

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EXTRATOS VEGETAIS DE *Morinda Citrifolia* L. (NONI)  
COMO ADITIVO ALIMENTAR PARA RUMINANTES

Autor: Luís Fernando de Sousa Caixeta  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kátia Cylene Guimarães

Rio Verde – GO  
Novembro – 2016

EXTRATOS VEGETAIS DE *Morinda Citrifolia* L. (NONI)  
COMO ADITIVO ALIMENTAR PARA RUMINANTES

Autor: Luís Fernando de Sousa Caixeta  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kátia Cylene Guimarães

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Zootecnia.

Rio Verde – GO  
Novembro – 2016

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

C133e Caixeta, Luís Fernando de Sousa  
EXTRATOS VEGETAIS DE *Morinda Citrifolia* L. (NONI)  
COMO ADITIVO ALIMENTAR PARA RUMINANTES / Luís  
Fernando de Sousa Caixeta; orientadora Kátia Cylene  
Guimarães; co-orientador Francisco Ribeiro Araújo  
Neto. -- Rio Verde, 2016.  
55 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto  
Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, 2016.

1. Extratos vegetais. 2. Nutrição animal. 3.  
Produção de gases. 4. Ruminantes. 5. Aditivos. I.  
Guimarães, Kátia Cylene, orient. II. Araújo Neto,  
Francisco Ribeiro, co-orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EXTRATOS VEGETAIS DE *Morinda Citrifolia L.* (NONI)  
COMO ADITIVO ALIMENTAR PARA RUMINANTES**

Autor: Luís Fernando de Sousa Caixeta  
Orientadora: Kátia Cylene Guimarães

*TITULAÇÃO:* Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia  
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADO em 21 de novembro de 2016.

  
Prof. Dr. Reginaldo Nassar Ferreira  
*Avaliador externo*  
UFG/Goiânia

  
Prof. Dr. Francisco Ribeiro de Araujo Neto  
*Avaliador interno*  
IF Goiano/ RV

  
Prof. Dr. Sérgio Lúcio Salomon Cabral Filho  
*Avaliador externo*  
UNB

  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Karen Martins Leão  
*Avaliadora interna*  
IF Goiano/ RV

  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Kátia Cylene Guimarães  
*Presidente da banca*  
IF Goiano/ RV

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, que permitiu a realização desse objetivo, pela força para superar os desafios e acreditar que seria possível, pela fé que tenho Nele, pois sem Ele nada sou.

Aos meus pais, Salvador Filho e Mariana, que sempre me apoiaram e incentivaram a continuar. Sei o quanto foi difícil para eles, mas nunca desistiram, adiando às vezes seus sonhos para que o meu se tornasse realidade. A eles minha eterna gratidão...

Aos meus irmãos, Salvador Neto e Luciana, pela compreensão e amizade.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kátia Cylene Guimarães, pelos anos de orientação, paciência e principalmente pelos conhecimentos transmitidos.

A todos os professores, pelos conhecimentos transmitidos.

À Patrícia Antônio, pela amizade e incentivo, sempre demonstrando apoio e proporcionando momentos inesquecíveis.

Aos colegas, em especial à Gabata Nathalia, Leticia Morais e Vanessa Souza, pela amizade e companheirismo. Sempre estivemos juntos...

Ao meu grande amigo Danilo Neiva, pela convivência, apoio e otimismo, sempre presente nessa caminhada.

A equipe do laboratório de Fisiologia da Digestão do UFG, que me acolheram tão bem durante o período que estive com eles, em especial ao Prof. Reginaldo Nassar, Cristine Cysneiros, Jean e Magner Evangelista.

Enfim a todos que de forma direta ou indireta colaboraram para minha formação, possibilitando que esse sonho se realizasse. Sei que foram muitos por isso o meu muito **OBRIGADO** a todos.

*“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo  
para a vitória é o desejo de vencer.”*

*Mahatma Gandhi*

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Luís Fernando de Sousa Caixeta, filho de Salvador Pereira Caixeta Filho e Mariana Ferreira de Sousa Caixeta, nascido em Orizona – GO em 31 de julho de 1991. Sua formação profissional iniciou em 2010, no curso superior de Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO. Em 2014, iniciou no Mestrado em Zootecnia na área de Produção Animal também pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, concluindo no ano de 2016.

## ÍNDICE

|  | Página |
|--|--------|
| ÍNDICE DE TABELAS .....  | VII    |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | VIII   |
| LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES .....  | IX     |
| RESUMO .....   | XI     |
| ABSTRACT .....   | XII    |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL .....  | 02     |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....   | 04     |
| 2.1. Aditivos na produção de ruminantes .....  | 04     |
| 2.2. Extratos vegetais como aditivos .....   | 06     |
| 2.3. Noni ( <i>Morinda citrifolia</i> ) .....  | 07     |
| 2.4. Avaliação de alimentos para ruminantes .....  | 08     |
| 2.5. Produção de gases .....   | 10     |
| 2.6. Modelos matemáticos para produção de gases .....  | 11     |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 13     |
| CAPÍTULO II Efeito da inclusão de extrato de noni ( <i>Morinda Citrifolia</i> ) sobre a cinética de fermentação ruminal em bovinos ..... | 19     |
| RESUMO .....   | 20     |
| ABSTRACT .....   | 21     |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 22     |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 22     |
| 2.1. Coleta dos frutos e preparo dos extratos .....  | 22     |
| 2.2. Experimento de produção de gases .....  | 23     |
| 2.3. Modelagem e Análise estatística .....   | 25     |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 27     |
| 3.1. Seleção de modelos para produção de gases .....   | 27     |
| 3.2. Comparação entre tratamentos utilizando identidade de modelos .....   | 30     |
| 4. CONCLUSÃO .....   | 33     |
| REFERÊNCIAS .....  | 34     |

**ÍNDICE DE TABELAS**

|   | Página |
|---|--------|
| Tabela 1. Descrição das funções não lineares utilizadas na modelagem da cinética ruminal .....  | 38     |
| Tabela 2. Critérios estatísticos de avaliação do ajuste dos modelos à cinética de fermentação dos tratamentos avaliados .....   | 39     |
| Tabela 3. Médias dos parâmetros cinéticos da fermentação ruminal de dietas com níveis de inclusão de diferentes tipos de extrato de noni ( <i>Morinda citrifolia</i> ) .....  | 42     |
| Tabela 4. Média dos parâmetros cinéticos da fermentação ruminal através do teste de identidade de modelo de regressão não linear e de igualdade de dietas com inclusão de diferentes tipos de extrato de noni ( <i>Morinda citrifolia</i> ) ..... | 43     |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

|   | Página |
|---|--------|
| Figura 1: Ajuste da curva de produção de gases aos modelos matemáticos testados .....   | 40     |
| Figura 2: Ajuste das curvas de produção de gases por extratos e níveis de inclusão, através do modelo Logístico bicompartimentado ..... | 41     |

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

**AC** – Extrato Acetônico;

**AGV** – ácidos graxos voláteis;

**AIC** – Critério de avaliação de Akaike;

**AOAC** – Association of Official Agricultural Chemists;

**AQ** – Extrato Aquoso;

**BIC** – Critério de Informação Baysiano de SCHARS;

**C<sub>2</sub>:C<sub>3</sub>** - Relação acetato:propionato;

**CH<sub>4</sub>** – Metano;

**CON** – Concentrado sem a adição de extrato;

**EB** – Extratos Bruto;

**EE** – Extrato Etéreo;

**ET** – Extrato Etanoico;

**FDN** – Fibra em Detergente Neutro;

**g** – Gramas;

**K1** – Taxa de produção de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell;

**K2** – Taxa de produção de gases produzido pela degradação da fração B2;

**L** – Tempo de colonização das bactérias (Lag Time);

**LCC** – Líquido de castanha de caju;

**LPC** – Lisofosfatidilcolina;

**mL** – Mililitros;

**MM** – Matéria Mineral;

**MS** – Matéria Seca;

**MO** – Matéria Orgânica;

**N** – N° de parâmetros do modelo;

**NIDA** – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido;

**NIDN** – Nitrogênio insolúvel em detergente neutro;

**NIRS** – Espectroscopia de refletância do infravermelho proximal;

**NIT** – N° de iterações.

**PB** – Proteína Bruta;

**pH** – Potencial hidrogeniônico;

**QME** – Quadrado médio do erro;

**R<sup>2</sup>** – Coeficiente de determinação;

**V1** – Volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell;

**V2** – Volume de gases produzido pela degradação da fração B2.

## RESUMO

O uso de dietas com aditivos em confinamentos merece destaque quando se objetiva a melhoria no desempenho animal, principalmente em ruminantes, uma vez que seus processos digestivos são advindos de complexas interações entre os microrganismos do ecossistema ruminal, e deles com o hospedeiro. Porém, o uso de aditivos, especialmente os ionóforos tem sido alvo de restrições pelos mercados importadores, diante da possibilidade de resíduos na carne. Como alternativa estão sendo avaliados os extratos vegetais, quem tem demonstrado ação positiva na fermentação microbiana ruminal. Dentre as variedades que apresentam potencial e características desejáveis está a *Morinda citrifolia*, conhecida popularmente como noni. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes extratos de noni, em três concentrações na cinética de fermentação ruminal, em dietas concentradas de bovinos. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente ao acaso (DIC), em que os tratamentos foram diferentes extratos de noni (bruto, etanoico, acetônico e aquoso) em níveis de inclusão de 5, 10 e 15 g/animal/dia. Adicionalmente utilizou-se uma testemunha, que consistiu no concentrado sem adição de extrato. O estudo da produção de gases foi realizado em duas etapas: 1) seleção da função não linear a ser utilizada e; 2) utilização de identidade de modelos para comparação entre os tratamentos. Na primeira, etapa a função logístico-bi compartimentado apresentou melhor ajuste aos dados de produção de gases. Na segunda etapa, os tratamentos foram comparados aos pares, e as maiores diferenças foram verificadas para os parâmetros V1 (volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell), V2 (volume de gases produzido pela degradação da fração B2) e L (Tempo de colonização das bactérias ou lag-time). Assim, associando maiores valores de produção de gases e menores valores de L, os extratos bruto e aquoso nas doses de 5 e 15 g/dia/animal, respectivamente, apresentaram os melhores valores.

**Palavras-chave:** Extratos vegetais; Nutrição animal; Produção de gases; Ruminantes.

## **ABSTRACT**

The use of feed additives in feedlots deserves special attention when the objective is improving animal performance, especially in ruminants, since their digestive processes are the result of complex interactions between the microorganisms of the ruminal ecosystem and the host. However, the use of additives, especially ionophores has been subject to restrictions by important markets, considering the possibility of residues in meat. As an alternative are being evaluated the plant extracts, who have demonstrated positive action in ruminal microbial fermentation. Among the varieties with potential and desirable characteristics is *Morinda citrifolia*, popularly known as noni. The objective of this study was to evaluate the effect of different extracts of noni, in three concentrations on ruminal fermentation kinetics, in concentrated diets of cattle. A completely randomized experimental design was used, where the treatments were different extracts of noni (crude, ethanoic, acetonic and aqueous) at inclusion levels of 5, 10 and 15 g.animal<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>. In addition, a control was used, which consisted of the concentrate without addition of extract. The study of the gas production was carried out in two stages: 1) selection of the nonlinear function to be used and; 2) use of identity model to compare treatments. In the first stage, the logistic-bi compartmentalized function had better adjustment to the gas production data. In the second stage, the treatments were compared in pairs, and the greatest differences were verified for the parameters V1 (volume of gases produced by the degradation of the fraction A + B1 of the Cornell System), V2 (volume of gases produced by the degradation of fraction B2 ) and L (Time of bacterial colonization or lag-time). Thus, associating higher values of gas production with lower values of L, crude and aqueous extracts at doses of 5 and 15 g.animal<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>, respectively, presented the best values.

