

Processos biotecnológicos aplicados ao bagaço de laranja para redução dos custos na alimentação animal

RESUMO

A indústria de suco de laranja produz como subproduto o bagaço e a polpa de laranja que compreende 50% do total da fruta. O trabalho teve como objetivo analisar o aproveitamento do resíduo da extração do suco de laranja na alimentação animal em forma de pellet. O enriquecimento do bagaço de laranja foi realizado em seis tratamentos: na forma in natura; bagaço de laranja + 2% de levedura; bagaço de laranja + 2% de levedura + 1% de ureia; bagaço de laranja + 2% de levedura + 2% de ureia; bagaço de laranja + 2% de levedura + 3% de ureia e por último bagaço de laranja + 2% de ureia, obtendo valores proteicos de 14,2%; 15,9%; 23,4%; 25,0%; 26,6% e 16,8% respectivamente. O enriquecimento dos péletes de bagaço de laranja com a levedura e/ou ureia aumentaram substancialmente o valor proteico destes em relação na forma in natura. Os tratamentos que foram adicionados diferentes níveis de ureia (1, 2 e 3%) reduziram os conteúdos de FDN, FDA, CHOT, CNF, CEL e HC nos péletes, porém deferiram entre si ($P < 0,005$). Para os teores de MS e PB houve um aumento significativo ($P < 0,005$) em relação aos péletes na forma in natura, resultando em uma elevada eficiência da bioconversão do processo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Enriquecimento nutricional, Ração Peletizada.

Vanessa Francisca de Lima

vanessa-lima14@hotmail.com.br
orcid.org/0000-0001-7254-0450

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Lúcia de Fátima Araújo

luciazootec@yahoo.com.br
orcid.org/0000-0001-6661-8426

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, Rio Grande do Norte, Brasil.

Emerson Moreira Aguiar

emersonmaufm@gmail.com
orcid.org/0000-0002-7088-5479

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, Rio Grande do Norte, Brasil.

Robson Rogério Pessoa Coelho

robcoe@bol.com.br
orcid.org/0000-0003-0078-3538

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, Rio Grande do Norte, Brasil.

INTRODUÇÃO

O Brasil é, atualmente, o maior produtor de laranja do mundo, com uma produção anual da ordem de 18 milhões de toneladas. “Mais ou menos 50% do peso da laranja é formado pela casca e pelo bagaço, que são seus principais resíduos”. Podemos estimar, portanto, 9 milhões de toneladas de resíduo de laranja por ano (IBGE,2013).

A indústria de suco de laranja no país produz cerca de 50% de bagaço que corresponde ao subproduto da fruta. Este subproduto é obtido após duas prensagens que restringe a umidade em torno de 65 a 75%, depois à secagem, da qual resulta até 90% de matéria seca (PEGORARO et al., 2012, p.2).

O bagaço de citros, por ser um alimento de alto teor energético, é um subproduto industrial de expressivo valor econômico, para alimentação animal, sobretudo de ruminantes e, em especial, de vaca leiteira. Acrescenta-se ainda que o efeito da sazonalidade de produção de forragem poderia ser atenuado, ou eliminado, com a utilização dos subprodutos cítricos nos períodos críticos, concorrendo para elevar os índices produtivos da pecuária nas regiões de alta produtividade no país.

Rodrigues et al., (2011) aliada a essas características nutricionais, a época de produção da polpa cítrica é favorável, tendo início em maio e término em janeiro, abrangendo justamente a entressafra de grãos como o milho e o período de escassez de forragem. Dessa forma, quando o milho atinge a cotação máxima e os pastos níveis mínimo de utilização, a polpa cítrica representa uma forma de suplementação energética para os animais nessa época do ano.

O resíduo de laranja (bagaço e casca) é um subproduto pobre em proteína, que por sua vez possui baixo valor biológico, no entanto, é um subproduto de grande valor energético, podendo substituir, com vantagem econômica, os grãos na alimentação de ruminantes. Contém baixos níveis de fósforo, magnésio, enxofre e sódio. Em relação aos micronutrientes, é mais rico em ferro. No caso do bagaço oriundo de Sergipe ou da Bahia, denota-se que há a necessidade de suplementação com manganês, zinco, cobre, cobalto e iodo (LIMA, 2001).

Os produtores vêm fazendo uso deste material na alimentação animal, porém sem um balanceamento adequado, sendo este de extrema importância para permitir bons rendimentos em produção de leite e de carne. Ainda que o bagaço de laranja constitua-se numa alternativa para ser usado na dieta alimentar dos animais, como uma opção aos grãos de cereais por diminuir os custos e eliminando resíduos com potencial de poluição ambiental, não deixa de ser imprescindível o balanceamento citado (TEIXEIRA, 2001).

