nutrientes de vacas da raça Holandesa em lactação, recebendo dietas, contendo resíduo da extração do amido de mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho da ração

	Níveis de substituição				Equação Regressão	EP ⁹	P value	
	0%	33%	66%	100%			L	Q
PC (kg)	644,25	636,75	635,00	635,75	-	-	-	-
IMS ¹ (kg/dia)	19,21	18,31	18,74	17,42	1	4,082	0,0254	0,5893
IMS ² (%PV)	3,01	2,85	3,03	2,76	$\hat{Y} = 2,913$	0,072	0,0929	0,5893
IMO ³ (kg/dia)	18,26	17,39	17,73	16,47	3	0,560	0,0198	0,6048
IPB ⁴ (kg/dia)	2,97	2,94	3,14	2,82	$\hat{Y} = 2,923$	0,087	0,4042	0,0802
IEE ⁵ (kg/dia)	0,52	0,46	0,42	0,32	5	0,036	0,0288	0,3769
ICT ⁶ (kg/dia)	14,77	13,99	14,17	13,23	6	0,470	0,0196	0,8132
IFDN ⁷ (kg/dia)	5,58	5,48	6,19	5,62	$\hat{Y} = 5,722$	0,297	0,5899	0,4848
IFDA ⁸ (kg/dia)	3,14	3,11	3,54	3,49	8	0,143	0,0076	0,8481

^{1,2}IMS: Ingestão de Matéria Seca; ³IMO: Ingestão de Matéria Orgânica; ⁴IPB: Ingestão de Proteína Bruta; ⁵IEE: Ingestão de Extrato Etéreo; ⁶ICT: Ingestão de Carboidratos Totais; ⁷IFDN: Ingestão de Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁸IFDA: Ingestão de Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁹EP: Erro Padrão.

¹ $\hat{Y} = 19,1648 - 0,0149328x$ ($R^2 = 0,71$);

³ $\hat{Y} = 18,2166 - 0,0151793x$ ($R^2 = 0,75$);

⁵ $\hat{Y} = 0,503242 - 0,000985958x$ ($R^2 = 0,90$);

⁶ $\hat{Y} = 14,7074 - 0,0133697x$ ($R^2 = 0,82$);

⁸ $\hat{Y} = 3,09921 + 0,00439741x$ ($R^2 = 0,71$).

Por outro lado, o resultado para IMS em porcentagem do PC diverge do estudo realizado por Lima et al. (2008), utilizando bagaço de mandioca úmido na alimentação de vacas em lactação, no qual foi observado aumento da ingestão de MS em porcentagem do PC com a inclusão deste resíduo em até 15% da dieta.

A ingestão de MO apresentou efeito linear decrescente, com o aumento da substituição do milho pelo REAMs, em decorrência da variação, observada para a ingestão de MS, enquanto que a ingestão de PB não foi influenciada, com o aumento do REAMs.

A ingestão de EE apresentou efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de REAMs na dieta, o que pode ser explicado por influência da ingestão de MS, e baixo teor deste nutriente presente no REAMs.

Foi obtido efeito linear decrescente, para a ingestão de carboidratos totais, com o aumento dos níveis de substituição do milho pelo REAMs, o que pode ser explicado pela ingestão de MS. A ingestão de CT, obtida neste trabalho, foi inferior aos valores, apresentados por Schmidt (2011), utilizando resíduo úmido da extração do amido da

mandioca em 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição do milho da ração e silagem de milho como fonte de volumoso, que obteve ingestão média de 17, 96 kg de carboidratos para vacas em lactação com peso corporal aproximado de 630 kg e produção média de 35 kg de leite.

O consumo de FDN não foi influenciado pelos tratamentos, provavelmente em função da variação na ingestão de MS, associado aos teores crescentes de FDN da dieta (Tabela 1). Para a ingestão de FDA, foi observada variação linear positiva, em função do teor de FDA da dieta, devido ao aumento dos níveis de REAMs na dieta.

As digestibilidades da MS, MO, PB, EE, CT, FDN e da FDA, assim como o NDT, não foram influenciados pelos níveis de substituição de milho pelo REAMs (Tabela 4).

