



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA-PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM ZOOTECNIA**



ANTÔNIO CAVALCANTI DA SILVA JÚNIOR

**VALOR NUTRITIVO DO RESÍDUO DE ALGODOEIRA SUBMETIDO A
TRATAMENTO QUÍMICO**

**AREIA
2021**

ANTÔNIO CAVALCANTI DA SILVA JÚNIOR

**VALOR NUTRITIVO DO RESÍDUO DE ALGODOEIRA SUBMETIDO A
TRATAMENTO QUÍMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Zootecnia
da Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Severino Gonzaga
Neto.

Co orientadora: MSc. Edwilka Oliveira
Cavalcante.

**AREIA
2021**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586v Silva Júnior, Antônio Cavalcanti da.

Valor nutritivo do resíduo de algodoeira submetido a
tratamento químico / Antônio Cavalcanti da Silva
Júnior. - Areia:UFPB/CCA, 2021.
33 f.

Orientação: Severino Gonzaga Neto.

Coorientação: Edwilka Oliveira Cavalcante.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. *Gossypium hirsutum* L. 3. Hidróxido de
sódio. 4. Uréia. I. Gonzaga Neto, Severino. II.
Cavalcante, Edwilka Oliveira. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(02)

ANTÔNIO CAVALCANTI DA SILVA JÚNIOR

VALOR NUTRITIVO DO RESÍDUO DE ALGODOEIRA SUBMETIDO A
TRATAMENTO QUÍMICO

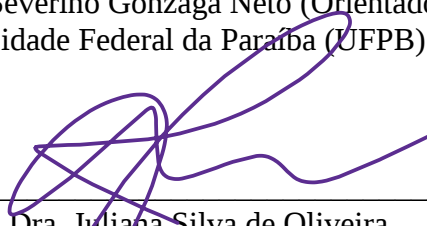
Trabalho de Conclusão de Curso em Zootecnia
da Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em: 07 / 07 / 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dra. Juliana Silva de Oliveira
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Dra. Jessyca Karen Pinheiro
Unifacisa – Centro Universitário

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e à Nossa Senhora, por tudo que foi conquistado até aqui. A fé é a energia que me impulsiona e mantém firme nessa dura caminhada da vida e ter me dado fé e esperança por nunca ter desistido dos meus objetivos.

Agradeço especialmente a minha mãe Lucimar Macedo Cavalcanti, a pessoa mais importante na minha vida, que comemora junto a mim os momentos de sucesso, que ajuda e corrige nas adversidades e que sempre sentiu orgulho e me impulsionou nessa trajetória. O amor de mãe é o mais puro e verdadeiro do mundo.

Ao meu pai Antônio Cavalcanti da Silva pela formação dada, essa que contribuiu para o meu desenvolvimento como cidadão.

Aos meus irmãos Edgar Macedo Cavalcanti e Ecliane Macedo Cavalcanti pela parceria e por estar sempre rezando por mim e por nossa família.

Aos meus sobrinhos Karol Soares, Mateus Cavalcanti e João Gustavo que sempre acreditaram no meu potencial. A minha cunhada Amanda Kemilly que sempre acreditou em mim.

A minha Avó Alzira Macedo (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, sentia sua presença ao meu lado, dando-me força.

Agradeço aos demais familiares que me apoiaram de forma direta ou indireta e que torcem por mim sempre.

Aos colegas da turma 2016.1, Camila Montenegro, Glenda Meira, José Orlando, João Gustavo, Maria Victoria, Maria Isabelly e Laisy Fialho que prosperaram até o fim e por toda parceria que foi criada no decorrer do curso.

Antônio Silva, Carlos Xavier, Geyslla Bezerra e Hugo Cardoso, aqueles que por outros motivos desviaram seus caminhos mesmo assim, ainda possuo uma enorme consideração e carinho.

A minha antiga turma de Ciências Agrárias 2014.1 Amanda Dantas, Aline Maria, Cid Eduardo, Estelita Tayna, Erika Pontes, Evandra Justino, Gaston Marcel, Gilson Ludgerio, Marsílio Secundo, Milena Nascimento, Marciele Santos (Pimentinha), Natali Cruz, Nerianne Lima (Nerão) e Rafael Luís (Bolla) pela enorme consideração e carinho que sinto por vocês.

Aos amigos que a Zootecnia aproximou de mim, Antoniel Florencio, Andrielle Meireiles, Arnon Diego, Carlos Fábio, Cleice Santos, Diego Souza, Gelhiane Ramos (princesinha da bovino), Glenda Meira, Leticia Nascimento (a Guerreira), Luzia Rafaela,

Lucas Aurélio, Lucas Coutinho, Marlos Levi, Nelquides Viana, Orlando Medeiro, Paloma Gabriela, Pedro Borba, Tacila Arruda, Thalys Carvalho e Wylke Alves por todo companheirismo durante o curso e que será levado para vida.

Ao meu amigo e irmão Antoniel Florêncio que me apresentou ao curso de Zootecnia e que sempre esteve ao meu lado nos momentos difíceis e nas minhas conquistas.

Ao meu orientador Severino Gonzaga Neto por ter estendido a mão e me dado à oportunidade de estar no seu grupo de pesquisa para somar e adquirir cada vez mais conhecimento.

À minha co orientadora MSc. Edwilka Oliveira Cavalcante pela sua paciência, generosidade e seu empenho para ajudar na concretização dessa etapa da minha vida, que foi a graduação.

A Dra. Jessyca Karen Pinheiro por todo incentivo, por seus conselhos e a amizade que foi desenvolvida.

A todo corpo docente do Campus II, da UFPB, que me deu o aporte científico para minha formação profissional. Sem vocês nada disso seria possível, o professor é a profissão que faz todas as profissões.

À Carla G. de Souza, uma pessoa especial, por toda consideração que teve por mim e pelo suporte durante os estágios e nos projetos de iniciação científica desenvolvidos.

Aos alunos de pós-graduação Antônio Costa, Edwilka Oliveira, Jessyca Pinheiro, Raimundo Ribeiro e Renato Tonhá que sempre contribuíram com sugestões e correções para o aprimoramento dos trabalhos elaborados.

A todos os membros do Grupo de Estudo e Ações em Bovinocultura (GEABOV), por terem me acolhido e me ajudado durante toda minha graduação. Aos funcionários do setor de bovinocultura leiteira do CCA, Aldenir, Davi e especialmente, ao Sr. Leandro por todo suporte dado durante os 4 anos que passei estagiando nesse setor.

Agradeço a Universidade Federal da Paraíba pelo curso, que proporcionou o conhecimento técnico e científico necessários para a obtenção do título de Zootecnista.

Ao meu padrinho Msc. Juscelino de Araújo e aos meus amigos Jonatha Lopes e Msc. Wilson Silva pelos conselhos e ajuda nesse período tão importante.

Aos meus amigos da Pensão do Sr. Juscelino: Cesar Renato, Hidalgo Valentim, Luan Araújo, Raphael Borges, Yuri cazar. Aos meus amigos de infância Alisson Duarte, Aleksandro Fabrício, Kayo Santos, Lucas Kalebe e Paulo Júnior. Aos meus do grupo dos incríveis Ana Heloisa, João Henrique, Tatiana Dayse, Kaio Alberto e Wanderson Santos.

Vocês foram bastante importantes na minha vida e agradeço pelo carinho e companheirismo.