Key words: animal nutrition, gas production, ruminants and vegetable extract



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o país que possui o maior rebanho bovino comercial do mundo. Dentro da cadeia de produção, a nutrição de ruminantes representa cerca de 60 a 70% dos custos, dessa forma a busca de alternativas alimentares de menores custos se torna necessária (Abdalla et al., 2008). Na nutrição animal, relacionar o conteúdo de nutrientes dos alimentos com seu aproveitamento digestivo e metabólico é essencial, sendo o processo de avaliação dos alimentos fundamental para a bovinocultura (Canesin et al., 2012).

As interações entre fatores de produção animal e o impacto ambiental causado por diversas atividades, tem direcionado discussões e pesquisas relacionadas com mudanças climáticas mundiais e o desenvolvimento de tecnologias nutricionais. Um dos temas dessas pesquisas é o uso de dietas balanceadas associadas ao uso de aditivos em confinamentos com o objetivo de evitar perdas de energia do animal durante a fermentação entérica (Oliveira, et al., 2014).

Do ponto de vista nutricional, o uso destas dietas com aditivos em confinamentos merece destaque, quando se objetiva a melhoria no desempenho animal, principalmente em ruminantes, uma vez que seus processos digestivos são advindos de complexas interações entre os microrganismos do ecossistema ruminal e deles com o hospedeiro (Soares, 2010).

A estratégia de utilização de aditivos e ingredientes alternativos na alimentação animal para a melhoria na eficiência alimentar, tem sido trabalhado há tempo por nutricionistas que buscam na modificação do ambiente ruminal reduzir as perdas de energia alimentar (Benchaar et al., 2008). Ingredientes classificados como aditivos alimentares e inseridos em pequenas proporções nas dietas dos animais, assim como os antibióticos ionóforos, têm sido utilizados com sucesso na alimentação de bovinos há mais de 50 anos. Porém é questionável o uso desse antibiótico na alimentação animal por acreditarem que esses produtos poderiam contribuir para o desenvolvimento de organismos resistentes, criando risco à saúde humana (Sarti, 2010).

Ocorrem também alguns fatores que limitam atualmente o uso de aditivos nutricionais, tais como: o alto custo de produtos disponíveis no mercado, não disponibilidade destes em áreas distantes de centros comerciais, impacto ambiental, resíduos nos alimentos, desenvolvimento de resistência aos anti-helmínticos pelos

nematoides (Melo et al., 2003), e redução da eficiência produtiva em animais de produção. Tais fatores favorecem pesquisas com produtos alternativos, como por exemplo: plantas com propriedades que exercem melhoria no desempenho animal através do controle de populações ruminais envolvidas nos processos fermentativos ineficientes ou prejudiciais ao desempenho animal (Brito, et al., 2013).

A partir de algumas plantas são extraídos extratos vegetais que atuam interagindo com a membrana celular microbiana inibindo o desenvolvimento de algumas bactérias ruminais gram-positivas e gram-negativas (Almeida, 2014). Dentre estas, encontra-se a *Morinda citrifolia* Linn, conhecida popularmente como Noni. Trata-se de uma pequena árvore de origem asiática cujo uso é bastante difundido (Neves et al., 2013). A obtenção e uso de extratos aquoso, alcoólico e acetônico do noni, possui atividade relevante na inibição do crescimento de certas bactérias *in vitro*. Este efeito antibacteriano pode estar relacionado à presença de compostos fenólicos presentes na planta, entretanto alguns estudos encontraram resultados controversos quanto às reais propriedades benéficas do consumo de noni. Alguns estudos sugerem que o uso indiscriminado e em altas doses do noni poderá ter efeitos deletérios e tóxicos ao animal (Costa, 2011).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aditivos na produção de ruminantes

A eficiência dos sistemas de produção de ruminantes é cada vez mais desafiada, não somente em relação aos custos ou ao seu impacto ambiental, mas também, ao fornecimento de produtos que atendam critérios de qualidade e segurança alimentar (Borba et al., 2014). Nesse contexto, nutricionistas têm trabalhado na modificação do ambiente ruminal com o propósito de melhorar a eficiência alimentar. A utilização de aditivos e ingredientes alternativos na alimentação animal é sem dúvida, uma estratégia tanto de redução dos custos da dieta bem como de melhorias na produção (Benchaar et al., 2008).

Segundo a Instrução Normativa N° 13 de 30 de novembro de novembro de 2004 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), em vigência, aditivos destinados a alimentação animal são substâncias ou microrganismos adicionados intencionalmente às dietas dos animais, em pequenas proporções, tendo ou não valor nutritivo, para melhorar os índices produtivos e a saúde dos animais (MAPA, 2004).

Os aditivos alimentares são um grupo de ingredientes da ração que são utilizados com o objetivo de causar uma resposta desejável ao animal, como mudança de pH, promotor de crescimento ou modificador metabólico. E podem ser ou não considerados como nutrientes de acordo com a legislação do dia 15 de maio de 2009 (MAPA, 2009). Além dessas funções, podem ser utilizados também como forma de promover melhorias na saúde animal, reguladores da flora intestinal, palatabilizantes, podem aumentar ou diminuir a ingestão de alimentos, tudo isso sem modificar as características nutricionais da ração.

Segundo Reis et al. (2006) há grande variedade de aditivos alimentares com potencial para influenciar alguns componentes do metabolismo do rúmen, incluindo inibidores da produção de metano, da proteólise, da deaminação, antibióticos, agentes defaunantes, enzimas microbianas, alimentação com ácidos graxos e lipídios, agentes tamponantes e saliva artificial, aumento na produção de propionato pela ação de ionóforos, probióticos, aditivos microbianos e surfactantes não iônicos.

Os ionóforos, como a monensina sódica, são grupo de aditivos que exercem melhoria no desempenho animal, através do controle de populações ruminais envolvidas

nos processos fermentativos ineficientes ou prejudiciais ao desempenho animal. Esses aditivos exercem função depressora em bactérias gram-positivas e em algumas espécies de protozoários e fungos ruminais. O modo de atuação desses aditivos consiste em desbalancear o equilíbrio hidroeletrólítico dos microrganismos através da facilitação à entrada de íons nas células microbianas, exigindo delas gasto excessivo de energia para desempenhar suas funções metabólicas (Soares, 2010).

As bactérias são classificadas em dois grandes grupos: gram-positivas e gram-negativas. As gram-negativas possuem parede celular e uma membrana externa de proteção com canais (orifícios que ligam o meio intracelular ao extracelular) com aproximadamente 600 Dalton. Já as gram-positivas apresentam apenas uma membrana porosa, não seletiva, sendo, portanto sensíveis à ação dos ionóforos (Morais et al., 2006).

O uso de aditivos em dietas animais atualmente é motivo de discussão devido à pressão da opinião pública, formatada por matérias sensacionalistas veiculadas na mídia e na imprensa. Para o público em geral, aditivos são frequentemente confundidos com “hormônios”, causando rejeição negativa imediata, situação também enfrentada quando se declara o uso de aditivos químicos sintéticos nas rações animais, mesmo aqueles similares aos produzidos na natureza e usados como suplementos nutricionais (Aminoácidos, vitaminas e provitaminas) (Oliveira, et al., 2014).

O questionamento sobre o uso de antibióticos na alimentação animal tem aumentado, por crerem que esses produtos poderiam contribuir para o desenvolvimento de organismos resistentes, criando risco à saúde humana (Sarti, 2010). Nesse sentido, a União Europeia baseando-se no “princípio da precaução”, mesmo na ausência de dados científicos conclusivos, adotaram “postura preventiva”, banindo o uso de antibiótico na alimentação animal e a importação de carnes de animais que receberam antibióticos como promotores de crescimento (Brugalli, 2003).

Dessa forma, o uso de aditivos ainda é uma questão que gera polêmica e vem agregada de preconceito, por se tratar do uso de substâncias ainda pouco estudadas, mas com benefícios comprovados. Eles podem ser utilizados diante de determinadas normas para que não deixem resíduos nos alimentos e derivados (Souza et al., 2008). Ressaltando que os aditivos devem ser utilizados como um refinamento da dieta, para que possa responder com máxima eficiência, demonstrando assim todo o potencial genético do animal (Faria, 2014).

## 2.2. Extratos vegetais como aditivos

Os extratos vegetais extraídos de determinadas plantas podem interagir com a membrana celular microbiana e inibir o desenvolvimento de algumas bactérias ruminais gram-positivas e gram-negativas. A adição de alguns destes extratos de plantas no rúmen tem promovido a diminuição da relação acetato/propionato, com a consequente redução da produção de metano no rúmen (Chagas, 2011).

Pickler et al. (2011) descreveram que os princípios ativos são compostos químicos com baixo peso molecular derivados do metabolismo secundário das plantas. Estes princípios podem estar presentes em toda a planta ou em determinadas partes, conferindo a elas atividade terapêutica ou de efeitos benéficos. Os que mais se destacam são os glucosídeos, alcaloides, compostos fenólicos e polifenólicos, terpenoides, saponinas, flavonoides, mucilagens e óleos essenciais. Estes compostos são produzidos pelas plantas para defesa contra fatores externos como estresse fisiológico, fatores ambientais, proteção contra predadores e patógenos (Huyghebaert, 2003). Porém, em contato com o organismo animal, exercem diferentes efeitos.

Peres (2007) relatou que, ao utilizar o extrato bruto, que são compostos nos quais todas as moléculas são extraídas na sua totalidade, sem que nenhuma seja especificamente isolada, é promovido no organismo um efeito sinérgico benéfico devido aos inúmeros efeitos que estas substâncias podem ocasionar no metabolismo animal. Por outro lado, é preciso atenção com metabólitos que compõem o extrato e que possam apresentar características tóxicas quando aplicados em altas dosagens (Traesel et al., 2011).

Considerando a variedade de plantas existentes, constituídas por inúmeras substâncias, o grande desafio na utilização de extratos vegetais como aditivos alimentares consiste na identificação e quantificação dos efeitos exercidos pelos diferentes componentes neles presentes sobre o organismo animal (Kamel, 2000).

Os extratos vegetais possuem considerável variação no conteúdo de compostos ativos, por causa da variedade das plantas cultivadas, condições de crescimento, métodos de processamento, entre outras. Com isso, se torna difícil estabelecer a dosagem correta de cada extrato vegetal em dietas para animais (Almeida, 2014).

Os extratos vegetais diferem no seu método de obtenção e extração. São produtos resultantes das seguintes operações: extração (por solvente) e concentração (pela evaporação do líquido extrator) de um vegetal pré-preparado. O processo de extração é quase sempre a percolação e a concentração, que se faz até diferentes níveis

(Massambani, 2009). Quando todas as moléculas são extraídas na sua totalidade os extratos vegetais são chamados extrato bruto, mas seus princípios ativos podem ser especificamente isolados por meio de diferentes métodos de extração. Desta forma, o método de obtenção de um extrato vegetal deve ser escolhido conforme as características intrínsecas (químicas e físicas) previamente conhecidas da espécie vegetal (Santana, 2013).

Diversos estudos demonstram a eficiência dos extratos vegetais na dieta de bovinos de corte sobre o desempenho dos animais. Embora os resultados de alguns estudos que avaliam estes aditivos contrariem um ao outro, parece haver uma tendência sugerindo que os extratos de plantas, ou pelo menos alguns dos constituintes destes, podem possuir aplicações como agentes antimicrobianos na fermentação ruminal (Griggs e Jacob, 2005).