Tabela 4. Digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes de vacas da raça Holandês em lactação, recebendo dietas contendo resíduo da extração do amido de mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho da ração

	Níveis de substituição				Equação Regressão	EP ⁹	P value	
	0%	33%	66%	100%			L	Q
DMS ¹ (%)	64,89	61,75	66,76	64,34	$\hat{Y} = 64,440$	0,761	0,5865	0,8177
DMO ² (%)	67,58	62,22	70,00	67,50	$\hat{Y} = 67,575$	0,770	0,4230	0,9275
DPB ³ (%)	64,56	61,63	68,54	68,25	$\hat{Y} = 65,744$	1,129	0,0770	0,5295
DEE ⁴ (%)	60,54	61,19	73,48	71,46	$\hat{Y} = 66,666$	2,219	0,1902	0,2382
DCT ⁵ (%)	68,10	65,72	70,23	66,94	$\hat{Y} = 67,747$	0,841	0,8578	0,7429
DFDN ⁶ (%)	44,71	38,45	45,68	38,15	$\hat{Y} = 41,749$	2,387	0,6870	0,7855
DFDA ⁷ (%)	50,50	45,02	48,60	44,88	$\hat{Y} = 47,251$	1,644	0,9005	0,6492
NDT ⁸ (%)	66,95	64,72	68,75	66,66	$\hat{Y} = 66,446$	0,7295	0,4972	0,9581

¹DMS: Digestibilidade de Matéria Seca; ²DMO: Digestibilidade de Matéria Orgânica; ³DPB: Digestibilidade de Proteína Bruta; ⁴DEE: Digestibilidade de Extrato Etéreo; ⁵DCT: Digestibilidade de Carboidratos Totais; ⁶DFDN: Digestibilidade de Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁷DFDA: Digestibilidade de Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁸NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; ⁹EP: Erro Padrão.

A digestibilidade da MS não foi alterada em função dos níveis de substituição do milho por REAMs. É provável que tenha ocorrido um efeito de aditividade entre os ingredientes da dieta no tratamento com 66% de substituição de milho por REAMs, uma vez que este tratamento (66%) apresentou melhor coeficiente de digestibilidade para todos os nutrientes, exceto o extrato etéreo. É possível que a sincronização entre proteínas e carboidratos tenha melhorado, devido a características do amido, presente no REAMs, que apresenta maior degradabilidade e digestibilidade quando comparado ao milho (CALDAS NETO et al., 2000). Este apresenta alta sincronização com a fonte proteica que foi utilizada, o farelo de soja (BERCHIELLI et al., 2006).

A digestibilidade da MS, obtida neste estudo, manteve-se próxima aos valores do estudo, realizado com vacas em lactação, avaliando a inclusão (0%, 8%, 16%, 24% e 32%) de resíduo úmido de fécula de mandioca na dieta a base de milho, farelo de soja e silagem de milho como fonte de volumoso, onde foi observada digestibilidade da MS, variando de 68,85% a 61,08% com o aumento dos níveis de inclusão (JAVORSKI, 2012). Entretanto, Schmidt, (2011) não observou variação na digestibilidade da matéria seca (64,98%), quando utilizou silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca em substituição ao milho da ração (0%, 25%, 50%, 75% e 100%).

A digestibilidade da MO, não foi alterada com a substituição de REAMs na dieta, assim como a digestibilidade da MS. Neste estudo, a digestibilidade da MO, observada, ficou muito próxima a observada por Schmidt (2011) 67,32%, ao utilizar silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca para vacas em lactação, enquanto que Javorski, (2012) cita valores entre 70,45% a 63,07%, ao utilizar resíduo úmido de fecularia de mandioca para vacas em lactação.

A digestibilidade do EE não foi influenciada pelos níveis de substituição de milho por REAMs. Ramalho et al. (2006) observou aumento na digestibilidade do EE em até 55,86% de substituição do milho por raspa de mandioca, e atribuiu as alterações à variabilidade das amostras.

A digestibilidade dos carboidratos totais não foi influenciada pelos tratamentos. Os valores, obtidos, foram semelhantes aos observados por Ramalho et al. (2006), que observaram digestibilidade média dos carboidratos totais de 69,65%, na utilização de raspa de mandioca para vacas primíparas em lactação, assim como Javorski (2012), que apresenta valores entre 69,19% a 60,70% com o aumento dos níveis de inclusão (0%, 8%, 16%, 24% e 32%) de resíduo úmido de fecularia de mandioca, para vacas em lactação.

Para a digestibilidade da PB, do FDN e do FDA não foi obtido efeito significativo, com médias de 65,74%; 41,75% e 47,25%, respectivamente. Os valores corroboram com os resultados obtidos por Schmidt (2011) (DPB = 65,43%; DFND = 45,18% e DFDA = 46,18%) que utilizou vacas Holandesas em lactação, avaliando a substituição do milho por silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca nas proporções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% na dieta.

A porcentagem calculada de NDT não foi influenciada pelos tratamentos, em função dos ingredientes, utilizados (milho e REAMs), não apresentarem diferenças significativas para NDT (FERNANDES, 2014 – dados não publicados) não alterando, assim, o NDT da dieta.