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da uréia e do hidróxido de sódio (NaOH), em diferentes concentrações e dias de exposição, no resíduo de algodoeira, sobre a sua composição bromatológica. Foram realizados dois ensaios experimentais no Laboratório de Nutrição Animal do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Produção Animal - NEPPA, campus IX da Universidade do Estado da Bahia, em Barreiras - BA. Adotou-se, para ambos os experimentos, um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4x4 (quatro níveis de aditivos químicos e quatro tempos de abertura), com quatro repetições cada. No primeiro ensaio, os tratamentos foram utilizados diferentes concentrações de uréia no resíduo de algodoeira: 0; 2; 4 e 6% com base na matéria seca (MS). No segundo ensaio, foram utilizadas diferentes concentrações de NaOH no resíduo de algodoeira: 0; 1,5; 3,0 e 4,5%, com base na matéria seca (MS). Para ambos, foram feitas aberturas nos tempos 7, 14, 28 e 56 dias, após as aplicações. As variáveis fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) não apresentaram interação significativa, com relação aos dias de tratamento e dose de uréia utilizada. Entretanto, já para matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) apresentaram interação significativa. Quando utilizou o NaOH observou-se que não houve interação entre as doses aplicadas e os tempos dos tratamentos para proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Porém, houve interação entre os dias de aberturas e níveis utilizados para matéria seca (MS) e matéria mineral (MM). Diante do exposto, a utilização da uréia e hidróxido de sódio são eficazes no tratamento químico do resíduo de algodoeira, proporcionando redução dos componentes fibrosos (FDN E FDA), melhorando a qualidade da fração fibrosa e aumento na digestibilidade da matéria seca. Recomenda-se de 4 a 6% de uréia, com base na matéria seca, para o tratamento do resíduo de algodoeira por um período de 14 e 28 dias. Para o hidróxido de sódio, recomenda-se o nível de 4,5%, com base na matéria seca, para o tratamento do resíduo de algodoeira por um período de sete dias. Portanto, seguir as recomendações é de fundamental importância para uma melhor ação do composto químico no resíduo de algodoeira sem gerar efeitos negativos, a fim de melhorar o seu valor nutritivo.

Palavras-Chave: *gossypium hirsutum* l; hidróxido de sódio; uréia.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of urea and sodium hydroxide (NaOH), in different concentrations and days of exposure, on cottonseed residue, on its bromatological composition. Two experimental trials were conducted in the Laboratory of Animal Nutrition of the Nucleus for Study and Research in Animal Production - NEPPA, campus IX of the University of the State of Bahia, in Barreiras - BA. For both experiments an entirely randomized design (DIC) was adopted, in a 4x4 factorial scheme (four levels of chemical additives and four opening times), with four repetitions each. In the first trial, the treatments were different concentrations of urea in cottonseed residue: 0; 2; 4 and 6% based on dry matter (DM). In the second trial, different concentrations of NaOH in cottonseed residue were used: 0; 1.5; 3.0 and 4.5%, based on dry matter (DM). For both, openings were made at 7, 14, 28 and 56 days after the applications. The variables neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (HEM) and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) showed no significant interaction with respect to the days of treatment and urea dose used. However, for dry matter (DM), mineral matter (MM) and crude protein (CP) there was a significant interaction. When NaOH was used, it was observed that there was no interaction between the applied doses and treatment times for crude protein (CP), fiber in neutral detergent (FDN), fiber in acid detergent (FDA), hemicellulose (HEM) and *in vitro* dry matter digestibility (DIVMS). However, there was an interaction between days of openings and levels used for dry matter (DM) and mineral matter (MM). Given the above, the use of urea and sodium hydroxide are effective in the chemical treatment of cottonseed residue, providing reduction of fibrous components (FDN AND FDA), improving the quality of the fibrous fraction and increasing the digestibility of dry matter. It is recommended 4 to 6% urea, based on dry matter, to treat cottonseed residue for a period of 14 and 28 days. For sodium hydroxide, a level of 4.5%, based on dry matter, is recommended for the treatment of cottonseed residue for a period of seven days. Therefore, following the recommendations is of fundamental importance for a better action of the chemical compound on the cottonseed residue without generating negative effects, in order to improve its nutritional value.

Keywords: cotton; sodium hydroxide; urea.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos diferentes subprodutos do algodão	13
Tabela 2. Composição química do resíduo de algodoeira <i>in natura</i> com base na matéria seca (MS).....	19
Tabela 3. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do resíduo da algodoeira tratado com diferentes níveis de uréia	22
Tabela 4. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do resíduo da algodoeira tratado com diferentes níveis de hidróxido de sódio (NaOH).....	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 AGRONEGÓCIO DO ALGODÃO E O RESÍDUO DE ALGODOEIRA.....	12
2.2 TRATAMENTOS DE VOLUMOSOS DE BAIXA QUALIDADE	14
2.2.1 Uréia.....	14
2.2.2 Hidróxido de Sódio	15
2.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS NA PRODUÇÃO ANIMAL ...	16
2.3.1 Análise de alimentos	16
2.3.2 Digestibilidade <i>in vitro</i>	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Local experimental e delineamento experimental	18
3.2 Tratamento químico	18
3.3 Análises laboratoriais.....	20
3.4 Análises estatísticas	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO.....	27
6. REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

A população mundial vem crescendo exponencialmente ao longo dos anos e para que as suas necessidades sejam atendidas, vem se exigindo de vários setores o desenvolvimento de novas tecnologias e novos meios de produção. Dentre esses setores, a agricultura e pecuária se destacam, tendo um crescimento considerável (SOUZA e SANTOS, 2003). Com isso, a alta produtividade nas agroindústrias vem produzindo cada vez mais produtos e, conseqüentemente, milhares de toneladas de resíduos, os quais muitas das vezes não possuem nenhuma finalidade e acabam sendo descartados de forma incorreta na natureza.

Dentre essas grandes produções, podemos destacar o algodão (*Gossypium hirsutum* L., *Malvaceae*), onde o Brasil é um dos principais produtores mundiais, gerando produtos destinando-se a indústria têxtil e a alimentação animal. O resíduo gerado a partir do beneficiamento do algodão é denominado de resíduo de algodoeira e é composto basicamente de caules, caroços, linter, sépalas, folhas e capulho (ANDRADE, 2015). O estado da Bahia se destaca entre os principais produtores de algodão, onde são produzidos anualmente 104.500 mil toneladas de resíduos de algodoeira (5% da quantidade de algodão e plumas colhidas no Estado), tornando-se um problema para as indústrias, uma vez que, são aglomerados nos pátios, sem nenhuma finalidade (ANDRADE, 2015).

Ao longo dos anos, de forma empírica, o resíduo passou a ser utilizado na alimentação de ruminantes, devido sua disponibilidade no momento de escassez de outros alimentos, como durante o período seco do ano, em que a indisponibilidade de outras forragens em quantidade e qualidade, influencia negativamente na produção animal.

Ao ser avaliada a composição química, observou-se que o resíduo de algodoeira possui alto teor de fibra e baixo teor de proteína, resultando em um material com potencial para uso na alimentação animal, desde que seja submetido a algum processamento, com o intuito de melhorar sua qualidade nutricional. Para tanto, umas das alternativas é o tratamento com compostos químicos, onde são capazes de melhorar a digestibilidade da fração fibrosa do alimento para a degradação ruminal (GARCEZ et al., 2014b).

Dentre as principais substâncias utilizadas no tratamento de resíduos fibrosos, a uréia e o hidróxido de sódio (NaOH), são os mais comumente utilizados. Esses compostos são responsáveis, basicamente, por atuar diretamente nas ligações lignocelulósicas, reduzindo as frações fibrosas e elevando o valor nutritivo do resíduo. Além disso, a uréia, em especial, é responsável por fornecer um aporte extra de nitrogênio não proteico (NNP), proporcionando maiores níveis de nitrogênio no ambiente ruminal, que poderá ser transformado em proteína

microbiana, agregando valor aos níveis de proteína bruta (PB) do resíduo fibroso (GARCEZ et al., 2014b). Além disso, é considerada uma tecnologia de baixo custo e de fácil aplicação pelos produtores (GARCEZ et al., 2014b).