Segundo Butolo, 1996 apud Araújo 2004, os frequentes aumentos nos preços de suplementos protéicos vegetais utilizados na alimentação dos animais domésticos, tem despertado grande interesse pelo aproveitamento de alimentos “não convencionais” na produção animal do Brasil. Dentre os produtos que podem substituir os suplementos proteicos convencionais usados na alimentação animal, destacam-se os micro-organismos (algas, bactérias e fungos) considerados uma fonte de proteína unicelular.

Os micro-organismos apresentam uma velocidade de multiplicação celular de aproximadamente 500 vezes maior que a dos vegetais e 10.000 vezes maior que a do gado. Isto ocorre devido à grande área específica dos micro-organismos que lhes proporcionam uma velocidade metabólica maior. Animais e vegetais necessitam de extensas áreas e de um ciclo longo para serem utilizados como alimento, enquanto que os micro-organismos podem produzir proteínas em poucas horas e em áreas restritas. Dentro deste contexto tem-se realizados trabalhos utilizando-se diversos micro-organismos e várias matérias orgânicas visando-se à obtenção de proteínas que venham minimizar a desnutrição que assola o mundo, utilizando como substratos, a palma forrageira, mandacaru sem espinhos e resíduo de caju (ARAÚJO, 2004; ARAÚJO, 2008; CARNEIRO, 2013).

Dentre os micro-organismos utilizados para este tipo de fermentação, têm-se destacado a levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae* como excelente fonte proteica, por não apresentar características patogênicas, podendo ser utilizada tanto na alimentação humana como ração para os animais (RODRIGUES, 2001).

Em confronto com os concentrados convencionais os resíduos enriquecidos com fungos adequados, podem equiparar seu valor nutricional, pois será acrescido de proteínas microbianas, minerais como fosfato, potássio, cálcio, além de vitaminas do complexo B, importantes fatores de crescimento para os animais (VILAS BOAS, 2001).

Apesar o alto valor energético do bagaço de laranja, a deterioração ocorre muito rapidamente durante a estocagem. Isto ocorre devido aos altos níveis de umidade e de carboidratos fermentáveis, onde essas características associadas às altas temperaturas e a um tempo de armazenamento prolongado promovem o crescimento de fungos que levam a degradação aeróbia do material, podendo produzir toxinas que afetam a saúde e o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (SOUZA, 2006).

Outra possibilidade para utilização do bagaço de laranja na alimentação animal é a peletização. Este processo consiste na retirada do suco da laranja, sobressaindo à polpa cítrica, a casca e as sementes para obtenção do farelo de polpa cítrica peletizado. O bagaço de laranja peletizado caracteriza-se pela alta digestibilidade da matéria seca, concentração e energia presente no alimento. A polpa cítrica peletizada (PCP) é rica em pectina, um carboidrato altamente degradável no rúmen, que em comparação ao amido, promove um padrão de fermentação ruminal com maior relação acetato: propionato e reduzida produção de ácido láctico, portanto, o fornecimento de PCP que possui fibra de elevada digestibilidade, provavelmente ocasiona maior digestibilidade desse nutriente nas dietas mistas (MENEZES Jr. et al., 2000).

Como aglutinante para o processo de peletização pode-se utilizar o melaço da cana de açúcar que apresenta elevados teores de niacina, ácido pantotênico e colina, vitaminas importantes na alimentação de aves, suínos, cordeiros e bezerras, uma vez em que os ruminantes adultos podem sintetizar no rúmen. É também uma boa fonte de elementos minerais, como cálcio, magnésio e ferro (JARDIM, 2005).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo enriquecer o bagaço de laranja com fontes de proteína como a levedura e/ou ureia visando à produção de um *pellet* de alto valor nutricional podendo ser conservado e transportado para várias regiões do país onde a alimentação é escassa em determinado período do ano comprometendo assim a produção animal.

MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada foi o bagaço da laranja (substrato) adquirido de laranjas de diversas variedades e estados de maturação, obtidas em lanchonetes no município de Macaíba, localizado a 26 km de Natal, e do refeitório da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias – Escola Agrícola de Jundiá da Universidade Federal

do Rio Grande do Norte – RN, localizada na BR 101 e BR 104, a 1 km de distância de Macaíba. O município de Macaíba possui clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa no período de março a julho. Temperaturas médias anuais: máxima 32 °C; média: 27 °C e mínima 21 °C. Precipitação pluviométrica média anual de 1,058 mm e umidade relativa anual de 76%.

O micro-organismo utilizado foi a levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae* prensada, liofilizado da marca Gold Veja contendo em média 63% de proteína bruta (PB) doado pela Unidade de Panificação da Escola Agrícola de Jundiá.