A produção de leite foi alterada pelo aumento dos níveis de substituição do milho por REAMs, havendo redução de 0,023kg de leite, produzido a cada 1% de aumento da substituição (Tabela 5), sem influência sobre os constituintes do leite (gordura, proteína, lactose, sólidos totais, sólidos desengordurados e minerais) obtendo-se efeito significativo apenas para a produção (kg) diária de lactose, sólidos e minerais. Quanto à produção de leite, corrigida para 3,5% de gordura, foi obtido efeito linear decrescente.

Tabela 5. Produção e composição do leite de vacas da raça Holandês após o pico de lactação, recebendo dietas, contendo resíduo da extração do amido de mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho da ração

	Níveis de substituição				Equação Regressão	EP ⁹	P value	
	0%	33%	66%	100%			L	Q
PL ¹ (kg/dia)	26,17	25,19	24,59	23,78	1	1,517	0,0024	0,8016
PLC ² (kg/dia)	25,41	25,01	23,72	22,18	2	1,560	0,0335	0,5592
EPL ³	1,31	1,35	1,25	1,25	$\hat{Y} = 1,3280$	0,053	0,1314	0,7250
GOR ^{4a} (g/kg)	33,33	34,42	32,77	30,78	$\hat{Y} = 3,2823$	0,118	0,3345	0,4744
GOR ^{4b} (kg/dia)	0,87	0,87	0,81	0,73	$\hat{Y} = 0,8190$	0,059	0,0872	0,5044
PROT ^{5a} (g/kg)	31,60	32,51	32,51	33,06	$\hat{Y} = 3,2417$	0,057	0,2961	0,8390
PROT ^{5b} (kg/dia)	0,82	0,81	0,80	0,77	$\hat{Y} = 0,8013$	0,043	0,2515	0,6894
LACT ^{6a} (g/kg)	44,33	42,79	42,99	43,10	$\hat{Y} = 4,3303$	0,064	0,2806	0,2552
LACT ^{6b} (kg/dia)	1,16	1,07	1,05	1,02	6b	0,065	0,0105	0,2786
SOLD ^{7a} (g/kg)	84,56	83,67	83,99	84,60	$\hat{Y} = 8,4205$	0,079	0,9408	0,6176
SOLD ^{7b} (kg/dia)	2,20	2,09	2,07	2,00	7b	0,118	0,0274	0,7240
MIN ^{8a} (g/kg)	6,71	6,96	6,81	6,90	$\hat{Y} = 6,8540$	0,020	0,1239	0,1786
MIN ^{8b} (kg/dia)	0,18	0,17	0,17	0,16	8b	0,010	0,0154	0,6681

¹PL: Produção de Leite; ²PLC: Produção de Leite Corrigida 3,5% de gordura; ³EPL: Eficiência de Produção de Leite; ⁴GOR: Gordura; ⁵PROT: Proteína; ⁶LACT: Lactose; ⁷SOLD: Sólidos Desengordurados; ⁸MIN: Minerais; ⁹EP: Erro Padrão.

¹ $\hat{Y} = 26,0930 - 0,023348x$ ($R^2 = 0,99$);

² $\hat{Y} = 25,7186 - 0,032935x$ ($R^2 = 0,95$);

^{6b} $\hat{Y} = 1,13877 - 0,00126272x$ ($R^2 = 0,89$);

^{7b} $\hat{Y} = 2,18313 - 0,00191041x$ ($R^2 = 0,95$);

^{8b} $\hat{Y} = 0,176249 - 0,000127474x$ ($R^2 = 0,93$).

Semelhante ao obtido neste estudo, Ramalho et al., (2006), utilizando raspa de mandioca, produto de composição semelhante ao REAMs na matéria seca (MS), observaram efeito linear decrescente para a produção de leite, os autores atribuíram esta resposta as diferenças nos processos de digestão, absorção e metabolismo entre o amido do milho e o da raspa de mandioca, e aos efeitos associativos destes alimentos aos demais ingredientes da dieta. Os mesmos não observaram variação na porcentagem de gordura do leite, semelhante ao que foi observado neste estudo.

A redução na produção de leite, observada neste estudo, pode ser justificada, pela variação na ingestão e pelo melhor aproveitamento da glicose, fornecida pelo milho, o qual proporciona maior incremento na participação da glicose na liberação visceral de energia (KOZLOSKI, 2011), pois no caso do milho, maior parte do amido é degradada no intestino delgado e a glicose, absorvida no intestino delgado, seria melhor aproveitada pelos ruminantes para a produção de leite (NOCEK e TAMINGA, 1991).