Nos últimos anos, estudos foram realizados no intuito de determinar qual o melhor composto químico, dosagem e um período para o tratamento do resíduo da algodoeira. Para que o tratamento com uréia seja efetivo, o volumoso deve apresentar teor de umidade entre 28 e 30 %, e a uréia deve ser aplicada em doses de 4 - 8 % com base na matéria seca do volumoso (DOLBERG, 1992; NASCIMENTO et al., 1997). No método tradicional de amonização, utiliza-se de uréia durante um período que pode variar de 7 a 30 dias dependendo da temperatura (inverno e verão), (PAIVA; GARCIA; QUEIROZ; REGAZZI, 1995). Ribeiro et al. (2010) recomendam que os níveis ideais para a utilização do NaOH como agente hidrolisante é em torno de 3% a 5% da MS. Portanto, seguir as recomendações é de fundamental importância para uma melhor ação do composto químico no resíduo de algodoeira sem gerar efeitos negativos, a fim de melhorar o seu valor nutritivo.

Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos da uréia e do hidróxido de sódio (NaOH), em diferentes concentrações e dias de exposição, no resíduo de algodoeira, sobre a sua composição bromatológica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGRONEGÓCIO DO ALGODÃO E O RESÍDUO DE ALGODOEIRA

O algodão (*Gossypium hirsutum* L., *Malvaceae*), natural do continente americano, por muito tempo foi encontrado na natureza, de forma selvagem, e era utilizado pelos nativos para diversos fins. Somente em meados do século XVIII que este passou a ter uma maior importância, em partes, devido à revolução industrial na Inglaterra (OLIVEIRA, 2018). Com isto, as autoridades coloniais brasileiras passaram a incentivar a produção de algodão em virtude de sua grande procura. A cultura de produção de algodão teve um grande engajamento na região Nordeste do Brasil, sendo o estado do Maranhão, a primeira região a produzir a fibra branca (PRADO, 1978).

O produto tornou-se estável no século XIX, superando o açúcar, principal economia da região (OLIVEIRA, 2018). Entretanto, ao final do século XIX e na década de 30, diversas razões levaram uma decaída do setor têxtil e sua quase aniquilação nos anos 60 e 70, fazendo que desaparecesse em muitas regiões nordestinas. Apesar de tudo, na década de 90, o setor passou por uma reorganização devido a grandes investimentos, deixando-o novamente entre os principais segmentos econômicos do Brasil (OLIVEIRA, 2018).

Atualmente, o algodão é uma das principais plantas oleaginosas mais utilizadas no mundo em função do seu grande potencial de produção. É uma cultura que possui uma aptidão de produzir diversos produtos, desde os principais como a pluma e o óleo, até os subprodutos como o caroço, casca, torta e farelo de algodão (Tabela 1). Sendo esses últimos, muito utilizados na alimentação animal, pelas suas boas características como suplemento proteico e fonte de fibra.

Diante dos principais produtores mundiais de algodão, o Brasil se apresenta em quarto lugar, ficando atrás apenas da Índia, China e Estados Unidos. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA, 2020), a produção brasileira no ano safra 2019/2020 foi de 2,9 milhões de toneladas em uma área de 1,62 milhões de hectares. Dentre os estados brasileiros, a Bahia se destaca em segundo lugar como maior produtor nacional de algodão com 1,2 milhão de toneladas, sendo o plantio basicamente concentrado na região oeste do Estado (IBGE, 2019).

No decorrer do processamento do algodão, são gerados diversos produtos. O processo inicial se dá pela separação da fibra longa da semente, etapa denominada descaroçamento, que resulta em caroço com línter (SANTOS et al., 2009). Depois que acontece a quebra do caroço,

é separada a amêndoa da casca, onde será destinada a moagem no processamento industrial, para que haja a extração do óleo, consequentemente gerando subprodutos, o farelo e a torta, e por fim, as cascas, que são geradas pela quebra do caroço do algodão (MOREIRA, 2008; PAIM et al., 2010).

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos diferentes subprodutos do algodão

Subprodutos	MS	PB	EE	FDN	FDA
	g/kg de MS				
Caroço de algodão com línter	-	230	178	470	390
Caroço de algodão	906,7	226,2	189	460,4	358,5
Farelo com 30% de PB	897,4	380	18,7	349,2	-
Farelo com 44% de PB	904,8	440	18	230	-
Torta de algodão	904,1	460	50	310	180
Casca de algodão	-	42	29,3	776,8	617

Fonte: NRC (2007) e Valadares Filho et al. (2006, 2018).

Inevitavelmente, o processamento do algodão gera resíduos, constituído por partes do caule, folhas, pecíolos, línter, sépalas, capulho e caroço, nas proporções de 2 a 5% do total colhido, variando de acordo com a regulação das máquinas e de tratamentos culturais antes da colheita (aplicação desencante, desfolhante) (QUADROS et al., 2012).

Por muito tempo, o resíduo não possuía um destino apropriado, ficando aglomerado nos pátios das indústrias, sendo encarado como um problema, uma vez que são altamente poluidores do meio ambiente, em função da sua baixa taxa de decomposição. Com o passar dos anos, passou a ser usado como adubo e/ou incluídos na alimentação de ruminantes, de forma bastante empírica (SANTOS, 2003; ANDRADE, 2015).

Estes resíduos podem ser utilizados na alimentação de ruminantes como a principal estratégia no período de escassez de volumosos, porém, na maioria das vezes, apresentam limitações nutricionais, devido seu alto teor de fibra lignificada e pouca proteína, além disso, possuem baixa digestibilidade, consequentemente gerando baixo consumo e diminuindo o desempenho (REIS; RODRIGUES, 1993; GARCEZ et al., 2014a).

Na tentativa de solucionar esse problema, uma das recomendações é fazer o tratamento químico do material, o qual melhora a disponibilidade dos seus nutrientes e aumenta seu

potencial, favorecendo o atendimento das exigências nutricionais, aumentando o desempenho animal, amenizando os efeitos estacionais da produção de forragem (ANDRADE, 2015).

Andrade (2015), relata que, considerando o montante de resíduo produzido no estado da Bahia, que é de aproximadamente 104.500 mil toneladas por ano, recebendo o tratamento adequado, esse material pode compor a proporção de até 50% na dieta de bovinos em confinamento, durante um período de 90 dias, permitindo constituição de dietas para a engorda de 232.200 bovinos neste período.

2.2 TRATAMENTOS DE VOLUMOSOS DE BAIXA QUALIDADE

Os volumosos de baixa qualidade podem ser tratados com produtos químicos, sendo os principais: os hidróxidos de sódio, potássio, cálcio e amônio; a amônia anidra e a uréia, (SUNDSTOL; COXWORTH, 1984). Além disso, existe os tratamentos físicos composto por: mecânico; térmico, podendo ser por ação do vapor; elevação da pressão e; irradiação. Por fim, os tratamentos biológicos que são aqueles que utilizam da inoculação de microrganismos (MOYSON; VERACHTERT, 1991). Enfatizando os tratamentos químicos, a uréia e o hidróxido de sódio (NaOH), estão entre os mais utilizados.

2.2.1 Uréia

O tratamento com uréia é denominado amonização e consiste por meio de adição de NNP, permitindo que a parede celular de forrageiras de baixa qualidade se tornem de fácil acesso para os microrganismos do rúmen, resultando em maior digestibilidade (BLÜMMEL; TEYMOURI; MOORE; NIELSON et al., 2018; BALS; TEYMOURI; HADDAD; JULIAN et al., 2019; BEAUCHEMIN; RIBEIRO; RAN; MILANI et al., 2019).

Durante o processo de amonização, o interior da forragem tratada irá passar por duas reações importantes: Primeiro as bactérias ureolíticas, presentes em condições ideais de umidade, irão produzir enzimas capazes de quebrar a uréia em amônia, processo denominado de ureólise e o segundo ocorre posteriormente, quando a amônia gera os efeitos na parede celular da forragem (GARCIA; PIRES, 1998).