A fonte de nitrogênio não proteico utilizada foi a ureia (NHRCO-NH₂), um composto orgânico sólido, branco, inodoro, solúvel em água e higroscópico. Com 42% de nitrogênio, que multiplicado pelo fator 6,25%, comum para proteínas, correspondem a 262% deste nutriente.

A ureia pecuária utilizada neste trabalho foi doada pelo estábulo da mesma Unidade citada anteriormente, com a finalidade de acelerar o crescimento do micro-organismo.

Os biorreatores utilizados foram bandejas retangulares de alumínio onde 500g dos substratos na forma *in natura* e processadas eram distribuídos em camada de 2 cm e expostas em bancadas da Unidade de Beneficiamento e Processamento de Frutas. O período de fermentação em meio semissólido foi de 24 horas em temperatura ambiente. Após este período as amostras foram acondicionadas em recipientes de plásticos hermeticamente fechados e identificados, armazenadas em freezer horizontal com temperatura entre -10 e -15 °C. Após a retirada das últimas amostras coletadas no período de 24 horas, as mesmas foram retiradas do freezer colocadas em caixa de isopor para serem levadas ao Laboratório de Alimentação e Nutrição Animal do Campus Central da UFRN em Natal.

O aglutinante utilizado na peletização foi o melaço do subproduto da fabricação de açúcar-de-cana oriunda de usina açucareira do estado utilizada na alimentação dos animais da referida Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias - EAJ-UFRN. O melaço é rico em açúcar, uma boa fonte de energia e muito palatável, no entanto, pode ser utilizado como substrato para o crescimento do micro-organismo além de ser um aglutinante para formação dos *pellets* conforme metodologia de ARAÚJO et al .,

(2015). A peletização foi feita de forma artesanal (pellets formados em moinho de moer carne) na Unidade de Processamento de Pescado da EAJ-UECA-UFRN.

Após 24 horas de fermentação do material enriquecido realizou-se a secagem em estufa com circulação de ar à temperatura de 65 °C, por um período de 72 horas. Após a secagem, foi determinada a composição químico-bromatológica dos pellets correspondentes aos seguintes tratamentos: T1 = Bagaço de laranja *in natura*; T2= Bagaço de laranja + 2% de levedura; T3= Bagaço de laranja + 2% de levedura + 1% de ureia; T4 = Bagaço de laranja +2% de levedura + 2% de ureia; T5 = Bagaço de laranja + 2% de levedura + 3% de ureia; T6 = Bagaço de laranja + 2% de ureia.

Houve a necessidade de fazer uma secagem prévia, ou seja, amostra seca ao ar (ASA), pois os resíduos apresentaram teores acima de 15% de umidade, as amostras precisaram ser secas em estufa com circulação de ar forçada a uma temperatura entre 55 a 60 °C por 72horas (AOAC, 2005).

Para a obtenção do farelo do bagaço da laranja, o ideal que neste período seria que os substratos fossem colocados em secador solar para atender as condições reais do meio rural no período de 72 horas e sendo revolvido o material a cada 6 horas. Portanto, como o experimento foi desenvolvido em período chuvoso, foi necessário utilizar a estufa na variação da temperatura e tempo explicitado acima. Logo após ter sido realizada a secagem das amostras, foi feita moagem final, nessa etapa, as amostras foram moídas até obter um pó bem fino, utilizando-se um moinho de facas ou ciclone com peneiras de 1 mm, para posterior peletização.

Inicialmente o farelo do bagaço de laranja correspondente a cada tratamento foi umidificado com 50% de melaço e 50% de água aquecida a uma temperatura de 65 °C totalizando 1 ml da mistura. Em seguida era passado em um moinho de moer carne com furos medianos de 1 mm dando forma aos *pellets*. Após este processo foram colocados em estufa a 105 °C por um período de 4 horas, obtendo assim *pellets* de forma consistente, de alto valor agregado e adequado para o consumo dos animais e posterior armazenamento.

O conteúdo da matéria seca (MS) foi determinado gravimetricamente procedendo à secagem da amostra, em estufa a 105⁰ C até o peso constante de acordo com Silva (2002). Em seguida foi pesado novamente em balança analítica com precisão de 0,0001 g, em amostras triplicadas para corrigir eventuais erros, o material obtido é

chamado de amostra seca em estufa (ASE) ou secagem definitiva de acordo com (AOAC, 2005).

O teor de proteína bruta foi determinado pela quantificação de nitrogênio total da amostra, utilizando-se o micro destilador Kjeldhal de acordo com o método descrito pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). O teor de nitrogênio foi convertido em teor de proteína multiplicando-se o valor encontrado pelo fator 6,25.