Quando o local de digestão do amido é alterado do rúmen para o intestino delgado, ocorre aumento na absorção de glicose, processo 42% mais eficiente energeticamente que a fermentação ruminal (OWENS et al. 1986). A síntese de lactose é dependente da disponibilidade de glicose na glândula mamária, uma vez que a produção de lactose (kg/dia) diminuiu com o aumento da utilização de REAMs. A lactose atua como fator osmótico no leite, “atraindo” a água para as células epiteliais mamárias, aumentando, assim, o volume de produção de leite (GONZÁLEZ, 2001).

Observou-se que os níveis de glicose foram influenciados significativamente pelos tratamentos (Figura 1), mas ainda assim a maior parte da glicose proveniente do REAMs é degradada no rúmen (CALDAS NETO et al., 2000), e absorvida na forma de AGV's, não sendo eficientemente aproveitada para a produção de leite.

Apesar da produção de leite ter sido influenciada significativamente com a substituição do milho pelo REAMs, a eficiência de produção, não foi alterada, com média de 1,33. Javorski (2012), utilizando resíduo úmido de fecularia de mandioca, não observou alteração na eficiência de produção (1,38), entretanto os valores, obtidos neste estudo, foram inferiores. Fernandes (2011), também não obteve variação na eficiência de produção, quando utilizou silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca, na alimentação de vacas em lactação, observando valores superiores (1,42).

A não alteração na eficiência de produção de leite demonstra que a redução, observada para a produção de leite, deve-se, além da interferência na síntese de lactose pela glândula mamária, à redução da ingestão de MS, uma vez que este pode ser limitado por fatores inerentes ao alimento, no caso, pode-se citar a pulverulência e baixa aceitabilidade em função dos baixos teores de EE (Tabela 1). Desta forma, a utilização deste resíduo está associada ao custo benefício da sua utilização.

Para os constituintes do leite em g/kg não se obteve resposta significativa, diferente dos resultados constatados por Fernandes (2011), que não apresenta influência para os teores de gordura, mas obteve resposta linear crescente para os demais constituintes do leite, enquanto que, Javorski (2012), não obteve variação para gordura e sólidos totais, mas

evidenciou variação linear crescente para proteína, lactose, minerais e sólidos desengordurados.

No entanto, observa-se que ocorreu inversão nos teores de gordura e proteína, indicando possível ocorrência de acidose subclínica, distúrbio metabólico, causado pela ingestão excessiva de carboidratos, rapidamente fermentáveis, os quais causam redução nos teores de gordura do leite pela queda do pH ruminal (MATTOS e PEDROSO 2012). Não foram evidenciados outros sintomas, decorrentes da acidose subclínica, como diarreia, alteração no pH da urina, assim como não ocorreu variação no pH ruminal de bovinos canulados no rúmen, alimentados com a mesma dieta, em experimento realizado em conjunto por Fernandes, 2014 (dados não publicados).

A produção diária de sólidos desengordurados e minerais (kg/dia) foi influenciada pelo aumento progressivo dos níveis de REAMs. O teor de sólidos desengordurados é influenciado, principalmente, pelos seus componentes (proteína, lactose e minerais). A variação, obtida para a produção de minerais, pode ser explicada em função do leite de animais sadios terem o conteúdo de lactose, potássio e sódio constante. A concentração de cada um destes componentes constitui uma constante individual. Também, em cada raça, observa-se uma relação muito precisa entre a concentração da lactose e a soma das concentrações molares de sódio e de potássio (GONZÁLEZ et al., 2001).

Para os níveis plasmáticos de glicose, houve interação entre os tratamentos e as horas após alimentação, sendo apresentadas as médias para horários e tratamentos (Figura 1).