A amônia tem uma grande afinidade com água e acabam interagindo, resultando uma base fraca o hidróxido de amônio, durante o tratamento de material úmido. A hidrólise alcalina é causada pela reação do hidróxido de amônio com as ligações ésteres dos carboidratos estruturais (BUETTNER, 1978). Assim gerando efeito direto na estrutura da fibra dos

volumosos, solubilizando a hemicelulose e aumentando a sua degradação juntamente com a celulose, devido a expansão da fração fibrosa (JACKSON, 1977; KLOPFENSTEIN, 1978), o resultado da solubilização da hemicelulose e lignina é a diminuição da fração de FDN e FDA. A redução das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, que ligam moléculas de celulose causa a sua expansão quando são tratados com agentes alcalinos. A lignina e sílica são dissolvidas e também o rompimento das ligações éster entre o ácido urônico da hemicelulose e celulose (VAN SOEST, 1994a).

Entretanto, para que o tratamento com uréia seja efetivo, o volumoso deve apresentar teor de umidade entre 28 e 30 %, e a uréia deve ser aplicada em doses de 4 - 8 % com base na matéria seca do volumoso (DOLBERG, 1992; NASCIMENTO et al., 1997). No método tradicional de amonização, utiliza-se de uréia durante um período que pode variar de 7 a 30 dias dependendo da temperatura (inverno e verão), (PAIVA; GARCIA; QUEIROZ; REGAZZI, 1995). No entanto, o teor de umidade do material tratado e as características químicas da planta, são fatores que exercem grande influência sobre os efeitos da amonização de volumosos (FERNANDES et al., 2002). Em corroboração Sundstol e Coxworth (1984), também destacam a quantidade aplicada e o período de tratamento como fatores que afetam os efeitos da amonização.

2.2.2 Hidróxido de Sódio

Além da uréia, o hidróxido de sódio (NaOH) é uma alternativa que apresenta maior potencial hidrolizante por ser uma base forte (MISSIO, 2016). É um dos mais eficientes no tratamento de volumosos de baixa qualidade, porém, o elevado teor de sódio nas dietas e a possibilidade de contaminação ambiental por excreção de fezes e urina pelos animais que recebem alimentos que foram tratados, geram limitações no seu uso (PIRES et al., 2010; LENDOWSKI et al., 2015).

No entanto, a utilização desse agente no tratamento de materiais como o bagaço *in natura* da cana-de-açúcar reduz os teores de FDN, FDA e celulose, aumentando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (PIRES et al., 2006), em função da solubilização parcial da hemicelulose e expansão da celulose, facilitando o ataque dos microrganismos do rúmen à parede celular (VAN SOEST, 1994b; AHMADI et al., 2015). Em corroboração, Pires et al. (2010), relataram que esse agente proporciona o intumescimento alcalino da celulose, que resulta a expansão das moléculas de celulose, causando ruptura de suas ligações com a lignina, sendo esta, particularmente vulnerável ao ataque hidrolítico dos compostos.

As espécies forrageiras, maturidade das mesmas e o método de armazenamento são fatores que influenciam nas quantidades de hidróxido de sódio requeridas para um tratamento ótimo (SANTOS et al., 2008).

Ribeiro et al. (2010) recomendam que os níveis ideais para a utilização do NaOH como agente hidrolisante é em torno de 3% a 5% da MS. Porém, Silva (2012) relata os problemas gerados pelo uso de NaOH de maneira incorreta causando intoxicação, lesões epiteliais e queimaduras químicas. Por tanto, o uso de NaOH, no tratamento em volumosos, deve ser feito com cautela para que não ocorra intoxicação aos animais e poluição ambiental.

2.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS NA PRODUÇÃO ANIMAL

O conhecimento da composição químico-bromatológica e da digestibilidade dos alimentos é essencial, visto que, esses fatores irão atuar diretamente na resposta do animal à dieta que está sendo ofertada e ao seu desempenho. O valor nutritivo de um alimento é determinado pelo teor de nutrientes e a sua digestibilidade (OLIVEIRA et al., 2014). O valor nutritivo indica a quantidade de cada nutriente no alimento e o valor nutritivo indica a disponibilidade de cada nutriente no alimento para o respectivo animal, permitindo aos nutricionistas formularem dietas adequadas para os animais de interesse zootécnico (FARIAS et al., 2015).

2.3.1 Análise de alimentos

A avaliação de alimentos consiste em: análises químicas, como a de nitrogênio total e minerais; avaliação bromatológica, a exemplo dos carboidratos totais, fibra em detergente em neutro, fibra em detergente ácido e carboidratos não fibrosos; e avaliação biológica, a exemplo do consumo e digestibilidade (LANA, 2020).

Entre os métodos de análises de alimentos mais utilizados na nutrição animal, destacam-se o método de Weende, desenvolvido em 1864 por cientistas alemães, consistindo na divisão dos alimentos em seis frações: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), extrato não nitrogenado (ENN) e cinzas (MM) (LANA, 2020). O método de Weende para determinação de FB não é satisfatório para se obter informações sobre carboidratos fibrosos, pois inclui no grupo da FB apenas a celulose com algumas porções de lignina insolúvel em álcali, e incorpora no grupo do ENN, frações de natureza diversa, inclusive fibrosa (ALVES et al., 2008). Crampton e Maynard propuseram o

fracionamento da fibra bruta, obtida pelo método de Weende, em lignina e celulose somados à hemicelulose. No entanto, esta determinação ainda não satisfazia as exigências dos nutricionistas (LANA, 2020).

Entretanto, o método de Van Soest, desenvolvido em 1967, na Cornell University, se tornou o mais adequado e adotado atualmente para a análise da fração fibrosa dos alimentos, utilizando métodos de detergentes neutros e ácido, que permite identificar os constituintes vegetais em conteúdo celular (parte solúvel em detergente neutro) e parede celular (parte insolúvel em detergente neutro), obtendo-se a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina (LANA, 2020).

2.3.2 Digestibilidade *in vitro*

Considerando a digestibilidade, entende-se como a fração do alimento que é degradada e absorvida pelo animal, para o seu aproveitamento, e não é eliminada nas fezes. Visto que, o conhecimento sobre a digestibilidade dos alimentos é de grande importância para definir a qualidade nutricional da dieta, uma vez que irá determinar a quantidade de nutrientes que iram ser aproveitado pelo animal e influenciar no seu desempenho. Portanto, os métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro* foram desenvolvidos com a finalidade de determinar, o coeficiente de degradabilidade dos alimentos, afim de suprir as necessidades para determinar a digestibilidade das dietas (OLIVEIRA et al., 2014).

No entanto, o método *in vitro*, foi desenvolvido para ser alternativa que pode apresentar estimativas confiáveis da qualidade dos alimentos e, além disso, é uma técnica mais simples e de custo reduzido comparado ao *in vivo* (TILLEY; TERRY, 1963; ORSKOV; McDONALD, 1979; WEISS et al., 1992).

A técnica *in vitro* foi criada por Tilley e Terry (1963), é simples e econômica para se obter a digestibilidade dos alimentos. Tal técnica é realizada em laboratório, com o uso de líquido ruminal ou enzimas digestivas, e visam proporcionar as condições favoráveis à fermentação do rúmen-retículo, como o pH de aproximadamente 6,9, meio tamponado, temperatura 39°C, anaerobiose e presença de microrganismos (GOMIDE, 1974). Atualmente, encontra-se no mercado, o fermentador artificial de rúmen denominado DaisyII (Ankom Technology Co., Macedon, NY, EUA), com a vantagem de possibilitar a análise de várias amostras simultaneamente, diminuindo, assim, o trabalho empregado (HOLDEN, 1999; MABJEESH et al., 2000; ADESOGAN, 2002).

A adoção de técnicas que não necessitem especificamente de animais, passou a ser muito procurada a partir do momento que as recomendações dos comitês de ética e uso de animais (CEUA), passaram a ser mais rígidas, assegurando a integridade dos mesmos. Além da praticidade da técnica *in vitro*, Silveira (2006), relata que essa técnica tem sido muito utilizada por apresentar valores de digestibilidade condizentes com o *in vivo*. Vale ressaltar, que o método *in vivo* demonstra resultados exatos, já que sua principal utilização é em animais. O que difere do método *in vitro*, são técnicas laboratoriais, simula a fermentação ruminal e apresentam valores precisos. É utilizado em comparações de maior e menor digestibilidade entre alimentos.

