

**ALCALOIDES PIPERIDÍNICOS DE ALGAROBA COMO  
ADITIVO NUTRICIONAL PARA CAPRINOS**

**ANA ROSA ALVES DE OLIVEIRA**

**2018**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ALCALOIDES PIPERIDÍNICOS DE ALGAROBA COMO  
ADITIVO NUTRICIONAL PARA CAPRINOS**

Autor: Ana Rosa Alves de Oliveira

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Mara Lúcia A. Pereira

ITAPETINGA  
BAHIA – BRASIL  
Março de 2018

**ANA ROSA ALVES DE OLIVEIRA**

**ALCALOIDES PIPERIDÍNICOS DE ALGAROA COMO  
ADITIVO NUTRICIONAL PARA CAPRINOS**

Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Mara Lúcia Albuquerque Pereira

Co-orientadores: Prof. D.Sc. Herymá Giovane de Oliveira Silva  
Prof. D.Sc. Fabiano Ferreira da Silva

ITAPETINGA  
BAHIA – BRASIL  
Março de 2018

Ficha Catalográfica Preparada pela Biblioteca da UESB, Campus de Itapetinga.

636.085 Oliveira, Ana Rosa Alves de.  
O45a Alcaloides piperídínicos de algaroba como aditivo nutricional para caprinos. /  
Ana Rosa Alves de Oliveira. – Itapetinga-BA: UESB, 2018.

68f.

Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação da Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Mara Lúcia Albuquerque Pereira e coorientação do Prof. D.Sc. Herymá Giovane de Oliveira Silva e Prof. D.Sc. Fabiano Ferreira da Silva.

1. Caprinos – Aditivos fitogênicos. 2. Monensina – Alimentação de ruminantes. 3. *Prosopis juliflora* - Extrato alcaloídico - Aditivo nutricional. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Pereira, Mara Lúcia Albuquerque. III. Silva, Herymá Giovane de Oliveira. IV. Silva, Fabiano Ferreira da. V. Título.

**CDD(21): 636.085**

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5<sup>a</sup> Região  
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Caprinos – Aditivos fitogênicos
2. Monensina – Alimentação de ruminantes
3. *Prosopis juliflora* - Extrato alcaloídico - Aditivo nutricional

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

## DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Alcalóides piperidínicos de algaroba como aditivo nutricional para caprinos."

Autor (a): Ana Rosa Alves de Oliveira

Orientador (a): Profª. Drª. Mara Lúcia Albuquerque Pereira

Co-orientador (a): Prof. Dr. Herymá Giovane de Oliveira Silva

Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:

  
Profª. Drª. Mara Lúcia Albuquerque Pereira – UESB  
Orientadora

  
Prof. Dr. Herymá Giovane de Oliveira Silva - UESB

  
Profª. Drª. Cristiane Leal dos Santos - UESB

  
Prof. Dr. Paulo Bonomo - UESB

  
Drª. Alana Batista dos Santos – DCRUESC

Data de realização: 22 de março de 2018

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.  
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”*

*Marthin Luther King*

*A Deus, por me abençoar e me presentear com o dom da vida;*

*Aos meus amados pais José Soares de Oliveira (in memoriam) e Nadir Alves de Oliveira, pelo amor, carinho, educação e ensinamentos;*

*À minha filha abençoada Vitória, pelo sorriso constante e amor, que foi meu combustível para continuar a jornada;*

*Ao meu amado esposo Rodrigo Diego Quoos, pelo companheirismo e apoio constante durante todos os momentos;*

*Aos meus queridos irmãos e sobrinhos, por me fazerem mais forte ao me ensinarem que no caminho é necessário perdoar os erros e decepções do passado, pois o melhor momento de nossas vidas se chama PRESENTE.*

**DEDICO!**

*À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Mara Lúcia Albuquerque Pereira, por ter acreditado no meu potencial e por todas as oportunidades que me deu, sendo sempre muito mais que uma orientadora, pois, além de sabedoria e competência, possui uma grande determinação, dinamismo e carisma, tornando-a uma pessoa muito especial e fazendo com que todos queiram estar a sua volta. Muito obrigada Mara, por tudo! Este trabalho tem muito de você.*

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço à Deus por tudo. Por toda a coragem, luz, determinação e força na escolha da direção correta a tomar. Agradeço a Ele todas as vitórias e conquistas alcançadas durante a minha vida.*

*À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho.*

*Ao Instituto Federal Baiano, pela licença concedida para esta capacitação.*

*À Professora e orientadora Mara Lúcia Albuquerque Pereira.*

*Ao Prof. Dr. Herymá Giovane de Oliveira Silva, pela paciência e orientação e, principalmente, devido à disponibilidade sempre que solicitado: serei sempre grata!*

*A todos os professores do PPZ, pelos ensinamentos e experiências repassados.*

*A todos os funcionários do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos serviços prestados durante todo o curso.*

*Ao Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva, pela colaboração durante o período experimental.*

*Ao colega Weiber da Costa Gonçalves, pela parceria no experimento e ajuda na tabulação dos dados, mas, principalmente, por ter se tornado um ótimo amigo.*

*Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Animal (LFA), Josivânia, Jeruzia, Leandro, Larisse e, principalmente, ao amigo George, pelo indispensável apoio na condução das análises de urina, disponibilidade e pelos ensinamentos durante todo esse processo.*

*Aos bolsistas e estagiários voluntários envolvidos na etapa experimental e nas análises laboratoriais: Erick, Ingrid, Joane, Marianna, Ulisses, Rafaela, Karine, Danrlei, Nadjane, Maicon, Bismarck, João Willian, Samara, Thiago, Samuel, Thaty, Gleidson (Dimy), Luciano, Ted, Luan e Vinícius. Sem vocês esse trabalho não teria se desenvolvido.*

*Aos colegas da Pós-Graduação, pelo apoio e colaboração: Leidiane, Jéssica, Daniela Cangussú, Eli, José Dantas e, principalmente, Josivânia, pois sem ela o extrato não seria produzido; agradeço-lhe, principalmente, pela disponibilidade e ajuda sempre que foi requisitada.*

*Ao amigo e funcionário do Laboratório de Forragicultura José Queiroz (Zé), pelo apoio constante, principalmente nas análises bromatológicas.*

*Aos pecuaristas Paulo Presídio e Sr. Newton, pelo empréstimo dos animais para condução do trabalho experimental.*

*Aos meus amigos/irmãos Sérgio (Sergéx), Carlinne, Evanete e Neucy, pela presença sempre constante e incentivo à pesquisa.*

*Aos funcionários da UESB Dai, Adelson, Louro, pela ajuda e suporte nos diversos momentos da fase experimental.*

*Aos colegas e alunos do IFBAIANO: Evanete, Genilda, Lizziane, Leandro, Edvaldo, Janemeire, Marcelito, Isis, Ellen, Jóbson, Yasmin, Daiane, Ancelmo, Fabricio e Ana Carolina.*

*Aos meus sogros, por se fazerem presentes para cuidar e dar amor à Vitória sempre que eu precisava me ausentar.*

*Aos familiares e aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida: Yasmim, Nádia, Nailton, Walmy, Keury, Igor, Walmyra, Rosane, Cleide, Luzinete, Evanete, Andréa, Neide, Josafá, Jhon, Wesley, Edna, Maryanna, Rita, Bruna, Zaza, Conceição.*

## BIOGRAFIA

Ana Rosa Alves de Oliveira, filha de José Soares de Oliveira e Nadir Alves de Oliveira, nasceu em Maiquinique/Bahia, no dia 31 de abril de 1977.

Em março de 2001, concluiu o curso de Bacharelado em Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/Bahia.

Em fevereiro de 2007, iniciou a carreira como Professora.

Em outubro de 2006, concluiu o Mestrado em Zootecnia com área de atuação em Produção Animal– UESB.

Em 2010, foi aprovada para o cargo de Professora EBTT no Instituto Federal Rondônia – IFRO.

Em 2011, foi redistribuída para o Instituto Federal do Paraná – IFPR.

Em fevereiro de 2016, foi redistribuída para o Instituto Federal Baiano, campus Teixeira de Freitas.

Em março de 2014, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, área de concentração Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, sob a orientação da Professora Mara Lúcia de Albuquerque Pereira, realizando estudos na área de fisiologia animal.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABELAS .....	xiii
RESUMO .....	xiv
ABSTRACT .....	ii
I – REFERENCIAL TEÓRICO .....	01
1.1.Introdução .....	01
1.2.Aditivos na nutrição de ruminantes.....	02
1.3.Monensina na alimentação de ruminantes.....	06
1.4. Propriedades dos alcaloides de algaroba ( <i>Prosopis juliflora</i> ) e utilização como aditivo nutricional.....	13
1.5. Referências bibliográficas.....	23
II – OBJETIVOS .....	32
2.1 Objetivos Gerais.....	32
2.2 Objetivos Específicos.....	32
III – MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Matéria-prima vegetal.....	33
3.2.Obtenção de extrato alcaloídico purificado de vagens de algarobeira.....	33
3.3. Cromatografia em camada delgada do extrato clorofórmico básico (ECB)..	36
3.4. Local, dietas experimentais e medidas de consumo e digestibilidade.....	37
3.5. Análises químicas do volumoso e concentrados fornecidos, sobras e fezes..	39
3.6. Balanço de nitrogênio, síntese de proteína microbiana e excreção de ureia.	41
3.7. Análise estatística.....	42
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
4.1. Consumo, digestibilidade de nutrientes e desempenho produtivo .....	43
4.2. Síntese de proteína microbiana, balanço de nitrogênio e excreção de ureia.	48
V. CONCLUSÕES.....	53
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Geração de força próton motora pelo transporte de elétrons e acoplamento quimiosmótico a fosforilação oxidativa e estabelecimento do gradiente de próton através da membrana pela atividade ATPásica, em bactérias que não apresentam a cadeia de transporte de elétrons (Rosen & Kashter, 1978). Fonte: Bergen & Bates, 1984.	9
<b>Figura 2.</b> Estruturas químicas de juliprosopina ( <b>1</b> ), prosofloro ( <b>2</b> ) e juliprosina ( <b>3</b> ).	15
<b>Figura 3.</b> Extrato Etanólico	34
<b>Figura 4.</b> Extrato Etanólico Bruto	34
<b>Figura 5.</b> Partição ácido-base para isolamento e partição dos alcaloides da farinha de vagens integrais de algarobeiras ( <i>Prosopis juliflora</i> )	35
<b>Figura 6.</b> Tubos de ensaio com reveladores de alcaloides, Dragendorff (cor laranja), Mayer (cor bege) e Wagner (cor marron)	36

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição em ingredientes e nutricional das dietas.	38
<b>Tabela 2.</b> Composição química (g 100 g <sup>-1</sup> MS) do volumoso e concentrado.	39
<b>Tabela 3.</b> Médias, erro padrão das médias (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre a monensina sódica <i>versus</i> alcaloides piperidínicos de algaroba, adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para consumo de nutrientes por caprinos alimentados com ou sem níveis de APA.	44
<b>Tabela 4.</b> Médias, erro padrão das médias (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre a monensina sódica <i>versus</i> alcaloides piperidínicos de algaroba adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para coeficientes de digestibilidade de cabritos alimentados com ou sem APA.	45
<b>Tabela 5.</b> Médias, erro padrão das médias (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre a monensina sódica <i>versus</i> alcaloides piperidínicos de algaroba, adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para desempenho de caprinos alimentados com ou sem níveis de APA.	47
<b>Tabela 6.</b> Médias, erro padrão das médias (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre monensina (MON) <i>versus</i> alcaloides piperidínicos de algaroba (APA), adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para síntese e eficiência microbiana, balanço de nitrogênio, excreção de ureia em caprinos alimentados com níveis de APA.	49
<b>Tabela 7.</b> Médias, erro padrão das médias (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre monensina (MON) <i>versus</i> alcaloides piperidínicos de algaroba (APA), adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para o metabolismo de nitrogênio em caprinos alimentados com níveis de APA.	51

## RESUMO

OLIVEIRA, Ana Rosa Alves. **Alcaloides piperidínicos de algaroba como aditivo nutricional para caprinos**. Itapetinga, BA: UESB, 2018. 68p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes)\*.

Objetivou-se avaliar os efeitos de dietas aditivadas com níveis de alcaloides piperidínicos de algaroba - APA (0; 9,2; 18,4 e 27,6 mgkg<sup>-1</sup> na MS da dieta), e monensina sódica - MON (2,7 mg kg<sup>-1</sup>) sobre o consumo, digestibilidade de nutrientes, ganho de peso corporal, síntese de nitrogênio e eficiência microbiana, e balanço de nitrogênio em caprinos. Foram utilizados 30 caprinos Anglo-nubiano x SRD, machos, não castrados, com peso corporal médio inicial de 21,82 ± 0,108 kg e idade de 120 dias, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. O período experimental foi de 99 dias para avaliação de consumo, digestibilidade, síntese microbiana e balanço de nitrogênio, e de 89 dias para avaliação de ganho de peso. Não houve diferença (P>0,05) entre APA e MON para o consumo de MS, MO e FDNcp. Os consumos de EE e NDT apresentaram efeito quadrático, e os consumos de PB e CNF, efeito linear crescente, em função dos níveis de APA. As digestibilidades da MS, MO e FDNcp das dietas com APA não diferiram das dietas com MON. O consumo de energia metabolizável e o ganho de peso diário apresentaram efeito quadrático com máximos em níveis próximos de APA 18 mg kg<sup>-1</sup>. Não houve diferença (P>0,05) para síntese de nitrogênio microbiano, e a eficiência de síntese microbiana apresentou decréscimo linear em função dos níveis de APA. O nitrogênio ingerido e digerido apresentou efeito linear crescente (P < 0,05), de acordo com os níveis de APA que não diferiram (P > 0,05) de MON. O nitrogênio fecal apresentou variação quadrática, com ponto máximo em APA 13,3 mg kg<sup>-1</sup>. O nitrogênio total excretado na urina não variou com o uso de APA, com média superior à MON. O N ureico no plasma apresentou concentração máxima com o uso de APA 16,5 mg kg<sup>-1</sup>, que não diferiu de MON. O N retido aumentou (P < 0,05) em função dos níveis de APA, e não foi convertido em ganho de peso corporal devido à redução no consumo de energia metabolizável nas doses superiores a 18,4 mg kg<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** aditivos fitogênicos, monensina, confinamento, *Prosopis juliflora*

---

\* Orientadora: Mara Lúcia Albuquerque Pereira, D.Sc. UESB e Co-orientadores: Herymá Giovane de Oliveira Silva, D.Sc. UESB e Fabiano Ferreira da Silva, D.Sc. UESB.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Ana Rosa Alves. **Mesquite piperidine alkaloids as nutritional additive for goats**. Itapetinga, BA: UESB, 2018. 68p. These. (Doctorate degree in Animal Science, Area of concentration in Production of Ruminants).\*

Aimed to evaluate the effects of diets additived and monensin sodium (MON) for goats on consumption, nutrient digestibility, performance, efficiency and microbial protein synthesis. Thirty male Anglo-Nubian x SRD goats were used, with an initial mean body weight of  $21.82 \pm 0.108$  kg and an approximate age of 120 days distributed in a completely randomized design (DIC). The experimental period was 99 days for the study of consumption, digestibility, protein synthesis and nitrogen balance, and of 89 days for the study of the performance of the animals. There was no difference for the consumption of DM, OM, FDNcp and metabolizable energy. The consumption of hay, concentrate, EE, and NDT showed quadratic effect and the consumption of PB and CNF increasing linear effect as a function of APA levels. The digestibilities of MS, MO and FDNcp of APA diets did not differ from monensin diets. The addition of APA had a linear effect on the digestibility of CP and the highest coefficient was recorded for the highest extract level (27.6 mg kg<sup>-1</sup>) when compared to the other diets. For performance, the level of 18.4 mg kg<sup>-1</sup> MS of APA had the best performance parameters, and the use of APA provided higher final bodyweight, mean daily gain and total weight gain than the monensin diet. There was no difference ( $P > 0.05$ ) for microbial nitrogen (NM), nitrogen in the urine (NUR), urine nitrogen in the urine (NUUR). The diets with the APA provide do naver age greater efficiency of microbial synthesis (352.5 g PM kg<sup>-1</sup> NDT) than the monensin diet (313.76 g PM kg<sup>-1</sup> NDT). Among the extracts level 18, 4 g kg<sup>-1</sup> APA had the best index (383.72 g PM kg<sup>-1</sup> NDT). The NI (nitrogen ingested), ND (digested nitrogen) and NR (nitrogen retained) presented a linear positive effect of NF (nitrogen in faeces) and quadratic NUP (plasma urea nitrogen) quadratic. A linear reduction in NREC (recycled nitrogen) was observed as a function of APA levels without to serving alteration in NUUR. For nitrogen metabolism the consumption of Naming diets presented difference and the reduction of NREC as a function of the APA levels is consistent with their crease of the NI of the diet. The APA concentration 27.6 mg kg<sup>-1</sup> reduced N-recycling and the microbial efficiency in the rumen. The addition of APA in 18.4 mg kg<sup>-1</sup> dietary DM promoted higher energy consumption and greater body weight gain.

**Key words:** phytogenic additives, monensin, feedlot, *Prosopis juliflora*

---

\*Adviser: Mara Lúcia Albuquerque Pereira, Dra. UESB. Co-advisers: Fabiano Ferreira da Silva, Dr. UESB and Herymá Giovane de Oliveira Silva, Dr. UESB.

## I. REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1. Introdução

O confinamento tem sido adotado por produtores, visando manter a regularidade do produto animal no mercado, mesmo em período de escassez de forragem causada pela sazonalidade nas chuvas e baixa qualidade da pastagem, e ainda por reduzir a idade ao abate dos animais e o tempo de permanência na fase de terminação.

As dietas compostas com alta proporção de soja e milho são comumente ofertadas aos ruminantes em confinamento para aumentar a produtividade. Contudo, o aumento do conteúdo de amido nas dietas predispõe a distúrbios metabólicos, devido à redução do pH ruminal. O uso de aditivos ionóforos nessas dietas é usual com o objetivo de alterar a fermentação e estabilizar o pH ruminal para melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta.

Estudos relataram que podem surgir resíduos no produto final (carne e leite) e atentaram para seleção de bactérias resistentes, resultando na proibição da comercialização desses produtos em mercados mais exigentes, quanto à segurança alimentar (Barducci, 2010). Dessa forma, a utilização de produtos vegetais como modificadores da fermentação ruminal pode ser uma alternativa para aumentara oferta dos produtos de origem animal, baseada na premissa de sustentabilidade, sobretudo em regiões de clima tropical do planeta. Metabólitos secundários de plantas possuem alta atividade antimicrobiana, e podem ser uma opção para a substituição ao uso de aditivos químicos, uma vez que esses possuem ação de alterar favoravelmente a fermentação ruminal (Geraci et al., 2012; Cieslak et al., 2012; Cobellis et al., 2016; Patra et al., 2017).