Para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN), a amostra foi tratada com detergente neutro e amilase para a separação das fibras insolúveis no meio. Essas fibras constituem basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada. A amilase foi utilizada para realizar a hidrólise do amido e impedir a sua gelatinização. Em seguida, o precipitado foi secado em estufa a 105 °C e pesado de acordo com (AOAC, 2005).

Na determinação da fibra em detergente ácido (FDA), utilizou-se um detergente ácido específico, para solubilizar o conteúdo celular, e a hemicelulose. Além da maior parte da proteína insolúvel. Obteve-se um resíduo insolúvel no detergente ácido, denominado Fibra em detergente ácido, constituído, em sua quase totalidade de lignina e celulose, de acordo com o método da (AOAC, 2005).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados pela equação $CNF = 100 - (PB + FDN + MM + EE)$ descrita por (SNIFFEN et al., 1998).

O teor de carboidratos totais (CHOT) foi obtido pela diferença entre o total da amostra (100%) e os teores de proteína, lipídio, umidade e cinzas, de acordo com a metodologia descrita por (SNIFFEN et al., 1998).

A fração de celulose foi determinada pelo método do ácido sulfúrico de acordo com a metodologia proposta por (AOAC, 2005).

A fração de hemicelulose é determinada pela diferença entre a fração da FDN e da FDA. A fração de hemicelulose constitui-se um grupo de substâncias em que se incluem os polímeros de pentose (xilose, ribose, etc.) e certos polímeros de hexoses e ácidos urânicos, conforme (SILVA, 1988).

Os dados analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições, obtendo-se dezoito parcelas, sendo que cada parcela foi

constituída de por um alimento. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5,0 de probabilidade, utilizando o Programa Estatístico SISVAR (FERREIRA, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes á composição química bromatológica dos péletes do bagaço de laranja na forma *in natura* e processada com levedura na ausência e presença de uma fonte de nitrogênio não proteica (ureia) encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Caracterização químico-bromatológica dos péletes de bagaço de laranja na forma *in natura* e processada

Caracterização químico-bromatológica dos péletes de bagaço de laranja na forma <i>in natura</i> e processada				
Amostras	MS	PB	FDN	FDA
Bagaço de laranja <i>in natura</i>	88,54e	14,06f	18,0a	19,10a
Bagaço de laranja + 2% de lev.	86,08f	15,98e	16,4d	18,52b
Bagaço de laranja +2% de lev. + 1% de ureia	91,42a	23,47c	16,9c	15,93c
Bagaço de laranja +2% de lev. +2% de ureia	90,34c	25,03b	16,2e	15,20d
Bagaço de laranja + 2% de ureia + 3% de lev	91,08b	26,69a	15,8f	13,85e
Bagaço de laranja + 2% de ureia	89,93d	16,81d	17,4b	18,52b

a, b,c, d, e, f Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Porcentagem em matéria seca. MS= Matéria seca; PB= Proteína bruta; FDN= Fibra em detergente neutro; FDA= Fibra em detergente ácido.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

O dado referente ao teor de MS (88,54%) nos péletes do bagaço de laranja na forma *in natura* diferiu ($P < 0,05$) dos valores apresentados para os péletes processados com a levedura e/ou ureia 86,08%; 91,42%; 90,34%; 91,08%; 89,93%, respectivamente. Araújo (2004), afirma que este fato deve-se a formação de CO_2 e evaporação de água fez com que a massa do fermentado diminuísse e conseqüentemente aumentasse a concentração da matéria seca (observou-se maior concentração de massa no material fermentado em relação ao material na forma “*in natura*”), havendo ainda uma multiplicação celular da levedura principalmente quando adicionado à ureia, o que acelera o crescimento da mesma. Esse efeito pode ser explicado de acordo com Freitas (2001) que observou a concentração da MS diminuir à medida que se eleva o nível de ureia de 1% para 2%, atribuindo o fato ao aumento da umidade a higroscopicidade da ureia, contribuindo para a absorção de umidade. Todavia, os valores encontrados por Pegoraro et al (2012) do bagaço de laranja na forma *in natura* e péletes foram de

47,83% e 88,40%, respectivamente. Portanto, o bagaço de laranja pode ser fornecido de forma *in natura*, peletizado ou ensilado, pois a composição química desses produtos apresentam variações de acordo com o tipo de processamento que foram submetidos.

O bagaço de laranja após o processo do enriquecimento proteico apresentou valores de matéria seca similar e maior aos recomendados pelas normas de alimentação proposta pela NRC (2001), com um teor de matéria seca de até 91,4%.