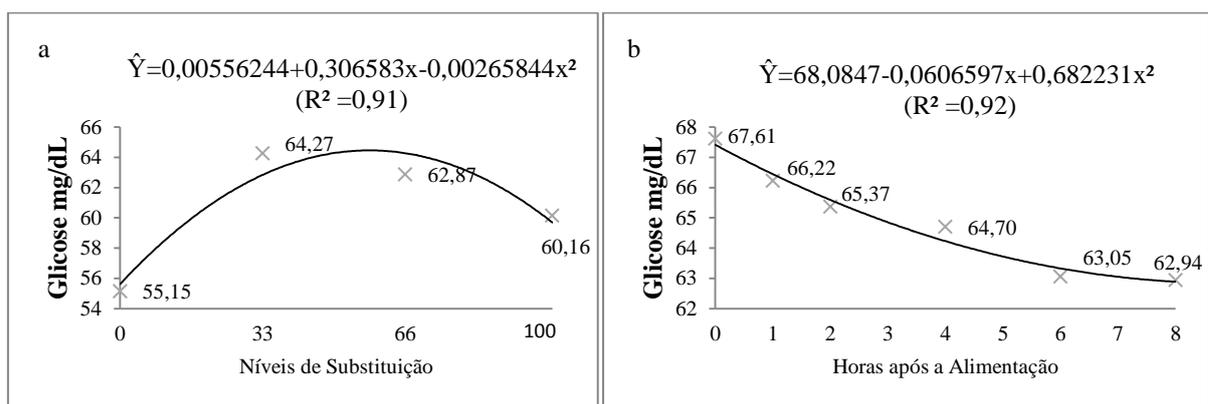


Figura 1. (a) Concentração da glicose plasmática em função dos tratamentos para todos os horários; (b) Concentração da glicose plasmática em função dos horários para todos os tratamentos.

Os níveis de glicose plasmática apresentaram efeito quadrático à medida que o milho foi substituído pelo REAMs (Figura 1a), divergindo dos resultados, observados por Pires et al. (2008) que não obtiveram resposta para as concentrações de glicose plasmática em animais alimentados com raspa de mandioca como fonte de amido, mas permanecendo dentro dos níveis adequados para bovinos, que podem variar de 45 a 75 mg/dL (FERNANDES et al., 2012).

Segundo González et al. (2000), o teor de glicose sanguíneo tem pouca variação, em função de mecanismos homeostáticos bastante eficientes do organismo de ruminantes, afirmando que a dieta tem pouca influência sobre a glicemia, exceto em animais com severa desnutrição. Este não foi o caso dos animais, utilizados. É possível, que a alteração nos níveis de glicose sanguínea entre os tratamentos seja em função das diferenças na degradação e absorção entre o milho e o REAMs.

Para os horários, após a alimentação, foi obtido um efeito quadrático nos níveis de glicose sanguínea (Figura 1b). É provável que esta variação tenha ocorrido em decorrência dos processos de degradação e digestão, subsequentes à ingestão de alimentos, uma vez que o propionato, produzido no rúmen, chega a contribuir com a formação de até 54% da glicose presente no sangue (SILVA, 1979). A dieta, utilizada, possui alimentos de rápida degradação ruminal (FERNANDES, 2014 – dados não publicados), bem como, pela atuação da insulina, hormônio que estimula a captação de glicose pelos tecidos (GRANDE e SANTOS, 2008), que tem sua concentração sérica elevada quando maiores quantidades de amido chegam ao intestino delgado (RAMALHO et al., 2006).

As concentrações de nitrogênio ureico no plasma (NUP) apresentaram interação entre os tratamentos e as horas após a alimentação, não sendo obtido efeito significativo para os tratamentos, apenas para as horas após a alimentação (Figura 2). As concentrações de NUP estiveram dentro da faixa considerada adequada para vacas em lactação, entre 7 e 23,5 mg/dL (LIMA et al., 2004).

Para os tratamentos em que foram utilizados 33%, 66% e 100% de substituição do milho por REAMs, observou-se, que após a alimentação, os níveis de NUP reduziram. Sendo o NUP um indicador sensível e rápido da ingestão de proteína bruta, seu aumento pode indicar um excesso de proteína na ração (GRANDE e SANTOS, 2008). Da mesma forma a ingestão de maior quantidade de EE proveniente do farelo de soja, pode provocar defaunação dos protozoários ruminais (MARTINELE et al., 2008), resultando em um maior consumo de nitrogênio amoniacal pelas bactérias, e, conseqüentemente, diminuindo a reciclagem de nitrogênio no rúmen (KOZOLOSKI, 2011).