O uso de extrato rico em alcaloides piperidínicos de algaroba tem sido avaliado como possível alternativa à monensina, devido ao potencial de modificar os produtos de fermentação ruminal *in vitro* (Santos et al., 2013; Pereira et al., 2017), de melhorar a utilização de energia e proteína e o desempenho, e de reduzir a produção de metano entérico em ovinos, sem afetar a digestibilidade da matéria seca e da fibra dos alimentos (Santos, 2016; Santos, 2017; Sousa, 2018).

Santos (2017), ao avaliar os níveis 2,3; 4,6 e 9,2 mg kg<sup>-1</sup> de extrato alcaloídico de algaroba em alternativa à monensina para ovinos confinados, observou maior ganho de peso e eficiência da síntese microbiana para o maior nível de extrato. Sousa (2018)

concluiu que alcaloides piperidínicos de algaroba, em doses até 27,8 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca em dietas para cordeiros, reduziram a produção de metano entérico e melhoraram o metabolismo de proteína e energia.

Diante desse potencial de substituição aos aditivos ionóforos e, a necessidade de estudos sobre o desempenho e metabolismo com o uso de maiores níveis do extrato rico em alcaloides em dietas para outras espécies de ruminantes, objetivou-se avaliar o efeito de níveis de alcaloides piperidínicos de algaroba, como aditivo alternativo à monensina sódica, em dietas com alto teor de concentrado para caprinos confinados.

## 1.2. Aditivos na nutrição de ruminantes

O Ministério da Agricultura define aditivo como substância, microrganismos ou produto formulado, adicionado intencionalmente, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios e atenda às necessidades nutricionais.

Aditivos alimentares como antibióticos ionóforos, não ionóforos e probióticos têm sido utilizados na alimentação animal a fim de modular a fermentação ruminal, além de promoverem melhores resultados de eficiência e desempenho para dietas com alta proporção de concentrado (Mobiaglia, 2017).

Os ionóforos agem no transporte de íons, através da membrana celular, o que altera o balanço químico entre o meio interno e externo da célula, forçando à constante perda de energia e morte celular (Duffield et al., 2012). Esses, seletivamente deprimem ou inibem o crescimento de microrganismos do rúmen, são produzidos por diversas linhagens de *Streptomyces* e foram inicialmente utilizados como coccidiostáticos para aves, mas, a partir da década de 1970, começaram a ser utilizados na dieta de ruminantes como promotores de crescimento (Silva et al., 2017).

Segundo Graminha et al. (2012), os efeitos provocados pelo uso de ionóforos são: i) aumento da produção de propionato e diminuição da produção de acetato, metano, lactato e da concentração ruminal de amônia; ii) redução da degradação proteica no rúmen e melhor aproveitamento da proteína no intestino; iii) estabilização do pH ruminal; iv) em dietas de alto grão, redução de consumo, manutenção do ganho de peso e melhoria da conversão alimentar; v) em dietas de baixo grão, aumento de

consumo ou não alteração e aumento de ganho de peso; vi) estabilização de consumo ao longo do dia.

O mecanismo de ação dos ionóforos sobre as bactérias do rúmen está relacionado com fatores de resistência presentes na estrutura da parede celular, a qual é responsável por regular o balanço químico entre o meio interno e externo da célula, sendo esse equilíbrio mantido por um mecanismo chamado de bomba iônica. O ionóforo, ao se ligar ao cátion de maior afinidade, transporta-o através da membrana celular para dentro da bactéria, que, por meio do mecanismo da bomba iônica, na tentativa de manter sua osmolalidade, utiliza sua energia de forma excessiva, até deprimir as suas reservas, o que afeta o crescimento das bactérias gram-positivas, e favorece as gram-negativas (Rangel et al., 2008).

Isso se deve pelo fato de que as bactérias gram-negativas possuem uma membrana externa formada por proteínas, lipoproteínas e lipossacarídeos, de característica hidrofóbica, assim como a monensina (ionóforo), é extremamente hidrofóbica, e desorganiza o transporte de cátions através da membrana das bactérias gram-positivas, promovendo maior gasto energético, a fim de manter o balanço osmótico entre interior e o exterior da célula. Como essas bactérias produzem menos ATP por mol de glicose fermentada, acabam exauridas energeticamente e desaparecem do meio. As bactérias gram-negativas são pouco afetadas pela ação do ionóforo e, por realizarem fosforilação oxidativa, sobrevivem ao meio. Com a diminuição da competição por substratos energéticos, devido ao desaparecimento das bactérias gram-positivas, as gram-negativas acabam dominando o meio (Embrapa, 2006).

Russell (1987) já havia demonstrado que ionóforos afetam negativamente três espécies de bactérias produtoras de amônia: *Clostridium sticklandii*, *Peptostreptococcus anaerobicus* e *Clostridium aminophilum*. Os ionóforos também provocam diminuição na catálise de peptídeos no rúmen, aumentando o escape, desses, para o intestino delgado, com redução do N amoniacal (Goes, 2004). Essa resultante implica vantagens no aporte de aminoácidos pelo animal, podendo contribuir para o seu desempenho.

Os ionóforos também diminuem a energia perdida durante a fermentação do alimento, levando, assim, a um melhor desempenho animal, podendo reduzir a incidência de acidose, timpanismo e coccidiose, visando à redução dessas patologias, melhora o desempenho animal (Reis et al., 2011).

Em dietas de ruminantes confinados, a utilização de aditivos alimentares tem como objetivo principal a melhoria da conversão alimentar e/ou ganho de peso, embora benefícios secundários possam ocorrer como a melhoria na sanidade geral do animal.

Em um estudo para coleta de dados realizado em um site com nutricionistas de bovinos confinados no Brasil, dentre os 31 nutricionistas entrevistados, 27 responderam que estavam usando ionóforo na alimentação, ou seja, 98,7% dos seus participantes que foram entrevistados usaram algum tipo de aditivo, sendo os ionóforos mais usados, dentre eles, a salinomicina, monensina sódica e lasalocida (MILLEN et al., 2008), dos quais a monensina é o ionóforo mais estudado.

Os ionóforos são definidos como substâncias capazes de interagir passivamente com íons e cátions, servindo, assim, como veículo de transporte para esses íons, através da membrana celular. No ecossistema anaeróbico do rúmen, os microrganismos fermentam carboidratos e proteína para obterem nutrientes necessários para seu crescimento. Os benefícios gerados pela monensina sódica é a melhora na conversão alimentar e no ganho de peso, tanto em animais confinados quanto os criados a pasto (Ferreira e Prado, 2016).

Ortolani et al. (2017) avaliaram o efeito da suplementação com monensina sódica para bovinos mestiços em regime semi-confinado para garrotes, e observaram incremento no ganho de peso em 8,6%.

No estudo realizado por Maturana Filho et al. (2010), avaliando as concentrações sanguíneas de glicose e ureia e o desempenho de garrotes da raça Nelore, castrados e confinados, utilizando os tratamentos controle (sem suplementação de ionóforo), 44mg de lasalocida/kg MS do concentrado e 44mg de monensina/kg MS do concentrado, não observaram efeito da suplementação de monensina e lasalocida, sobre as concentrações sanguíneas de glicose e ureia durante todo o período experimental, e ainda não foram observadas diferenças no ganho médio diário, eficiência alimentar, rendimento de carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea no decorrer do experimento.

Salman et al. (2006) reportaram, em seu estudo, para a possibilidade de intoxicação com o uso de ionóforos, pois sua toxicidade não está associada ao uso de doses excessivas ou inadequadas, e sim ao fornecimento errôneo, com má homogeneização e com fornecimento sem período de adaptação.

Os ionóforos, como a monensina sódica, são consagrados pela eficácia antimicrobiana, e em promoverem modificações nos produtos gerados no rúmen (Gomes et al., 2010), mas eles têm sofrido sanções pela União Europeia, pelo possível desenvolvimento de cepas de bactérias resistentes a antibióticos usados na medicina humana (Joue, 2003), resultando na proibição da venda desses produtos em alguns mercados consumidores de produtos de origem animal.

Algumas categorias de aditivos são proibidas no Brasil, de acordo a Instrução Normativa nº 10 de 27 de abril de 2001 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2001), em seu artigo 1º, é o caso do uso de anabolizantes e hormônios como promotores de crescimento, e outros são aprovados para serem usados em combinação. Cada aditivo tem uma característica e uma limitação na alimentação (Oliveira et al., 2005).

Portanto, atualmente a exploração pecuária passa por um momento de mudança em sua conjuntura, no que se trata da questão uso de aditivos, sendo necessário alternativas rentáveis que respeitem as normas de bem-estar animal, e que não acarretem risco ao consumidor e ao meio ambiente. Uma estratégia para a manutenção e aumento da eficiência de produção, sem reduzir a lucratividade, é o uso de produtos naturais, desde que com permissão legal de uso, e cuja eficiência seja representativa na resposta fisiológica e produtiva dos animais (Caja et al., 2003).

Dessa forma, a utilização de produtos de origem vegetal como modificadores da fermentação ruminal, torna-se uma alternativa para aumentar a produtividade dos animais ruminantes. Estudos têm demonstrado que alcaloides extraídos de vagens de algarobeira apresentam potencial na manipulação do ecossistema ruminal, por sua ação ser similar à dos ionóforos, o que caracteriza seu potencial aditivo alimentar (Alves Junior et al., 2015).

Extratos alcaloídicos retirados de várias partes da algaroba foram avaliados por Singh et al. (2011), quanto a propriedade antibacteriana, e observaram que os extratos das folhas apresentaram maior atividade em relação as demais partes da planta, e sugeriram que as propriedades antimicrobianas dos alcaloides assemelham-se as dos ionóforos, que são utilizados largamente como aditivos na nutrição de ruminantes.

### 1.3 Monensina

A monensina, produzida por cepas de *Streptomyces cinnamonensis*, é o ionóforo poliéter carboxílico mais estudado, e sua molécula foi descrita em 1967 (Agtarap et al., 1967).

Em 2007, na União Europeia, foram proibidos quase todos os antibióticos (monensina sódica, salinomicina sódica, avilamicina e flavofosfolipol) usados como promotores de crescimento, sendo que, a partir de 2008, nenhum antibiótico promotor de crescimento pôde ser usado na alimentação animal (Brumano & Gattas, 2009).

Nos EUA, a monensina teve seu uso aprovado para gado de corte em confinamento, em 1976, e para animais em pastejo, em 1978 (Berchielli, 2011). Apresentando a seguinte estrutura molecular  $C_{36}H_{61}NaO_{11}$  e peso molecular de 692.863 g mol<sup>-1</sup>. É uma mistura de quatro análogos, A, B, C e D, sendo a monensina A o principal componente (98%). Dependendo do método de purificação, a monensina pode existir em formas miceliais, cristalinas e recristalizadas.

A monensina é utilizada para o tratamento da coccidiose em aves (galinhas, perus e codornas) e ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos), sendo também usada para controlar a cetose em bovino, e como um aditivo alimentar promotor de crescimento em bovinos e ovinos. É considerada um promotor de crescimento, devido aos seus efeitos favoráveis sobre a fermentação ruminal, incluindo reduções na produção de acetato e reduções na perda de amônia, bem como coccidiostáticos e inibidor da acidose láctica (Kobayashi, 2010).

A classificação das bactérias comumente usadas pelos pesquisadores é fundamentada pelo tipo de substrato em que os microrganismos agem e nos produtos finais da fermentação ruminal. Dessa forma, são denominadas como fermentadoras de carboidratos estruturais (celulolíticas), fermentadoras de carboidratos não-estruturais, sendo essas as amilolíticas e pectinolíticas, como também metanogênicas, proteolíticas, lipolíticas e lácticas (Arcuri et al., 2006).

Segundo Kamra (2005), a maioria das bactérias degradadoras de carboidratos estruturais são gram-positivas, degradando a celulose e formando o acetato, disponibilizam substratos para as demais bactérias, sobretudo as metanogênicas (gram-positivas), que utilizam CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> para a produção do metano. Já as bactérias

amilolíticas (gram-negativas) digerem o amido e formam o propionato, o qual é precursor gliconeogênico nos ruminantes.

O mecanismo de ação da monensina é mais efetivo contra bactérias gram-positivas (produtoras de hidrogênio, formato, amônia, lactato), do que sobre as gram-negativas, principalmente devido à ausência de membrana externa de proteção nas gram-positivas, o que as tornam mais susceptíveis à ação da monensina. Os ionóforos têm ação contra bactérias gram-positivas, permitindo uma seleção de microrganismos do rúmen. A ação dos ionóforos no rúmen ocorre pelas mudanças na população microbiana, selecionando as bactérias gram-negativas produtoras de ácido succínico ou que fermentam ácido láctico e inibindo as gram-positivas produtoras de ácido acético, butírico, láctico e  $H^2$  (REIS, 2011).

Propionato é o único ácido graxo volátil que pode ser convertido à glicose, a qual, então, pode ser utilizada como fonte de energia pelos ruminantes. A redução na relação acetato/propionato leva a um menor incremento calórico porque o ácido propiônico apresenta menor incremento de calor que o ácido acético. Redução na produção de metano também melhora a retenção de carbono e energia (Millen, 2008). A produção de metano, em gado de corte é, muitas vezes, próxima a 12 L por hora, e esse gás é eliminado pela eructação, podendo, a produção de metano, representar uma perda de 12% da energia do alimento (Thornton e Owens, 1981, citados por Russell e Strobel, 1989). Os ionóforos podem diminuir a produção de metano em 30%, já que o rúmen é um meio anaeróbico e a oxidação dos substratos deve estar acoplada às reações de redução. Com a diminuição da metanogênese, há um aumento da proporção de propionato, em relação ao acetato. Como o propionato tem maior entalpia com o acetato, e pode ser oxidado pelo animal, mais energia do alimento está disponível para propósitos produtivos (Embrapa, 2006).

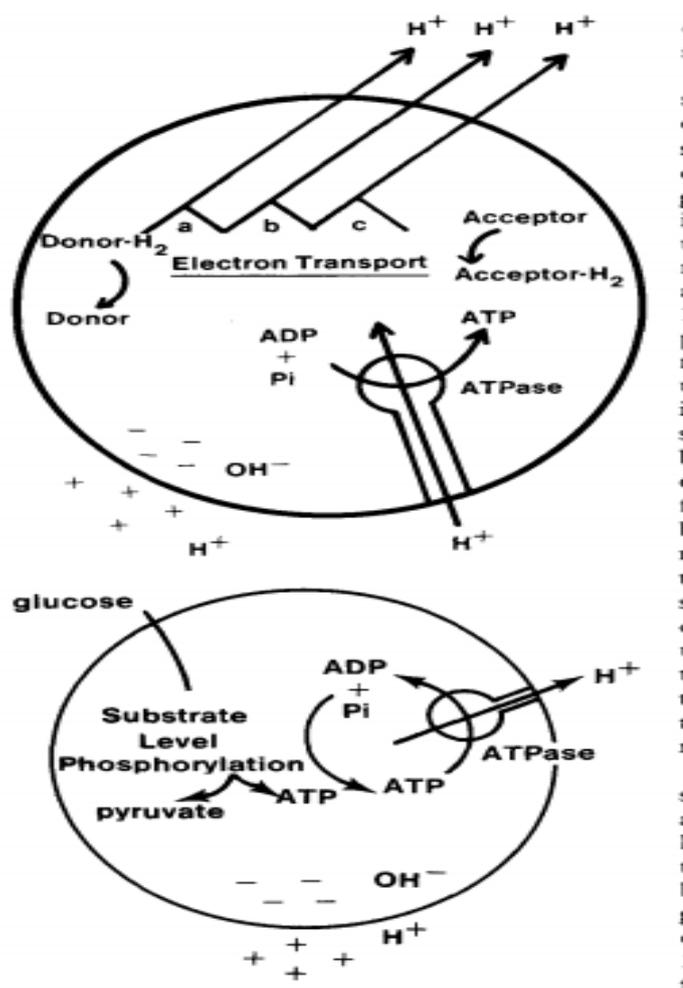
A monensina também apresenta uma ação muito importante sobre o metabolismo proteico, pois diminui o crescimento de bactérias proteolíticas (Hino & Russel, 1986) e, por consequência, diminui a degradação da proteína dietética, que apresenta alto valor biológico (Russel & Martin, 1984; Barbosa et al., 2001), aumentando assim, a quantidade de proteína alimentar que chega ao duodeno para ser digerida.

Outros efeitos benéficos da monensina, em nível ruminal, são a diminuição na produção ruminal de lactato, devido à inibição do *Streptococcus bovis*, principal

bactéria causadora da acidose láctica (Gastaldello Jr. et al., 2010), sobretudo em dietas com alta porcentagem de grãos (Russell, 1996), e a diminuição da concentração de amônia ruminal, em decorrência de menor degradação de peptídeos e aminoácidos no rúmen, que, posteriormente, são digeridos e absorvidos no intestino delgado (Hegazy & Elias, 1997).

Segundo Graminha et al. (2007), o modo de ação dos ionóforos se resume em alterar o movimento de íons através da membrana celular. As bactérias gram-negativas apresentam uma via extra de produção de energia na própria membrana celular, o que as diferem das gram-positivas, as quais conseguem apenas produzir energia pela entrada e saída de íon  $H^+$  da célula. Esse ionóforo se liga à uma substância polar e atua como agente transportador de íons  $H^+$  e de cátions, principalmente  $K^+$  e  $Na^+$ , o que leva ao acúmulo de  $H^+$  no interior da célula bacteriana. O acúmulo de  $H^+$  no citoplasma promove uma quebra do equilíbrio de geração de energia pela célula bacteriana, além de gasto de energia para a retirada do excedente de  $H^+$  interno, levando a célula à morte.

Assim, a mudança provocada pela monensina reduz a eficiência de utilização do ATP pelas bactérias gram-positivas, reduzindo sua população, ao passo que as gram-negativas, por realizarem a fosforilação oxidativa, conseguem produzir mais ATP/mol de substrato, sobrevivendo ao meio (Bergen & Bates, 1984)(Figura 1).



**Figura 1.** Geração de força próton motora pelo transporte de elétrons e acoplamento quimiosmótico a fosforilação oxidativa e Estabelecimento do gradiente de próton através da membrana pela atividade ATPásica em bactérias que não apresentam a cadeia de transporte de elétrons (Rosen & Kashner, 1978).