Portanto, o tratamento com uréia e hidróxido de sódio são fundamentais devido a sua atuação sobre os componentes fibrosos da forragem de baixa qualidade. Proporcionando uma melhora na qualidade da fração fibrosa e provocando aumento na digestibilidade da matéria seca. No entanto, é de fundamental importância utilizar níveis e dias de tratamentos adequados para uma melhor atuação do composto químico no resíduo de algodoeira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local experimental e delineamento experimental

Foram realizados dois ensaios experimentais no Laboratório de Nutrição Animal do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Produção Animal - NEPPA, campus IX da Universidade do Estado da Bahia, em Barreiras - BA. O resíduo utilizado foi obtido em diversas algodoeiras pertencentes aos municípios de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães, na região oeste da Bahia, e foram homogeneizados compondo uma única matéria prima.

Adotou-se, para ambos os experimentos, um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4x4 (quatro níveis de aditivos químicos e quatro tempos de abertura), com quatro repetições cada. No primeiro ensaio, os tratamentos foram utilizados diferentes concentrações de uréia no resíduo de algodoeira: 0; 2; 4 e 6% com base na MS. No segundo ensaio, foram utilizadas diferentes concentrações de NaOH no resíduo de algodoeira: 0; 1,5; 3,0 e 4,5%, com base na MS. Para ambos, foram feitas aberturas nos tempos 7, 14, 28 e 56 dias, após as aplicações.

3.2 Tratamento químico

Foram utilizados 2 kg de Resíduo de algodoeira, para cada tratamento, sendo determinado previamente o percentual de MS para aplicação das soluções. Após pesagem do resíduo, os mesmos foram colocados em baldes com capacidade de 20 litros para melhor homogeneização.

Para o tratamento com uréia, foi calculada a quantidade de água necessária para elevar a umidade do RA para 25%. A partir disso, a uréia foi diluída e aplicada por aspersão. Associado a solução de uréia, foram adicionados na mistura, grãos de soja moído, como fonte de urease, na proporção de 1,5% com base na MS.

Considerando o tratamento com NaOH, as soluções foram preparadas a partir do teor de MS do RA, respeitando a proporção 2:1 (água:NaOH). A aplicação também ocorreu por meio de pulverização. Antes de realizar os cálculos, foi determinada a composição química do resíduo *in natura* (Tabela 2).

Após a aplicação dos tratamentos, o material foi acondicionado em sacos de polietileno com dimensões de 0,45 x 0,70 m, devidamente identificados e armazenados com cobertura de lona plástica preta (espessura de 150 micra), até as datas de aberturas (7, 14, 28 e 56 dias). Nas datas determinadas, os sacos foram abertos e aerados por três dias, e posteriormente, coletadas as amostras para análises laboratoriais.

Tabela 2. Composição química do resíduo de algodoeira *in natura* com base na matéria seca (MS)

Componentes ¹	g/kg de MS
MS ²	917,5
MM	86
MO	914
EE	14,5
PB	76,9
FDN	766,7
FDA	638,8
HEM	127,9
LIG ³	182
CEL	456,8
CNF	55,9

¹MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; HEM = hemicelulose; LIG = lignina; CEL = celulose; CNF = carboidratos não fibrosos. ²com base na matéria natural. ³método do Ácido Sulfúrico.

3.3 Análises laboratoriais

As amostras coletadas foram pré secas em estufa de circulação forçada de ar (55°C), por 72 horas. Passado o tempo, foram moídas em moinho tipo Willey, com peneiras de 1 e 2mm, seguindo as recomendações de Detmann et al. (2012). Feito isso, as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos, vedados até o momento das análises.

Para a determinação da composição química, foram analisados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, de acordo com Detmann et al. (2012).

Para a determinação da Digestão *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pela técnica adaptada de Tilley e Terry (1963), utilizando o equipamento Daisy II incubator, da ANKOM®. Pesou-se em quadruplicatas, aproximadamente 0,5 g de amostra em sacos de filtro de náilon (F57 - ANKOM®), com dimensões de 6,0 x 6,0 cm, selados a quente e colocados nos jarros, considerando a proporção média de 25 sacos por jarro. As soluções foram preparadas no mesmo dia da incubação, sendo a solução A composta de 10g de Fosfato de potássio (KH₂PO₄), 0,5g de Sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O), 0,5g de Cloreto de Sódio (NaCl), 0,1g de Cloreto de Cálcio (CaCl₂.2H₂O) e 0,5g de ureia, para cada litro de solução. A solução B foi composta de 15g de Carbonato de sódio (Na₂CO₃) e 1g de Sulfeto de sódio (Na₂S.9H₂O), para cada litro de solução.

Em cada jarro adicionou-se 1.330 ml de solução tampão A e 266 ml de solução tampão B, de maneira a se obter um pH final de 6,8 a 39°C, sempre com a adição de dióxido de carbono (CO₂), para manter o meio anaeróbio, e acondicionados na incubadora.

Após 30 minutos de mistura das duas soluções, os jarros foram retirados e adicionados 400 ml do líquido ruminal filtrado mais os sacos contendo as amostras, em cada jarro e encaminhados novamente ao equipamento, onde permaneceram por 48 horas, em agitação constante a uma temperatura de 39°C. Após isso, os jarros foram drenados e os sacos lavados com água corrente, exercendo leve pressão para retirada de acúmulo de gás. Concluída a etapa, os sacos foram acondicionados em recipientes autoclaváveis e submetidos a análise de FDN de acordo com metodologia de Detmann et al. (2012).

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e regressão, bem como teste de Tukey, considerando como efeito significativo o nível de 5% de probabilidade. O procedimento foi realizado com o auxílio do programa estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de MS apresentou efeito quadrático em relação as doses de uréia com pontos de máxima com 4,3% de uréia aos 7 dias de tratamento, 3,8% aos 14 dias de tratamento, 4,4% aos 28 dias de tratamento e 4,3% aos 56 dias de tratamento (Tabela 3). Comportamento semelhante ao que foi encontrado por Andrade (2015) também testando subprodutos do beneficiamento de algodão, que explica o aumento da matéria seca pela higroscopicidade da uréia fazendo com ela absorva a umidade ambiente, considerando que, nos primeiros dias após tratamento, ocorre a ação mais intensa desse composto químico. Outro fator a ser considerado é que, a temperatura ambiente não foi monitorada, não sendo possível afirmar que a condição ambiental foi a mesma em todo o processo, o que pode ter favorecido uma maior perda de umidade

A avaliação da MM apresentou efeito quadrático positivo aos 14 dias de tratamento em relação as doses de uréia com ponto de mínima com 3,27% de uréia, e aos 28 dias apresentou comportamento linear negativo, reduzindo o seu teor de MM em 0,16% para cada ponto percentual adicional de uréia. O comportamento do teor de cinzas não apresentou consistência, o que pode estar relacionado ao aspecto heterogêneo do material tratado, apresentado fibra, pedaços e raspas de caule, pedúnculos e caroço em diferentes proporções, o que altera diretamente a composição final do resíduo e, consequentemente seus resultados.

A PB apresentou comportamento linear crescente quanto a aplicação de uréia, aumentando em 2,5% de PB para cada ponto percentual de uréia adicionado. Reis et al. (1995) e Rosa et al. (1998) evidenciam em seus trabalhos o incremento linear da proteína bruta no tratamento de volumosos de baixa qualidade com doses crescentes de uréia, mostrando um aumento médio de PB entre 2 e 6 unidades percentuais para cada unidade percentual de uréia adicionada no tratamento da forragem.