### **2.3. Noni (*Morinda citrifolia*)**

A planta *Morinda citrifolia* Linn, conhecida popularmente como noni, é originária do sudeste da Ásia e Austrália e, posteriormente distribuída em toda a região do Pacífico, principalmente nas ilhas da Polinésia Francesa, onde se situa o Taiti. A *Morinda citrifolia* é perene, de clima tropical e temperado, frequentemente cresce em áreas florestais e em regiões costeiras, com cerca de 400 metros acima do nível do mar (Lubeck e Hannes, 2001). Era uma das plantas que os colonizadores polinésios do Havaí mais valorizavam e a utilizavam como medicamento e como corante (Nelson, 2006).

A *M. citrifolia* é uma árvore ou arbusto de três a seis metros (m) de altura, com folhas de tom verde brilhante, profundas e ovaladas, variando de 10 a 30 cm de comprimento. As flores tubulares são brancas e o fruto tem forma ovoide coberto por seções em formas poligonais castanhas, variando da cor verde para amarelo ou branco translúcido quando maduros, podendo chegar a pesar 800 gramas (g). O fruto maduro tem odor butírico desagradável (Potterat & Hamburger, 2007).

O fruto contém 90% de água e os principais componentes da matéria seca são sólidos solúveis, fibras alimentares e proteínas. Em quantidade substancial, estão os carboidratos, incluindo proporções variáveis de sacarose, frutose e glicose. As vitaminas encontradas em maior quantidade no fruto são o ácido ascórbico e provitamina A. O noni é uma fruta rica em polifenóis (51,1mg GAE/100g) (Correia et al., 2011).

O noni é um fruto rico em vitaminas, proteínas e minerais. As partes da planta do noni são praticamente todas aproveitadas e a cada uma delas são atribuídas propriedades medicinais diferentes (Rodriguez e Pinedo, 2004). A parte da planta de mais ampla utilização é o fruto, com várias aplicações: antibactericida, analgésica, anticongestiva, antioxidante, expectorante, anti-inflamatória, adstringente, emoliente, laxativa, hipotensora, purificadora do sangue, imune estimulante e tônica (Elkins, 1997).

No fruto maduro, foram identificados em torno de 51 compostos voláteis, incluindo ácidos orgânicos, alcoóis, ésteres, cetonas e lactonas (Chan-Blanco et al., 2006). Entre os compostos fenólicos encontrados nos frutos, os flavonoides e os ácidos fenólicos são os que mais se destacam, sendo considerados os antioxidantes fenólicos mais comuns de fontes naturais. Ambos são metabólitos secundários e estão amplamente distribuídas no reino vegetal, sendo, desta maneira, encontradas em frutas e outros vegetais (Broizini et al., 2007).

Estudos relataram que o noni exibe uma atividade relevante na inibição do crescimento de certas bactérias *in vitro*, como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus morgani*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*, *Salmonella* e *Shigella*. Este efeito antibacteriano pode estar relacionado à presença de compostos fenólicos presentes na planta, como alizarina, escopoletina e outras antraquinonas (Costa, 2011). Estes compostos são responsáveis por prevenir o ataque de bactérias infecciosas (Wang et al., 2002).

Entretanto alguns estudos encontraram resultados controversos quanto às reais propriedades benéficas do consumo de noni. Alguns estudos sugerem que o uso indiscriminado e em altas doses do noni pode ter efeitos deletérios à saúde (Costa, 2011).

#### **2.4. Avaliação de alimentos para ruminantes**

A avaliação de alimentos é um dos principais pontos a serem considerados na nutrição animal, diz respeito à utilização de métodos para descrever alimentos, e a sua capacidade de interferir em diferentes tipos e níveis de desempenho animal. A nutrição animal é uma ciência bastante dinâmica, está frequentemente utilizando novas tecnologias e estratégias para melhorar o aproveitamento dos alimentos e buscando novas metodologias para responderem às demandas emergenciais (Canesin et al., 2012).

A maior ênfase é dada à determinação da composição química específica, embora as características físicas dos alimentos também sejam importantes. O objetivo prático de avaliação de alimentos é otimizar a eficiência de utilização para os animais, e o retorno financeiro ao produtor. Diante disso, é importante estabelecer o potencial dos alimentos e a necessidade de suplementos apropriados, a fim de superar as deficiências nutricionais e elevar o nível de desempenho. Atualmente, as pesquisas têm buscado relacionar o conteúdo de nutrientes dos alimentos com seu aproveitamento digestivo e metabólico (Berchielli et al., 2011).

A avaliação de alimentos para a nutrição de ruminantes deve considerar que o valor nutritivo depende, além de sua composição, de vários outros fatores que atuam simultaneamente e que resultarão, ao final, na melhoria do desempenho animal. Analisar isoladamente estes fatores não é simples, pois, na maioria das vezes, eles são interdependentes e, fora do contexto, não são significativos (Ferreira et al., 2009).

Na nutrição de ruminantes, dois são os principais sistemas de caracterização química dos alimentos: o sistema proximal, também conhecido como Weende, e o sistema das fibras, também conhecido como Van Soest. As análises do sistema de Weend têm sido usadas por quase 150 anos e os procedimentos são seguidos conforme a Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1995), sendo desenvolvido, em 1864, por cientistas alemães, envolve a determinação da matéria seca, matéria mineral ou cinzas, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e extrato não nitrogenado. O sistema de Van Soest é mais recente e foi descrito por Van Soest & Wine (1967) na Cornell University. Permite identificar os constituintes vegetais, em conteúdo e parede celulares, através da extração da biomassa da planta, com detergente neutro, para deixar um resíduo fibroso, predominantemente: hemicelulose, celulose e lignina ou com detergente ácido para deixar resíduos de celulose e lignina. Esse método também é utilizado no fracionamento do nitrogênio, com a determinação do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), adotado em sistemas atuais de exigências nutricionais.

A espectroscopia de refletância do infravermelho proximal (NIRS) também tem sido adotada para determinação da composição dos alimentos. Em termos de exatidão, precisão, velocidade e custo por unidade de análise, a técnica NIRS, desde que seja calibrada corretamente, é preferível aos métodos laboratoriais tradicionais.

A caracterização dos alimentos feita por essas técnicas fornece dados extremamente importantes para a nutrição animal, mas o aproveitamento destes

nutrientes pelos animais é praticamente impossível de ser predito apenas através destas análises.

Uma das maneiras de estimar a qualidade dos alimentos, assim como a taxa de digestão, é através da digestibilidade e degradabilidade, as quais podem ser verificadas em quatro maneiras, sendo elas: Digestibilidade *in vivo*: consiste na utilização de animais e quanto maior a quantidade de animais melhor será a confiabilidade dos resultados do trabalho, Degradabilidade *in situ*: esta necessita de animais em menor quantidade, sendo necessário processo cirúrgico (Rumenotomia), Degradabilidade ou Digestibilidade *in vitro*: trabalha com equipamentos capazes de simular um dos principais compartimentos (Rúmen) dos animais ruminantes, necessitando apenas de dois animais responsáveis pelo fornecimento do inoculo, e por último a Degradabilidade *in vitro* com produção de gás: utiliza equipamentos que determinarão a fração digestível dos alimentos via produção cumulativa de gás (Morais et al., 2011).

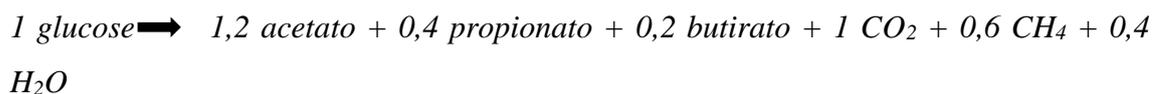
## 2.5. Produção de gases

A técnica *in vitro* de produção de gases é similar às demais metodologias de digestibilidade *in vitro*, que usam alimentos moídos, meio anaeróbio e inóculo preparado a partir da mistura de microrganismos ruminais. Por simular exclusivamente o ambiente ruminal, a produção de gases *in vitro* está mais relacionada à fermentação que ocorre no rúmen que a digestibilidade que ocorre no trato todo, e inclui processos de digestão enzimática, absorção e fermentação no ceco. (Silva, 2013).

A técnica de produção de gás (Menke et al.,1979; Pell & Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994) consiste, basicamente, em medir a produção total de gás liberado pela fermentação de amostra incubada, em líquido ruminal tamponado. Este sistema possui duas principais vantagens: o produto final medido (gás) é um resultado direto do metabolismo microbiano, em vez de gravar o desaparecimento do substrato e a formação de produtos final da fermentação pode ser monitorada em intervalos curtos de tempo e, por conseguinte, a cinética de fermentação pode ser descrita com precisão principalmente nos estágios iniciais (Silva et al., 2015).

Entretanto, algumas desvantagens são atribuídas a estas técnicas, entre elas estão o fato de geralmente usarem amostras reduzidas dificultando a homogeneização da amostra estudada e a dificuldade de padronização dos inóculos dos diferentes estudos o que dificulta maior exatidão dos dados (Krishnamoorthy et al., 2005).

O processo fermentativo ruminal envolve uma série de reações exo-energéticas catalisadas pelas células microbianas. A energia dos alimentos para ruminantes é geralmente fornecida pelos carboidratos. O desdobramento desta energia dos carboidratos é feito inicialmente no rúmen, através da ação fermentativa ruminal. Além da produção de massa microbiana, a fermentação de 1 mol de glucose, por exemplo, produz 1,6 mol de gases (CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) e 1,8 mol de ácidos graxos de cadeia curta, conforme a reação teórica citada por Schofield (2000):



Se a fermentação ocorreu em meio tamponado com bicarbonato (pH 6,5), os ácidos graxos de cadeia curta (AGV`s) reagirão com o tampão gerando 1,8 mol de CO<sub>2</sub>. Esta produção é conhecida como produção indireta de gases.

A produção de gases é diretamente proporcional à fermentação microbiana do alimento e, como pode ser medida a intervalos frequentes, permite avaliar o modo como ocorre o ataque microbiano na produção do alimento no rúmen. Esta técnica permite estimar a qualidade nutricional dos alimentos por meio da degradabilidade do alimento *in vitro*, em função da produção cumulativa dos gases CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> liberados durante a fermentação da amostra incubada em líquido ruminal tamponado (Pell; Schofield, 1993; Theodourou et al., 1994).

A técnica de produção de gases é simples e de baixo custo, o que a torna atrativa para qualquer laboratório envolvido em estudos de alimentos para ruminantes. A sua investigação envolve um animal canulado no rúmen e permite o trabalho com várias amostras por corrida. São vantagens da técnica de produção de gases e a possibilidade de processar grande número de amostras em curto espaço de tempo (Barcelos et al., 2001).

## 2.6. Modelos matemáticos para produção de gases

A técnica *in vitro* de produção de gases, permite a avaliação de alimentos de forma cinética, ou seja, fornece informações sobre o padrão de fermentação por meio de parâmetros matemáticos definidos em função do tempo. Porém, tais parâmetros são obtidos através de regressões não lineares de modelos matemáticos desenvolvidos pela nutrição de ruminantes, que utilizam como substrato fermentativo alimentos em sua

forma natural, contendo além da parede celular vegetal o conteúdo celular (SCHOFIELD & PELL 1995).