Fonte: Bergen & Bates, 1984.

Segundo Araújo (2006), a monensina acarreta a diminuição do consumo de alimento, gerado pela maior eficiência de uso da energia produzida durante a degradação no rúmen, não afetando negativamente o desempenho dos animais, promove a alteração da razão acetato: propionato e ocasiona o aumento da eficiência ruminal, provocado pela diminuição da produção de ácido láctico, em condições que podem levar à acidose, bem como o fluido ruminal tem redução da sua viscosidade em animais com timpanismo e, devido à estabilização do ambiente ruminal, melhora o desempenho, e o trato gastrointestinal é protegido dos agentes patogênicos.

Assim, a monensina sódica tem sido utilizada em dietas ricas em concentrado (>80% da MS) para cordeiros confinados, com vistas a garantir condições ruminais adequadas para que os animais apresentem bom ganho de peso e eficiência alimentar,

sem relatos de ocorrência de acidose (Ferreira et al., 2011; Ferreira et al., 2014; Gastaldello Jr. et al., 2010; Gastaldello Jr. et al., 2013). Em todos esses ensaios, a monensina sódica foi incluída na dieta em concentrações, variando de 25 mg kg<sup>-1</sup> de MS (Ferreira et al., 2011; Ferreira et al., 2014) a 30 mg kg<sup>-1</sup> de MS (Gastaldello Jr. et al., 2010; Gastaldello Jr. et al., 2013), que é a quantidade recomendada em dietas para bovinos (Boucqué et al., 1982; Perry et al., 1976;).

Em relação á quantidade de monensina administrada para ruminantes, Lodi (2017) hipotetizou que, em dietas para ovinos, a concentração de monensina sódica poderá ser inferior às classicamente utilizadas para bovinos, estando de acordo com indicações da Elanco Animal Health de que inclusões a partir de 5 mg kg<sup>-1</sup> de dieta já promovem algum efeito sobre a eficiência alimentar.

Analisando efeito da monensina na suplementação mineral em blocos com ou sem implantes de acetato de trembolona e estradiol em animais em pastejo, observaram que não houve interação entre os tratamentos, porém ocorreu média de 80 g por dia, a mais, para o tratamento monensina em relação ao controle, logo, a combinação dessas tecnologias aumentou a produção de carne em 22%, sem aumento de suplementação ou área cultivada de pastagens; já a utilização de monensina e os implantes em conjunto diminuiram custo do ganho em 26% (Beck et al., 2014).

Gastaldello Jr (2013) estudou dietas para ovinos com relação volumoso:concentrado (10:90) e, usando 3 tampões (1,3% calcário, 1,3% calcário de enchimento - *filler limestone* e 1,3% de calcário + 1% de bicarbonato de sódio com base na MS) e 2 níveis de monensina (0 ou 30 mg kg<sup>-1</sup> de dieta) num esquema fatorial, concluiu que a monensina aumentou a digestibilidade da FDN, bem como mostrou uma interação positiva com o calcário de enchimento e com bicarbonato de sódio, sendo recomendada em dietas de alto concentrado para ovinos em fase de acabamento.

Para Martini et al. (1996), a monensina melhorou o ganho de peso, o índice de conversão alimentar e o consumo de matéria seca de cordeiros. Outros trabalhos sobre cordeiros suplementados com monensina demonstraram um aumento na eficiência alimentar e um efeito significativo na taxa de crescimento, embora sem melhorias significativas no desempenho de cordeiros jovens desmamados (Susinet al., 2004). Ítavo et al. (2011) também obtiveram melhor conversão alimentar e eficiência alimentar em cordeiros que receberam monensina sódica. Portanto, pode-se observar que, em ambos

os casos, a monensina promove efeito benéfico sobre o aproveitamento do alimento pelos animais.

Um ensaio experimental avaliando a influência da monensina (45 ppm), utilizando a ração concentrado/volumoso de 80/20 sobre o consumo e a digestibilidade de dietas com diferentes teores de proteína bruta, foi constatado que a inclusão de monensina reduziu os consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais (Oliveira et al., 2007).

O uso da monensina deve ser realizada com algumas ressalvas, devendo-se tomar precauções ao adicioná-la à dieta para os animais, pois a interação com outras substâncias pode potencializar o seu efeito, por retardar a sua eliminação pelo animal (Ganteret al., 1995) e seu efeito diminui com usos a longo prazo, como demonstra o estudo de Li et al. (2018) que, ao estudar os efeitos temporais (por hora, dentro de um dia e diariamente a longo prazo) da monensina em emissões de metano, fermentação ruminal e degradação *in situ* para cabras leiteiras alimentadas com alfafa, observaram que o efeito de diminuição do CH<sub>4</sub> pela monensina dependia do tempo da duração do uso, sendo altamente eficaz em 5 dias, mas depois diminui gradativamente até 55 dias; efeito similar também observado com a proporção de acetato:propionato e cinética de degradação *in situ* que também desapareceram ao longo dos dias de uso da monensina.

Em ruminantes alimentados com dietas ricas em concentrados, a digestibilidade da fibra frequentemente tem sido aumentada pela monensina, e esse aumento pode ser resultado do maior tempo de retenção da fibra no rúmen, o que aumenta a extensão de digestão microbiana da mesma. Em dietas com altas proporções de volumosos, entre 80 e 90%, com a adição de 30 ppm de monensina, ocorre aumento significativo de ganho de peso, na ordem de 14%. O consumo de matéria seca apresenta pequenos aumentos (3%), com isso a melhoria na conversão alimentar é muito expressiva (Graminha et al., 2007).

Com o objetivo de determinar o nível ótimo de monensina fornecida para ovinos de corte, foi observado, em pesquisa, que níveis de 5,5 e 11 ppm aumentaram os ganhos e consideraram o nível de 5,5 ppm ótimo, por também melhorar a eficiência alimentar (Nockeles et al., 1978). Da mesma forma, Soares (2010) não indicou o uso de 78 ppm de monensina, por considerar um nível elevado para cordeiros em confinamento, podendo causar toxicidade.

A principal preocupação com relação ao uso da monensina é quanto à possibilidade que ela possa contribuir para a seleção de bactérias resistentes com potenciais riscos à saúde humana (Millen, 2009), bem como a intoxicação. Em geral, os tecidos-alvos são os músculos esqueléticos e o miocárdio. Os sinais clínicos e as lesões resultantes da ingestão de níveis tóxicos de ionóforos são variáveis e dependem da espécie acometida e do tempo de exposição.

O início dos sinais clínicos na intoxicação por antibióticos ionóforos pode ser agudo ou protraído. Geralmente, altas concentrações de ionóforos causam intoxicação aguda com início dos sinais clínicos em 6-24 horas, entretanto, em menores concentrações, a manifestação clínica pode ocorrer em duas semanas ou mais (Novilla, 1992).

A concentração tóxica de monensina é variável e dependente da espécie animal e tipo de dieta. Efeitos adversos têm sido observados com aproximadamente 3 mg kg<sup>-1</sup> em equinos, 12 mg kg<sup>-1</sup> em ovinos e mais de 20 mg kg<sup>-1</sup> em bovinos (Hall, 2004). Os sinais clínicos dependem da quantidade de substância tóxica consumida e usualmente incluem anorexia, dispnéia, diarreia, tremores, ataxia, fraqueza muscular, desordens locomotoras, taquicardia, mioglobinúria e morte (Novilla, 1992)

Assim, a adaptação ao consumo de monensina e as quantidades fornecidas devem estar de acordo com as recomendações do fabricante. Caso os animais parem de receber a suplementação com monensina por mais de três dias, a adaptação deve ser realizada novamente. Além de se ter melhores resultados com o ganho de peso, também a correta adaptação dos animais diminui os riscos de intoxicação pela monensina (Embrapa, 2016).

As doses a serem utilizadas na dieta de ovinos variam com a idade e tamanho do animal. Os níveis aproximados para a ração é de 5 a 10 ppm, e para o controle de coccidiose em cordeiros/cabritos pode ser utilizado de 11 a 22 ppm na dieta completa. Para ovinos, a DL50 (dose letal capaz de matar 50% dos indivíduos de um lote) de monensina é de 12 mg kg<sup>-1</sup> de peso corporal, enquanto a DL0, dessa mesma droga, é de 4 mg kg<sup>-1</sup> (Silva, 2012; Rodello, 2017).

#### 1.4. Propriedades dos alcaloides de algarobeira (*Prosopis juliflora*) e utilização como aditivo

A algaroba – algarrobo/algarroba em espanhol, mesquite em inglês e taco em quéchua, língua dos nativos dos Andes, e quer dizer “árvore” – é uma leguminosa representada por diversas espécies do gênero *Prosopis*. É uma planta xerófila (plantas adaptadas a ambientes secos ou com pouca água) nativa de regiões áridas que vão do sudoeste americano até a Patagônia, na Argentina. Essa espécie está bastante difundida no nordeste brasileiro, por sua resistência aos períodos de estiagem, que são longos nessa região.

Burnett(2017) fez um trabalho de pesquisa intitulado: *A “saga” político-ecológica da algaroba no semiárido brasileiro*, em que analisou os dois momentos marcantes da algaroba no país: o primeiro, em que ela foi trazido como a “salvação” para o progresso e desenvolvimento econômico da região semiárida, e o segundo momento, em que ela foi taxada de “vilã”, arrebatedora de água, justificando o corte irrestrito da espécie para servir de lenha, por ser exótica e invasora e para conservar as espécies nativas do semiárido, e concluiu que as mesmas instituições técnicas e políticas que outrora divulgaram o discurso da algaroba como “salvadora” para o semiárido, atualmente é propagado um discurso de planta “invasora”. Dessa forma, o conhecimento tecnológico é usado politicamente para apoiar políticas públicas que justificam progresso e desenvolvimento econômico, refletindo interesses de uma classe dominante. Portanto, as questões ambientais e as questões sociais não mais estão separadas em campos diferentes, ao contrário, a ecologia está carregada de política, do social e do econômico, e o meio ambiente criado reflete os valores da sociedade.

Várias espécies de *Prosopis* já foram catalogadas, mas as informações disponíveis mais abrangentes sobre essa planta foram publicadas por Burkart (1976). Uma das espécies descritas por Burkart, a *Prosopis juliflora*, foi usada para reflorestar e recuperar regiões áridas e semiáridas no Brasil, Peru, Sudão, Índia, África do Sul e Cabo Verde. A introdução dessa espécie causou polêmica em alguns desses países. Opositores argumentavam tratar-se de espécie invasora que poderia acarretar problemas para o ecossistema local. Já os defensores mostravam o quanto a algarobeira seria útil para as regiões inóspitas que nada produziam, abrindo alternativas de aproveitamento de

solos pobres, produção de frutos, desenvolvimento da apicultura, alimentação de animais e utilização de suas partes lenhosas (Domingues, 1982).

A algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.) é uma planta arbórea, não oleaginosa e produz grande quantidade de vagens de excelente qualidade, palatabilidade e digestibilidade. A frutificação dessa leguminosa nas regiões tropicais ocorre duas vezes ao ano, geralmente quando se observam menores precipitações de chuva. A vagem inteira moída tem sido utilizada para produção de farinha, caracterizada como fonte de energia e teores de carboidrato e proteína semelhantes ao milho. O seu uso para a fabricação de rações, em substituição ao milho e/ou como componente adicional à dieta de ruminantes, tem sido recomendado por diversos autores (Rebouças, 2007; Oliveira, 2009; Argôlo et al., 2010; Alves et al., 2012; Pereira et al., 2013), buscando redução nos gastos com a alimentação, por seu valor nutricional e a disponibilidade regional, pois, no período de estiagem no semiárido brasileiro, essa é uma das poucas espécies que alguns animais têm como dieta. As suas vagens apresentam vários metabólitos secundários, tais como: taninos, alcaloides e terpenos, que podem ser utilizados na manipulação da fermentação ruminal e, conseqüentemente, melhorando o desempenho dos animais (Alves Junior et al., 2015).

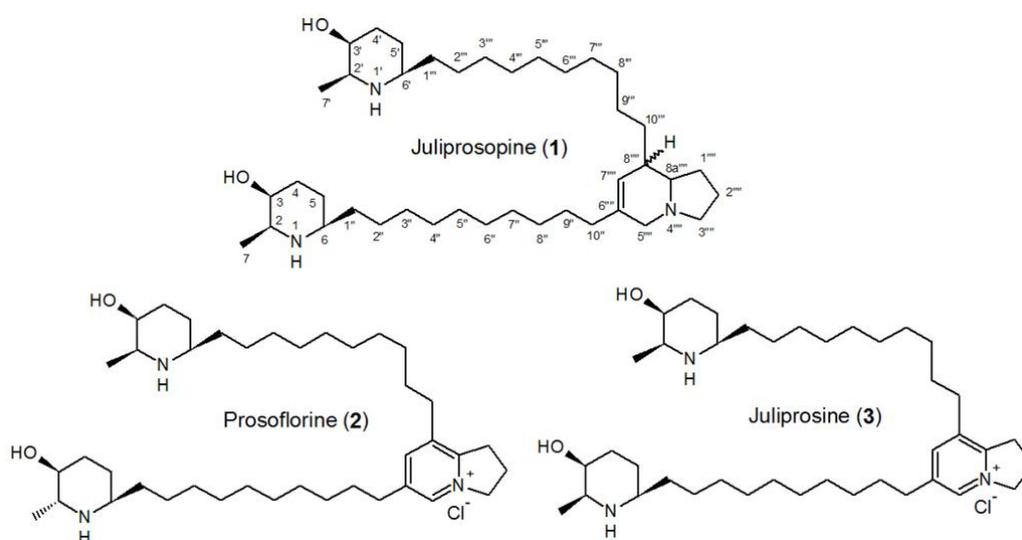
Alcaloides são compostos nitrogenados biologicamente ativos, produto do metabolismo secundário de alguns vegetais, derivados de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina), os quais são derivados do ácido chiquímico, e também de aminoácidos alifáticos (ornitina, lisina). São conhecidos cerca de 12.000 alcaloides e muitos vem sendo utilizados como fármacos, estimulantes, entorpecentes e venenos (Cozieret al., 2006). Alguns alcaloides têm sido testados para conhecer seu impacto sobre a função imunológica, e outros, pelos efeitos imunossupressores.

Os alcaloides são substâncias com caráter básico, devido à presença de um par de elétrons não-compartilhados no átomo de nitrogênio. O grau de basicidade é muito variado, dependendo da estrutura e da presença e localização de outros grupos funcionais. Com esse caráter de base fraca, os alcaloides são convertidos à forma de sal em soluções aquosas de ácidos, e, quando tratados com soluções alcalinas, o nitrogênio libera um íon hidrogênio e, então, restabelece-se a amina livre. Essas propriedades facilitam a sua extração e isolamento, a partir de uma mistura com outros constituintes vegetais (Simões et al., 1999).

Entre todas as características, a *P. juliflora* pode apresentar efeito inibitório contra algumas bactérias gram-positivas, e até mesmo duas espécies de *Candida* sp., apresentando efetividade na manipulação da fermentação ruminal (Santos et al., 2013).

O uso do extrato alcaloídico de vagens de algarobeiras tem sido estudado com o objetivo de aumentar o desempenho dos animais, pela melhora na eficiência energética e modificando os produtos finais da fermentação dos alimentos, por meio da inibição das bactérias gram-positivas.

Segundo Santos et al. (2013), as vagens de *P. juliflora* contêm fatores anti-nutricionais, como toxinas e polifenóis, que limitam sua utilização como alimentação animal. Numerosos componentes químicos nas classes de flavonoides, alcaloides piperidínicos e glicosídios de ácido elágico foram isolados de *P. juliflora*, principalmente de suas raízes, hastes, caules e folhas. O extrato de alcaloides piperidínicos das folhas de *P. juliflora* mostraram atividade antimicrobiana contra várias bactérias gram-positivas e fungos. O estudo realizado permitiu considerar os alcaloides prosoflorina, como o principal constituinte do ECB (extrato clorofórmio básico), apresentando, nesse extrato, sinais característicos dos alcaloides juliprosopina, também conhecidos como juliflorina e juliprosina. Embora a juliprosopina e a juliprosina já tenham sido previamente relatadas como componentes químicos das vagens de *P. juliflora* por outros autores, esse estudo relatou, pela primeira vez, a ocorrência de prosoflorina nas vagens dessa planta, concluindo que esses compostos são os principais alcaloides piperidínicos do ECB (Figura2).



**Figura 2** - Estruturas químicas de juliprosopina ( 1 ), prosoflorina ( 2 ) e juliprosina ( 3 ) encontrados no extrato clorofórmico básico de vagens da *Prosopis juliflora*.

Fonte: Santos et al., 2013.

A atividade antimicrobiana de julifloricina, um alcaloide isolado de *P. juliflora*, foi estudado *in vitro* contra 40 microrganismos que incluíram 31 bactérias, duas espécies de *Candida*, cinco fungos dermatofíticos e dois vírus. A julifloricina exibiu um significativo efeito inibidor contra bactérias gram-positivas. Sua atividade foi comparada à benzilpenicilina, gentamicina e trimetropina. A atividade antibacteriana contra bactérias gram-negativas foi pouco expressiva. A atividade antifúngica foi determinada contra *Candida albicans* e *Candida tropicalis*, ambas espécies sendo sensíveis à julifloricina. A atividade antifúngica contra 5 espécies de dermatófitos foi observada a partir da concentração de  $10\mu\text{gml}^{-1}$ . Nenhuma atividade antiviral foi observada contra o vírus da doença de Newscatle (NDV) e o vírus de Herpes (Aqelet al., 1989). O estudo realizado com as folhas de *P. juliflora* levou ao isolamento e a determinação estrutural do alcaloide juliprosineno, que apresentou atividade antibacteriana significativa contra cinco bactérias *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Shigella sonnei* (Ahmad et al., 1989).

A atividade antimicrobiana de juliflorina, um alcaloide também isolado das folhas de *P. juliflora*, foi avaliada contra 36 bactérias, 23 fungos, 5 cepas de *Entamoeba histolytica* e 2 vírus, comparados com antibióticos comumente usados. Esse alcaloide mostrou atividade antibacteriana significativa, e um efeito notável contra bactérias gram-positivas, exibindo, porém, um efeito insignificante contra bactérias gram-negativas (Ahmad, 1989).

Os alcaloides são aminas e reagem com os ácidos para dar sais solúveis. Os átomos de nitrogênio da maior parte dos alcalóides estão em anéis heterocíclicos. Em alguns casos, esses átomos de nitrogênio podem estar presentes como grupo amônio quaternário (Solomos, 1996). Alcaloides da classe dos piperidínicos são considerados complexos e, no caso dos alcaloides da *P. juliflora*, apresentam configuração semelhante: um anel indolizidínico e duas cadeias alifáticas que culminam com um anel piperidínico (Figura 1a e 1b). Cada anel piperidínico possui o grupo 2-metil-3-hidroxi (Daetwyler et al., 1981).