Para os teores de proteína bruta verificou-se valor de 14,06% dos péletes de bagaço de laranja na forma *in natura* que foi inferior ($P < 0,05$) aos valores apresentados para os péletes processados com a levedura e/ou ureia 15,98%; 23,47%; 25,03%; 26,69%; 16,81%. Observa-se que houve diferença significativa entre as médias dos teores de proteína bruta, principalmente ao adicionar uma fonte de nitrogênio não proteico (ureia) que estimula maior crescimento do micro-organismo, consequentemente maior teor de proteína bruta. No entanto, quando se adicionou apenas 2% de ureia, houve um decréscimo no teor de proteína em relação aos tratamentos que foram inoculados com a levedura e adicionados aos níveis crescentes de ureia (1 e 2%). Este fato deve ter ocorrido pela ausência do micro-organismo uma vez que o mesmo aumenta a produção celular ocorrendo maior produção de massa e consequentemente maior teor proteico (Araújo et al, 2015).

Segundo Luciano et al.(2014), utilizando resíduos de abacaxi como substrato para produção de proteína unicelular através de 2% da levedura *Saccharomyces cerevisiae* adicionados os níveis (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0%) de ureia obtiveram respectivamente os valores para proteína bruta: 14,4; 21,0; 28,9; 38,6 e 40,0% no período de 24 horas de fermentação semissólida. Araújo et al. (2015) promoveram o enriquecimento proteico resíduo do pedúnculo do caju para extração da polpa para produção de péletes utilizando 2% de levedura na ausência e presença dos seguintes níveis de ureia (0, 2 e 4 %), apresentando os valores de proteína bruta de 8%; 27%; 44%, respectivamente.

De acordo com os teores de proteína bruta adquiridos no processamento da ração peletizada a base de bagaço de laranja inoculado com a levedura e/ou ureia a mesma se encontra dentro das normas de alimentação recomendadas pela NRC (2001), que recomenda uma suplementação proteica para compensar as deficiências do pasto na época seca contendo teor de proteína bruta de 14 a 16% para vacas secas, 18% em rações iniciais para bezerras e de 20 a 24% para vacas em lactação, considerando os requisitos de manutenção e produção.

Os valores observados para FDN da ração peletizada de bagaço de laranja enriquecidos com levedura e/ou ureia (16,4; 16,9; 16,2%) apresentaram diferenças entre si ($P < 0,05$), sendo inferiores ($P < 0,05$) ao valor deste nutriente nos péletes na forma *in natura* (18%). Todavia, o tratamento que não foi inoculado com o micro-organismo e só adicionado a 2% de ureia obteve um valor intermediário (17%) dos valores correspondentes aos demais tratamentos. De acordo com Queiroz et al., (1992) apud Luciano (2014), alimentos tratados com ureia tem demonstrado que a hidrólise utilizando este aditivo reduz o conteúdo de FDN. Pode-se observar que à medida que inoculou a levedura e elevou-se a adição da ureia no substrato em estudo, o teor de proteína bruta aumentou e conseqüentemente o teor de FDN diminuiu, portanto, os teores deste nutriente encontrados na ração peletizada enriquecida proteicamente estão abaixo do valor mínimo recomendado pela NRC (2001) estipulado em 28%. Embora Rodrigues et al., (2008) afirmem que no bagaço de laranja possui teor de amido reduzido, teor médio de fibra em detergente neutro (FDN) é altamente digestível, e possui ainda na sua composição, principalmente pectina. Segundo Gilaverte et al. (2011), por apresentar alta concentração de pectina, 22,3% da MS, e moderado teor de FDN, quando incluída na dieta de ruminantes, a polpa cítrica peletizada estimula a produção de ácido acético em detrimento à produção de ácido láctico e diminui a queda do pH ruminal. Desse modo, pode ser utilizada estrategicamente em substituição ao milho em rações com alto teor de concentrado.

Os valores de FDA verificado para ração peletizada na forma *in natura* e processada foram de 19,1%; 18,52%; 15,93%; 15,20%; 13,85% e 18,52%, respectivamente que representaram diferença entre si ($P < 0,05$), exceto os tratamentos dois e seis, que não deferiram entre si ($P > 0,05$). Valores semelhantes foram encontrados por Araújo et al., (2015) ao trabalharem com resíduo da extração da polpa de caju enriquecido com 2% de levedura adicionado 2 e 4% de ureia, obtiveram 15,00% a 16,00%, respectivamente. Observa-se ainda que exista uma correlação negativa entre o teor de FDA e o teor proteico, ou seja, quando ocorre aumento no teor proteico há uma diminuição no teor de FDA. Este fato pode ser atribuído ao consumo dos carboidratos solúveis pelos micro-organismos para síntese de proteína, mas não ocorre o consumo de carboidratos fibrosos como celulose, lignina, pois a *Saccharomyces cerevisiae* só metaboliza carboidratos solúveis. A pequena diminuição destes teores atribui-se a adição de ureia e não da levedura (ARAÚJO et al., 2005).