Desse modo, os modelos matemáticos, por definição são equações que devem simular um evento biológico, estimando valores de forma cinética através dos dados observados. Assim, a avaliação de modelos matemáticos a partir de informações específicas produzidas por meio do processo de digestão dos ruminantes por exemplo: tipo de alimento utilizado, ambiente fermentativo do rúmen e tempo de retenção, fornecem informações que permitem ajustes da cinética de fermentação, respeitando a fisiologia da digestão da espécie (SILVA et al., 2010).

O ajuste de modelos matemáticos é uma ferramenta utilizada na nutrição animal para descrever eventos biológicos, tais como: passagem da digesta pelo trato digestivo, degradação de nutrientes, cinética de produção de gases. Em todos os casos, os parâmetros dos modelos precisam ser significativos, tanto matemática quanto biologicamente (VIEIRA et al., 2012).

A cinética de fermentação do volume de gás produzido pelo tempo de incubação, quando descrita matematicamente possibilita a análise quantitativa dos dados, assim como informações relativas à composição do substrato e características do ambiente fermentativo (GROOT et al., 1996). Tem sido proposto inúmeros modelos nas últimas décadas, a fim de descrever e interpretar a cinética de produção de gases *in vitro* (WANG & TAN., 2011).

As curvas de produção de gases caracterizam-se por apresentar forma sigmoideal, podendo ser distinguidas três fases: inicial de baixa produção, fase exponencial de rápida produção e uma fase assintótica de lenta ou inexistente produção de gases (Farias et al., 2011). O modelo de melhor ajuste a cinética de produção de gases dos valores obtidos pela técnica *in vitro* deve ser capaz de modelar variações da curva sem ponto de inflexão, bem como de curvas sigmóides em que o ponto de inflexão é variável. Não se deve utilizar indiscriminadamente um único modelo para todos os tipos de substrato, sendo fundamental a avaliação de diferentes modelos em cada situação (France et al., 2005).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. **Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, n. spe, p. 260-268, 2008.
- ALMEIDA, M.T.C. **Glicerina bruta associada a aditivos na alimentação de bovinos de corte**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 63 f. – Jaboticabal, 2014.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA PECUÁRIA**. BELING, R.R.; MÜLLER, I. EDITORA GAZETA SANTA CRUZ LTDA. CNPJ 04.439.157/0001-79 Rua Ramiro Barcelos, 1.224, CEP: 96.810-900, Santa Cruz do Sul, RS. 2015.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. v.1, p.4/1 – 4/30.
- BARCELOS A. F., PAIVA P. C. A., PERÉZ J. R. O., TEIXEIRA J. C., CARDOSO R. M. **Avaliação da Casca e da Polpa Desidratada de Café (Coffea arabica L.) pela Técnica de Degradabilidade In vitro de Produção de Gás**. Revista brasileira de zootecnia, 30(6):1829-1836, 2001.
- BENCHAAR, C.; CASALMIGLIA, S.; CHAVES, A. V.; FRASER, G. R.; COLOMBATTO, D.; MCALLISTER, T. A.; BEUCHEMIN, K. A. **A review of plantderived essential oils in ruminant nutrition and production**. Animal Feed Science and Technology, v. 145, p. 209-228, 2008.
- BERCHIELLI, T.T.; VEGAGARCIA, A.; OLIVEIRA, S.G. **Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição**. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds). Nutrição de Ruminantes. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p.565-600.
- BORBA, A.M.; WRITZL, A.C.; TEIXEIRA, V.R.; KOZLOSKI, G.; ORLANDI, T.; OLIVEIRA, L. **Avaliação do uso de extrato tanífero vegetal como suplemento dietético para vacas leiteiras em lactação**. Salão do Conhecimento – Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Social. Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica. IJUÍ – RS 2014.

- BRITO, D. R. B.; FERNANDES, R. M. **Ação anti-helmíntica da *Morinda citrifolia* (noni) sobre *Heterakis gallinarum***. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1775-1782, jul./ago. 2013.
- BROINIZI, P. R. B.; WARTHA, E. R. S. DE A.; SILVA, A. M. DE O. E.; NOVOA, A. J. V.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. **Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale L.*)**. Ciência Tecnologia Alimentos, v.27, n. 4, p. 902-908. 2007.
- BRUGALLI, I. **Alimentação alternativa: a utilização de fitoterápicos ou nutracêuticos como moduladores da imunidade e desempenho animal**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas, SP. Anais... Campinas: CBNA, v.1, p.167-182, 2003.
- CANESIN, R.C.; FIORENTINI, G.; BERCHIELLI, T.T. **Inovações e desafios na avaliação de alimentos na nutrição de ruminantes**. Revista Brasileira Saúde Produção Animal. v. 13, n. 4, p. 938-953, Salvador, 2012.
- CHAGAS, L. J. **Óleos funcionais como alternativa a ionóforos na alimentação de bovinos de corte**. BeefPoint - ponto de encontro da cadeia da carne. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br>, Acesso em: 20/06/2015.
- CHAN-BLANCO, Y.; VAILLANT, F.; PEREZ, A. M.; BELLEVILLE, M.; ZUNIGA, C.; BRAT, P. **The ripening and aging of noni fruits (*Morinda citrifolia L.*): microbiological flora and antioxidant compounds**. Journal of the Science of Food and Agriculture., v. 87, n. 9, p. 1710-1716, Jul. 2007.
- CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A. **Caracterização química e físicoquímica da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará**. Alimentos e Nutrição, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.
- COSTA, A.B. **Atividade antioxidante *in vitro* e antifúngica do noni (*Morinda citrifolia L.*)**. Universidade Federal do Piauí Centro de Ciências da Saúde Departamento de Nutrição Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição. Teresina 2011.
- ELKINS, R. **Noni (*Morinda citrifolia*) la hierba preciada del pacifico sur**. Utah: Woodland Publishing, p.31, 1997.

- FARIA, N, B.; Artigos Técnicos **Aditivos zootécnicos**: quando usar? Escrito em 07/07/2014. <http://rehagro.com.br/plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=2146>  
Rehagro Acessado em:26/09/14.
- FARIAS, L.N.; VASCONCELOS, V.R.; CARVALHO, F.F.R.; SARMENTO, J.L.R. **Avaliação dos modelos logístico bicompartimental e de Gompertz na estimativa da dinâmica de fermentação ruminal *in vitro* do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*)**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.63, n.1, p.136-142, 2011.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; PAIXÃO, M.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D. **Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes**: digestibilidade. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.8, p.1568-1573, 2009.
- FRANCE, J.; LOPEZ, S.; KEBREAB, E.; BANNINK, A.; DHANOA, M. S.; DIJKSTRA, J. **A general compartmental model for interpreting gas production profiles**. Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v. 123-124, n. 1, p. 473-485, 2005.
- GRIGGS, J. P.; JACOB, J. P. **Alternatives to Antibiotics for Organic Poultry Production**. Journal Applied Poultry Research, v. 14, p. 750–756, 2005.
- GROOT, J. C. J., et al. **Multiphasic analysis of gas production kinetics for in vitro fermentation of ruminant feeds**. Animal Feed Science and Technology, v. 64, p. 77- 89, 1996.
- HUYGHEBAERT, G. **Replacement of antibiotics in poultry**, In: EASTERN NUTRITION CONFERENCE, v. 80, Quebec City. Anais... Quebec City: UON, p. 1-23, 2003.
- LANGHOUT, P. **New additives for broiler chickens**. World Poultry, v.16, n.3, p.22-27, 2000.
- LUBECK, W; HANNES, H. **Noni el valioso tesoro de los mares del sur**. Madrid: EDAF S. A., p.173, 2001.
- KRISHNAMOORTHY, U. et al. **The in vitro gas production technique: Limitations and opportunities**. Animal Feed Science and Technology, v. 123/124, n. 1, p. 1-7, 2005.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **Instrução Normativa no 13, de 30 de novembro de 2004**. Sistema de Legislação Agrícola Federal. Brasília: MAPA, 2004. Disponível em:

[HTTP://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=10195](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=10195). Acesso em: 15 dez. 2013.

- MAPA, **Ministério da agricultura e abastecimento**. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br> Acessado em:25/09/14.
- MASSAMBANI, O. **Coletânea de Respostas Técnicas**, Agência USP de Inovação, v.21 p. 198-199, 2009.
- MELO, A. C. F. L.; REIS, I.F.; BEVILAQUA, C.M.L.; VIEIRA, L.S.; ECHEVARRIA, F.A.M.; MELO, L.M. **Nematódeos resistentes a anti-helmínticos em rebanhos de ovinos e caprinos do estado do Ceará, Brasil**. *Ciência Rural*, v.33, p.339-344, 2003.
- MENKE, B.K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A. **The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro**. *Journal of Agricultural Science*, v.93, p.217-223, 1979.
- MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; VEGA, A.; QUEIROZ, M.F.S.; KELI, A.; REIS, R.A.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; SOUZA, S.F. **The validity of n-alkanes to estimate intake and digestibility in Nellore beef cattle fed a tropical grass (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu)**. *Livestock Science*, v.135, p.184-192, 2011.
- MORAIS, J.A.S., BERCHIELLI, T.T., REIS, A.R. **Aditivos**. In: Berchielli, T.T.; PIRES A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.539 - 561, 2006.
- NELSON, S. C; ELEVITCH, C. R. **Noni: the complete guide for consumers and growers**. Permanent Agriculture Resources, Holualoa-Hawaii, 2006.
- NEVES, R.L.P.; LAMEIRA, O.A.; RIBEIRO, F.N.S.; PORTAL, K.V.P. **Avaliação fenológica da espécie *Morinda citrifolia* Linn**. 17º Seminário de Iniciação Científica e 1º Seminário de Pós-graduação da Embrapa Amazônia Oriental. Belém-PA, 21 a 23 de agosto de 2013.
- OLIVEIRA, E.R.; MONÇÃO, F.P.; GÓES, R.H.T.B.; GABRIEL, A.M.A.; PAZ, I.C.L.A.; NAAS, I.A.; SANTOS, R.C.; MOURA, L.V. **Bioprodutos do cerrado: alternativas alimentares na redução da emissão de metanos em bovinos – estudo de caso**. *Revista Agrarian*, v. 7, n. 24, p. 369-381, Dourados, 2014.

- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. **Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro***. Journal of Dairy Science, v.76, p.1063-1073, 1993.
- PERES, L. E. P. **Metabolismo Secundário**. 2007. Disponível em: <http://www.ciagri.usp.br/metsec.pdf>. Acesso em: 03 de janeiro de 2014.
- PICKLER, L.; SANTIN, E.; SILVA, A.V.F. **Alternativas aos antibióticos para equilibrar a microbiota gastrointestinal de frangos**. Archives of Veterinary Science. v.16, n.3, p.1-13, 2011.
- POTTERAT, O.; HAMBURGER, M. ***Morinda citrifolia* (noni) fruit - Phytochemistry, Pharmacology, Safety**. Planta Medica, v. 73, n. 3, p. 191-199, 2007.
- REIS. A. R.; MORAIS. S. A. J.; SIQUEIRA. R. G.; **Aditivos alternativos para a alimentação de ruminantes**, IN: II Congresso Latino-Americano de Nutrição 35 Animal (II CLANA) Palestra Técnica Realização: CBNA - AMENA - 10 a 13 de abril de 2006 – São Paulo, SP.
- RODRIGUEZ, F. M.; PINEDO, D. M. **Mito y realidad de *Morinda citrifolia* L. (noni)**. Revista Cubana de Plantas Medicinales, v. 9, n. 3, 2004.
- SARTI, L.M.N. **Efeito da suplementação com anticorpos policlonais e/ou monensina sódica sobre a saúde ruminal de bovinos jovens confinados**. 2010, 103p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- SCHOFIELD P.; PELL, A. N. **Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses**. Journal of Animal Science. v. 73, p. 3455 – 3463, 1995.
- SILVA, L.H.X.; GOES, R.H.T.B.; CARNEIRO, M.M.Y.; BURIN, P.C.; OLIVEIRA, E.R.; SOUZA, K.A.; ÍTAVO, L.C.V.; BRANCO, A.F.; OLIVEIRA, R.T. **Produção total de gases e degradabilidade *in vitro* de dietas com torta de girassol**. Arch. Zootec. 64 (248): 365-371. 2015.
- SILVA, R. B. **Substituição do farelo de soja por torta de crambe para ovinos em crescimento**. 557 Dissertação (Mestrado em Produção e Nutrição de Ruminantes) Universidade Federal de 558 Lavras, UFLA, Lavras – MG 2013.
- SILVA, V. P.; et al. **Degradação cecal *in situ* de alimentos volumosos em equinos**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 2, p. 349-355, 2010.