Os principais alcaloides piperidínicos já caracterizados em diferentes partes da *P. juliflora* são a juliprosina, juliprosinina, juliprosopina (juliflorina), julifloridina, julifloricina, juliflorinina. Ahmad & Mohammad (1979) tentaram elucidar a estrutura da

juliflorina ( $C_{40}H_{75}N_3O_2$ ), encontrando esse composto, também, na *P. glandulosa*. A juliprosopina ( $C_{40}H_{75}N_3O_2$ ) (Ott-Longoniet al., 1980) e a juliprosina ( $C_{40}H_{72}N_3O_2$ ) (Daetwyler et al., 1981) foram isoladas das folhas da *P. juliflora*, obtidas como uma resina incolor e um óleo, respectivamente. Ahmad et al. (1989) concluíram, através de dados espectrométricos, que a juliflorina e a julifloricina são alcaloides isômeros.

Em 1989, Ahmad et al. (1989b) determinaram dois novos alcaloides, denominados juliprosinina ( $C_{40}H_{70}N_3O_2$ ), um sal clorado obtido como uma resina, e juliflorinina ( $C_{40}H_{75}N_3O_2$ ), que possui a mesma configuração da juliflorina (juliprosopina).

Acredita-se que a atividade biológica dos alcaloides piperidínicos correlaciona-se ao posicionamento de determinados grupos químicos funcionais, ligados aos átomos de carbono dos anéis heterocíclicos componentes da estrutura da molécula, além da presença de um anel indolizidínico bem estruturado, unindo as duas cadeias alifáticas do alcalóide e condição do átomo nitrogênio no anel heterocíclico. A presença do anel indol no centro da estrutura é de extrema importância para que a molécula do alcaloide possua um mínimo efeito tóxico.

Pereira et al. (2017) destacaram a necessidade de desenvolver mais estudos com o uso de enzimas, probióticos, prebióticos, ácidos orgânicos e extratos vegetais, haja visto que antibióticos promotores de crescimento trazem transtornos ao ambiente e à saúde humana, pois o uso prolongado desses aditivos na alimentação de animais domésticos está relacionado, também, à baixa efetividade dos antibióticos em humanos, pelos resíduos encontrados no leite e carne.

O extrato alcaloídico de algaroba tem se destacado, por possuir inúmeras características positivas de emprego na nutrição e na manipulação da fermentação ruminal, por meio da inibição das bactérias gram-positivas, podendo substituir a monensina sódica (Santos et al., 2013; Moreira, 2014; Pereira et al., 2017). Segundo Choudhary et al. (2005), o mecanismo de ação dos alcaloides piperidínicos sobre bactérias gram-positivas é devido à sua elevada citotoxicidade gerada pelo bloqueio dos canais de cálcio na membrana da célula, principalmente por causa das características anfotéricas desses alcaloides, os quais lhes permitem interagir, de forma mais eficiente, com a membrana celular, e inibir os canais.

Um alcaloide isolado da *P. juliflora*, denominado julifloricina, exerce atividade antimicrobiana significativa, principalmente, sobre bactérias gram-positivas. Esse efeito

foi comparado à ação da benzil penicilina, gentamicina e trimetropina (Aqelet al., 1989; Nakano et al., 2004).

Segundo Bodas et al. (2012), o modo de ação dos aditivos fitogênicos é semelhante ao dos ionóforos, atuando principalmente sobre bactérias gram-positivas, o que implica efeitos diretos sobre a produção dos ácidos acético e butírico, além de amônia, dióxido de carbono, lactato e metano. Assim, como os ruminantes perdem entre 2-12% da ingestão de energia bruta durante o processo de ruminação, os aditivos alimentares, bem como os ionóforos, são usados para melhorar a conversão alimentar, por inibição da produção de ácido acético e butírico em favor de ácido propiônico, que é mais energeticamente eficiente, e reduz as emissões de CH<sub>4</sub> entérico.

Conforme Santos et al. (2013), o extrato clorofórmico básico (ECB), extraído através do farelo de vagens de algaroba, pode ser utilizado como aditivo para manipular a fermentação ruminal em bovinos em substituição a monensina, por reduzir a produção de gases totais, promover aumento da proporção molar de propionato, sem efeitos negativos sobre o pH, a síntese de biomassa microbiana e a degradabilidade da matéria seca após 24 horas de incubação *in vitro*.

Estudo preliminar, realizado por Batatinha (1997), utilizando um rúmen artificial (RUSITEC - rumen simulation technique), indicou que um extrato alcaloídico das vagens aumentou a quantidade de tiamina, tiaminadifosfato, tiaminamonofosfato, proteínas, ácidos propiônico e n-valérico, após 23 dias de fermentação, enquanto a produção de metano, ácido acético e i-valérico diminuíram na maior concentração desse extrato.

Pode-se inferir que o extrato alcaloídico de algaroba afeta as relações sintróficas no rúmen entre as bactérias celulolíticas e arqueas metanogênicas, resultando em menor atividade dessas últimas, pelo fato de não interferir na degradação da fibra (Moreira, 2014).

Os alcaloides piperidínicos de algaroba, por serem de natureza básica, ionizam-se em soluções aquosas ácidas, condição para aumentar a bioatividade sobre células microbianas. Esse alcaloide básico, quando perde a hidroxila para se tornar um sal, bloqueia a entrada de Ca<sup>+</sup> por se ligar ao seu transportador, a solução salina que interfere os canais de íons.

Assim, estudos têm trazido, como hipóteses, que o extrato alcaloídico (da folha e fruto) da algarobeira funciona como um ionóforo, mas carregado com carga positiva (+)

diferente da monensina que é ácida e carregada negativamente (-), interferindo, assim, nas células gram-positivas, por haver o bloqueio dos canais de  $\text{Ca}^+$  impedindo a entrada desse cátion na célula da bactéria, ação diferente da monensina. Essa ação não acontece com as bactérias gram-negativas, por nessas estar presente uma membrana externa que anula o efeito do alcaloide, onde o retém, sendo essa membrana que detém toda estrutura de transporte de íons para a célula. Com isso, os alcaloides se ligam aos canais de  $\text{Ca}^+$ , repelindo outros cátions.

Tem-se ainda a hipótese de que os alcaloides da algarobeira bloqueiam os canais de  $\text{Ca}^{2+}$  no cérebro, afetando, assim, a liberação de neuro transmissores, pois, em um estudo realizado por Silva et al. (2007), avaliando a atividade biológica do extrato de alcaloides de vagens de *P. juliflora*, verificaram efeito tóxico direto desses, sobre os astrócitos, células gliais, responsáveis pela homeostase e detoxificação no sistema nervoso central, e uma possível conexão com os fenômenos observados por Figueiredo et al. (1995) e Tabosa et al. (2000). Além disso, Choudhary et al. (2005) mostraram que o alcaloide juliflorina é um inibidor não-competitivo da acetilcolinesterase e também apresenta atividade bloqueadora dos canais de  $\text{Ca}^{2+}$ , que poderia envolver espasmos neuromusculares observados em animais intoxicados por *P. juliflora*. Em estudo realizado por Mazzuca et al. (2003), avaliando extrato de três espécies de *Prosopis*, verificaram que todos os extratos obtidos com éter apresentavam atividade antibacteriana, e a atividade antifúngica foi percebida quando a extração foi realizada com metanol e água. No entanto, não existe conhecimento sobre a ação real que esses alcaloides exercem sobre a microbiota ruminal. Mas, por terem ação sobre células eucarióticas, pode-se acreditar que esse aditivo tenha efeito também sobre fungos e protozoários no ambiente ruminal.

O extrato de algaroba, supostamente, tem efeito semelhante à monensina, agindo nas bactérias celulolíticas. O alcaloide liga-se à membrana da célula bacteriana, gerando bloqueio dos canais de cálcio da membrana celular, já que a dupla polaridade conferida pelos anéis indólicos e heterocíclicos promove um efeito desorganizador na membrana celular, alterando o transporte de íons e outras substâncias, resultando em morte celular (Chourdary et al., 2005).

Os resultados de estudos *in vivo* e *in vitro*, com o uso de extrato de alcaloídico de vagem de algaroba e de folha de algaroba, têm demonstrado a sua potencialidade na manipulação da fermentação ruminal, cujo efeito redutor na produção de gases pode

estar fortemente relacionado à mitigação na produção de metano entérico, além de diminuir o gasto de energia, levando a um melhor desempenho animal através da modificação do ambiente ruminal.

Alves Júnior et al. (2015), estudando o efeito do extrato aquoso de vagem de algaroba (solução oral de seis mililitros de aditivo na concentração 0, 200, 400, 600 e 800 mg por ml de água fervente) sobre a produção de proteína microbiana em ovinos fistulados no rúmen, recomendaram a utilização de 500 mg ml<sup>-1</sup> do extrato, haja vista que a proteína microbiana (Pmic) teve diferença significativa (P<0,05). À medida que se aumentou o uso do extrato aquoso, a ação do aditivo influenciou na maior produção de bactérias gram-negativas e, conseqüentemente, havendo uma degradação mais eficiente do alimento contido no rúmen, e um maior aporte de proteína microbiana disponível ao animal.

A ação do aditivo influencia na maior produção de bactérias gram-negativas, de modo que os taninos, saponinas e alcaloides presentes no extrato da algaroba combatem os protozoários, os quais são predadores naturais das bactérias e, com isso, a sua proliferação aumenta, conseqüentemente, há uma degradação mais eficiente do alimento contido no rúmen, e um maior aporte de proteína microbiana disponível ao animal, pois a proliferação das bactérias gram-negativas é muito acelerada e obtém maior produção quando comparada às restantes. Devido à atuação dos compostos secundários na inibição das bactérias metanogênicas, a concorrência pela utilização do H<sup>+</sup> livre no rúmen aumentou para as bactérias gram-negativas (Alves Junior, 2015).

Santos (2017), estudando dietas com monensina e extrato alcaloídico de algaroba (EAA) (2,3, 4,6 e 9,2 mgkg<sup>-1</sup> de MS da dieta) para cordeiros, observou que a dieta com EAA 2,3 mgkg<sup>-1</sup> apresentou menor digestibilidade dos componentes nutricionais, e o nível de 9,2 mgkg<sup>-1</sup> foi semelhante, comparado à monensina (2,1 mgkg<sup>-1</sup>).

O extrato alcaloídico foliar adicionado a dietas de cordeiros confinados Santa Inês x Dorper em 0,104% na MS (1040 mg kg<sup>-1</sup> de MS), reduziu o consumo de compostos nitrogenados da dieta, aumentando a eficiência síntese de proteína microbiana, demonstrando o efeito do extrato como modificador da atividade microbiana no rúmen, superando a monensina (2,4 mg kg<sup>-1</sup>) (Santos, 2016).

Estudos com o emprego de alcaloides de *Prosopis juliflora* e a monensina mostraram que esses aditivos atuam como modificadores da fermentação ruminal e

promovem maior síntese e eficiência microbianas (Santos, et al., 2013; Pereira et al., 2016, Santos, 2017). As características antimicrobiana, antifúngica e antibacteriana dos extratos de várias partes da planta de *Prosopis juliflora* estão bem estabelecidas, mas há preocupações quanto aos seus efeitos e níveis tóxicos (Figueiredo et al., 1995; Tabosa et al., 2000; Hunghe et al., 2005; Silva et al., 2007; Batatinha et al., 2011).

Os alcaloides extraídos da *Prosopis juliflora* induzem a ativação glial, citotoxicidade e estimula a produção de óxido nítrico, causando danos neurais em animais intoxicados, segundo relatado por Silva et al. (2007). Esses autores afirmaram que a dosagem de 30 mgml<sup>-1</sup> de extrato de alcaloides apresentou maior citotoxicidade, medida em função do acúmulo de nitrito, que apresentou valor médio de 15.08 ± 1.41 µM. Os mesmos efeitos foram descritos por Figueiredo et al. (1995) e Tabosa et al. (2000), que relataram alterações neuromusculares, incluindo atrofia muscular do masseter, gliose, lesões dos neurônios do núcleo do nervo trigêmeo, também conhecida como doença “cara-torta”.

Intoxicação com a *P. juliflora* vem sendo descrita nos EUA, Peru e no Brasil desde 1981, principalmente em animais criados em sistemas extensivos, que têm a algaroba como principal componente da dieta no período da seca. Essa doença é caracterizada por alterações como edema, atrofia muscular do masseter e no SNC, alterações espongiiformes e gliose, e, tem sido sugerido que os sinais clínicos oriundos da ingestão de frutos da *P. juliflora* em espécies susceptíveis são causados por uma seletiva toxicidade de neurônios dos núcleos dos nervos craniais, estudos prévios demonstram que alcaloides dos frutos da *P. juliflora* desencadearam efeitos citotóxicos em células gliais com redução da atividade mitocondrial em concentração de 30µg ml<sup>-1</sup>, durante 24horas de exposição das células.

Estudos realizados por Silva et al. (2007) demonstraram que alcaloides extraídos de folhas e frutos da *P. juliflora* agem diretamente em células gliais em cultivo, induzindo ativação e citotoxicidade, acompanhados do aumento da produção de óxido nítrico. As células gliais, que compõem a população de células mais abundante do SNC, desempenham uma importante função no controle da ação de neurotoxinas endógenas e exógenas, através da capacidade de reagir a insultos celulares, por um fenômeno denominado gliose reativa (Mead & Pentreath, 1998). Tabosa et al. (2000) sugeriram que o efeito tóxico das vagens da algaroba possa estar relacionado aos alcaloides piperidínicos.

Esses resultados indicam que alcaloides da *P. juliflora* agem diretamente em células gliais, induzindo a sua ativação e citotoxicidade. As células da glia, em especial os astrócitos, são responsáveis pela defesa imunológica, detoxificação e manutenção da homeostasia, que, para tanto, são capazes de reagir a insultos químicos e a estímulos gerados por danos neuronais (Gao et al., 2002).

A avaliação histológica realizada por Tabosa et al. (2000), do sistema nervoso de bovinos intoxicados experimentalmente com *P. juliflora*, revelou vacuolização e perda de neurônios do núcleo de nervos craniais, degeneração walleriana nos nervos craniais, atrofia por degeneração do nervo do músculo masseter e músculos da mastigação.

O epitélio ruminal é pavimentoso, possuindo uma camada queratinizada de proteção de moléculas muito grandes. Não existe estudo sobre a rota de degradação dos alcaloides piperidínicos, mas existem hipóteses que: i) os alcaloides na forma de base lipofílica podem atingir o abomaso, e reagir com o HCl formando sais que poderão elevar seu efeito tóxico ao tecido animal; ii) os alcaloides na forma de sais se fixam na membrana da célula bacteriana, formando complexo estável com canais iônicos e não serão liberados quando atingirem o abomaso e intestino; iii) ainda pelas rotas para e transcelulares, os respectivos alcaloides ionizados (sais) ou não (bases), podem atravessar a parede intestinal e, ao atingirem o fígado, serão retidos ou liberados para a circulação sistêmica, podendo desencadear seus efeitos tóxicos sistêmicos ao animal, demonstrando, assim, a necessidade de mais estudos sobre esse aditivo.

### 1.5 Referências Bibliográficas

AGTARAP, A.; CHAMBERLIN, J.W.; PINKERTON, M.; STEINRAUF, L. The structure of monensic acid, a new biologically active compound. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 89, p. 5737-5739, 1967.

AHMAD, A.; KHURSHEED, A.K.; SABIHA, Q. VIQARUDDIN, A. Antifungal activity of some hydrosoluble *Prosopis juliflora* alkaloids, **Fitoterapia** 60: 86-89, 1989.

AHMAD, V.U.; SULTANA, A.; QAZI, S. Alkaloids from the leaves of *Prosopis juliflora*. **Journal Natural Product**.52 (3), 497-501, 1989b.

ALVES, E.M.; PEDREIRA, M.S.; PEREIRA, M.L.A.; ALMEIDA, P.J.P; NETO, J.G.; FREIRE, L.D.R. Farelo da vagem de algaroba associado a níveis de ureia na alimentação de ovinos: balanço de nitrogênio, N-ureico no plasma e parâmetros ruminais. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.34, n.3, p. 287-295, 2012.

ALVES JÚNIOR, R. T.et al. **Utilização em diferentes níveis do extrato da vagem da algarobeira como aditivo fitogênico para ovinos**. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Garanhuns, 2015.

ARCURI, P.B.; LOPES, F.C.F.; CARNEIRO, J.C. Microbiologia do rúmen. In: Berchielli, T. T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. **Nutrição de Ruminantes**, Jaboticabal: Funep, p. 111-116, 2006.

ARGÔLO, L.S.; PEREIRA, M.L.A.; DIAS, J.C.T.; CRUZ, J.F.; DEL REI, A.J.; OLIVEIRA, C.A.S. Farelo da vagem de algaroba em dietas para cabras lactantes: parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p.541-548, 2010.

AQEEL, A.; KHURSHEED, A.K.; VIQARUDDIN, A.; SABIHA, Q. Antimicrobial activity of julifloricine isolated from *Prosopis juliflora*. **Drug Research**, v.39, p.652-655, 1989.

ARAÚJO, J.S.; PEREZ, J.R.O.; PAIVA, P.C. Efeito da monensina sódica no consumo de alimentos e pH ruminal em ovinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 1, p. 39-43, 2006.

BARBOSA, N.G.S.; LANA, R.P.; MÂNCIO, A.B. Fermentação da proteína de seis alimentos por microrganismos ruminais, incubados puros ou com monensina ou Rumensin®. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1316-1324, 2001.

BATATINHA, M.J.M.; ALMEIDA, G.N.; DOMINGUES, L.F.; SIMAS, M.M.S.; BOTURA, M.B.; CRUZ, A.C.F.G.; ALMEIDA, M. A. O. de. Efeitos dos extratos aquoso e metanólico de algaroba sobre culturas de larvas de nematódeos gastrintestinais de caprinos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.12, n.3, p. 514-519, jul./set. 2011.

BATATINHA, M. J. M. Investigations about toxic influences of *Prosopis juliflora* D.C: (Algarobeira) on cell cultures as well as on the fermentation in the rumen of cattle (in

vitro). **Thesis, University of Veterinary Medicine, Foundation Hannover, Germany, 189 p. 1997.**

BERGEN, W.G.; BATES, D.B. Ionophores: Their Effect on Production Efficiency and Mode of Action1, 2. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1465-1483, 1984.