Os valores de FDA encontrados nas rações peletizadas de bagaço de laranja na forma *in natura* e processadas não estão de acordo com as recomendações do NRC (2001), que recomenda um valor mínimo de 21% quando o alimento for fornecido a ruminantes.

Tabela 2 - Caracterização químico-bromatológica dos péletes de bagaço de laranja na forma *in natura* e processada

Caracterização químico-bromatológica dos péletes de bagaço de laranja na forma <i>in natura</i> e processada				
Amostras	CNF	CHOT	CEL	HC
Bagaço de laranja <i>in natura</i>	48,79f	78,30a	13,99c	4,16a
Bagaço de laranja + 2% de lev.	50,48d	75,08b	12,10e	1,69c
Bagaço de laranja +2% de lev. + 1% de ureia	57,06c	75,06b	11,96f	1,01d
Bagaço de laranja +2% de lev. +2% de ureia	62,00a	66,60c	13,65d	1,07d
Bagaço de laranja + 2% de ureia + 3% de lev	50,04e	65,95d	18,00a	3,48b
Bagaço de laranja + 2% de ureia	57,69b	65,63d	16,49b	1,1d

a, b,c, d, e, f Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Porcentagem em matéria seca. CNF= Carboidratos não fibrosos; CHOT= Carboidratos totais; CEL= Celulose; HC = Hemicelulose.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Observando os dados apresentados na Tabela 2, verificam-se os valores de CNF para os péletes do bagaço da laranja na forma *in natura* e processada de 48,79%; 50,48%; 57,06%; 62,00%; 50,04%; 57,69%, respectivamente. Estes valores referentes aos teores de CNF de cada tratamento diferiram entre si ($P < 0,05$). No entanto, os tratamentos contendo ração peletizada processada evidenciaram valores de CNF superiores ($P < 0,05$) em relação ao tratamento contendo ração peletizada na forma *in natura*. Segundo Teles (2006), os elevados teores de CNF obtidos nas rações podem estar também associado à quebra de ligações químicas dos carboidratos estruturais, principalmente a hemicelulose.

Luciano et al., (2014) ao trabalharem com o enriquecimento proteico do resíduo de abacaxi encontraram para os teores de CNF 23,61%. No entanto, os demais tratamentos contendo 2% de levedura e adição de ureia em níveis de 0,5, 1,0 e 1,5% obtiveram valores de 15,37; 10,22; 1,84; 0,28%, respectivamente de CNF. Este fato pode estar relacionado ao consumo de carboidratos solúveis pelos micro-organismos para síntese de proteínas.

De acordo com Van Soest (1994) os CNF servem de substratos para as bactérias do gênero *Lactobacillus* melhorando a qualidade da ração, além de aumentar seu valor nutritivo. Contribui para elevar o valor energético dos ingredientes da ração e são considerados carboidratos de elevada digestibilidade.

Os valores observados para CHOT na ração peletizada de bagaço de laranja enriquecidos apenas com 2% de levedura (75,08%) e o tratamento enriquecido com 2% de levedura e 1% de ureia (75,06%) foram semelhantes ($P>0,05$), assim os tratamentos contendo 2% de levedura adicionados a níveis de ureia (2 e 3%) e apenas com 2% de ureia (66,60%; 65,95%; 65,63%) diferiram entre si ($P<0,05$). Redução gradativa da fração de carboidratos totais existentes nos resíduos do bagaço de laranja pode atribuir à facilidade da degradação dos carboidratos contidos nos substratos que podem ser metabolizados como fonte de energia para reações de biossíntese da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sendo também dependente da concentração desse micro-organismo no substrato (ARAÚJO, 2004).

Segundo Valério (2007) existe algumas frações da fibra do bagaço de laranja relacionadas ao seu alto teor de carboidratos solúveis e pectina, os quais são os responsáveis pela melhora na digestibilidade nas silagens destes resíduos. Já Teles (2006), afirma que a redução dos teores de CHOT está associada à diminuição dos teores de FDN e FDA, o que contribui para melhorar o consumo e a digestibilidade do alimento.

O dado referente ao teor de HC (4, 16%) nos péletes do bagaço de laranja na forma *in natura* diferiu ($P<0,05$) dos valores apresentados para os péletes processados com a levedura e/ou ureia e o tratamento contendo só 2% de ureia (1,69%, 3,48% e 1,1%), respectivamente, os quais diferem entre si ($P<0,05$). Houve semelhança ($P>0,05$) nos resultados de HC quando o bagaço de laranja foi inoculado com 2% de levedura em níveis de 2 e 3 % de ureia (1,01% e 1,07%), respectivamente. Verifica-se tanto na determinação de FDA como FDN, que o aumento da proteína bruta é inversamente proporcional à produção de fibras, ou seja, o teor de proteína bruta (PB) aumenta com a diminuição dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), este comportamento foi também observado na determinação da hemicelulose. No decorrer do processo os teores de hemicelulose dos péletes de bagaço de laranja enriquecido com levedura e/ou ureia, apresentaram perfis idênticos aos teores de FDN e FDA. Este fato pode ser justificado devido à hemicelulose ser um

carboidrato não metabolizado pela *Saccharomyces cerevisiae*, porém degradada pela adição de ureia (ARAÚJO, 2004; CARNEIRO, 2013, LUCIANO, 2014).