- SOARES, S.B. **Fontes de lipídeos associados com ionófero para cordeiros em confinamento**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Produção Animal. UFVJM, p.68, Diamantina MG, 2010.
- SOUZA, V. R.; SILVA, O. V.; **Implicações do uso de aditivos na alimentação animal: Resíduos e barreiras e exportações**, 2008.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; MCALLAN, A.B.; FRANCE, J. **A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds**. *Animal Feed Science and Technology*, v.48, n.1, p.185-197, 1994.
- TRAESEL, C. K., LOPES, S. T. DOS A.; WOLKMER, P.; SCHMIDT, C.; SANTURIO, J. M.; ALVES, S. H.. **Óleos essenciais como substituintes de antibióticos promotores de crescimento em frangos de corte: perfil de soroproteínas e peroxidação lipídica**. *Ciência Rural*, v.41, n.2, p. 278-284, 2011.
- SANTANA, R. O. **Extratos brutos de barbatimão e pacari na dieta como melhorador de desempenho para frangos de corte**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, 2013.
- SCHOFIELD, P. **Gas production methods**. In: D`MELLO, J.P.F. (Ed.) *Farm animal metabolism and nutrition*. Wallingford: CAB Publishing, 2000. Cap.10, p.209-232.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. **Use of detergent in the analysis of farmers feeds**. IV. Determination of plant cell wall constituents. *Journal of AOAC*, v.50, p.50-55, 1967.
- VIEIRA, R. A. M., et al. **Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ**. *Animal Feed Science and Technology*, v. 171, p. 154-165, 2012.
- WANG, M.; et al. **Modeling *in vitro* gas production kinetics: Derivation of Logistic–Exponential (LE) equations and comparison of models**. *Animal Feed Science and Technology*, v. 165, p. 137-150, 2011.
- WANG, M.Y.; WEST, B.J.; JENSEN, C.J.; NOWICKI, D.; SU, CH.; PALU, A.; ANDERSON, G. **Morinda citrifolia (Noni): A literature review and recent advances in noni research**. *Acta Pharmacologica Sinica*. v. 23, n. 12, p. 1127 - 1141, 2002.

## **CAPITULO II**

**EFEITO DA INCLUSÃO DE EXTRATO DE NONI (*MORINDA  
CITRIFOLIA*) SOBRE A CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO  
RUMINAL EM BOVINOS**

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes extratos de noni, em três concentrações na cinética de fermentação ruminal em dietas concentradas de bovinos. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente ao acaso (DIC), em que os tratamentos foram diferentes extratos de noni (bruto, etanoico, acetônico e aquoso) em níveis de inclusão de 5, 10 e 15 g/animal/dia. Adicionalmente utilizou-se uma testemunha, que consistiu no concentrado sem adição de extrato. O estudo da produção de gases foi realizado em duas etapas: 1) seleção da função não linear a ser utilizada e; 2) utilização de identidade de modelos para comparação entre os tratamentos. Na primeira etapa, a função logístico-bicompartmentada apresentou melhor ajuste aos dados de produção de gases. Na segunda etapa, os tratamentos foram comparados aos pares, sendo avaliados os parâmetros cinéticos de fermentação ruminal V1 (volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell), V2 (volume de gases produzido pela degradação da fração B2), k1 (Taxa de produção de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell), k2 (Taxa de produção de gases produzido pela degradação da fração B2) e L (Tempo de colonização das bactérias ou lag-time). Sendo que as maiores diferenças foram verificadas para os parâmetros V1, V2 e L. Assim, associando maiores valores de produção de gases e menores valores de L, os extratos bruto e aquoso nas doses de 5 e 15 g/dia/animal, respectivamente, apresentaram os melhores valores.

**Palavras chave:** Nutrição animal; Extratos vegetais; Ruminantes; Aditivos.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effect of different extracts of noni, in three doses on ruminal fermentation kinetics, in concentrated diets of cattle. A completely randomized experimental design was used, where the treatments were different extracts of noni (crude, ethanoic, acetonic and aqueous) at inclusion levels of 5, 10 and 15 g.animal<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>. In addition, a control was used, which consisted of the concentrate without addition of extract. The study of the gas production was carried out in two stages: 1) selection of the nonlinear function to be used and; 2) use of identity model to compare treatments. In the first stage, the logistic-bi compartmentalized function had better adjustment to the gas production data. In the second stage, the treatments were compared in pairs, and the greatest differences were verified for the parameters V1 (volume of gases produced by the degradation of the fraction A + B1 of the Cornell System), V2 (volume of gases produced by the degradation of fraction B2) and L (Time of bacterial colonization or lag-time). Thus, associating higher values of gas production with lower values of L, crude and aqueous extracts at doses of 5 and 15 g.animal<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>, respectively, presented the best values.

**Key words:** additives, animal nutrition, ruminants and vegetable extract

## **INTRODUÇÃO**

Os sistemas de produção de ruminantes tornam-se cada vez mais eficientes, não somente em relação aos custos ou ao seu impacto ambiental, mas também, ao fornecimento de produtos que atendam critérios de qualidade e segurança alimentar (Silva et al., 2015). Nesse contexto, tem-se desenvolvido pesquisas com o propósito de modificar o ambiente ruminal, com conseqüente aumento da eficiência alimentar. Sendo assim, os aditivos têm a função de beneficiar a saúde animal, promover o crescimento, regular a flora intestinal e melhorar a palatabilidade, podendo aumentar ou diminuir ingestão de alimentos sem modificar as características nutricionais da ração. Porém, o uso de aditivos, especialmente os ionóforos tem sido alvo de restrições pelos mercados importadores, diante da possibilidade de resíduos na carne (Rodrigues et al., 2012).

Como alternativa aos ionóforos, estão sendo avaliados os extratos vegetais, que têm demonstrado ação positiva na fermentação microbiana ruminal. Dentre as variedades que apresentam potencial e características desejáveis está a *Morinda citrifolia*, conhecida popularmente como noni e encontrada facilmente em várias partes do mundo (Correia et al., 2011). Diante do exposto, buscou-se avaliar o efeito de diferentes extratos de noni, em três concentrações na cinética de fermentação ruminal, em dietas concentradas de bovinos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Coleta dos frutos e preparo dos extratos**

Os frutos da planta *M. citrifolia* foram coletados no município de Rio Verde – GO, no ponto de maturação intermediário. De acordo com Correia et al. (2011), foi realizada a pré-seleção descartando os frutos danificados e em fase de senescência

avançada. Após seleção, os frutos foram lavados, pesados e colocados em estufa de circulação forçada de ar durante 8 dias a temperatura máxima de 40 °C ( $\pm 1$ ).

Após esta etapa, o material foi pesado para cálculo de rendimento em relação ao peso inicial, moído em moinho do tipo Willey em peneira com malha de 3 mm, obtendo-se um pó homogêneo denominado extrato bruto de noni. O extrato bruto foi acondicionado em frasco de vidro âmbar hermeticamente fechado e identificado, e permaneceu até o momento do preparo dos demais extratos.

Para a produção dos demais extratos foi utilizado 200 g de extrato bruto dissolvido em um litro de solvente. Para os extratos aquoso, etanoico e acetônico foram utilizados como solvente água fervente, etanol p.a. e acetona p.a., respectivamente. Após a adição do solvente, o material foi agitado e permaneceu em repouso por 24 horas. Para o extrato aquoso, o material foi submetido à centrifugação para separação de partículas por densidade, sendo descartado a camada mais densa do material para purificação. Para os extratos etanoico e acetônico, o material foi filtrado e a parte líquida foi levada ao Evaporador Rotativo TE-210 em banho-maria. O solvente foi recuperado e novamente adicionado ao resíduo retido no papel filtro durante 3 extrações em dias consecutivos. Todos os extratos foram acondicionados em frascos de vidro vedados, protegidos da luz e congelados até o momento de realização das análises de produção de gases.

### **Experimento de produção de gases**

Para a realização deste experimento utilizou-se delineamento experimental inteiramente ao acaso (DIC), e os tratamentos foram constituídos de diferentes extratos de noni (bruto, etanoico, acetônico e aquoso) em diferentes níveis de inclusão na dieta

de bovinos (5, 10 e 15 g/animal/dia). Adicionalmente utilizou-se uma testemunha, que consistiu no concentrado sem adição de extrato.

Para a coleta de líquido ruminal, utilizou-se dois animais mestiços (com fistula ruminal) com peso médio de 360 kg e idade média de 36 meses. Durante o período experimental os animais permaneceram confinados em baias individuais, recebendo feno de tifton 85 e concentrado na proporção de 60:40, água *ad libitum* e suplemento mineral isento de aditivos ou substâncias que podem influenciar os resultados da pesquisa. O concentrado utilizado era composto por 66% de fubá de milho, 28% de farelo de soja e 6% de casca de soja, com 91,5% de MS e 14,3% de PB.

Foram coletados 4 litros de líquido ruminal, sendo dois litros por animal no período da manhã de forma manual. O líquido ruminal foi armazenado em garrafa térmica pré-aquecida a 39°C e fechada hermeticamente. Dióxido de carbono foi adicionado ao recipiente antes e após a coleta. Posteriormente, o material foi homogeneizado e filtrado em quatro camadas de tecido de algodão (gaze) e utilizado nas incubações.

A produção de gases *in vitro* foi obtida usando a metodologia de Theodorou et al. (1994), modificada por Maurício et al. (1999), utilizando módulos de digestão *AnkomRF Gas Production System* (*Ankom Technology, Macedon - NY, USA*) em sistema acoplado ao computador equipado com aplicativo *Gas Pressure Monitor* (*Ankom Technology, Macedon - NY, USA*) e dispositivo de medição automatizada dos gases metabólicos por sinal de radiofrequência sem fio (*wireless*). O monitoramento da produção de gases foi realizado durante 48 horas, em intervalos de 15 minutos.

Foram incubadas duas garrafas por tratamento para as medições da produção de gases, sendo realizadas cinco incubações. Foram adicionados nas garrafas 0,5 g de concentrado como substrato, seguido por 100 ml de solução tampão mantida a 39°C e

pH 6.8, mais de 30 ml de líquido ruminal (inóculo), além da adição dos extratos de noni de acordo com as dosagens e especificações de cada tratamento. Considerou-se o volume ruminal de 60 litros e realizou-se a conversão das doses dos extratos para o volume utilizado nas incubações *in vitro*. Para os ajustes de variação, foram incubadas garrafas contendo as soluções de incubação sem substrato e uma contendo um padrão (feno de capim-tifton 85) com perfil da produção de gases conhecido. Para os tratamentos com inclusão dos extratos etanoico e acetônico foi adicionado 8% de Lysoforte Booster Dry® (Kemin), com função biossurfactante, permitindo a dissolução dos extratos em água.