BODAS, R. et al. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. **Animal Feed Science and Technology**.n.176, p. 78-93, 2012.

BOUCQUÉ, C.V.; FIEMS, L.O.; COTTYN, B.G.; CASTEELS, M.; BUYSSE, F.X. Monensin sodium as a performance-promoting additive for fattening bulls and impact on carcass and meat quality characteristics. **Animal Feed Science and Technology**. p. 401-410, 1982.

BRASIL, Instrução Normativa no10 de 27 de abril de 2001. Dispõe sobre a proibição de importação, produção, comercialização e uso de substâncias naturais ou artificiais, com atividade anabolizante, ou mesmo outras dotadas dessa atividade, mas desprovidas de caráter hormonal, para fins de crescimento e ganho de peso em bovino de abate e revoga a Portaria nº. 51, de 24 de maio de 1991. **Diário Oficial da União**. Brasília, 30 de abril de 2001.

BRUMANO, G.; GATTAS, G. Alternativas ao uso de Antibióticos como promotores de crescimento em rações de aves e de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n.2, p. 856-875, 2009.

BURKART, A.A monography of the genus Prosopis (Leguminosae subfam.Mimosoidae).

[www.organicgardening.org.UK/international\\_programme/ip\\_agroforestry\\_prosopis.php](http://www.organicgardening.org.UK/international_programme/ip_agroforestry_prosopis.php)

BURNETT, Annahid. "A "saga" político-ecológica da algaroba no semiárido brasileiro." **Revista de Estudos Sociais**. 19.38 148-175, 2017.

CAJA, G. et al. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en ruminantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos (I). **Production Animal**, 193, 2, 2003.

CHOUDHARY, M. I.; NAWAY, S. A.; ZAHEER-UL-IIAQ, A.;AZIM, M.K.; GHAYR, M. N.; LODHY, M. A.; JALIL, S.; KHALID, A.; AHMED, A.; RODE, B. M. Juliflorine: a potent natural peripheral anionic-site-binding inhibitor of acetylcholinesterase with calcium-channel blocking potential, a leading candidate for Alzheimer's disease therapy. **Biochemical and Biophysical Research Communication**.v.332, n.4, p.1171-1179. 2005.

CIESLAK, A.; ZMORA, P.; PERS-KAMCZYC, E.; SZUMACHER-STRABEL, M. Effects of tannins source (*Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo.**Animal Feed Science and Technology**.Amsterdam, v. 176, p. 102-106, 2012.

COBELLIS, G.; TRABALZA-MARINUCCIA, M.; MARCOTULLIOC, M. C.; YUB, Z. Evaluation of different essential oils in modulating methane and ammonia

production, rumen fermentation, and rumen bacteria in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, v. 215, p. 25-36, 2016.

COZIER, A.; CLIFFORD, M.N.; ASHIHARA, H. Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. **Blackwell Publishing**, Oxford, p. 372, 2006.

DAETWYLER, P.; OTT-LONGONI, R.; SCHÖPP, E. AND HESSE, M. Juliprosine, a further alkaloid from *Prosopis juliflora* A. DC, **Helvetica Chimica Acta**.64: 1959-63, 1981.

Doc. Eletrônico (internet). Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Acidose Lática. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc65/acidose.html> acessado em: 24/07/2016.

DOMINGUES, O. **Origem e introdução da algaroba no Nordeste**. Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais. Recife, PE, 1982.

DUFFIELD, T.F., MERRIL, J.K., BAGG, R.N. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science**, v. 90 p. 4583-4592, 2012.

EMBRAPA, **Utilização de Ionóforos para Bovinos de Corte**. Documentos 101, jul., 2006.

FERREIRA, E.M. et al. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls 1. **Journal of animal science**, v. 89, n. 12, p. 4127-4133, 2011.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; GILAVERTÉ, S.; PARENTE, M.O.M.; BIEHL, M.V.; RIBEIRO, C.V.M. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean of partially replaced by fish oil blend. **Livestock Science**, v.163, p.51-61, 2014.

FERREIRA, A.F.; & PRADO, T.A. Utilização de monensina sódica para bovinos de corte a pasto. **INVESTIGAÇÃO**, v. 15, n. 7, 2016.

FIGUEIREDO L.J.C.; FERREIRA M.M.; TÁVORA J.P.F.; DANTAS J. e SIMÕES S.D. Estudo clínico e anatomopatológico da doença “cara torta” em bovinos no nordeste brasileiro. **Arq. Med. Vet.** UFBA 18:175-183, 1995.

GANTERM.;KIECKHÖFER H.M.;& KUCKA A. Intoxicação aguda por salinomicina/tiamulin em suínos. **Hora Vet.**, Porto Alegre, 15(85):12-16, 1995.

GAO, X.; LI, M.; GAO, Z.; LI, C. & SUN, Z. Allelopathic effects of *Hemistepta lyrata* on the germination and growth of wheat, sorghum, cucumber, rape, and radish seeds. **Weed Biology and Management** 9: 243–249. 2002.

GASTALDELLO JÚNIOR, A.L.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E. M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.556-562, 2010.

GERACI, J.I., GARCIARENA, A.D., GAGLIOSTRO, G.A., BEAUCHEMIN K.A., & COLOMBATTO, D. Plant extracts containing cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin added to feedlot cattle diets: Ruminal environment, short term intake pattern and animal performance. **Animal feed science and technology**, 176 (1), 123 - 130, 2012.

GOES, R.H.T.B. Aditivos de alimento para bovinos suplementados a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, n. 43, p. 34- 45, 2004.

GOMES, R.C.; ANTUNES, M.T.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; ÍTAVO, L.C.V.; LEME, P.R. Leveduras vivas e monensina em dietas de alto concentrado para bovinos: parâmetros ruminais e degradabilidade "in situ". *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, p.202-216, 2010.

GRAMINHA, C.V.; MOREIRA, A.L.; FAIÃO, M.C.; BALSALOBRE, M.A. **Aditivos na produção de bovinos confinados**. Ribeirão Preto, SP: APB, 2007. Disponível em: <[http://www.grupoapb.com.br/pdf/ovinos\\_conf-nados.pdf](http://www.grupoapb.com.br/pdf/ovinos_conf-nados.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2012.

Hall J.H. Ionophores, p.120-127. In: Plumlee E.B. (ed.), **Clinical Veterinary Toxicology**. Mosby, St. Louis, Missouri, 2004.

HINO, T.; RUSSELL, J. B. Relative contributions of ruminal bacteria and protozoa to the degradation of protein in vitro. **Journal of Animal Science**, v.64, p.261-270, 1986.

HEGAZY, M.A.; ELIAS, A.N. Influence of dietary monensin and lasalocid on age and weight of Barki ram- and ewe-lambs at puberty. **Assiut Veterinary Medical Journal**, v.37, n.74, p.1-15, 1997.

HUGHES, J.B.; SOUSA, J.S. ; BARRETO, R.A.; SILVA, A.R.; SOUZA, C.S.; SILVA, V.D.A.; SILVA, B.M.P.;FREITAS, S.R.V.B.; COSTA, M.F. D.; EL-BACHÁ, R.S.; BATATINHA, M.J.M.; TARDY, M; VELOZO, E.S.;COSTA, S.L. Cytotoxic effects of an extract containing alkaloids obtained from *Prosopis juliflora* Sw. D.C. (Algaroba) pods on glioblastoma cells. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**.6 (1), 31-41, 2005.

ÍTAVO, C., COSTA, M.C., ÍTAVO, L., FRANCO, G., DA SILVA, J., REIS, F. Addition of propolis or monensin n the diet: behavior and productivity of lambs in feedlot. *Animal Feed Science Technology*, 161–166, 2011.

JOUE - **JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPÉIA**. Regulamento (CE) n° 1831/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia de 22 de setembro de 2003. Relativo aos aditivos destinados à alimentação animal.

KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, v.89, n.1, p.124-134, 2005.

KOBAYASHI, Y. Abatement of methane production from ruminants: Trends in the manipulation of rumen fermentation. **Asian-Australasian J. Anim. Sci.** 2010.

LI, Z. J.; REN, H.; LIU, S. M.; CAI, C. J.; HAN, J.T.; LI, F. & YAO, J.H. Dynamics of methanogenesis, ruminal fermentation, and alfalfa degradation during adaptation to monensin supplementation in goats. **Journal of dairy science**, 101 (2), 1048-1059, 2018.

LODI, F. **Monensina sódica e óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon flexuosus*) em dietas para cordeiros**. 2017. 65p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Área de Concentração: Produção Animal), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MATURANA FILHO, M., OLIVEIRA, M.G., M., Del Claro, G.R., OLIVEIRA, H. P.Q., Netto, A.S., Correa, L.B., PORCIONATO, M.A.F., Zanetti, M.A. Parâmetros sanguíneos e desempenho de bovinos de corte em confinamento, submetidos a diferentes fontes de ionóforos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 11(3), (2010).

MARTINI, M., VERITA, P., CECCHI, F., CIANCI, D., 1996. Monensin sodium use in lambs from the second week of life to slaughter at 105 days. **Small Ruminant Research**, p.1-8, 1996.

MAZZUCA, M.; KRAUS, W.; BALZARETTI, V. Evaluation of the biological activities of crude extracts from Patagonian prosopis seeds and some of their active principles. **Journal Herb Pharmacother**.v.3, n.2, p.31-37. 2003.

MEAD, C.; PENTREATH, V. W. Hypertrophy and increased glial fibrillary acidic protein are coupled to increased protection against cytotoxicity in glioma cell lines. **Toxicology in vitro**, v. 12, n. 2, p. 141-152, 1998.

MILLEN, D. D. **Desempenho, avaliação ruminale perfil metabólico sanguíneo de bovinos jovens confinados suplementados com monensina sódica ou anticorpos policlonais**. 2008. 131f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia e Medicina Veterinária) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA N°12. 2004. On-line. Disponível em: [www.sindiracoes.org.br](http://www.sindiracoes.org.br). Acesso em: 13 de outubro de 2016.

MOREIRA, J. V. **Efeitos de extratos alcoólicos de vagem de algaroba sobre os produtos de fermentação ruminal *in vitro***. 2014. 64p . Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, BA, 2014.

MOBIGLIA, A.M. **Uso de aditivos e adaptação para dietas com alta inclusão de grão de milho inteiro de bovinos confinados**. 2017, 72f. Tese de Doutorado (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Cidade de Goiás.

NAKANO, H.; NAKAJIMA, E.; FUJII, Y.; SHIGEMORI, H.; HASEGAWA, K. Growth inhibitory alkaloids from mesquite (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) leaves. **Phytochemistry**, 65 (5), 587–591, 2004.

NOCKELS, C. F.; JACKSON, D. W.; BERRY, B. W. Optimum level of monensin for fattening lambs. **Journal of Animal Science**, Vol. 47, No. 4. 1978.

NOVILLA, M. N. 1992. The veterinary importance of the toxic syndrome induced by ionophores. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, 34(1):66-70, 1992.

OLIVEIRA, C. A. S. **Farelo da Vagem de Algaroba em Substituição ao Milho Grão Moído em Dietas para Cabras em Lactação**. 2009. 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga.

OLIVEIRA, M.V. M; LANA, R.P.; EIFERT, E.C.; LUZ, D.F.; PEREIRA, J.C.; PÉREZ, J. R. O.; VARGAS JUNIOR, F. M. de. Influência da monensina sódica no consumo e na digestibilidade de dietas com diferentes teores de proteína para ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.643-651, 2007.

OLIVEIRA, J.S.; ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária REDVET**, v.6, n.11, 2005. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111105.html>. Acesso em Ago. 2012.

ORTOLANI, E.L., MINERVINO, A.H.H., ARAÚJO, C.A.S.C., Lima, A.S., Oliveira, F.L.C., Mori, C.S., BARRÊTO-JÚNIOR, R.A. Influência da suplementação com monensina sódica no desempenho produtivo de garrotes mantidos em semi-confinamento. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, 11(2), 122-126, 2017.

PATRA, A.K.; SAXENA, J. The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. **Nutrition Research Reviews**. v. 22, p. 204-219, 2009.

PATRA, A. K. et al. Rumen methanogens and mitigation of methane emission by anti-methanogenic compounds and substances. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 13, 2017.

PEREIRA, T.C.J.; PEREIRA, M.L.A.; MOREIRA, J.V.; AZEVÊDO, J.A.G. ; BATISTA, R.; DE PAULA, V.F.; OLIVEIRA, B.S.; SANTOS, E.J. Effects of alkaloid extracts of mesquite pod on the products of in vitro rumen fermentation. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 24, p. 4301-4311, 2017.

PEREIRA, T.C.J.; PEREIRA, M.L. A.; OLIVEIRA, C.A.S.; ARGOLO, L.S.; SILVA, H.G.O.; PEDREIRA, M.S.; ALMEIDA, P.J.P.; SANTOS, A.B. Mesquite pod meal in diets for lactating goats. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.2, p.102-108, 2013.

PERRY, S.V., COLE, H.A., FREARSON, N., MOIR, A.J.G., MORGAN, M.; PIRES, E. Molecular Basis of Motility. **Springer-Verlag, Berlin and New York**, p. 107-121, 1976.

RANGEL, A.H.N. et al. Utilização de ionóforos na produção de ruminantes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.174-182, 2008.

REBOUÇAS, G.M.N. **Farelo de vagem de algaroba na alimentação de ovinos santa Inês**. Itapetinga- Ba: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 2007, 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2007.

REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; GATTO, E. Semiconfinamento para produção intensiva de bovinos de corte. **In: Simpósio Matogrossense de Bovinocultura de Corte**, Cuiabá, p.195-224, ago., 2011.

RODELLO, L. **Intoxicação por monensina em pequenos ruminantes**. Site Milkpoint, 2012. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/intoxicacao-por-monensina-em-pequenos-ruminantes-80768n.aspx>>. Acesso em: 10 de maio de 2017.

RUSSELL, J.B. A proposed model of monensin action in inhibiting ruminal bacteria growth: effects on ion flux and proton motive force. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1519-1525, 1987.

RUSSELL, J.B.; MARTIN, S.A. Effects of various methane inhibitors on the fermentation of amino acids by mixed rumen micorganisms *in vitro*. **Journal of Animal Science**, v.59, p.1329-1338, 1984.

RUSSELL, J.B. Bactéria. "Mechanisms of ionophore action in ruminal bacteria". **Symposium Sponsored** by: Elanco Animal Health. Scientific Update " On rumensin / Tylan/ Micotil for the professional feedlot consultant", Amarillo- TX, august, p.E1-E19, 1996.

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. Effects of ionophores on ruminal fermentation. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 55, p. 01-06, 1989.

SALINAS-CHAVIRA, J.; LARA-JUAREZ, A.; GIL-GONZÁLEZ, A.; JIMENEZ-CASTRO, J.; GARCIACASTILLO R.; RAMÍREZ-BRIBIESCA, E. Effect of breed type and ionophore supplementation on growth and carcass characteristic in feedlot hair lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.633-637, 2010.

SALMAN, A. K. D.; PAZIANI, S. de F.; SOARES, J. P. G. Utilização de ionóforos para bovinos de corte. **Embrapa Rondônia-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteína In: BERCHIELLI, T.T.; PERES, A.V.; OLIVEIRA, S.G(Ed). **Nutrição de Ruminantes**, Jaboticabal: FUNEP .p.255-284, 2006.

SANTOS, E. T.; PEREIRA, M. L. A.; SILVA, C. F. P. G.; SOUZA-NETA, L. C.; GERIS, R.; MARTINS, D.; SANTANA, A. E. G.; BARBOSA, L. C. A.; SILVA, H. G. O.; FREITAS, G. C.; FIGUEIREDO, M. P.; OLIVEIRA, F. F. de; BATISTA, R. Antibacterial activity of the alkaloid-enriched extract from *Prosopis juliflora* pods and its influence on in vitro ruminal digestion, **International Journal of Molecular Science**, 14, 8496-8516, 2013.

SANTOS, E. de J. dos. **Extrato alcalóidico foliar e farelo de algaroba como aditivos em dietas para cordeiros**. 2016, 95 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga/BA.

SANTOS, J. R. A. **Extrato alcalóidico da farinha de vagens integrais de algarobeiras em dietas para cordeiros confinados**.2017, 77 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga/BA.

SILVA, Pedro Henrique Abreu et al. Importância do uso de aditivos na nutrição de bovinos de corte. **Anais da Semana do Curso de Zootecnia-SEZUS**, v.11, n.1, 2017.

SILVA, L. F. **Uso da monensina em ovinos: revisão de literatura e descrição de um surto de intoxicação no Distrito Federal**. Monografia (graduação) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, p.58 , 2012.

SIMÕES, C. M. de O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P. de; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. FARMACOGNOSIA: da planta ao medicamento. **EDITORA DA UFSC**, ed. 1ª, 821p, 1999.

SINGH, S. SWAPNIL, S. K.V. Antibacterial properties of Alkaloid rich fractions obtained from various parts of *Prosopis juliflora*. **International Journal of Pharma Sciences and Research**.v.2, n.3, p.114-120, 2011.

SOARES, S.B.; **Fontes de lipídeos associados com ionóforo para cordeiros em confinamento**. 2010. 68p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina – MG, 2010.

SOLOMOS, T.W.G. **Alcalóides**. In: Livros Técnicos e Científicos editora. Química Orgânica, São Paulo, p.305-311, 1996.

SUSIN, I., MENDES, C.Q., PIRES, A.V., PACKER, I.U. Monensin or decoquinatate in high concentrate diets fed to Santa Ines lambs. **Journal Dairy Science**, p.40, 2004.

TABOSA, I. M.; QUINTANS-JÚNIOR, L.J.; PAMPLONA, F.V.; ALMEIDA, R.N.; CUNHA, E.V.L. DA; SILVA, M.S. DA; SOUZA, J.C. DE A.; BARBOSA FILHO,

J.M. Isolamento biomonitorado de alcalóides tóxicos de *Prosopis juliflora* (algaroba).  
**Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.9/10, p.11-22, 2000.

## **II – OBJETIVOS**

### **2.1 – Objetivo geral**

Avaliar os efeitos de níveis de alcaloides piperidínicos de farelo de vagens integrais moídas de algarobeiras, como aditivo em alternativa à monensina sódica em dietas para caprinos Anglo Nubiano x SRD

### **2.2. Objetivos específicos**

2.2.1 Avaliar o consumo, a digestibilidade de nutrientes e o desempenho produtivo, proporcionados por dietas com extrato alcaloídico de algaroba, fornecidas a caprinos em confinamento;

2.2.2 Avaliar a síntese de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio proporcionado por dietas com extrato alcaloídico de algaroba, fornecidas a caprinos em confinamento.