Tabela 3. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do resíduo da algodoeira tratado com diferentes níveis de uréia

Dias	Níveis de Uréia (%)				Médias	EPM	Equação	R²	
	0	2	4	6					
MS (g/kg de MN)									
7	637 b	734 ab	740 ab	740 ab	713 b	0,010	$\hat{Y}= 64,156 + 5,202x - 0,6065x^2$	0,96	
14	703 a	724 b	723 b	720 b	717 b		$\hat{Y}= 70,391 + 1,140x - 0,1494x^2$	0,93	
28	712 a	754 a	742 ab	753 a	740 a		$\hat{Y}= 71,555 + 1,713x - 0,1927x^2$	0,52	
56	720 a	757 a	753 a	757 a	747 a		$\hat{Y}= 72,266 + 1,769x - 0,206x^2$	0,87	
MM (g/kg deMS)									
7	107 b	97 b	110 a	101 b	104 b	0,016	NS	0,79	
14	119 a	108 a	112 a	114 a	113 a		$\hat{Y}= 11,798 - 0,564x + 0,086x^2$		
28	106 b	105 ab	97 b	98 b	101 b		$\hat{Y}= 10,631 - 0,164x$		0,75
56	101 b	97 b	110 a	108 ab	104 b		NS		
PB (g/kg deMS)									
7	30	55	123	136	86 b	0,130	$\hat{Y}= 2,4854 + 2,544x$	0,94	
14	30	59	139	167	99 ab				
28	31	60	153	178	105 a				
56	31	60	159	190	110 a				
FDN (g/kg deMS)									
7	735	724	715	704	720	0,009	$\hat{Y}= 70,727 - 0,5258x$	0,97	
14	730	707	691	685	702				
28	696	683	677	669	681				
56	676	669	656	651	663				
FDA (g/kg deMS)									
7	603	595	587	580	591 a	0,008	$\hat{Y}= 59,867 - 0,6454x$	0,93	
14	603	583	575	567	582 ab				
28	603	581	563	557	576 bc				
56	603	563	558	549	568 c				
Hemicelulose (g/kg deMS)									
7	132	129	128	125	129 a	0,035	NS		
14	127	119	116	118	120 a				
28	93	102	114	112	105 b				
56	74	105	98	102	95 b				
DIVMS (%MS)									
7	492	501	524	536	513 b	0,013	$\hat{Y}= 49,4487 + 0,9988x$	0,98	
14	499	502	522	543	517 b				
28	494	509	542	561	526 ab				
56	504	523	561	578	54,1 a				

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si

CV= coeficiente de variação; EPM= erro padrão médio; R² = coeficiente de regressão; NS= não significativo

A elevação do teor de proteína bruta com a amonização está ligada à retenção de nitrogênio, e esta, à atividade ureolítica responsável pela transformação da uréia em amônia (SCHMDIT et al., 2003).

As variáveis FDN, FDA, HEM e DIVMS não apresentaram interação ($P>0,05$) com relação aos dias do tratamento e dose de uréia utilizada. A FDN apresentou redução ao longo dos dias de abertura, assim como a FDA, nos quais foram observados teores de 5,7% e 2,3% respectivamente, se comparado aos valores com menos tempo de tratamento.

Com relação a FDN, o aumento das doses de uréia resultou em um decréscimo linear nos teores, reduzindo em 0,53% para cada ponto percentual de uréia. Essa redução corrobora com os trabalhos conduzidos por Grotheer et al. (1985), Reis et al. (2003), Gobbi et al. (2005) em palhadas, feno de capim braquiária e bagaço de cana-de-açúcar. A redução dos teores de FDN em resposta à amonização pode ser atribuída à diminuição nos conteúdos de hemicelulose e lignina em decorrência da hidrólise alcalina (SUNDSTOL; COXWORTH, 1984).

Na maioria dos trabalhos com amonização de volumosos de baixa qualidade, não foram observadas alterações significativas no conteúdo de FDA (REIS; RODRIGUES, 1995), diferindo dos resultados obtidos no presente trabalho, onde a mesma reduziu linearmente 0,64% para cada 1% de uréia adicionada. Os valores de FDN e FDA podem sofrer variações, em função de qualquer alteração que ocorra nos conteúdos de celulose, hemicelulose e lignina. Nesse contexto, a hemicelulose (HEM) não apresentou interação significativa entre as doses de uréia. Sendo assim, o recomendado seria a avaliação do quantitativo da lignina para um melhor entendimento do comportamento da FDN e FDA.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) obteve um comportamento linear crescente. Esse resultado pode estar ligado às modificações na composição química da fração fibrosa no resíduo de algodão ocasionadas pela amonização, com a diminuição no conteúdo de FDN, o que certamente disponibilizou carboidratos prontamente digestíveis para os microrganismos do rúmen. Associado a estas modificações, o aumento de nitrogênio disponível propicia melhores condições de desenvolvimento para as bactérias do rúmen o que aumenta a digestibilidade da forragem (FERNANDES et al., 2002).

Os dados referentes a composição química e a digestibilidade *in vitro* da MS do resíduo de algodoeira tratado com NaOH estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do resíduo da algodoeira tratado com diferentes níveis de hidróxido de sódio (NaOH)

Dias	Níveis de NaOH (%)				Médias	EPM	Equação	R²	
	0	1,5	3	4,5					
MS (g/kg de MN)									
7	710 a	765 a	773 a	757 a	751 a	0,015	$\hat{Y}= 71,148 + 4,525x - 0,787x^2$	0,99	
14	689 ab	711 b	699 b	693 b	698 c		NS		
28	619 c	688 b	686 b	703 b	674 d		$\hat{Y}= 61,860 + 3,226x - 0,328x^2$	0,91	
56	671 b	745 a	755 a	752 a	731 b		$\hat{Y}= 67,399 + 5,492x - 0,847x^2$	0,97	
MM (g/kg de MS)									
7	114 a	112 a	110 a	104 b	110 ab	0,012	$\hat{Y}= 11,450 - 0,200x$	0,89	
14	105 b	113 a	107 a	110 ab	109 ab		NS		
28	94 c	110 a	113 a	113 a	107 b		$\hat{Y}= 9,401 + 1,258x - 0,188x^2$	0,98	
56	113 a	111 a	108 a	114 a	112 a		$\hat{Y}= 11,393 - 0,405x + 0,087x^2$	0,80	
PB (g/kg de MS)									
7	51	51	52	52	52	0,003	NS		
14	51	52	52	52	52				
28	52	52	51	51	52				
56	51	52	52	53	52				
FDN (g/kg de MS)									
7	714	704	685	657	690	0,008	$\hat{Y}= 71,348 - 0,346x - 0,210x^2$	0,99	
14	713	704	683	655	689				
28	713	704	683	655	689				
56	713	703	684	654	689				
FDA (g/kg de MS)									
7	655	625	604	584	616	0,011	$\hat{Y}= 65,314 - 1,614x$	0,99	
14	655	627	602	581	616				
28	656	628	602	584	617				
56	656	626	603	585	618				
Hemicelulose (g/kg de MS)									
7	60	79	82	77	74	0,031	$\hat{Y}= 5,811 + 1,712x - 0,309x^2$	0,99	
14	59	77	81	74	73				
28	57	76	81	71	71				
56	57	77	81	70	71				
DIVMS (g/kg de MS)									
7	498	517	526	550	523	0,011	$\hat{Y}= 49,662 + 1,286x$	0,99	
14	497	519	531	551	525				
28	485	510	540	549	521				
56	497	527	552	559	534				

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si

CV= coeficiente de variação; EPM= erro padrão médio; R² = coeficiente de regressão; NS= não significativo

Ao avaliar a MS, observou-se interação entre os níveis de NaOH e os tempos de abertura (Tabela 4). Aos 7 dias, os valores médios de MS foram maiores do que aos 56 dias, não justificando um tempo de abertura maior. Houve efeito quadrático em relação aos níveis de NaOH com pontos de máxima de 2,87% aos 7 dias, 4,92% aos 28 dias, e 3,24% aos 56 dias de tratamento. Nessa condição, aplica-se a mesma lógica do material tratado com ureia, uma vez que, todos os materiais estavam armazenados no mesmo ambiente, o qual não foi monitorado em relação a temperatura, não sendo possível admitir que não houve elevação da temperatura, podendo ocasionar em perda de umidade do material para o ambiente.