### **Modelagem e Análise estatística**

A modelagem da produção de gases foi realizada em duas etapas: 1) seleção da função linear a ser utilizada e; 2) utilização de identidade de modelos para comparação entre curvas de cada tratamento. Na primeira etapa, seis funções lineares foram utilizadas (Tabela 1) na modelagem da curva média de produção de gases. Os modelos foram ajustados às series de produção de gases por tempo (horas), de acordo com o método de Gauss-Newton modificado, descrito por Hartley (1961) para modelo não lineares, implementados na função `nls` do sistema R (CRAN-R PROJECT, 2015). Os seguintes critérios estatísticos foram utilizados para a seleção dos modelos: a) coeficiente de determinação ( $R^2$ ); b) quadrado médio do resíduo (QME); c) critério de informação de Akaike (AIC); d) critério bayesiano de informação de Schwarz (BIC) e; número de iterações.

O valor de  $R^2$  conceitua a associação entre a variável dependente sobre a independente, porém não possibilita visualizar diferenças mais visíveis como a análise da curva e do resíduo, sendo calculado como:

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT}$$

Em que, SQR e SQT representam a soma de quadrados do resíduo e a soma de quadrados totais, respectivamente.

O QME possibilita analisar como se comporta o erro do ajuste sendo que, quanto maior seu valor maior é a variabilidade dos erros e com isso se pode questionar a qualidade do modelo utilizado, ou seja, quanto menor o QME melhor o ajuste do modelo (Farias et al., 2011):

$$QME = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - p)}$$

em que n é o número de observações utilizadas para ajustar a curva; p é o número de parâmetros de determinado modelo,  $\hat{y}_i$  representa os valores estimados no tempo i.

Os critérios BIC e AIC penalizam modelos mais parametrizados, sendo o BIC o mais rigoroso, favorecendo modelos mais parcimoniosos (Wolfinger, 1993), de forma que:

$$AIC = -2\log L + 2p$$

$$BIC = -2\log L + p \cdot \log(N-r)$$

em que: p = número de parâmetros do modelo; N = total de observações; e r = posto da matriz X (matriz de incidência para os efeitos fixos).

O modelo selecionado na primeira etapa, foi utilizado no ajuste individual da curva de produção de gases de cada tratamento. Para a comparação entre tratamentos foi utilizado teste de identidade de modelo de regressão não linear e de igualdade de qualquer subconjunto de parâmetros, por meio do teste da razão de verossimilhança, com aproximação qui-quadrado (Regazzi e Silva, 2010). Para a realização dos testes, criou-se uma variável indicadora (dummy) para a representação dos modelos, que assume valores binários 0 ou 1. Após o ajuste dos modelos, a estatística qui-quadrado ( $\chi^2$ ) foi computada a partir dos valores máximos da função verossimilhança para o modelo reduzido ( $L\alpha$ ) e o modelo completo ( $L\beta$ ), dada por:

$$\chi^2 = -2\ln[L\alpha/L\beta]$$

com graus de liberdade, obtidos pela diferença entre o número dos modelos completo e reduzido.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Seleção de modelos para produção de gases**

As curvas de produção de gases caracterizam-se por apresentar forma sigmoidal, podendo ser distinguidas três fases: inicial de baixa produção, fase exponencial de rápida produção e uma fase assintótica de lenta ou inexistente produção de gases (Farias et al., 2011). O modelo de melhor ajuste a cinética de produção de gases dos valores obtidos pela técnica *in vitro* deve ser capaz de modelar variações da curva sem ponto de inflexão, bem como de curvas sigmoides em que o ponto de inflexão é variável. Não se deve utilizar indiscriminadamente um único modelo para todos os tipos de substrato,

sendo fundamental a avaliação de diferentes modelos em cada situação (France et al., 2005).

Os parâmetros avaliados para a seleção do modelo matemático com melhor ajuste à cinética de fermentação e produção de gases dos dados estudados estão dispostos na tabela 2. Para BIC e AIC, os maiores valores foram apresentados pelo modelo de Brody seguido pelos modelos de France, Bertallanfy, Logístico Modificado, Gompertz e Logístico Bicompartimentado. Menores valores destas duas estatísticas indicam modelo de maior parcimônia, ou seja, maior capacidade de informação com o menor número possível de parâmetros, indicando a seleção em favor da função Logístico bicompartimentado.

O modelo Logístico bicompartimentado também apresenta o maior valor de  $R^2$  (0,883) dentre os modelos analisados. Modelos não lineares podem apresentar valores de coeficiente de determinação elevados mesmo havendo discrepância entre os valores estimados e observados (Ratkowsky, 1990), e nos resultados foram verificados nos modelos de France e Brody (Fig. 1) (rever a frase). O modelo Logístico Bicompartimentado apresentou para QME (quadrado médio do erro) o menor valor, seguido pelos modelos de Gompertz, Logístico Modificado, Bertallanfy, France sendo o maior valor para o modelo de Brody.

De acordo com Mello et al. (2008) a análise do número de iterações torna-se necessária para que o critério de convergência seja atendido, mencionando que o grande número de iterações pode ser indicativo de modelos inapropriados ou mal condicionados. Estes autores sugerem que para trabalhos com modelos de cinética de trânsito e digestão, número de iterações menores que 20 como índice satisfatório. Dessa forma o modelo Bertallanfy encontra-se fora do padrão sugerido com 27 iterações. Contudo, quanto maior o número de parâmetros do modelo, maior será o número de

iterações para atingir a convergência. Sendo assim o Logístico Bicompartimentado atende ao critério mesmo possuindo 5 parâmetros com 17 interações.

Na figura 1, observam-se as médias da produção de gases e os valores preditos pelas funções. De 0 a 10 horas para o modelo de France houve queda brusca na fermentação chegando a ser negativa nesse ponto, sendo biologicamente inexplicável esse comportamento. Após esse intervalo de tempo a estimativa de produção de gases apresentou alternância em relação ao observado, superestimando a produção nos intervalos de tempo de 10 a 20 horas e após as 40 horas, e subestimando a produção no período de 20 a 30 horas.

O modelo Logístico Bicompartimentado demonstrou bom padrão entre a curva de produção de gases observada e a predita pela função, apresentando apenas uma ligeira superestimação da produção de gases nos períodos iniciais da fermentação de 0 a 10 horas. Além de subestimação nas horas finais após 40 horas. No período inicial o Logístico Modificado apresentou valores superiores de produção em relação ao observado de 0 a 10 horas. Após esse período observa-se comportamento inverso ao modelo de France subestimando a produção nos intervalos de tempo de 10 a 20 horas e após as 40 horas, e superestimando a produção no período de 20 a 30 horas.

O comportamento da curva de Brody apresenta grande divergência em relação à curva de produção de gases observada, com valores negativos no período de 0 a 5 horas e superestimando a produção desse ponto até as 20 horas e após as 40 horas. Apresentando valores abaixo do observado no período de 20 a 30 horas. Demonstrando ser o pior ajuste das curvas dentre os modelos avaliados.

Mello et al. (2008), avaliando as curvas de produção cumulativa de gases observadas e ajustadas em silagens de girassol e milho, observaram que os modelos Brody e France foram menos efetivos no ajuste às curvas nos tempos iniciais de

incubação em ambos substratos, pois subestimaram a produção de gases com valores negativos, sendo biologicamente impossível.

O modelo Gompertz demonstrou bom padrão entre a curva de produção de gases observada e a predita pela função, apresentando o ajuste mais adequado em relação aos demais modelos avaliados, observando-se apenas pequena superestimação da produção de gases nos períodos iniciais da fermentação de 0 a 10 horas. O ajuste da curva do modelo de Bertalanfy apresentou valores negativos nas horas iniciais, além de superestimar os períodos de 10 a 20 e 30 a 40 horas, subestimando o período de 20 a 30, não apresentando ajuste adequado.

Assim, tendo em vista todos os resultados dos critérios de seleção e da comparação entre **as curvas** preditas e **observadas**, a função logístico-bicompartmentado foi a escolhida para o estudo de identidade de modelos para comparação entre tratamentos. Farias et al., (2011) avaliando os modelos logístico-bicompartmentado e Gompertz, na cinética de fermentação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro do farelo e da torta de babaçu, estimaram melhores valores de produção de gases para modelo logístico bicompartmental do que para o modelo de Gompertz. Porém neste trabalho os dois modelos apresentaram comportamentos bastantes similares quanto ao padrão de curvas de produção de gases.

### **Comparação entre tratamentos utilizando identidade de modelos**

A determinação da atividade biológica dos extratos depende do tipo de solvente, devido às diferenças nos potenciais antioxidantes e à polaridade dos compostos (Sousa et al., 2011), não existindo sistema de extração com solventes que seja satisfatório para o isolamento de todos ou de classe específica de compostos naturais. Resultados obtidos por Palioto et al., (2015) avaliando diferentes tipos de extrato de noni demonstram a

importância da avaliação de diferentes solventes na extração de fitoquímicos, para avaliar a atividade biológica de um vegetal, é necessário extrair o máximo de compostos bioativos, e estes podem apresentar polaridade diferenciada. Os valores obtidos para os parâmetros cinéticos da fermentação ruminal dos tratamentos avaliados encontram-se disposto na tabela 3.

Observa-se que a adição de extrato acetônico proporciona diferenças estatísticas somente para o tempo de colonização das bactérias (lag-time). A inclusão de 10 e 15 g/ani/dia de extrato acetônico proporcionaram maior tempo de colonização das bactérias (L), em relação a dose de 5 g/ani/dia, sugerindo que maiores níveis deste extrato podem prejudicar a colonização bacteriana do substrato.

Com relação à inclusão de extrato etanoico, não foi observada diferença significativa para V1, k1 e k2, sendo que maiores doses do extrato promovem aumento significativo na fermentação das frações insolúveis (V2) do substrato. Para o tempo de colonização, o aumento dos níveis de inclusão do extrato etanoico diminuiu o tempo de colonização pela microflora ruminal, situação oposta à observada para o extrato acetônico.

Para o extrato aquoso não se observou diferenças para os parâmetros referentes a fração prontamente solúvel (V1 e k1). Para a fração lentamente disponível, menores níveis de inclusão proporcionaram menor volume de gases (V2) e maior taxa de produção (k2). O lag-time também apresentou valores menores à medida que se aumentou o nível de inclusão.

Para o volume de produção de gases, a inclusão do extrato bruto apresentou comportamento antagônico entre as frações prontamente (V1) e lentamente solúvel (V2), e quanto maior o nível do extrato menores valores de V1 e maiores de V2. Para k1 não foi observado diferença estatística, porém para k2 observa-se melhorias com o

aumento nos níveis. Para o lag-time a dose de 10 g/animal/dia se mostrou mais eficiente que as demais, podendo indicar um efeito inibitório do crescimento microbiano em doses superiores.

Na tabela 4, estão apresentados as doses selecionadas para cada tipo de extrato e o controle, considerando os parâmetros avaliados para a cinética de fermentação ruminal. Observa-se que o controle assim como os níveis de 5g de extrato bruto apresentaram valores de V1 e comportamento inverso foi verificado para V2. Assim, estes tratamentos apresentam boa fermentação inicial principalmente resultante das frações solúveis e menor eficiência na fermentação da fração lentamente degradável. Fato este que pode estar relacionado com o tempo de colonização, sendo que os tratamentos com maiores valores de V1 apresentaram os menores valores de L com exceção da dose de 15g de extrato aquoso, ressaltando a importância do (L) lag time sobre o V1.