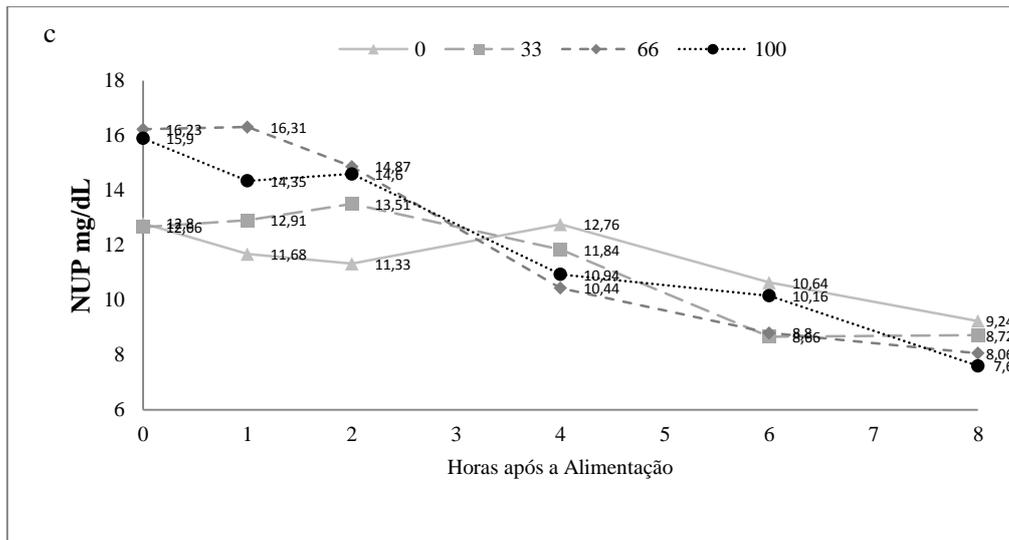


Figura 2. Concentração do nitrogênio ureico no plasma em função das horas após a alimentação.

- T33: $\hat{Y} = 13,5942 - 0,631907x$ ($R^2 = 0,82$);
- ◆ T66: $\hat{Y} = 16,6029 - 1,18657x$ ($R^2 = 0,93$);
- T100: $\hat{Y} = 15,8217 - 1,01800x$ ($R^2 = 0,97$).

As purinas microbianas, absorvidas, não foram influenciadas pelos tratamentos, assim como a síntese de N-microbiano não foi influenciada pelo aumento nos níveis de REAMs na dieta. Apenas a síntese de g PB-Microbiana/100g de MO degradada no rúmen foi influenciada positivamente (Tabela 6).

De acordo com NOLAN (1993), a taxa de degradação de carboidratos, as fontes de compostos nitrogenados (N) no rúmen (amônia, peptídeos, aminoácidos), o enxofre presente na dieta e a frequência de alimentação são fatores que podem afetar o crescimento e a síntese de proteína microbiana. Neste estudo, não foi utilizada nenhuma fonte de enxofre, e os animais permaneceram por um período mínimo de 8 horas no cocho de alimentação, com disponibilidade de alimento durante este período.

De acordo com HOOVER e STOKES (1991), a síntese de proteína microbiana está relacionada com a quantidade, consumida de matéria seca ou matéria orgânica, digerida no rúmen e com a eficiência com que os microrganismos utilizam a energia, sendo fatores limitantes para o crescimento microbiano. Desta forma, constata-se que as diferenças entre a degradação do amido alteraram a eficiência de utilização da dieta para síntese de proteína microbiana, uma vez que a substituição do milho pelo REAMs provocou redução na ingestão

de MS e MO, mas não alterou a produção de P-microbiana e foi obtido efeito linear crescente para g PB-Microbiana/100g de MO degradada.

Tabela 6. Excreções de Derivados de purinas e síntese microbiana de vacas da raça Holandês após o pico de lactação, recebendo dietas contendo resíduo da extração do amido de mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho da ração

	Níveis de substituição				Equação Regressão	EP ⁴	P value	
	0%	33%	66%	100%			L	Q
PMA ¹ (mmol/dia)	344,34	460,64	414,18	443,90	$\hat{Y} = 415,77$	30,040	0,2210	0,3349
Produção Microbiana								
N-m ² (g/dia)	250,35	334,90	301,13	322,73	$\hat{Y} = 302,28$	21,840	0,2210	0,3349
PB-m/100g MO ³	13,94	19,00	17,72	21,58	4	1,219	0,0215	0,1495

¹ Purinas Microbianas Absorvidas; ² Nitrogênio microbiano; ³PB-m/100g MO: Proteína Bruta Microbiana por 100g de matéria orgânica digerida no rúmen; ⁴EP: Erro Padrão.

³ $\hat{Y} = 18,06133 + 0,0650247x$ ($R^2 = 0,77$)

A maior produção de PB-Microbiana/ 100g de MO degradada, pode ter ocorrido em função da diminuição de protozoários presentes no rúmen (KOZLOSKI, 2011), provocada pelo aumento do farelo de soja, utilizado na dieta, que resultou em incremento no fornecimento EE (Tabela 1 e 2), que pode ter ocasionado defaunação dos protozoários (MARTINELE et al., 2008).

No presente estudo, apesar de ser observada variação crescente à medida que o REAMs substituiu o milho, os valores de g PB-microbiana/100 g de MO degradada no rúmen estão dentro da faixa de variação descrita por Pathak (2008), que cita que a eficiência de síntese microbiana pode variar de acordo com o tipo da dieta de 13 a 17,6 g PB-m/100 g de MO degradada no rúmen, sendo inferior para dietas que têm como base somente forragens ou rações concentradas e superior para dietas mistas, compostas de volumosos e concentrados.