Em relação a MM, houve interação entre os níveis de NaOH e os tempos de abertura. Para o tempo de abertura de 7 dias houve uma redução linear de 0,2% de MM a cada ponto percentual de NaOH adicionado. Observou-se efeito quadrático em relação aos níveis de NaOH com pontos de máxima de 3,34% aos 28 dias, e ponto de mínima de 2,33% aos 56 dias de tratamento. Quanto aos valores médios, não houve diferença entre o menor (7 dias) e o maior tempo de abertura (56 dias).

Para PB, não houve efeito nas doses aplicadas e nos tempos, resultado esse que provavelmente só seria alterado, se a fonte do produto químico tivesse altas proporções de algum componente nitrogenado. Como a composição do NaOH não apresenta potencial de incremento de nitrogênio, a PB permaneceu estável.

Quando avaliado a FDN, a mesma apresentou efeito quadrático, com ponto de máxima de 4,08% de hidróxido de sódio. Os menores valores de FDN foram observados na dose de 4,5% de NaOH. Segundo Butterworth (1985), nos vegetais os carboidratos potencialmente digestíveis, como celulose e hemicelulose, se complexam com a lignina. Os tratamentos com álcalis atuam modificando o complexo formado, tornando-o mais solúvel e mais acessível à hidrólise enzimática. Dessa forma o declínio na concentração de FDN pode ser explicado pela ação desses compostos (GRANZIN; DRYDEN, 2003) que solubilizaram a FDN do resíduo de algodoeiro.

A variável FDA apresentou redução linear conforme o aumento dos níveis de NaOH, reduzindo em 1,61% para cada ponto percentual de hidróxido de sódio. Comportamento semelhante foi encontrado por Zanine et al. (2006), que observaram que a adição de NaOH proporcionou redução no teor da FDN e FDA do bagaço de cana-de-açúcar, por meio de um comportamento quadrático. Os autores descreveram valores obtidos através das equações de regressão na dose de 3%, de 64,44 e 33,21% para os teores de FDN e FDA, respectivamente.

Os agentes alcalinos possuem capacidade de provocar alterações nos componentes da parede celular. Essa ação pode variar de acordo com alguns fatores, tais como níveis a serem

aplicados, qualidade da forragem, teor de umidade, período de tratamento e temperatura ambiente (ZANINE et al., 2006).

Para HEM, houve efeito quadrático, com ponto de máxima de 2,77% de NaOH. O uso de NaOH no resíduo propiciou um aumento nos teores de Hemicelulose, principalmente com o uso de 3% do composto químico, o que não é desejável, pois é um composto da parede celular, e o ideal é que esta seja solubilizada, favorecendo a redução da fração e aumento dos carboidratos fibrosos.

Para a Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), apresentou comportamento linear positivo quanto a aplicação do hidróxido de sódio, aumentando em 1,29% a cada ponto percentual adicionado. De acordo com Jackson (1997) e Klopfenstein (1978), a ação dos compostos alcalinos ocorre através da desestruturação dos complexos lignocelulósicos, solubilizando a fibra e aumentando a digestibilidade da celulose pela expansão da fração fibrosa. Com resultados semelhantes, Willis et al. (1980) realizaram estudos para determinar os efeitos do NaOH, sobre a digestibilidade em palha de arroz ensilada, e eles observaram que a digestibilidade da MS do material tratado com 2 a 5% NaOH foi melhorada significativamente, variando de 46,4 para 55,4%, afirmando assim, a eficiência do NaOH na melhoria de alimentos volumosos de baixa qualidade.

Diante do exposto, a utilização da uréia e do hidróxido de sódio são eficazes no tratamento químico do resíduo de algodoeira, proporcionando redução dos componentes fibrosos (FDN e FDA), melhorando a qualidade da fração fibrosa e aumento na digestibilidade da matéria seca.

5. CONCLUSÃO

Recomenda-se de 4 a 6% de uréia, com base na matéria seca, para o tratamento do resíduo de algodoeira por um período de 14 e 28 dias. Para o hidróxido de sódio, recomenda-se o nível de 4,5%, com base na matéria seca, para o tratamento do resíduo de algodoeira por um período de sete dias.

6. REFERÊNCIAS

- ABRAPA. Abrapa prevê redução de 12% da área de algodão para safra 2020/2021. **Canal Rural**, 2020. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/algodao/abrapa-reducao-algodao-safra/>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- ADESOGAN, A.T. What are feeds worth? A critical evaluation of selected nutritive values methods. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 13., 2002, Gainesville. **Proceedings** [...]. Gainesville: University of Florida, 2002, p.33-47.
- AHMADI, F.; ZAMIRI, M.J.; KHORVASH, M.; ZIAEE, E.; POLIKARPOV, I. Pre-treatment of sugarcane bagasse with a combination of sodium hydroxide and lime for improving the ruminal degradability: optimization of process parameters using response surface methodology. **Journal of Applied Animal Research**, v. 44, p. 287-296, 2015.
- ALVES, A. A.; FILHO, M. A.M.; SILVA, D. C.; AZEVÊDO, D. M. M. R. Avaliação de alimentos para ruminantes no Nordeste do Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL**. 2008.
- ANDRADE, A. P. **Valor nutritivo do resíduo de algodoeira tratado com uréia e enzimas fibrolíticas**. 2015. Tese (Doutorado) – Curso de Zootecnia. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2015.
- BALS, B.; TEYMOURI, F.; HADDAD, D.; JULIAN, W. A.; VISMEN, R.; JONES, A. D.; MOR, P.; VAN SOEST, B.; TYAGI, A.; VANDEHAAR, M.; BRINGI, V. Presence of Acetamide in Milk and Beef from Cattle Consuming AFEX-Treated Crop Residues. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, n. 38, p. 10756-10763, 2019.
- BEAUCHEMIN, K. A.; RIBEIRO, G. O.; RAN, T.; MILANI, M. R. M.; YANG, W.; KHANAKI, H.; GRUNINGER, R.; TSANG, A.; A. MCALLISTER, T. Recombinant fibrolytic feed enzymes and ammonia fibre expansion (AFEX) pretreatment of crop residues to improve fibre degradability in cattle. **Animal Feed Science and echnology**, v. 256, p. 114260, 2019.
- BLÜMMEL, M.; TEYMOURI, F.; MOORE, J.; NIELSON, C.; VIDETO, J.; KODUKULA, P.; POTHU, S.; DEVULAPALLI, R.; VARIJAKSHAPANICKER, P. Ammonia Fiber Expansion (AFEX) as spin off technology from 2nd generation biofuel for upgrading cereal straws and stovers for livestock feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 236, p. 178-186, 2018.
- BUETTNER, M.R. **Effects of ammoniation on the composition and digestion of forage fiber**. West Lafayette, Purdue University, 1978. N.p. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/9517bc72c60a5be73b42ca1338e205fa/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>>. Acesso em 28. mar. 2021.
- BUTTERWORTH, B. **The straw manual: a practical guide to cost-effective straw utilization and disposal**. New York, 1985. 212 p.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.V.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S., LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos**. 1ª Ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012, p. 214.

DOLBERG, F. Progress in the utilization of urea-ammonia treated crop residues: Nutritional dimensions and application of the technology on small farm. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, lavras. **Anais [...]**. Lavras: SBZ, 1992, p. 130-145.

FARIAS, S. J.; QUEIROZ, O. L.; SANTOS, A. R. G.; FAGUNDES, L. J.; SILVA, A. M. Avaliação de tecidos e equipamentos alternativos na análise de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido. **Periódicos Brasileiros em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Nova Odessa, v.72, n.3, p.229-233, 2015.

FERNANDES, L.O.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; LEDIC, I.L.; MANZAN, R. J. Qualidade do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. submetido ao tratamento com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1325-1332, 2002.

GARCEZ, B.S.; ALVES, A.A.; LIMA, N.A. Tratamentos químicos na melhoria do valor nutritivo de volumosos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.11, n.1, p.3085-3093, 2014a.