Com base nos resultados verificados para os teores de CEL na composição química dos péletes na forma *in natura* e processada podem-se observar os valores de 18,00%; 16,49%; 13,99%; 13,65%; 12,1%; 11,96%, respectivamente, evidenciando diminuição ($P<0,05$) nos teores deste nutriente nos tratamentos processados em relação ao tratamento na forma *in natura*. Para o tratamento enriquecido unicamente com o micro-organismo (levedura), observou-se ligeira tendência do conteúdo de celulose em diminuir, mesmo assim diferiram significativamente entre si ($P<0,05$). Uma das vantagens da adição da ureia (NNP) na alimentação de ruminantes ocorre sobre as bactérias degradadoras de carboidratos fibrosos que possuem alta exigência por amônia (NH_3). Assim a ureia apresenta potencialização na inclusão das dietas de ruminantes no aproveitamento da parte fibrosa dos alimentos (RUSSELL, 2002).

De acordo com Van Soest (1994), dentre os fatores que contribuem para a estabilidade da fermentação ruminal é que a moagem não é necessária para a fabricação da polpa cítrica em “pellets”, mantendo as propriedades nutricionais deste alimento em relação à efetividade de fibra. Paradoxalmente, porém, esses animais não são capazes de digerir as moléculas de celulose, sendo assim, quem desempenha essa função são micro-organismos (bactérias e protozoários) que vivem no estômago do ruminante (MACEDO JUNIOR et al., 2007).

CONCLUSÃO

Os tratamentos utilizados resultaram em uma elevada eficiência da bioconversão dos processos, transformando o bagaço de laranja em péletes de alto valor agregado, similar ou superior aos concentrados convencionais, tornando uma alternativa alimentar tecnicamente viável e de qualidade, possibilitando a incorporação do produto dentro das estratégias de alimentação dos animais nos atuais sistemas de produção.

Biotechnological processes applied to orange marc to reduce feed costs

ABSTRACT

The orange juice industry produces as by-product the bagasse and the orange pulp which comprises 50% of the total fruit. The objective of this work was to analyze the utilization of the residue of the extraction of orange juice in animal feed in the form of pellets. The enrichment of orange bagasse was carried out in six treatments: in natura form; orange bagasse + 2% yeast; orange bagasse + 2% yeast + 1% urea; orange bagasse + 2% yeast + 2% urea; orange bagasse + 2% yeast + 3% urea and finally orange bagasse + 2% urea, obtaining protein values of 14.2%; 15.9%; 23.4%; 25.0%; 26.6% and 16.8%, respectively. Enrichment of the orange bagasse pellets with yeast and/or urea substantially increased the protein value thereof in natura form. The treatments that were added different levels of urea (1, 2 and 3%) reduced the contents of NDF, ADF, CHOT, NFC, cellulose and hemicellulose in the pellets, but deferred to each other ($P < 0.005$). For the DM and CP contents there was a significant increase ($P < 0.005$) in relation to the pellets in natura form, resulting in a high process bioconversion efficiency.

KEYWORDS: Residues, Nutritional enrichment, Pelleted feed.

REFERÊNCIAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists- **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 18. ed. Maryland: AOAC, 2005.

ARAÚJO, L. F. **Enriquecimento proteico do mandacaru sem espinhos (*Cereus jamacaru* P. DC.) e da palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* Mill) em meio semissólido por processo biotecnológico**. 2004. Tese de Doutorado. (Tese de Doutorado)-Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.

ARAÚJO, L. F.; MEDEIROS, A. N.; PERAZZO NETO, A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H.. Protein enrichment of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) using *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. **Brasilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. Special, p. 161-168, 2005.

ARAÚJO, L. F.; AGUIAR, E. M.; COELHO, R. R. P. **“Processo biotecnológico para produção de ração peletizada contendo resíduos de caju”**. Patente de Invenção: submetida ao NIT-UFRN Número do registro - BR 10 2015 025182 3 data de depósito: 01/10/15 Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal – RN. Brasil.