### III. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Matéria-prima vegetal

As vagens maduras de *Prosopis juliflora* foram obtidas no município de Brumado/BA, colhidas manualmente após caírem no chão e ensacadas, no período de junho a julho de 2014. Foram selecionadas apenas vagens sem alterações no pericarpo. Devido à presença de umidade no material, as vagens foram espalhadas em uma lona e secas, expostas ao sol à temperatura ambiente, durante três dias, com temperatura média em torno de 30°C para evitar perdas das propriedades dos alcaloides. Ao final das tardes, todo o material era coberto para evitar a umidade do ar durante a noite.

Posteriormente à secagem, no Laboratório de Forragicultura, as vagens foram processadas em moinho tipo Willey com utilização de peneira com malha de 2 mm para obtenção da farinha das vagens integrais. O material obtido foi embalado em sacos de polietileno e acondicionado em freezer.

#### 3.2. Obtenção de extrato alcaloídico de algarobeira por percolação e partição

Após a moagem, a farinha integral de vagens (algaroba) foi destinada à produção de extrato alcaloídico, sendo acondicionada em recipiente cilíndrico de politereftalato de etileno suspenso ao suporte universal. Em seguida, adicionou-se, aos poucos, etanol 99,9% sobre a farinha integral, e o extrato etanólico, obtido por percolação, foi recolhido em Erlenmeyer de 2000 ml (Figura 3).

Após o processo de percolação, a solução extraída foi concentrada a vácuo, a uma temperatura controlada em torno de 45°C, em evaporador rotatório (Figura 4), obtendo-se, assim, o extrato etanólico bruto (EEB) (Santos et al., 2013). O aspecto desse extrato era viscoso e de coloração castanho-escuro.



**Figura 3** – Extrato Etanólico



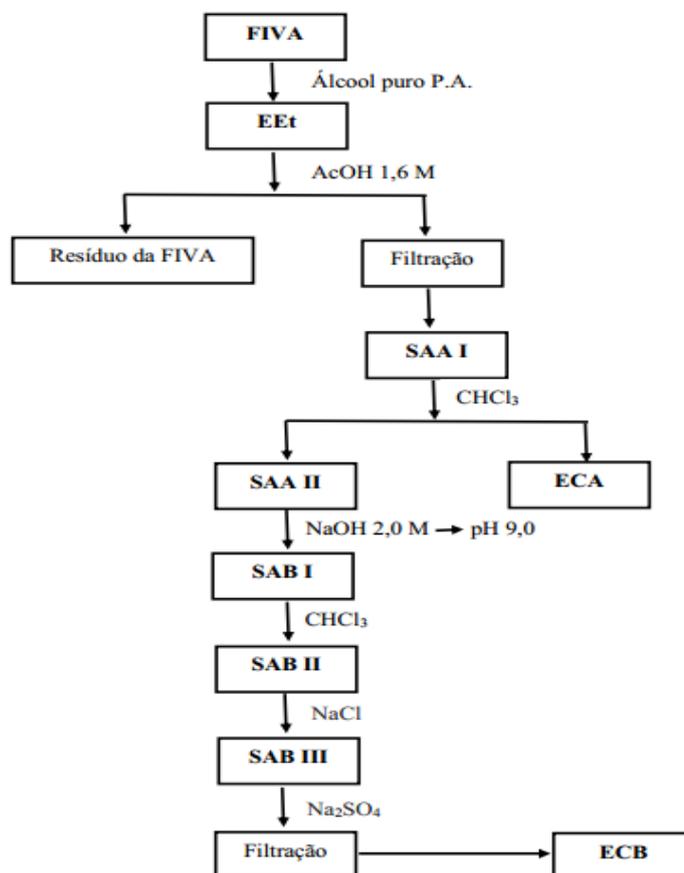
**Figura 4** – Extrato Etanólico Bruto

O EEB foi submetido à partição, com a utilização de soluções ácido-básicas e solventes orgânicos, de modo a obter extratos enriquecidos com alcaloides, de acordo com a metodologia de Ott-Longoni et al. (1980), para isolar alcaloides piperidínicos de farinha integral de algaroba (Santos et al., 2013; INPI, 2014).

Parte do EEB (200 g) foi solubilizado em solução aquosa de ácido acético 1,6 M (AcOH, 200 ml), e a solução resultante foi filtrada para se obter a solução aquosa ácida I (SAA-I). A SAA-I foi extraída com  $\text{CHCl}_3$ , com uma dupla lavagem de 150 ml, obtendo-se a solução aquosa ácida II (SAA II).

A SAA II foi alcalinizada com NaOH até o pH 9,0, passando a ser chamada de solução aquosa básica I (SAB I). A SAB I passou por tripla lavagem, com 100 ml de  $\text{CHCl}_3$ . Assim, obteve-se a solução aquosa básica II (SAB II), a qual foi submetida à dupla lavagem com solução de NaCl, resultando na solução aquosa básica III (SAB III) que, posteriormente, foi desidratada com 5 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , homogeneizou-se e foi deixada em repouso por 2 horas; em seguida, após filtração, a solução foi transferida para um balão de fundo redondo e, no evaporador rotativo a  $38^\circ\text{C}$ , o clorofórmio foi evaporado.

O extrato clorofórmico básico seco (ECB) foi transferido para um recipiente de vidro limpo e tarado; após a evaporação completa do clorofórmio, pesou-se até obtenção de peso constante de 0,4 g (Figura 5).



**Figura 5.** Partição ácido-base para isolamento e partição dos alcaloides da farinha de vagens integrais de algarobeiras (*Prosopis juliflora*).  
Fonte: Santos et al., 2013

A quantidade de ECB a ser adicionada em cada dieta experimental foi pesada em balança analítica e separadamente em Erlenmeyer de 25 ml, e, em cada frasco, o extrato foi solubilizado com 50 ml de clorofórmio e transferido, sequencialmente, em cinco etapas de 10 ml para um funil de decantação. Em seguida, procedeu-se à dupla lavagem com 50 ml de HCl 10% e a fração aquosa ácida foi obtida, constituindo-se os alcaloides piperidínicos de algaroba (sais de cloreto), que foram adicionados às dietas experimentais.

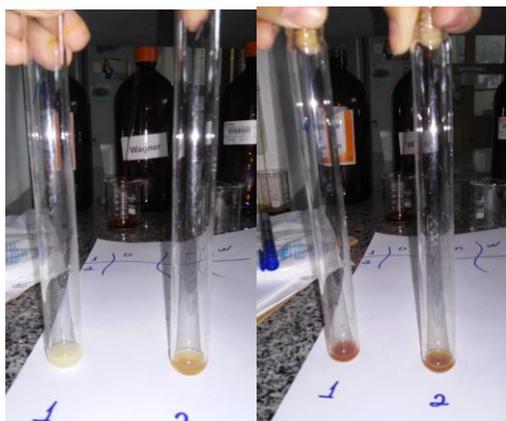
Para a quantificação do rendimento de obtenção do ECB a partir da matéria-prima, foi considerada a quantidade de 10 kg de farinha integral de algaroba, que foi percolada com 16 L de etanol (P.A.). A solução etanólica obtida foi evaporada,

produzindo 325 g de EEB. A partir dessa quantidade de EEB, foi realizada a extração de alcaloides por partição, que, após evaporação do clorofórmio, foram obtidos 18,42 g do ECB seco, cujo rendimento de extração foi equivalente a 0,2%.

### 3.3. Cromatografia em camada delgada do extrato clorofórmico básico (ECB)

A determinação e confirmação da presença de alcaloides no extrato clorofórmico básico (ECB) proveniente de farinha integral de algaroba foi realizada, conforme metodologia de cromatografia em camada delgada (CCD), com uso de cromato placas, nas quais foi diluída uma gota de ECB em duas gotas de metanol e, com auxílio de um capilar, gotejou-se levemente na placa de sílica e, em seguida, a placa foi imersa em um Becker com solução de 9ml de clorofórmio e 1 ml de metanol. Após o tempo de reação e secagem da placa, o reagente de Dragendorff (substância reveladora de alcaloides) foi adicionado por aspersão.

A presença de alcaloides no ECB foi revelada devido ao aparecimento de pontos corados de alaranjado (Dragendorff positivo), confirmando a presença de alcaloides piperidínicos no extrato (Figura 6). A revelação de alcaloides também foi realizada com o uso de tubos de ensaio, contendo os reativos de Dragendorff, Mayer e Wagner, de acordo com metodologia proposta por Bessa et al. (2007). Os alcaloides foram identificados, mas não quantificados.



**Figura 6.** Tubos de ensaio com reveladores de alcaloides: Dragendorff (cor laranja), Mayer (cor bege) e Wagner (cor marrom).

### **3.4. Local, dietas experimentais e medidas de consumo, digestibilidade e desempenho produtivo**

O experimento foi conduzido no setor de Ovinocultura do campus Juvino Oliveira da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, na cidade de Itapetinga, BA. Localizada a 15° 09' 07" de latitude sul, 40° 15' 32" de longitude oeste, precipitação média anual de 800 mm, temperatura média anual de 27°C e com altitude média de 268 m. O trabalho experimental teve a aprovação da Comissão de Ética de Uso de Animais (CEUA) sob Protocolo nº 23/2013.

Foram utilizados 30 caprinos, mestiços Anglo Nubiano x SRD, machos, não castrados, com idade aproximada de 120 dias e peso corporal médio inicial de  $21,82 \pm 0,108$  kg e escore de condição corporal de 2,5, conforme classificação de Osório & Osório (2003). Após aplicação de vermífugo e complexo vitamínico ADE, os animais foram alojados em baias individuais de 1,5 m x 1,0 m, com piso ripado, providos de cocho e bebedouro individuais.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e seis repetições, sendo cada cabrito, uma unidade experimental. Foram utilizadas cinco dietas experimentais:

T1: Monensina comercial (MON)  $2,1 \text{ mg kg}^{-1}$  MS;

T2: Sem aditivos MS;

T3: Alcoloides piperidínicos de algaroba (APA)  $9,2 \text{ mg kg}^{-1}$  MS;

T4: APA  $18,4 \text{ mg kg}^{-1}$  MS;

T5: APA  $27,6 \text{ mg kg}^{-1}$  MS.

As dietas foram formuladas para a relação 80:20 de volumoso:concentrado. Os aditivos (MON e APA) foram misturados ao premix mineral, que foi adicionado aos demais ingredientes de cada concentrado no misturador industrial de rações com capacidade de 500 kg. As dietas foram balanceadas mediante estimativa de exigências, conforme equações do NRC (2007) e foram considerados: ganho de peso diário de 180 g; temperatura média mensal de 35°C; dietas com 75% de digestibilidade de MS, energia metabolizável de  $2,73 \text{ Mcal kg}^{-1}$  e 16,87% de PB com 50% de proteína degradável no rúmen. A composição e proporção dos ingredientes das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição da dieta experimental ( $\text{g kg}^{-1}$ , base da MS)

Ingredientes	Feno de Tifton 85	Milho grão	Farelo de soja	Sal mineral <sup>1</sup>
Proporções	205,30	202,80	571,30	20,60

<sup>1</sup>Cálcio - 120,00 g; Fósforo - 87,00 g; Sódio - 147,00 g; Enxofre - 18,00 g; Cobre - 590,00 mg; Cobalto - 40,00 mg; Cromo - 20,00 mg; Ferro - 1.800,00 mg; Iodo - 80,00 mg; Manganês - 1.300,00 mg; Selênio - 15,00 mg; Zinco - 3,800,00 mg; Molibdênio - 300,00 mg; Flúor (máx.) - 870,00 mg; Solubilidade do Fósforo (P) em Ácido Cítrico a 2% (min.) - 95,00 %.

Para o estudo do consumo, digestibilidade e desempenho dos animais, foi considerado o período experimental de 99 dias, sendo dividido em três períodos de 33 dias, sendo 28 dias de adaptação e 5 dias de coleta. As dietas foram fornecidas diariamente às 7:00 h e 15:00 h, *ad libitum*, de forma a permitir 10% do fornecimento em sobras. Entretanto, o consumo voluntário diário foi calculado pela diferença entre a dieta total oferecida e as sobras que foram colhidas e pesadas duas vezes ao dia.

Os animais foram pesados em jejum de sólidos de 16 horas no 1º dia do período experimental, e ao final do 99º dia, para a mensuração do peso corporal a fim de expressar o consumo diário de nutrientes, como proporção do peso corporal ( $\text{g kg}^{-1} \text{PC}$ ) e do peso metabólico ( $\text{g kg}^{-1} \text{PC}^{0,75}$ ).

Para a avaliação do desempenho (ganho de peso corporal médio diário (GMD), ganho de peso médio total (GMT) e conversão alimentar) a mensuração do peso foi realizada com os animais em jejum no 1º dia e no 89º dia.

Durante todo o experimento, o volumoso e o concentrado oferecidos foram registrados diariamente. No período de coleta, últimos cinco dias de cada período de 33 dias, amostras do volumoso e concentrados fornecidos, bem como das sobras referentes a cada animal, foram colhidas, acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em freezer.

A coleta total de fezes foi efetuada com o uso de bolsas coletoras presas ao corpo de todos os caprinos, permanecendo por três dias para adaptação, e por mais três dias para coleta de fezes, nos três períodos de coleta. A quantidade diária de fezes foi mensurada, utilizando balança digital com precisão de 0,1 g e armazenada em congelador a  $-10^{\circ}\text{C}$ . No último dia de coleta, após homogeneização, foram retiradas

alíquotas de 5% da produção fecal de cada dia, para confecção de amostras compostas de cada animal.

### 3.5. Análises químicas do volumoso e concentrados fornecidos, sobras e fezes

As análises químicas dos alimentos, sobras e fezes foram realizadas no laboratório de Forragicultura e Pastagens da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus Juvino Oliveira, Itapetinga, Bahia. As concentrações médias dos componentes nutricionais do feno de Tifton 85 e concentrados encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição química de dieta experimental (g kg<sup>-1</sup>, base da MS)

ITEN	VOLUMOSO	CONCENTRADO	DIETA TOTAL
MS <sup>1</sup>	830,5	879,1	869,41
MO <sup>2</sup>	944,4	951,1	949,77
PB <sup>3</sup>	97,9	189,3	171,04
MM	55,6	48,9	50,23
EE <sup>4</sup>	31,9	34,1	33,7
CNF <sup>5</sup>	36,5	496,9	404,9
FDA	498,5	154,7	223,5
FDNcp <sup>6</sup>	761,3	208,9	319,4
PIDN <sup>7</sup>	38,9	67,0	61,4
PIDA <sup>8</sup>	44,7	84,5	76,5
CELULOSE	356,6	66,1	124,2
HEMICELULOSE	346,2	177,7	211,4
LIGNINA	168,6	11,7	43,1

<sup>1</sup>Matéria seca; <sup>2</sup>Matéria orgânica; <sup>3</sup>Proteína bruta; <sup>4</sup>Extrato etéreo; <sup>5</sup>Carboidratos não fibrosos;

<sup>6</sup>Fibra em detergente neutro; <sup>7</sup>proteína insolúvel em detergente neutro, <sup>8</sup>proteína insolúvel em detergente ácido; <sup>9</sup>Razão volumoso:concentrado 20:80; <sup>10</sup>Energia metabolizável (2,81 Mcal kg<sup>-1</sup>);

<sup>11</sup>Energia digestível (3,23 Mcal kg<sup>-1</sup>)

Amostras do volumoso, concentrados, sobras e fezes de cada animal foram pré-secadas em estufa com ventilação forçada a 60°C por 72 horas e, em seguida, moídas em moinho de faca tipo Willey em peneira com malha de 1 mm para análises químicas.

Nas amostras de alimentos (sobras e fornecidos) e fezes foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) (AOAC, 2010). Para as análises de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa-amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigidas para cinzas residuais (Mertens, 2002). A correção da FDN para os compostos nitrogenados e estimação dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram feitas conforme Licitra et al. (1996).

A lignina foi obtida a partir da metodologia descrita em Detmann et al. (2012), com o resíduo do FDA tratado com ácido sulfúrico, a 72% nas amostras de volumoso e concentrados.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados com adaptação ao proposto por Hall (2003), utilizando o FDN<sub>cp</sub>, conforme equação (Detmann et al. 2012):  $CNF = (100 - \%FDN_{cp} - \%PB - \%EE - \%cinzas)$ .

Para a avaliação da digestibilidade aparente dos nutrientes, o consumo de nutrientes individual foi mensurado ao longo dos cinco dias de coleta, em cada período de 33 dias de fornecimento das dietas experimentais, subtraindo-se das sobras, a quantidade de dieta ofertada para cada animal. Dessa forma, foram avaliados os consumos de MS, MM, PB, FDN<sub>cp</sub>, CT, CNF, EE, NDT e EM.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro (DFDN<sub>cp</sub>) e dos carboidratos não fibrosos (DCNF) de cada dieta utilizada neste estudo, foram determinados por meio do cálculo:  $CD = [(nutriente\ consumido - nutriente\ excretado\ nas\ fezes) / nutriente\ consumido - 1] \times 100$ .

Os nutrientes digestíveis totais (NDT), obtidos com o ensaio de digestibilidade, foram calculados segundo Weiss (1999), mas utilizando a FDN<sub>cp</sub> e CNF corrigidos para cinzas e proteínas, pela seguinte equação:  $NDT = PBD + FDN_{cpD} + CNFD + 2,25\ EED$ . Em que: PBD = PB digestível; FDN<sub>cpD</sub> = FDN<sub>cp</sub> digestível; CNFD = CNF digestíveis; e EED = EE digestível.

Os teores de nutrientes digestíveis totais estimados (NDTest) dos alimentos e dietas totais foram calculados conforme equações descritas pelo NRC (2001).

Os valores de NDT foram convertidos em energia líquida (EL) e energia digestível (ED), utilizando-se as equações sugeridas pelo NRC (2001):  $EL \text{ (Mcal kg}^{-1}\text{)} = 0,0245 \times \text{NDT} - 0,12$ ;  $ED \text{ (Mcal kg}^{-1}\text{)} = 0,04409 \times \text{NDT}$ .

A transformação de ED para energia metabolizável (EM) foi feita segundo:  $EM \text{ (Mcal kg}^{-1}\text{)} = 1,01 \times ED \text{ (Mcal kg}^{-1}\text{)} - 0,45$ .

### 3.6. Síntese microbiana e balanço de nitrogênio

No 33º dia de cada período experimental, foram realizadas coletas de urina, na forma de amostra de urina *spot*, por micção espontânea dos animais, aproximadamente 4 horas após o fornecimento da alimentação matinal.