GARCEZ, B.S.; MOREIRA FILHO, M. A.; DA SILVA, R. N. P.; ALVES, A. A. Influência de tratamentos alcalinos no valor nutritivo de forragens. **PUBVET (Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia)**, Londrina, V. 8, n. 2, p. 0084-0229, 2014b.

GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa. **Anais [...]**. Viçosa: Associação Mineira dos estudantes de Zootecnia, 1998, p.33-60.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G.; BERNARDINO, F.S.; ROCHA, F.C. Composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.720-725, 2005.

GOMIDE, J.A. A técnica de fermentação ruminal *in vitro* na avaliação de forragens. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.3, n.2, p.210-24, 1974.

GRANZIN, B. C.; DRYDEN, G. MCH. Effects of alkalis, oxidants and urea on the nutritive value of Rhodes grass (*Chloris gayana* cv. Callide). **Animal feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 103, n. 1/4, p. 113-122, 2003.

GROTHER, M.D.; CROSS, D.L.; GRIMES, L.W. Effect of moisture level and injection ammonia on nutrient quality and preservation of coastal bermuda grass hay. **Journal of Animal Science**, v.61, n.6, p.1370-1377, 1985.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal Dairy Science**, v.82, p.1791-1794, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola: algodão. **IBGE**, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

JACKSON, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v.2, n.2, p.105-130, 1997.

KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v46, n.3, p.841-848, 1978.

LANA, R.P. **Nutrição e Alimentação Animal: mitos e realidades**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2020, p.344.

LENDOWSKI, L.; FÄRBER, H.; HOLY, A.; DARIUS, A.; EHRLICH, B.; WIPPERMANN, C.; KÜFNER, B.; EXNER, M. Accidental contamination of a German town's drinking water with sodium hydroxide. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 218, n. 3, p. 366-369, 2015.

MABJEESH, S.J.; COHEN, M.; ARIELI, A. In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: comparison of methods and inoculum source. **Journal Dairy Science** v.83, p.2289-2294, 2000.

MISSIO, R. L. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. **Archivos de zootecnia**, v. 65, n. 250, p. 267-278, 2016.

MOREIRA, F.B. Subprodutos do algodão na alimentação de ruminantes. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. ISSN, v. 1982, n. 36, p. 1263, 2008.

MOYSON, E.; VERACHTERT, H. Growth of higher fungi on wheat straw and their impact on the digestibility of the substrate. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 36, n. 3, p. 421-424, 1991.

NASCIMENTO, H. T. S.; BONA, NASCIMENTO, M. P. S. Tratamento de resíduos agroindustriais com uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: SBZ, 1997, v. 1, p. 433-434.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids**. Washington: National Academic Press, 2007, p. 362.

OLIVEIRA, E. N. C. A economia do algodão no nordeste Brasileiro. In: VI CONGRESSO SERGIPANO DE HISTÓRIA & VI ENCONTRO ESTADUAL DE HISTÓRIA, 6., 2018, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju: ANPUH-SE, 2018, p. 18. Disponível em: <<http://www.encontro2018.se.anpuh.org/site/anaiscomplementares>>. Acesso em: 5 abr. 2021.

OLIVEIRA, V. D.; VALENÇA, R. D.; SANTANA NETO, J. A.; SANTANA, J. C.; SANTOS, C. B.; LIMA, I. G. Utilização da Técnica de Produção de gás In Vitro para Estimar a Digestibilidade dos alimentos. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 23, n. 12, 2014.

ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

PAIM, T. D.; LOUVANDINI, H.; McMANUS, C. M.; ABDALLA, A. L. Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes. **Ciência veterinária nos trópicos**, v. 13, n. 1/2/3, p. 24 - 37, 2010.

PAIVA, J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A. D.; REGAZZI, A. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os teores dos constituintes da parede celular na palhada de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 5, p. 683-692, 1995.

PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O. Chemical treatment of roughage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, supl., p.192-203, 2010.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 953-957, 2006.

PRADO, J. C. **História Econômica do Brasil**. Brasiliense, 1978, p. 82.

QUADROS, D.G.; ANDRADE, A.P.; FIGUEIREDO, M.P.; SOARES, D.S.; SANTOS, D.A.; JUNIOR, O.F.; ROCHA, J.R.P.; ROSEIRA, J.P.S. Composição bromatológica do resíduo de algodoeiros tratado com uréia e enzimas fibrolíticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012. (CD-ROM).

REIS, R.A.; ANDRADE, P.; RODRIGUES, L.R.A.; PEDROSA, P. Palha de arroz e feno de *Brachiaria brizantha* amonizados e suplementados com energia ou proteína na alimentação de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p. 832- 840, 1995.

REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; MOREIRA, A. L.; SILVA, E. A. Valor nutritivo do feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon* L. Pers.) submetido à amonização. **Ars Veterinária**, v.19, n.2, p.143-149, 2003.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEDROSO, P. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de volumosos de baixa qualidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.4, p.487-493, 1995.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. **Amonização de volumosos**. 1ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1993, p. 22. 1993.

RIBEIRO, L.S.O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1911-1918, 2010.

ROSA, B.; REIS, R.A.; RESENDE, K.T.; KRONKA, S.D.; JOBIM, C.C. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.815-822, 1998.

SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; FERREIRA, D.J.; OLIVEIRA, J.S.; PEREIRA, O.G. Composição química do feno de capim-tanzânia (*Panicum maximum*) tratado com hidróxido de sódio. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v.11, n.1, p.41-46, 2008.

SANTOS, I.C.S.; WANDERLEY JÚNIOR, J.S.A.; SANTOS, F.N.; SILVA, M.N.B.; GONZAGA, L. A. Beneficiamento de algodão orgânico no agreste paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados. **Anais [...]**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009, p. 50-55.

SANTOS, J. **Alterações no resíduo de lixadeira do algodão submetido a diferentes tratamentos físicos e químicos**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Curso de Zootecnia. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SCHMDIT, P.; WECHSLER, F.S.; VARGAS JUNIOR, F.M.; ROSSI, P. Valor Nutritivo do Feno de Braquiária Amonizado com Uréia ou Inoculado com *Pleurotus ostreatus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.2040-2049, 2003.

SILVA, I.M.C.B. Métodos de preparação industrial de solventes e reagentes químicos. **Revista Virtual Química**, v. 4, n.1, p. 73-82, 2012.

SILVEIRA, M. F. **Comparação de métodos in vivo e laboratoriais para estimar o valor nutritivo de dietas para bovinos de corte**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Curso de Zootecnia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SOUZA, O.; SANTOS, I. E. Importância dos resíduos agropecuários na alimentação animal. **BeefPoint**, 2003. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/importancia-dos-residuos-agropecuários-na-alimentacao-animal-7391/>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

SUNDSTOL, F.; COXWORTH, E.M. Ammonia treatment. In: SUNDSTOL, F. e OWEN, E. **Straw and others fibrous by-products as feed**. Amsterdam: Elsevier Press, 1984. p.196-247.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stages technique for the “in vitro” digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

VALADARES FILHO, S.C.; LOPES, S.A.; SILVA, B.C.; CHIZZOTTI, M.L.; BISSARO, L.Z. **Tabelas Brasileiras de composição de alimentos para ruminantes**. CQBAL4.0. 2018.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-corte**. 1a. ed., Editora Suprema, Viçosa: UFV, DZO, 2006. 142p.

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

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994, p. 476b.

WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; PIERRE, NR St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 39, n. 1-2, p. 95-110, 1992.

WILLIS, C. M.; STALLCUP, O. T.; KREIDER, D. L. Influence of sodium hydroxide and enzyme additions on nutritive values of rice straw. **Journal of Animal Science**, v. 50, n.2, p.303-308, 1980.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; PEREIRA, O.G. Efeito de níveis de hidróxido de sódio sobre o desenvolvimento de mofos e leveduras e valor nutricional do bagaço de cana-de-açúcar. **Livestock research for rural development**, v. 18, n. 6, p. 1-12, 2006.