É de consenso na literatura que os extratos vegetais são mais efetivos contra bactérias gram-positivas do que gram-negativas, o que infere a possibilidade de efeitos ruminais semelhantes aos dos ionóforos. Nas bactérias gram-positivas, os extratos vegetais podem interagir diretamente com a membrana celular. Em contrapartida, a parede celular externa que envolve a membrana das bactérias gram-negativas é hidrofílica, e impede a entrada de substâncias hidrofóbicas (Paula et al., 2012).

Mesmo assim, a membrana externa das gram-negativas confere apenas proteção parcial, pois não é totalmente impermeável a substâncias hidrofóbicas. Compostos de baixo peso molecular, podem interagir com a água via pontes de hidrogênio. Assim, por meio da difusão, essas substâncias cruzam a parede externa através dos lipopolissacarídeos ou proteínas da membrana, chegando à dupla camada fosfolipídica da parede celular interna da bactéria gram-negativa (Shinkai et al., 2012).

A verificação dos efeitos de alguns extratos vegetais sobre bactérias gram-negativas constitui numa clara limitação, já que esta propriedade reduz a seletividade e aumenta a dificuldade de manipulação da fermentação ruminal (Calsamiglia et al., 2007). Ressaltando que foi observado que os extratos de noni avaliados não favoreceram a fermentação ruminal, resultando em ação antimicrobiana não seletiva, visto que o tratamento controle sem inclusão de extrato apresentou uma cinética mais adequada. Fato que pode ser agravado por alguns compostos que exibem ambos os comportamentos, hidrofílico e lipofílico. Correia et al. (2006) avaliando líquido de castanha de caju, observaram um comportamento anfipático em seus componentes possibilitando a esses atravessar as membranas plasmáticas, que potencializa suas funções biológicas. Esse comportamento pode ter sido potencializado pelo uso do Lysoforte Booster Dry® utilizado como solvente nos extratos acetônico e etanoico.

Além da utilização isolada de extratos de plantas, fica evidenciada a importância de promover estudos com diferentes combinações de extratos vegetais, para conhecer e explorar melhor o efeito sinérgico além de evitar que a combinação entre eles promova efeito antagônico quando adicionados às dietas dos animais.

Os parâmetros cinéticos de degradação são importantes porque além de descrever a digestão, caracterizam as propriedades intrínsecas dos alimentos que limitam a disponibilidade para os ruminantes. Os modelos dinâmicos da degradação fornecem estimativas dos valores nutritivos dos alimentos, da população microbiana e do estado fisiológico do animal, além de informações sobre os fatores que atrapalham os processos digestivos (Moreira et al., 2010).

## **CONCLUSÃO**

Verificou-se maior efeito do tipo e concentração de extratos de noni sobre os parâmetros V1 (volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell), V2 (volume de gases produzido pela degradação da fração B2) e L (Tempo de colonização das bactérias ou lag-time). Assim, associando maiores valores de produção de gases (V1 e V2) e menores valores de L, os extratos bruto e aquoso nas doses de 5 e 15 g/dia/animal, respectivamente, apresentaram os melhores resultados.

## REFERÊNCIAS

- CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P.W.; CASTILLEJOS, L.; FERRET, A. **Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation.** Journal of Dairy Science, Champaign, v. 90, n. 6, p. 2580-2595, 2007.
- CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A. **Caracterização química e físicoquímica da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará.** Alimentos e Nutrição, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.
- CORREIA, S. J.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. **Metabólitos secundários de espécies de anacardiaceae.** Química Nova, v.29, p.1287-1300, 2006.
- FARIAS, L.N.; VASCONCELOS, V.R.; CARVALHO, F.F.R.; SARMENTO, J.L.R. **Avaliação dos modelos logístico bicompartimental e de Gompertz na estimativa da dinâmica de fermentação ruminal *in vitro* do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*).** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.63, n.1, p.136-142, 2011.
- FRANCE, J.; LOPEZ, S.; KEBREAB, E.; BANNINK, A.; DHANOA, M. S.; DIJKSTRA, J. **A general compartmental model for interpreting gas**

- production profiles.** Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v. 123-124, n. 1, p. 473-485, 2005.
- HARTLEY, H. O. **The modified Gauss-Newton method for the fitting of nonlinear regression functions by least squares.** Technometrics 3, 269 – 280, 1961.
- MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANA, S.K.; THEODOROU, M.K. **A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation,** Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, n. 79 p. 321-330, 1999.
- MELLO, R.; MAGALHÃES, A.L.R.; BREDA, F.C.; REGAZZI, A.J. **Modelos para ajuste da produção de gases em silagens de girassol e milho.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.43, n.2, p.261-269, fev. 2008.
- MOREIRA, P.C.; REIS, R.B.; REZENDE, P.L.P. et al. **Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semi-automática in vitro de fontes de carboidratos de ruminantes.** Revista Brasileira Saúde e Produção Animal, v.11, n.2, p. 452-462 abr/jun, 2010.
- PALITO, G.F.; SILVA, C.F.G.; MENDES, M.P.; ALMEIDA, V.V.; ROCHA, C.L.M.S.C.; TONIN, L.T.D. **Composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Morinda citrifolia* Linn (noni) cultivados no Paraná.** Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.17, n.1, p.59-66, 2015.
- PAULA, E. F. E.; MAIA, F. P.; CHEN, R.F.F. **Óleos vegetais na nutrição de ruminantes.** Revista Eletrônica Nutritime, v.9, p. 2075, 2012.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2015.

- RATKOWSKY, D.A. **Handbook of nonlinear regression models**. New York: Marcel Dekker Inc., 1990. 241p.
- REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. **Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados**. Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 57, n. 3, p. 315-320, maio/jun. 2010.
- RODRIGUES, R.T.S.; MENEZES, D.R.; PEREIRA, L.G.R.; ARAÚJO, G.G.L.; DANTAS, F.R.; SILVA, T.M. **Produção de gases e digestibilidade in vitro de silagens de maniçoba aditivadas com coproduto vitivinícola**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, vol. 7, núm. 4, p.684-690, 2012.
- SHINKAI, T.; ENISHI, O.; MITSUMORI, M. et al. **Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid**. Journal of Dairy Science, v. 95 p 5308–531, 2012.
- SILVA, L.H.X.; GOES, R.H.T.B.; CARNEIRO, M.M.Y.; BURIN, P.C.; OLIVEIRA, E.R.; SOUZA, K.A.; ÍTAVO, L.C.V.; BRANCO, A.F.; OLIVEIRA, R.T. **Produção total de gases e degradabilidade in vitro de dietas com torta de girassol**. Arch. Zootec. 64 (248): 365-371. 2015.
- SOUSA, M. S. B.; Vieira, L, M; SILVA, A. O; MANCINI-FILHO, J; LIMA, A. **Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.35, p.554-559, 2011.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; McALLAN, A.B.; FRANCE, J. **Simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds**, Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v.48, p.185-197.

WOLFINGER, R. **Covariance structure selection in general mixed models.**

Communications in Statistics – Simulation, v.22, n.4, p.1079-1106, 1993.

**Tabela 1.** Descrição das funções não lineares utilizadas na modelagem da cinética ruminal.

| <b>Modelo</b>              | <b>Equação</b>   |
|----------------------------|--|
| France                     | $V(t) = Vf \{1 - e[-b(t-L) - c(t-\sqrt{L})]\} + \varepsilon$     |
| Logístico modificado       | $V(t) = Vf / (1 + e[2 - 4k(t-L)]) + \varepsilon$                 |
| Logístico bicompartimental | $V(t) = V1[1 - e(-k1(T-L))] + V2[1 - e(-k2(T-L))] + \varepsilon$ |
| Gompertz                   | $V(t) = Vf e(-be[-kt]) + \varepsilon$                            |
| Brody                      | $V(t) = Vf [1 - be(-kt)] + \varepsilon$                          |
| Von Bertalanffy            | $V(t) = Vf [1 - be(-kt)] + \varepsilon$                          |

V(t), volume acumulado (mL) no tempo t; Vf, volume total de gases produzido (mL); V1, volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF); V2, volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF); k, taxa específica de produção de gases; k1, taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF); k2, taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF); t, tempo de fermentação; L, Tempo de colonização (Lag Time); b e c, parâmetros de forma, sem interpretação biológica; e, exponencial;  $\varepsilon$ , erro experimental associado a cada observação, suposto ~ NIID (0,  $\sigma^2$ ).

**Tabela 2.** Critérios estatísticos de avaliação do ajuste dos modelos à cinética de fermentação dos tratamentos avaliados.

| <b>Modelos</b>              | <b>N</b> | <b>AIC</b>       | <b>BIC</b>       | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>QME</b>    | <b>NIT</b> |
|-----------------------------|----------|------------------|------------------|----------------------|---------------|------------|
| France                      | 4        | 83721,370        | 83758,460        | 0,813                | 53,009        | 14         |
| Logístico Bicompartimentado | 5        | <b>78001,470</b> | <b>78134,980</b> | <b>0,883</b>         | <b>33,256</b> | 17         |
| Logístico Modificado        | 3        | 83078,960        | 83108,630        | 0,823                | 50,315        | 9          |
| Gompertz                    | 3        | 82725,250        | 82754,920        | 0,828                | 48,888        | 11         |
| Bertallanfy                 | 3        | 83108,760        | 83138,430        | 0,822                | 50,437        | 27         |
| Brody                       | 3        | 85543,340        | 85573,010        | 0,783                | 61,481        | 8          |

N = N° de parâmetros do modelo; AIC = Critério de avaliação de Akaike; BIC = Critério de Informação Baysiano de Schwarz; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; QME = Quadrado médio do erro; NIT = N° de iterações.