A análise de viabilidade econômica demonstrou que todos os tratamentos apresentaram margem bruta positiva (Tabela 7). Ainda assim, pode-se observar aumento no custo da ração com consequente redução na receita e na margem bruta, em função do aumento progressivo dos níveis de substituição de milho por REAMs.

O aumento, observado no custo da ração, pode ser explicado pelo valor de REAMs ser 79% maior em relação ao milho, assim como o uso de maior quantidade de farelo de soja conforme o aumento dos níveis de substituição. Ressalta-se que o custo elevado do REAMs, utilizado neste experimento, é devido à utilização do mesmo para outros fins industriais e não

para alimentação animal, assim como o período, avaliado, coincidiu com preços elevados do farelo de soja.

Tabela 7. Análise econômica de níveis crescentes de resíduo da extração do amido de mandioca seco (REAMs) em substituição ao milho da ração, na dieta de vacas da raça Holandês após o pico de lactação.

	Níveis de substituição			
	0%	33%	66%	100%
Custo médio da dieta (R\$/kg MN)	0,54	0,59	0,64	0,69
Custo médio da dieta (R\$/dia)	10,36	10,87	12,07	12,00
Receita bruta média (R\$/dia)	20,67	19,90	19,43	18,78
Margem bruta (R\$/dia)	10,32	9,03	7,36	6,79
Ponto de equilíbrio (kg de leite/dia)	13,11	13,76	15,27	15,19
Índice de rentabilidade (%)	0,98	0,81	0,59	0,55

Ainda assim o ponto de equilíbrio entre produção e custo de ração está próximo entre os tratamentos com 0 e 25% de substituição. O índice de rentabilidade do tratamento 0 foi superior aos demais tratamentos, assim como a receita bruta média, pois ambos sofreram influência não só dos custos da ração mas também da redução na produção de leite. Para que a utilização do REAMs na alimentação de vacas em lactação seja viável, o custo de aquisição do REAMs deve ser 22,5% inferior ao valor do milho.

4.4 Conclusões

O resíduo da extração do amido da mandioca seco pode ser utilizado na alimentação de vacas em lactação em até 100% de substituição ao milho. No entanto, a sua utilização promove redução na ingestão de matéria seca e dos nutrientes, e na produção de leite, devendo ser associada à rentabilidade do produto, sendo viável quando o valor de aquisição for 22,5% inferior ao milho.

4.5 Referências

ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; PEROTTO, D.; et al. Digestibilidade de dietas contendo resíduo úmido de mandioca em substituição ao milho para tourinhos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.512-518, 2006a.

- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A.; et al. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.512-518, 2006b.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed., Arlington: AOAC Internacional, 1990. 1025p.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**, Jaboticabal, 2006. p.583.
- CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F; et al. Mandioca e Resíduos das Farinheiras na Alimentação de Ruminantes: Digestibilidade Total e Parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2099-2108, 2000.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. Bucksburnd: Rowett Research Institute/International Feed Research Unit, p. 21, 1992.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; et al. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, 2007.
- FELIPE, F.I.; ALVES, L.R.A.; VIEIRA, R.M. Fécula de mandioca, produção na Tailândia *versus* Brasil. **Mercado & Negócios, Agroanalysis**, Março, 2013.
- FERNANDES, T. **Silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca na alimentação de vacas em lactação: produção e composição do leite**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Graduação em zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus Marechal Cândido Rondon – PR. 25p, 2011.
- FERNANDES, S.R.; FREITAS, J.A.; SOUZA, D.F.; et al. Lipidograma como ferramenta na avaliação do metabolismo energético em ruminantes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.18, n.1-4, p.21-32, 2012.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; CONCEIÇÃO, T.R., SIQUEIRA, A.J.S., et al. Variações Sanguíneas de Uréia, Creatinina, Albumina e Fósforo em Bovinos de Corte no Rio Grande do Sul. **A Hora Veterinária**, v.20, p.59-62, 2000.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; DÜRR, J. W.; FONTANELI, R. S.; et al. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Biblioteca Setorial da Faculdade de Medicina Veterinária da UFRGS, Porto Alegre RS, 2001.
- GRANDE, P.A.; SANTOS, G.T. **O uso do perfil metabólico na nutrição de vacas leiteiras**. Núcleo Pluridisciplinar de Pesquisa e Estudo. 2008. Disponível em: <http://people.ufpr.br/~freitasjaf/artigos/perfilmetabolicovacas.pdf> Acesso em: 20/01/2014.
- HOOVER, W.H.; STOCKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.