BUTOLO, J. E. **Uso de biomassa de levedura em alimentação animal: propriedades, custo relativo a outras fontes de nutrientes**. In: WORKSHOP”- PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE LEVEDURA: UTILIZAÇÃO EM ALIMENTAÇÃO HUMANA E ANIMAL. 1996. p. 70-89.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

FREITAS, J. A. G. de. **Efeito de amonização sobre a composição química bromatológica e digestibilidade in vitro da matéria seca do bagaço de cana (*Saccharum offeinarum* L.)**. Areia-UFPB/CCA, 2001. 48p. il. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

GILAVERTE, Susana et al. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 639-647, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA-IBGE, 2013. **Plano Estratégico para os Cítrus (2012/2017)**. Disponível em <http://www.atricon.org.br>. Acesso em: 01/12/2017.

JARDIM, V. R. **Bovinocultura**. 4 ed. Campinas, Instituto campineiro de Ensino Agrícola. 525p. 2005.

LIMA, JOA de A. **A laranja e seus subprodutos na alimentação animal**. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2001.

LUCIANO, R. C.; SERRALHEIRO, C.; ARAÚJO, L. F.; REIS, A. A.; AGUIAR, E. M.; BORBA, L. H. F. Enriquecimento proteico de resíduos de abacaxi para alimentação alternativa de ruminantes. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária – EMEPA**, João Pessoa, PB, v. 8, n. 4, p. 47-52, out.2014.

MACEDO JUNIOR, G. L.; ZANINE, A. M. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 17, n.1, p. 7-17, 2007.

MENEZES JR., M. P.; SANTOS, F. A. P.; GUIDI, M. T.; SIMAS, J. M. C. de; IMAIZUMI, H. **Efeito do processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa cítrica peletizada sobre a digestibilidade de nutrientes de vacas em lactação**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ/Gnosis, [2000] CD-ROM. Nutrição de Ruminantes.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al. **Nutrients requeriments of dairy cattle**. Washington. 2001.

PEGARORO, J.; SALEM, N.F.M.; SANTOS, J.M.G.; ANDREAZZI, M.A. **Uso do bagaço de laranja na alimentação animal**. In: CESUMAR. Centro Universitário de Maringá. VI Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, 23 a 26 de outubro de 2012. Anais Eletrônicos.... Maringá, PR, 2012.

RODRIGUES, Gustavo Henrique et al. Substituição do milho por polpa cítrica em rações com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 789-794, 2008.

RODRIGUES, Gustavo Henrique et al. Desempenho, características da carcaça, digestibilidade aparente dos nutrientes, metabolismo de nitrogênio e parâmetros ruminais de cordeiros alimentados com rações contendo polpa cítrica úmida semi despectinada e/ou polpa cítrica desidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2252-2261, 2011.

RUSSELL, J. B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. 2002. Cornell University. Ithaca, NY.

SOUZA, D. A. **O bagaço de laranja, sobretudo o oriundo das variedades de poucas sementes**. 2006. Utilizando a polpa cítrica úmida. Cadeia Produtiva - Dicas de Sucesso. Disponível em: www.farmpoint.com.br. Acesso em: 15/08/2016.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating eattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562–3577, 1998.

SILVA, Dirceu; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: (métodos químicos e biológicos)**. UFV, Impr. Univ., 1981.

TEIXEIRA, J. C. Utilização da polpa cítrica na alimentação de bovinos leiteiros. Parte I. **Milkbizz Tecnol**, v. 1, n. 3, p. 25-28, 2001.

TELLES, Margareth Maria. **Características fermentativas e valor nutritivo de silagens de capim-elefante contendo subprodutos do urucum, caju e manga**. 2006. Tese de Doutorado.

VALERIO, L. J. Utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de animais de produção. **PUBVET**, Londrina, v. 1, n. 9, ed. 9, Art. 312, 2007. Disponível em: http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=312. Acesso em 12/11/2017.

VAN SOEST, Peter J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, 1994.

VILLAS BÔAS, S. G.; ESPOSITO, E. Bioconversão do bagaço de maçã: enriquecimento nutricional utilizando fungos para produção de um alimento alternativo de alto valor agregado. **Revista de Biotecnologia**, Brasília, v. 1, n. 14, p. 38-42, 2000.

Recebido: 18 set. 2016.

Aprovado: 06 dez. 2017.

Publicado: 29 dez. 2017.

DOI: 10.3895/rbta.v11n2.4539

Como citar:

LIMA, V. F. et al. Processos biotecnológicos aplicados ao bagaço de laranja para redução dos custos na alimentação animal. **R. bras. Technol. Agroindustr.** Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 2466-2483, jul./dez. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Lúcia de Fátima Araújo

Endereço para correspondência

Av. Romualdo Galvão 2235 Bl. B. AP.601

Villagio di Roma – Lagoa Nova

59075-750 –Natal- RN

luciazootec@yahoo.com.br

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0

Internacional 