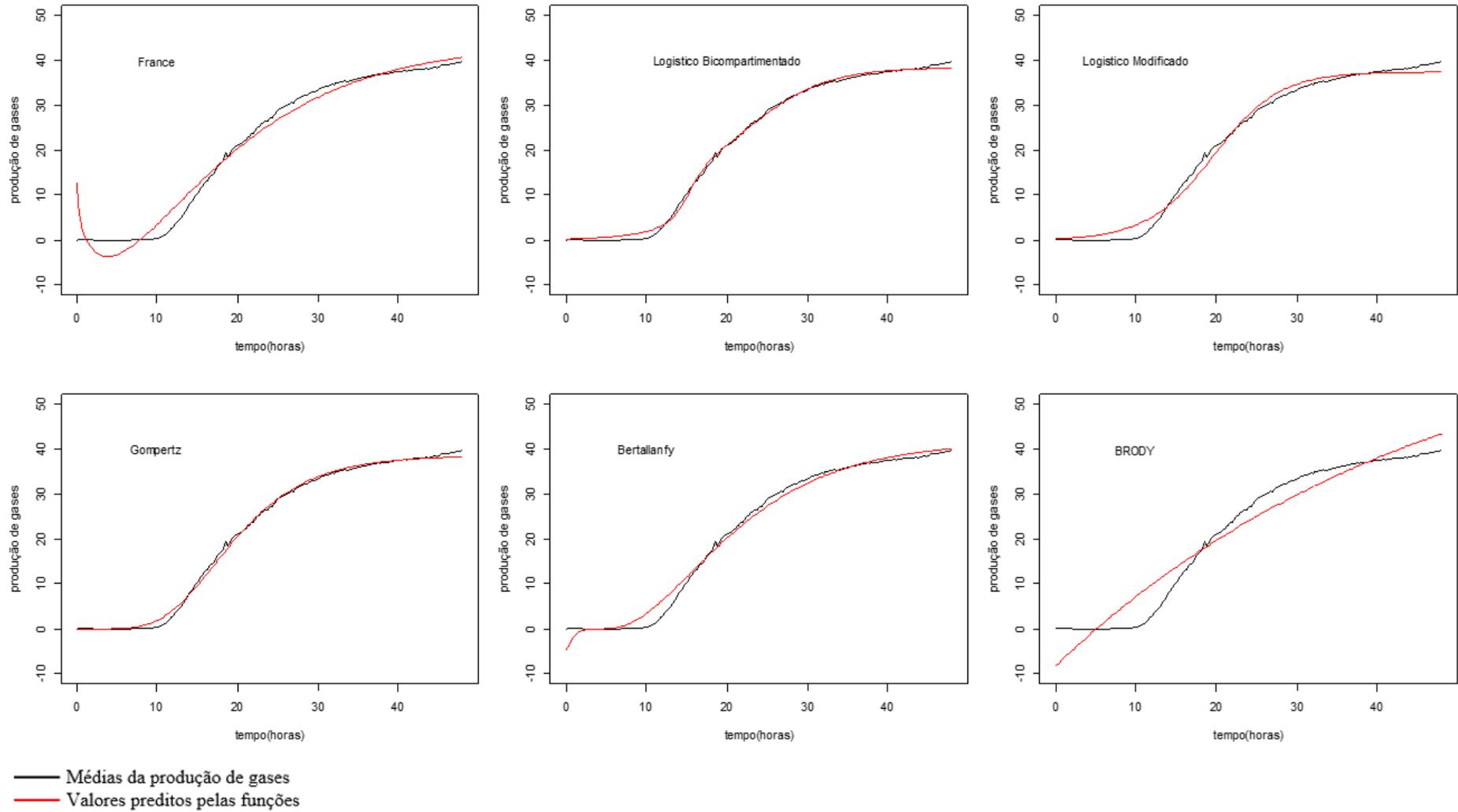
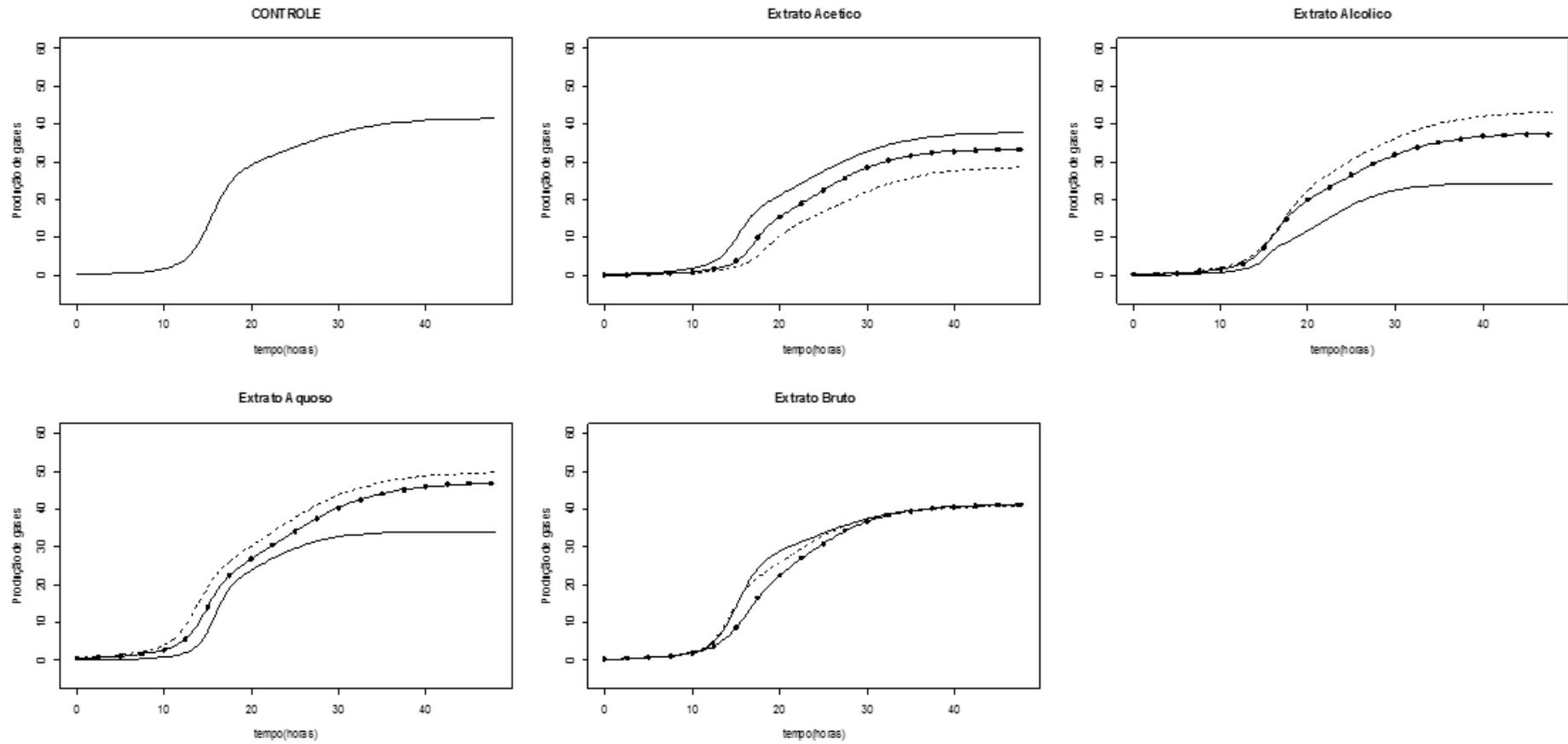


Figura 1: Ajuste da curva de produção de gases aos modelos matemáticos testados.



Níveis de inclusão (g/ani./dia): 5 (—), 10 (—■—), 15 (---)

Figura 2: Ajuste das curvas de produção de gases por extratos e níveis de inclusão, através do modelo Logístico bicompartimentado.

**Tabela 3.** Médias dos parâmetros cinéticos da fermentação ruminal de dietas com níveis de inclusão de diferentes tipos de extrato de noni (*Morinda citrifolia*).\*

| Tipo de Extrato  | Nível de inclusão g/ani./dia | Parâmetros do modelo |                      |                    |                     |                      |
|------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
|                  |                              | V1                   | V2                   | k1                 | k2                  | L                    |
| <b>Acetônico</b> | 5                            | 12,478 <sup>a</sup>  | 25,603 <sup>a</sup>  | 0,226 <sup>a</sup> | 0,049 <sup>a</sup>  | 13,012 <sup>b</sup>  |
|                  | 10                           | 8,667 <sup>a</sup>   | 24,824 <sup>a</sup>  | 0,266 <sup>a</sup> | 0,057 <sup>a</sup>  | 15,170 <sup>a</sup>  |
|                  | 15                           | 7,146 <sup>a</sup>   | 21,739 <sup>a</sup>  | 0,230 <sup>a</sup> | 0,051 <sup>a</sup>  | 16,327 <sup>a</sup>  |
| <b>Etanoico</b>  | 5                            | 3,674 <sup>a</sup>   | 20,725 <sup>b</sup>  | 0,483 <sup>a</sup> | 0,068 <sup>a</sup>  | 14,194 <sup>a</sup>  |
|                  | 10                           | 12,366 <sup>a</sup>  | 25,336 <sup>ab</sup> | 0,200 <sup>a</sup> | 0,049 <sup>a</sup>  | 13,593 <sup>ab</sup> |
|                  | 15                           | 16,274 <sup>a</sup>  | 27,221 <sup>a</sup>  | 0,153 <sup>a</sup> | 0,046 <sup>a</sup>  | 13,560 <sup>b</sup>  |
| <b>Aquoso</b>    | 5                            | 16,463 <sup>a</sup>  | 17,463 <sup>b</sup>  | 0,273 <sup>a</sup> | 0,070 <sup>a</sup>  | 13,953 <sup>a</sup>  |
|                  | 10                           | 15,606 <sup>a</sup>  | 31,445 <sup>a</sup>  | 0,213 <sup>a</sup> | 0,047 <sup>b</sup>  | 12,471 <sup>b</sup>  |
|                  | 15                           | 17,019 <sup>a</sup>  | 32,819 <sup>a</sup>  | 0,197 <sup>a</sup> | 0,046 <sup>b</sup>  | 11,253 <sup>c</sup>  |
| <b>Bruto</b>     | 5                            | 22,510 <sup>a</sup>  | 18,820 <sup>b</sup>  | 0,192 <sup>a</sup> | 0,047 <sup>b</sup>  | 12,502 <sup>b</sup>  |
|                  | 10                           | 12,568 <sup>b</sup>  | 28,540 <sup>a</sup>  | 0,175 <sup>a</sup> | 0,055 <sup>ab</sup> | 13,308 <sup>a</sup>  |
|                  | 15                           | 14,614 <sup>b</sup>  | 25,934 <sup>a</sup>  | 0,240 <sup>a</sup> | 0,056 <sup>a</sup>  | 12,259 <sup>b</sup>  |

V1 - Volume de gás produzido pela fração solúvel fermentada; V2 - volume de gás produzido pela fração insolúvel fermentada; K1 - Taxa de produção de gases produzido pela fração solúvel fermentada; K2 - Taxa de produção de gases produzido pela fração insolúvel fermenta; L - Tempo de colonização das bactérias (Lag Time).

\* Valores com a mesma letra na coluna são iguais pelo teste de identidade. Estimativas dos parâmetros da função Logístico Bicompartimentado, para os diferentes níveis de inclusão para os tipos de extratos de noni.

**Tabela 4:** Média dos parâmetros cinéticos da fermentação ruminal através do teste de identidade de modelo de regressão não linear e de igualdade de dietas com inclusão de diferentes tipos de extrato de noni (*Morinda citrifolia*).\*

| Tipo de Extrato | Nível de inclusão g/ani./dia | Parâmetros do modelo |                     |       |       |                      |
|-----------------|------------------------------|----------------------|---------------------|-------|-------|----------------------|
|                 |                              | V1                   | V2                  | k1    | k2    | L                    |
| Acetônico       | 5                            | 12,478 <sup>b</sup>  | 25,603 <sup>b</sup> | 0,226 | 0,049 | 13,012 <sup>ab</sup> |
| Etanoico        | 15                           | 16,274 <sup>b</sup>  | 27,221 <sup>b</sup> | 0,153 | 0,046 | 13,560 <sup>a</sup>  |
| Aquoso          | 15                           | 17,019 <sup>b</sup>  | 32,819 <sup>a</sup> | 0,197 | 0,046 | 11,253 <sup>c</sup>  |
| Bruto           | 5                            | 22,510 <sup>a</sup>  | 18,820 <sup>c</sup> | 0,192 | 0,047 | 12,502 <sup>c</sup>  |
| Controle        | 0                            | 23,478 <sup>a</sup>  | 18,284 <sup>c</sup> | 0,192 | 0,047 | 12,761 <sup>b</sup>  |

V1 - Volume de gás produzido pela fração solúvel fermentada; V2 - volume de gás produzido pela fração insolúvel fermentada; K1 - Taxa de produção de gases produzido pela fração solúvel fermentada; K2 - Taxa de produção de gases produzido pela fração insolúvel fermenta; L - Tempo de colonização das bactérias (Lag Time).

\* Valores com a mesma letra na coluna são iguais pelo teste de identidade. Estimativas dos parâmetros da função Logístico Bicompartimentado, para a comparação entre tratamentos foi utilizado teste de identidade de modelo de regressão não linear e de igualdade de qualquer subconjunto de parâmetros, por meio do teste da razão de verossimilhança, com aproximação qui-quadrado.