- JAVORSKI, C.R. **Utilização de resíduo úmido de fécula de mandioca na dieta de vacas holandesas em lactação**. Dissertação (Mestrado). Mestrado em zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus Marechal Cândido Rondon – PR. 55p, 2012.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos Ruminantes**. Santa Maria, 2011, 216 p.
- KUNKLE, W. E.; BATES, D. B. Evaluating feed purchasing options: energy, protein, and mineral supplements. **In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE**, 1998, Gainesville. Proceedings... Gainesville: University of Florida, p.59-70, 1998.
- LIMA, M.L.P.; BERCHIELLI, T.T.; LEME, P.R.; et al. Concentração de nitrogênio uréico plasmático (nup) e produção de leite de vacas mestiças mantidas em gramíneas tropicais sob pastejo rotacionado, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1616-1626, 2004.
- LIMA, P.; VELOSO C.M.; SILVA, F.F. et al. Bagaço de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na dieta de vacas leiteiras: consumo de nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.1004-1010, 2008.
- LIPPKE, H.; ELLIS, W.C.; JACOBS, F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.2, p.403-412, 1986.
- MARQUES, J.A.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. et al. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1528-1536, 2000.
- MARTINELE, I.; EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; et al. Efeito da monensina e do óleo de soja sobre os protozoários ciliados do rúmen e correlação dos protozoários com parâmetros da fermentação ruminal e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1129-1136, 2008.
- MENEGHETTI, C. D. C.; DOMINGUES J. L.; et al. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n. 2, p.512-536, Março/Abril 2008.
- MATTOS, W. R; PEDROSO, A. M. Influência da nutrição sobre a composição de sólidos totais no leite. **Anais... 5º Simpósio sobre Bovinocultura leiteira**, p.103-128, 2012.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. Washington, D.C., 2001. 381p.
- NOCEK, J.E.; TAMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3598-3629, 1991.
- NOLAN, J.V. **Nitrogen kinetics**. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Wallingford: C.A.B. International. p.123-143, 1993.
- OHIO, M.; KNOPKI, A.C.G.; BEDNARSKI, F.; et al. **Princípios básicos para produção de leite bovino**. Curitiba: UFPR, p.144, 2010.

- OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.7, p.1634-1642, 1986.
- PATHAK, A.K. Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. **Veterinary World**, v.1(6): p.186-189, 2008.
- PICOLI, K.P. **Restrição alimentar e uso de alimentos alternativos na dieta de frangos de corte de crescimento lento**. Tese (Doutorado). Doutorado em Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, p.138, 2013.
- PIRES, A.V.; SUSIN, I.; SANTOS, F.A.P.; et al. Efeito de fontes e formas de processamento do amido sobre o desempenho e o metabolismo do nitrogênio em vacas Holandesas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37 n.8, p.1456-1462, 2008.
- RAMALHO, R.P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; et al. Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1221-1227, 2006.
- SCHMIDT, E. L. **Silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca em substituição ao milho da ração para vacas em lactação: consumo e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes**. 2011. 26f. TCC (Trabalho de conclusão de curso em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon. PR.
- SILVA, J.F.C. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba, Ed Livrocercos, p.384, 1979.
- SILVEIRA, E. B.; RODRIGUES, U. J. L.; GOMES, A. M.; et al. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n. 2, p. 211-216, junho 2002.
- SVIHUS, B.; UHLEN, A.K.; HARSTAD, O.M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science and Technology**, V.122, P.303-320, 2005.
- SKLAN, D.; ASHKENNAZI, R.; BRAUN, A. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2463-2472, 1992.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A., A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland**. v18, n.2, p.104-111, 1963.
- VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D. et al. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.1, p.106-114, 2000.

- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A.; et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal Agriculture and Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 8.- Viçosa, MG, 1999. 142p.
- WALLER, J., N. MERCHEN, T. HANSON et al. Effect of sampling intervals and digesta markers on abomasal flow determinations. **Journal of Animal Science**, v.50, p.1122, 1980.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do resíduo da extração do amido da mandioca seco na alimentação de ruminantes é uma alternativa para a substituição do milho como fonte de energia.

Mais estudos precisam ser realizados, visando estratégias de fornecimento para que o mesmo não interfira no consumo dos animais e, conseqüentemente, no desempenho, uma vez que este resíduo pode ser facilmente obtido por produtores, localizados próximos às indústrias.

Apesar de não ter apresentado viabilidade econômica, neste estudo, em situações em que o custo do milho for elevado e o do farelo de soja estiver baixo, a utilização deste resíduo é uma alternativa para os produtores.