As amostras foram filtradas em gaze e uma alíquota de 10 ml foi separada e diluída em 40 ml de ácido sulfúrico (0,018 M). As amostras foram armazenadas a -20°C e, posteriormente, foram utilizadas para a quantificação das concentrações urinárias de ureia, nitrogênio total, creatinina, alantoína, ácido úrico, xantina-hipoxantina.

No Laboratório de Fisiologia Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), foram realizadas as análises para determinação das concentrações de creatinina, ácido úrico e ureia na urina, utilizando-se kits comerciais (Bioclin®) com os respectivos códigos: K016, K139 e K047. A conversão dos valores de ureia em nitrogênio ureico foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,4667.

As concentrações urinárias de alantoína e xantina-hipoxantina foram obtidas por intermédio de método colorimétrico e enzimático, respectivamente, conforme metodologias propostas por Chen & Gomes (1992), e o teor de nitrogênio total obtido pelo método de Kjeldhal (AOAC, 2010).

A excreção diária de creatinina (T1= 16,03; T2 = 14,05; T3 = 17,59; T4=21,26 e T5 = 14,87 mgkg<sup>-1</sup> de peso corporal) foi obtida em ensaio de coleta total de urina para animais que pertenciam ao mesmo grupo de animais. Assim, o volume urinário foi estimado para cada animal nas diferentes dietas experimentais, dividindo-se a excreção diária de creatinina (mg kg<sup>-1</sup> PC) pela concentração de creatinina (mg L<sup>-1</sup>) na amostra de urina *spot*, multiplicando-se o resultado pelo respectivo peso corporal do animal (kg). A excreção diária dos metabólitos urinários foi obtida, multiplicando o volume de urina estimado pela concentração de cada metabólito determinado na urina *spot*.

O balanço de nitrogênio (N-retido, g dia<sup>-1</sup>) foi calculado com: N-retido = N ingerido (g) – N nas fezes (g) – N na urina (g).

A excreção de derivados de purinas totais (DP) foi estimada pela soma das quantidades de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina excretadas na urina. A quantidade de purinas microbianas absorvidas (mmol/dia) foi estimada a partir da excreção de purinas totais (mmol/dia), por meio da equação proposta por Belenguer et al. (2002) para caprinos:

$$PA(\text{mmol dia}^{-1}) = PT (0,76)^{-1}$$

Em que, PA = purinas absorvidas (mmol dia<sup>-1</sup>); PT = excreção de purinas totais (mmol/dia) e o valor de 0,76 corresponde à taxa de recuperação das purinas.

O fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (g NM dia<sup>-1</sup>) foi estimado a partir da quantidade de purinas absorvidas (mmol dia<sup>-1</sup>), segundo a equação:

$$NM (\text{g dia}^{-1}) = PA (0,92 \times 1,97)^{-1}$$

Em que, Belenguer et al. (2002) assumiram que 0,92 é a digestibilidade verdadeira das bases purinas no duodeno e 1,97 (mmol de bases purinas g<sup>-1</sup> nitrogênio) a razão entre as bases purinas e o conteúdo de nitrogênio na população microbiana extraída do rúmen de caprinos.

A eficiência de síntese de proteína microbiana foi obtida pela síntese de proteína microbiana (g dia<sup>-1</sup>), dividida pelo consumo de nutrientes digestíveis totais (kg dia<sup>-1</sup>) (NRC, 2001).

### 3.7. Análise estatística

A análise dos dados foi realizada pelo procedimento GLM do programa computacional estatístico SAS (SAS, 2006), considerando um modelo fixo. Realizaram-se contraste para comparação das médias observadas entre as dietas com APA e MON, bem como os contrastes polinomiais para os componentes linear (L) e quadrático (Q) na

análise das médias das variáveis dependentes em função dos níveis de inclusão de APA. Adotou-se como nível de significância 5% de probabilidade.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Consumo, digestibilidade de nutrientes e desempenho produtivo

O consumo de MS em  $\text{kg dia}^{-1}$ ,  $\text{g kg}^{-1}$  de PC ou  $\text{g kg}^{-1} \text{PC}^{0,75}$  não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre as dietas contendo monensina e alcaloides piperidínicos de algaroba (APA). A ausência de efeito da monensina (MON) sobre o consumo de MS contraria a hipótese relatada por Schelling (1984), de que os ionóforos reduzem o consumo voluntário de rações com alta proporção de concentrado. Ausência de efeito sobre o consumo de MS também foi observado por Gastaldello Junior (2010), quando estudou a associação da monensina sódica e tamponantes na alimentação de ovinos com alto concentrado (90%).

A adição de diferentes níveis de APA afetou os consumos de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT). Houve efeito quadrático em função dos níveis de APA, estimando-se consumo de NDT em  $17,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de APA. Entretanto, observou-se efeito linear crescente para os consumos de proteína bruta (PB) e de carboidratos não fibrosos (CNF), com acréscimos de 0,03 e 0,08 g por kg de peso metabólico para cada unidade de adição de APA às dietas (Tabela 3). A variação quadrática para o consumo de EE, provavelmente foi devida ao efeito do peso corporal.

O aditivo MON proporcionou maior consumo de PB ( $P < 0,05$ ), quando comparado aos níveis de APA e os consumos de CNF, de NDT e de energia metabolizável não diferiram ( $P > 0,05$ ). Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para o consumo de energia digestível (ED) e de energia metabolizável (EM), com máximo em  $17,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de APA. A melhor dose-resposta evidenciada para o consumo de EM ratifica o potencial uso de APA como aditivo na dieta para caprinos alimentados com alta proporção de concentrado.

O consumo de PB, estimado para caprinos com peso corporal médio de 25 kg, é de, aproximadamente,  $0,115 \text{ kg dia}^{-1}$ , com ganho diário previsto de 180 g (NRC, 2007). Nas dietas com MON e APA a  $18,4 \text{ mg kg}^{-1}$ , houve consumo diário médio de 0,150 kg (Tabela 3), e os caprinos apresentaram o mesmo ganho de peso corporal. Já para a dieta

contendo APA a  $9,2 \text{ mg dia}^{-1}$ , o consumo de PB foi de  $0,120 \text{ kg}$  por dia, e os caprinos atingiram o mesmo patamar de ganho de peso diário. Esse resultado mostra que a dose mínima de APA eficaz para o máximo ganho de peso corporal foi de  $9,2 \text{ mg kg}^{-1}$ .

**Tabela 3.** Médias, erro padrão das médias (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entremonsina (MON) *versus* alcaloides piperidínicos de algaroba (APA) adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para consumo de nutrientes por caprinos alimentados com níveis de APA.

Itens	MON <sup>1</sup>	APA ( $\text{mg kg}^{-1}$ MS)				EPM	P-valor		
	2,7	0	9,2	18,4	27,6		MON <sub>vs</sub> APA	L	Q
Consumo ( $\text{kg dia}^{-1}$ )									
MO	0,88	0,74	0,77	0,84	0,75	0,03	0,252	0,772	0,402
MS	0,91	0,77	0,86	0,90	0,86	0,02	0,497	0,087	0,053
PB	0,15	0,11	0,12	0,15	0,14	0,004	0,260	0,002	0,095
EE	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,001	0,977	0,185	0,023 <sup>3</sup>
FDN <sub>cp</sub>	0,28	0,23	0,22	0,26	0,22	0,006	0,011	0,847	0,222
CNF	0,38	0,31	0,37	0,38	0,39	0,009	0,977	0,005 <sup>4</sup>	0,201
NDT	0,64	0,56	0,65	0,66	0,63	0,01	0,909	0,037	0,008 <sup>7</sup>
Consumo ( $\text{g kg}^{-1}$ PC)									
MS	30,22	27,76	29,36	30,32	29,26	0,69	0,7189	0,231	0,161
FDN <sub>cp</sub>	9,31	8,23	7,41	8,98	7,80	0,23	0,051	0,857	0,635
Consumo ( $\text{g kg}^{-1}$ PC <sup>0,75</sup> )									
MS	69,31	62,37	66,89	69,23	66,58	1,30	0,6129	0,1318	0,766
NDT	49,69	45,43	51,31	51,98	50,11	0,10	0,547	0,069	0,018 <sup>5</sup>
PB	11,57	8,87	9,55	11,53	10,84	0,28	0,004	0,0004 <sup>6</sup>	0,151
EE	2,05	2,25	2,43	2,28	1,88	0,80	0,4476	0,1158	0,081
CNF	29,35	26,08	29,84	29,38	30,54	0,71	0,743	0,035 <sup>7</sup>	0,324
Energia Digestível									
Mcal $\text{dia}^{-1}$	2,84	2,42	2,88	2,91	2,79	0,06	0,909	0,037	0,008 <sup>8</sup>
Energia Metabolizável									
Mcal $\text{dia}^{-1}$	2,46	2,10	2,52	2,54	2,43	0,05	0,801	0,033	0,007 <sup>9</sup>

<sup>1</sup> $\text{mg kg}^{-1}$  MS.

<sup>2</sup> $Y=0,1125 + 0,00128 X$ .

<sup>3</sup> $Y= 0,02679+ 0,000630 X - 0,00003 X^2$ .

<sup>4</sup> $Y= 0,3237 + 0,002775 X$ .

<sup>5</sup> $Y= 0,5531 + 0,01280X - 0,00037 X^2$ .

<sup>6</sup> $Y = 3,9354 + 0,0341 X$ .

<sup>7</sup> $Y = 9,0924 + 0,08342 X$ .

<sup>8</sup> $Y = 2,4386 + 0,05645X - 0,00161 X^2$ .

<sup>9</sup> $Y = 2,1165 + 0,05041 X - 0,00144 X^2$ .

A exigência de energia metabolizável, preconizada pelo NRC (2007), para caprinos mestiços com  $25 \text{ kg}$  de peso corporal e ganho diário previsto de  $180 \text{ g}$  é de  $1,87 \text{ Mcal dia}^{-1}$ . O CSIRO definiu o potencial de ingestão de alimentos como a quantidade de alimento ingerido, quando oferecido à vontade, e o animal é capaz de

selecionar uma dieta com uma digestibilidade da MS de, pelo menos, 80% ou com uma concentração de pelo menos 2,6 Mcal kg<sup>-1</sup> de EM (11 MJ kg<sup>-1</sup> de MS) (RESENDE, 2008). Nesse estudo, foi observado valor médio de digestibilidade de MS acima de 80%, e próxima para o conteúdo de energia metabolizável, que foi em média de 2,53 Mcal kg<sup>-1</sup> para as dietas com 9,2 e 18,4 mgkg<sup>-1</sup> (Tabelas 2, 3 e 4). Segundo o AFRC (1998), as exigências por energia de manutenção para caprinos, com base no peso metabólico, são maiores que para ovinos e similares a bovinos, concluindo que isso deve ser pelo maior metabolismo basal dos caprinos e bovinos, comparados aos ovinos.

Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) da adição de APA, quando comparada à MON, para os coeficientes de digestibilidade dos componentes nutricionais, exceto para a digestibilidade de EE, em que APA proporcionaram maior média ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4). O contraste polinomial mostrou componente quadrático significativo para os efeitos dos níveis de APA sobre o coeficiente de digestibilidade de EE, consistente com o efeito sobre o seu consumo. Da mesma forma, o aumento linear da digestibilidade de PB e de CNF com a utilização dos níveis de APA é reflexo da ingestão crescente desses componentes nutricionais (Tabela 4).

**Tabela 4.** Médias, erro padrão das médias (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre a monensina (MON) *versus* alcaloides piperidínicos de algaroba (APA) adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para coeficientes de digestibilidade em caprinos alimentados com níveis de APA.

Itens	MON <sup>1</sup>	APA (mg kg <sup>-1</sup> MS)				EPM	P-valor		
	2,7	0	9,2	18,4	27,6		MON <sub>vs</sub> APA	L	Q
Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes (g 100g <sup>-1</sup> )									
MO	85,15	81,02	88,02	83,19	83,57	1,14	0,815	0,807	0,204
MS	85,11	83,13	82,84	80,65	85,59	0,85	0,275	0,414	0,136
PB	82,77	77,75	79,60	79,49	84,08	0,80	0,341	0,003 <sup>2</sup>	0,429
EE	65,45	68,54	72,24	74,75	71,75	0,82	0,001	0,067	0,034 <sup>3</sup>
FDNcp	66,65	64,34	68,12	69,14	69,06	1,20	0,567	0,196	0,406
CNF	83,85	83,62	85,05	88,37	86,81	0,66	0,093	0,040 <sup>4</sup>	0,285
Nutrientes Digestíveis Totais (g kg <sup>-1</sup> )									
NDT	697,41	729,2	767,92	747,7	724,4	9,16	0,065	0,691	0,158

<sup>1</sup>mg kg<sup>-1</sup> MS.

<sup>2</sup>Y = 77,5212 + 0,2199 X.

<sup>3</sup>Y = 68,4120 + 0,6397X - 0,0186 X<sup>2</sup>.

<sup>4</sup>Y = 84,02 + 0,140 X.

A razão energia e proteína consumida por dieta foi (MON = 4,3; sem aditivo = 5,1; APA 9,2 mg kg<sup>-1</sup> = 5,4; 18,4 mg kg<sup>-1</sup> = 4,5 e 27,6 mg kg<sup>-1</sup> = 4,6). O maior consumo de PB e CNF indica que houve mudança na razão volumoso:concentrado da dieta consumida, o que justifica a maior digestibilidade desses componentes (Tabela 4). A variação na composição da dieta consumida deve-se, provavelmente, à capacidade de seleção dos caprinos durante a preensão (Hoffmann, 1989). Santos (2017) não observou alteração na digestibilidade dos nutrientes em cordeiros alimentados com níveis de extrato alcaloídico de algaroba (2,3; 4,6 e 9,2 mg kg<sup>-1</sup> na MS da dieta) compostas por 60% de concentrado e 40% de volumoso.

O fato de MON e APA não terem afetado a digestibilidade da FDN<sub>cp</sub>, associado à manutenção do consumo e digestibilidade da MS e MO, indica que esses aditivos, nas quantidades utilizadas, mantiveram as condições no rúmen para a degradação da fibra, que é um aspecto importante de avaliação de um aditivo, principalmente quando se utiliza volumoso de baixa qualidade. Dessa forma, pode-se inferir que o APA apresenta perfil de aditivo similar à MON, que mantém um pH mais favorável às celulolíticas, e os produtos de degradação das amilolíticas podem ser aproveitados pelas bactérias celulolíticas no rúmen, visto que algumas espécies de bactérias fibrolíticas são gram-negativas (Valadares Filho e Pina, 2011).

A manutenção da digestibilidade da MS e MO, com a adição de MON e APA, pode ter sido o fator que contribuiu para as semelhanças nas ingestões de MS e MO das dietas com aditivos. Por outro lado, ao considerar a dieta sem aditivos, o tempo de adaptação dos animais à razão volumoso:concentrado (20:80) contribuiu para essas semelhantes respostas. A utilização de proporção elevada de concentrado pode acarretar problemas metabólicos, resultando em diminuição no consumo, fato que não ocorreu, uma vez que o consumo de MS foi alcançado para atender a demanda por energia e proteína dos caprinos.

Em ruminantes alimentados com dietas ricas em concentrados, a digestibilidade da fibra frequentemente tem sido aumentada pelo acréscimo de aditivos, e esse aumento pode ser resultado da alteração do microbiota e/ou do maior tempo de retenção da fibra no rúmen que favorece a extensão de digestão microbiana da mesma.

As dietas aditivadas com APA alteraram o ganho de peso dos caprinos ( $P < 0,05$ ), sendo que o ponto de máximo de ganho foi com 17 mg kg<sup>-1</sup> de APA, e mostrou 0,18 g de redução no ganho de peso diário para cada unidade, a partir de 17 mg kg<sup>-1</sup>. A média

do GMD das dietas não diferiu ( $P>0,05$ ) da média obtida na dieta com MON, e ambos os aditivos promoveram aumento de ganho de peso diário em 28%, em relação à dieta não aditivada (Tabela 5). A resposta de ganho de peso dos caprinos neste estudo foi devido ao uso dos aditivos, principalmente como reflexo da melhoria na utilização da energia digestível e metabolizável das dietas.

Este estudo demonstrou que a adição de APA foi eficaz para aumentar o ganho de peso corporal em caprinos consumindo 20% de feno de Tifton 85. O ganho de peso manteve-se constante entre os níveis 9,2 e 18,4 mg kg<sup>-1</sup>, demonstrando que essa faixa de adição de APA nas dietas promove a melhor resposta dos caprinos, e a dose de 27,6 mg kg<sup>-1</sup> não promoveu aumento no ganho de peso, provavelmente em resposta a algum fator que não seja por redução de consumo.

**Tabela 5.** Médias, erro padrão das médias (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre monensina (MON) *versus* alcaloides piperidínicos de algaroba (APA) adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para desempenho de caprinos alimentados com níveis de APA.

Itens	MON <sup>1</sup>	APA				EPM	P-valor		
	2,7	0	9,2	18,4	27,6		MON <sup>vs</sup> APA	L	Q
CMS <sup>2</sup> (kg dia <sup>-1</sup> )	0,90	0,78	0,87	0,90	0,86	0,05	0,079	0,203	0,1710
PCI <sup>3</sup> (kg)	22,56	21,98	21,92	21,78	21,92	-	-	-	-
PCF <sup>4</sup> (kg)	37,74	33,07	37,36	37,36	36,03	-	-	-	-
GMD <sup>5</sup> (kg)	0,171	0,125	0,173	0,174	0,159	0,01	0,944	0,140	0,044 <sup>8</sup>
CA <sup>7</sup>	5,66	6,85	5,02	5,19	5,31	0,29	0,550	0,208	0,123

<sup>1</sup> mg kg<sup>-1</sup> MS; <sup>2</sup> Consumo de matéria seca; <sup>3</sup> Peso Corporal Inicial; <sup>4</sup> Peso Corporal Final; <sup>5</sup> Ganho Médio Diário; <sup>6</sup> Ganho de Peso Total; <sup>7</sup> kg de matéria seca consumida por kg de ganho médio diário.

<sup>8</sup>  $Y = 0,1274 + 0,005988 X - 0,00018 X^2$ .

<sup>9</sup>  $Y = 11,3429 + 0,5329 X - 0,01574 X^2$

Os contrastes não revelaram efeito dos aditivos nas dietas para a conversão alimentar. Essa, normalmente, é utilizada como índice na alimentação animal para mensurar o desempenho nutricional, entretanto, o consumo de alimento e ganho de peso corporal são variáveis aleatórias contínuas que se correlacionam. Portanto, a conversão não é parâmetro para se comparar dietas, sendo dependente do tipo de alimento, condições ambientais, peso corporal durante o período de avaliação, composição do ganho e estado de saúde do animal (Pereira et al., 2010), mas espera-se que o efeito de dieta seja o fator preponderante porque os efeitos dos demais fatores foram controlados durante o ensaio experimental.

Santos (2017), estudando o extrato de alcaloides de algaroba e MON, concluiu que o nível de adição que proporcionou melhoria no desempenho de cordeiros foi a maior dose utilizada de  $9,2 \text{ mg kg}^{-1}$  de extrato alcaloídico de algaroba, em dietas compostas por 40% de feno de Tifton 85 e 60% de concentrado, podendo potencialmente substituir a utilização do ionóforo monensina, porém sugeriu mais estudos com doses mais elevadas.

Santos (2016), estudando desempenho de cordeiros com dietas de alto concentrado (80%), concluiu que a dose de MON  $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$  MS da dieta não foi eficaz em melhorar o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes, e o consumo médio por animal de  $18 \text{ mg dia}^{-1}$  de alcaloides, oriundos do farelo de algaroba, utilizado como aditivo, resultou em desempenho semelhante à MON, sendo a ingestão diária de  $1,2 \text{ mg}$  por cordeiro do extrato foliar de algarobeira mais eficiente na melhoria ( $P < 0,05$ ) da conversão alimentar, sem diferenças significativas no consumo de MS e ganho de peso corporal entre os aditivos utilizados. Neste estudo, os níveis de APA estudados apresentaram efeitos similares à MON, ou até mesmo melhores nas variáveis para desempenho e digestibilidade dos nutrientes.

Em dietas ricas em concentrado, a MON geralmente mantém ou aumenta o ganho de peso e melhora a conversão alimentar. Mesmo não havendo diferença na conversão alimentar quando os caprinos foram alimentados com os níveis de APA nas dietas, foi constatado, que o ganho de peso corporal aumentou com a mesma ingestão de matéria seca, com melhoria na utilização de energia e proteína das dietas.

#### **4.2. Síntese microbiana e balanço de nitrogênio**

Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as dietas para a síntese de nitrogênio microbiano (Tabela 6). A eficiência microbiana (EFM) apresentou efeito linear decrescente, sendo a média para as dietas com APA igual a  $87,35 \text{ g kg}^{-1}$  de NDT consumido. Contudo, como não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre APA e MON, há indicação de que APA afetou, de forma semelhante, à MON e o sincronismo entre a utilização de energia e nitrogênio para síntese de proteína microbiana no rúmen.

A ingestão de nitrogênio (NI) e a quantidade de N digerida (ND) aumentaram, a excreção de N nas fezes (NF) variou de forma quadrática e não foi alterada na urina (NUR) de acordo com os níveis de APA (Tabela 6). A concentração de N ureico no plasma (NUP) aumentou até o nível de APA  $16,9 \text{ mg kg}^{-1}$ , no qual atingiu o ponto de

máximo. Verificou-se aumento ( $P < 0,05$ ) da quantidade de N retido (NR) com os níveis de APA, que não diferiram de MON (Tabela 6). Tanto APA quanto MON proporcionaram as maiores retenções de nitrogênio corporal, porém a excreção urinária de N total na urina foi maior para APA.

**Tabela 6.** Médias, erro padrão da média (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre monensina (MON) *versus* alcaloides piperidínicos de algaroba (APA) adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para síntese e eficiência microbiana, balanço de nitrogênio e excreção de ureia em caprinos alimentados com níveis de APA.

Itens	MON <sup>1</sup> APA (mg kg <sup>-1</sup> MS da dieta)					EPM	P-valor		
	2,7	0	9,2	18,4	27,6		MON vsAPA	L	Q
NM (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	8,01	9,35	8,92	10,47	7,79	0,35	0,296	0,333	0,123
EFM (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	80,85	111,2	84,75	98,87	78,42	3,83	0,702	0,043 <sup>2</sup>	0,534
NI (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	24,37	17,35	19,72	23,75	22,11	0,67	0,260	0,002 <sup>3</sup>	0,095
NF (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	4,30	4,10	5,16	5,70	3,78	0,24	0,335	0,813	0,004 <sup>4</sup>
NUR (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>6</sup>	0,12	0,32	0,20	0,28	0,22	0,02	0,010	0,227	0,490
NUP (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>7</sup>	14,79	9,43	13,12	14,18	11,97	0,65	0,416	0,150	0,019 <sup>5</sup>
ND (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>8</sup>	20,33	13,53	15,96	19,00	18,63	0,62	0,216	0,0002 <sup>6</sup>	0,200
NR (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>9</sup>	19,95	12,93	14,36	17,77	18,11	0,67	0,112	0,0003 <sup>15</sup>	0,654

<sup>1</sup> mg kg<sup>-1</sup> MS. <sup>2</sup> Nitrogênio microbiano, <sup>3</sup> Eficiência microbiana: g PBM kg<sup>-1</sup> NDT, <sup>4</sup> Nitrogênio ingerido, <sup>5</sup> Nitrogênio fecal, <sup>6</sup> Nitrogênio na urina, <sup>7</sup> Nitrogênio ureico no plasma, <sup>8</sup> Nitrogênio digerido, <sup>9</sup> Nitrogênio retido.

$$^{10}Y = 105,9 - 0,917 X$$

$$^{11}Y = 17,9981 + 0,2048 X.$$

$$^{12}Y = 4,0615 + 0,2363 X - 0,00887 X^2.$$

$$^{13}Y = 9,398 + 0,575 X - 0,01798 X^2.$$

$$^{14}Y = 14,02 + 0,199 X.$$

$$^{15}Y = 12,95 + 0,206 X.$$

Ocorreu queda de NUP e NF no maior nível de APA, sem observar alteração em NUR (Tabela 6). Dessa forma, o aumento da quantidade N digerido e N retido revela que pode ter havido redução da degradação de proteína da dieta no rúmen e maior utilização de aminoácidos da dieta no intestino, na maior dose de APA.

O uso de APA na dose de 27,6 mg kg<sup>-1</sup> ocasionou menor conversão de N retido em ganho de peso corporal (Tabela 5). Possivelmente, para essa dieta, uma maior fração da quantidade do N retido foi utilizada em outras rotas metabólicas que utilizam

aminoácidos, que não seja a síntese de proteína a ser depositada para o ganho de peso corporal.

O maior consumo de proteína bruta, com uma maior fração degradável no rúmen (foi estimada uma fração de PDR > 50% no balanceamento da dieta), ao ser fermentada pelos microrganismos ruminais, produz amônia e AGV e, como a produção de amônia geralmente excede a capacidade de utilização, ela é acumulada no rúmen e, se for absorvida pela parede ruminal, será convertida em ureia pelo fígado. Parte dessa ureia é reciclada e volta ao rúmen, mas também é perdida na urina. A MON e os APA propiciaram concentração de NUP semelhante, indicando ação similar sobre a desaminação no rúmen.

O nível de APA 27,6 mg kg<sup>-1</sup> mostrou efeito de menor degradação da proteína no rúmen, devido ao menor valor de NUP e as dietas aditivadas com APA em 9,2 e 18,4 mg kg<sup>-1</sup> foram mais eficientes na síntese de proteína microbiana (Tabela 6), consistente ao observado por Santos (2017), quando usou o nível máximo de 9,2 de APA para ovinos.

Caldas Neto et al. (2007) relataram que o aumento na eficiência microbiana permite aumento na disponibilidade de proteína microbiana para ser absorvida no intestino, suprimindo, assim, as exigências de animais em crescimento. Essa maior eficiência microbiana das dietas com APA em 9,2 e 18,4 mg kg<sup>-1</sup> pode ter contribuído com o maior ganho de peso corporal final dos caprinos alimentados com essas dietas.

As proporções entre as quantidades de ND em relação ao NI (ND % NI) elevaram-se em função dos níveis de APA, e não diferiram da dieta com MON (Tabela 7). Ao considerar 80% para a digestibilidade intestinal da proteína bruta microbiana (NRC, 1996; NRC, 2001), estimaram-se as quantidades de N microbiano digerido, que foram somadas com as quantidades de N dietético digerido, obtendo-se o N total digerido (Tabela 7). Foi calculada a porcentagem de retenção de N corporal relativa ao N total digerido (NR %NTD) para as respectivas dietas (Tabela 7). A MON proporcionou 20% e 13% a mais no NR (%NTD) ao comparar com as respectivas doses, 9,2 e 18,4 mg kg<sup>-1</sup> de APA, contudo, o ganho de peso corporal foi o mesmo.

Santos (2017) observou que o consumo de N não foi alterado, pois foi consistente com os níveis semelhantes de PB das dietas. O efeito de maior excreção de N fecal, para a dieta com EAA na maior dose, utilizada de 9,2 mg kg<sup>-1</sup>, ocasionou

redução na proporção de N retido, relativo ao que foi ingerido. Esse efeito foi revertido com o uso de níveis superiores de APA utilizados no presente estudo (Tabela 7).

O N retido em função do percentual ingerido é capaz de prever a eficiência da utilização de N no organismo animal. Está mais fortemente associada ao suprimento de N do que ao conteúdo de energia da dieta, e é ampliada pela melhoria nas condições do *status* de proteína no organismo animal. Esse *status* de proteína refere-se à disponibilidade qualitativa e quantitativa de compostos nitrogenados para todas as funções fisiológicas no metabolismo animal, incluindo funções associadas com o metabolismo de energia (Detmann et al., 2004).

**Tabela 7.** Médias, erro padrão da média (EPM) e valores de probabilidade (P) dos contrastes entre monensina (MON) *versus* alcaloides piperidínicos de algaroba (APA) adicionados às dietas e dos componentes linear (L) e quadrático (Q) dos contrastes polinomiais para o metabolismo de nitrogênio em caprinos alimentados com níveis de APA.

Itens	MON <sup>1</sup>	APA (mg kg <sup>-1</sup> MS)				EPM	P-valor		
	2,7	0	9,2	18,4	27,6		MONvsAPA	L	Q
ND (% NI) <sup>2</sup>	82,78	77,75	79,60	79,49	84,08	0,80	0,340	0,002 <sup>8</sup>	0,429
NMD (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	6,41	7,48	7,14	8,38	6,23	0,28	0,296	0,333	0,123
NTD (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	26,74	21,01	23,11	27,38	24,87	0,74	0,526	0,008 <sup>9</sup>	0,089
NR (% NI) <sup>5</sup>	80,91	73,11	68,21	73,63	81,48	1,64	0,036	0,011 <sup>10</sup>	0,656
NR (% ND) <sup>6</sup>	97,46	93,55	84,95	91,99	96,76	1,62	0,310	0,140	0,060
NR (% NTD) <sup>7</sup>	73,96	60,86	58,88	63,94	72,24	1,55	0,002	0,003 <sup>11</sup>	0,111

<sup>1</sup>mg kg<sup>-1</sup> MS. <sup>2</sup>Percentual de nitrogênio digerido relativo ao nitrogênio ingerido, <sup>3</sup>Nitrogênio microbiano digerido, <sup>4</sup>Nitrogênio total digerido, <sup>5</sup>Percentual de nitrogênio retido relativo ao nitrogênio total ingerido, <sup>6</sup>Percentual de nitrogênio retido relativo ao nitrogênio digerido, <sup>7</sup>Percentual de nitrogênio retido relativo ao nitrogênio total digerido.

<sup>8</sup>Y = 77,5212 + 0,2199 X

<sup>9</sup>Y = 21,71 + 0,172 X

<sup>10</sup>Y = 71,0311 + 0,3402 X.

<sup>11</sup>Y = 58,07 + 0,425 X

As taxas de excreção de compostos nitrogenados na urina e nas fezes de ruminantes estão associadas à quantidade de ND (Van Soest, 1994). Diante dos resultados obtidos, o consumo de N entre as dietas diferiu. Provavelmente, o que pode ter ocorrido no ambiente ruminal, com as dietas aditivadas, foi a menor perda de energia com rotas metabólicas que produzem mais metano e desaminação de aminoácidos.

A eficácia de um aditivo é mensurada por meio de parâmetros produtivos e metabólicos. A MON reduz a degradação de proteína no rúmen e aumenta a sua utilização intestinal e tem como consequência a diminuição nas concentrações de N-

$\text{NH}_3$  ruminal. Desde que não comprometa a eficiência de síntese microbiana, pode ser benéfica, já que o excesso de  $\text{N-NH}_3$  ruminal tem alto custo energético na transformação de ureia no fígado, reduzindo o rendimento energético da dieta. A redução na concentração ruminal de  $\text{N-NH}_3$  ocorre em função da disponibilidade de energia no rúmen, o que permite maior utilização da amônia para o crescimento microbiano, com conseqüente redução na perda de amônia, devido à sincronização dos carboidratos e a degradação da proteína (Santos, 2016).

Evidencia-se que a concentração de APA em  $27,6 \text{ mg kg}^{-1}$  apresentou ação inibidora da proteólise no rúmen, devido à maior ingestão de N com redução na concentração de NUP. A eficiência de síntese microbiana reduziu no rúmen, e o N-retido não foi eficientemente convertido em ganho de peso corporal. Por outro lado, as doses menores de APA demonstraram aumento de eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen, de retenção de N e de ganho de peso corporal.

## V. CONCLUSÕES

A adição de APA entre 9,2 e 18,4 mgkg<sup>-1</sup> de MS da dieta para caprinos promove aumento no consumo de energia digestível e metabolizável e maior ganho de peso corporal. A adição de APA em doses superiores a 18,4mg kg<sup>-1</sup> aumenta o consumo e retenção de nitrogênio, que não é convertida em ganho de peso corporal por reduzir a ingestão de energia metabolizável.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – **AFRC**. The nutrition of goats.1998, 116p.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**.18th ed, 3th Review, Washington: AOAC, 2010. 1094p.

BELENGUER, A.; YAÑEZ, D.; BALCELLS, J. et al. Urinary excretion of purine derivatives and prediction of rumen microbial outflow in goats. **Livestock Production Science**, v.77, n.3, p.127-135, 2002.

BESSA, T; TERRONES, M. G. H; SANTOS, D. Q; Avaliação fitotóxica e identificação de metabólitos secundários da raiz de *Cenchrus Echinatus*, **Horizonte Científico**, v. 1, n. 1, 2007.

CALDAS NETO, S.F.,ZEOULA, L.M., KAZAMA, R., PRADO, I.N., GERON, L.J.V., OLIVEIRA, F.C.L., PRADO, O.P.P. Proteína degradável no rúmen, associada a fontes de amido de alta ou baixa degradabilidade: digestibilidade in vitro e desempenho de novilhos em crescimento. **R. Bras. Zootec**, v. 36, n. 2, p. 452-460, 2007.

CHEN, X.B., GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. (Occasional publication) **International feed research unit**. Bucksburnd, Aberdeen:Rowett Research Institute. 21p, 1992.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; 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** - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, P.214, 2012.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. Avaliação da técnica dos indicadores na estimação do consumo por ruminantes em pastejo. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v.46, p.40-57, 2004.

GASTALDELLO JÚNIOR, A.L.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E. M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.556-562, 2010.

Hall J.H. Ionophores, p.120-127. In: Plumlee E.B. (ed.), **Clinical Veterinary Toxicology**. Mosby, St. Louis, Missouri, 2004.

HOFFMANN, R.R. **Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system**. *Oecologia*, n.78, p. 443-457, 1989.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI), PEREIRA, M. L. A.; BATISTA, R. **Aditivo à base de extrato vegetal em rações, utilizado como modificador da fermentação ruminal para melhoria do desempenho animal e mitigação da emissão de gases entéricos de efeito estufa**. BR 10 2012 030155-5, 27 jul 2013, 30 dez 2014.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MARINI, J.C., KLEIN, J.D., SANDS, J.M., VAN HAMBURGH, M.E. Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporter abundance in lambs. **Journal of Animal Sciences**, 82, 1157-1164. 2004.

MARINI, J.C., SANDS, J.M., VAN AMBURG, M.E., Urea transporters and urea recycling in ruminants. In Ruminant physiology: digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress (eds. Serjrsen K, Hvelplund T, Nielsen MO), pp. 155-171. **Wageningen Academic Publishers**. The-Netherlands, 2008.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 381p, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, p.242, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: The National Academy Press, p. 362, 2007.

NORTON, B.W., JANES, A.N., ARMSTRONG, D.G. The effects of intraruminal infusions of sodium bicarbonate, ammonium chloride and sodium butyrate on urea metabolism in sheep. **British Journal of Nutrition**, 48, 265-274.1982.

OLIVEIRA, M.V.; FERREIRA, I.C.; MACEDO JÚNIOR, G.L.; ROSALINSKI-MORAES, F.; ANTUNES, M.M.; FRANÇA, A.M.S.; NAVES, J.G.; RODRIGUES, V.J.C. Benefícios do uso da monensina sódica na nutrição de cordeiros semi-confinados. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6 , p. 1961-1970, 2013.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. Produção de carne ovina: técnicas de avaliação in vivo e na carcaça. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 73p.,2003.

PEREIRA, T.C.J.; PEREIRA, M.L.A.; MOREIRA, J.V.; AZEVÊDO, J.A.G.; BATISTA, R.; DE PAULA, V.F.; OLIVEIRA, B.S.;SANTOS, E.J. Effects of alkaloid

extracts of mesquite pod on the products of in vitro rumen fermentation. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 24, p. 4301-4311, 2017.

SANTOS, J.R.A. **Extrato alcaloídico da farinha de vagens integrais de algarobeiras em dietas para cordeiros confinados**. 2017, 77 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga/BA.

SANTOS, E. de J. dos. **Extrato alcaloídico foliar e farelo de algaroba como aditivos em dietas para cordeiros**. 2016, 95 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga/BA.

SANTOS, E. T.; PEREIRA, M. L. A.; SILVA, C. F. P. G.; SOUZA-NETA, L. C.; GERIS, R.; MARTINS, D.; SANTANA, A. E. G.; BARBOSA, L. C. A.; SILVA, H. G. O.; FREITAS, G. C.; FIGUEIREDO, M. P.; OLIVEIRA, F. F. de; BATISTA, R. Antibacterial activity of the alkaloid-enriched extract from *Prosopis juliflora* pods and its influence on in vitro ruminal digestion, **International Journal of Molecular Science**, 2013, 14, 8496-8516, 2013.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**. User's guide. Cary: SAS Institute, 2006.

SCHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, v.58, p.1518, 1984.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. 616p.

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

WEISS, W. Energy prediction equations for ruminant. In: Cornell Nutrition Conference For Feed Manufacturers, 61, Ithaca. **Proceeding**...Ithaca: Cornell University. 176-185. 1999.