

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

ATRIBUTOS QUÍMICO-BROMATOLÓGICOS, CINÉTICA
DE DEGRADAÇÃO E PRODUÇÃO DE GÁS DE
VARIEDADES DE PALMA FORRAGEIRA

Autor: Wanderson Alves da Silva
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

GARANHUNS
Estado de Pernambuco
fevereiro - 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

ATRIBUTOS QUÍMICO-BROMATOLÓGICOS, CINÉTICA
DE DEGRADAÇÃO E PRODUÇÃO DE GÁS DE
VARIEDADES DE PALMA FORRAGEIRA

Autor: Wanderson Alves da Silva
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Área de Concentração: Produção Animal.

GARANHUNS
Estado de Pernambuco
fevereiro - 2016

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

S586a Silva, Wanderson Alves da
Atributos químico-bromatológicos, cinética de
degradação e produção de gás de variedades de palma
forrageira / Wanderson Alves da Silva. – Garanhuns,
2016.
67f.

Orientadora: André Luiz Rodrigues Magalhães
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e
Pastagens) - Universidade Federal Rural de Pernambuco
- Unidade Acadêmica de Garanhuns, 2016.

Inclui anexo e bibliografias

CDD: 636.0852

1. Palma forrageira
2. Nutrição animal
3. Ruminante - Alimentação e rações
 - I. Magalhães, André Luiz Rodrigues
 - II. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**ATRIBUTOS QUÍMICO-BROMATOLÓGICOS,
CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO E PRODUÇÃO DE GÁS
DE VARIEDADES DE PALMA FORRAGEIRA**

Autor: Wanderson Alves da Silva
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens
Área de concentração: Produção Animal

APROVADA: _____ de _____ de _____.

Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade – UAG/UFRPE

Prof^a. Dr^a. Geane Dias Gonçalves Ferreira – UAG/UFRPE

Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães – UAG/UFRPE
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo privilégio da existência, pela ajuda em todos os momentos de minha vida.

Aos meus avós Guido Soares (*in memorian*) e Gercina da Silva (*in memorian*) por terem sido exemplo de pessoas, tornando-se os pilares da minha família.

À minha mãe Josefa Alves da Silva por ter permitido traçar meu destino, me incentivando em todos os momentos e pelo papel fundamental na minha formação pessoal e profissional.

Ao meu irmão Warlen, por ter sido um exemplo de liderança na família e por ter me incentivado nos momentos em que fraquejei.

À minha irmã Aline Franciely pelos momentos felizes.

À toda minha família pelos momentos felizes e prazerosos.

À minha esposa Marileide, pelo incentivo, apoio e pela compreensão por meus períodos de ausência.

À minha filha Maria Luiza por ter me proporcionado diversos momentos felizes.

À meu orientador Prof. André Luiz, pela oportunidade, pela confiança depositada em mim. Agradeço pelos ensinamentos, conhecimentos passados ao longo dessa etapa e pela honra de ser orientado de um profissional competente e responsável.

Ao professor Albericio Pereira de Andrade pelos ensinamentos transmitidos, pela compreensão, paciência e dedicação.

À minha Coorientadora, Prof.^a Ana Lúcia pelos ensinamentos, pelos conselhos, contribuição no desenvolvimento desse trabalho e por fazer parte da banca examinadora de Qualificação.

Ao Prof. Airon Aparecido por fazer parte da banca examinadora de Qualificação e por contribuir com o aprimoramento do material.

À todos os Professores do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens pelos ensinamentos compartilhados e por terem contribuído para a minha formação.

Ao meu amigo Leandro, pela parceria na condução das atividades e pelo convívio saudável durante essa etapa.

À equipe de trabalho, Marciano, Isis, Jackson e aos demais que contribuíram na execução deste trabalho.

Aos amigos e colegas da pós-graduação, os quais tornaram esta caminhada mais alegre e prazerosa.

.À Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, pelo meu afastamento das atividades como técnico administrativo.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns pela oportunidade ímpar de realizar esse Curso.

À todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Wanderson Alves da Silva, filho de Vicente Wanderley Godoy da Silva e Josefa Alves da Silva, nascido no município de Major Isidoro, Alagoas, no dia 14 de julho de 1986.

Em fevereiro de 2004, ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Satuba – AL, obtendo o título de Técnico em Agropecuária em dezembro de 2006.

Em agosto de 2009, ingressou na Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, onde em março de 2014, obteve o título de Bacharel em Zootecnia.

Em março de 2014 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, concentrando seus estudos na área de Produção Animal, e submetendo-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens no dia 23 de fevereiro de 2016.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
TABELAS DO APÊNDICE.....	ix
ANEXO	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Semiárido brasileiro.....	14
2.2 Importância da palma forrageira para a região Semiárida.....	15
2.3 Composição químico-bromatológica da palma forrageira	16
2.4 Características agronômicas	19
2.4.1 Palma Miúda.....	19
2.4.2 Palma Gigante.....	19
2.4.3 Palma IPA Sertânia.....	20
2.4.4 Palma Orelha de Elefante Mexicana.....	20
3 LITERATURA CITADA	20
4 OBJETIVOS GERAIS	26
4.1. Objetivos específicos.....	26
CAPÍTULO I.....	27

Atributos químico-bromatológicos, cinética de degradação e produção de gás de variedades de palma forrageira	27
Resumo	27
INTRODUÇÃO	30
MATERIAL E MÉTODOS	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE	53
ANEXO	59

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Médias de precipitação pluviométrica mensal na Estação Experimental de São Bento do Una-PE, no período de março de 2014 a fevereiro de 2015.	31
Figura 2 – Curvas de degradabilidade da matéria seca de quatro variedades de palma forrageira em função do tempo de incubação <i>in vitro</i>	45
Figura 3 – Produção de gases de quatro variedades de palma forrageira em função do tempo de incubação <i>in vitro</i>	47

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Composição bromatológica de variedades de palma forrageira	17
Tabela 2 - Composição bromatológica de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro	39
Tabela 3 - Fracionamento de carboidratos de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro	40
Tabela 4 – Fracionamento de proteína de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro	42
Tabela 5 - Parâmetros de degradação e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca de quatro variedades de palma forrageira	43
Tabela 6 - Parâmetros de extensão e cinética de fermentação ruminal de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro	46

TABELAS DO APÊNDICE

	Página
Tabela 1A - Composição bromatológica de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro	Erro! Indicador não definido.54
Tabela 2A - Fracionamento de carboidratos de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro	55
Tabela 3A – Fracionamento de proteína de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro	56
Tabela 4A - Produção cumulativa de gases (psi) de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro	57

ANEXO

	Página
Normas do Artigo	60

RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição química e bromatológica, o fracionamento de carboidratos e dos compostos nitrogenados, os parâmetros de degradação e fermentação ruminal de variedades de palma forrageira disponíveis para ruminantes no semiárido nordestino. Determinou-se matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina digerida em ácido (LDA), além dos fracionamentos de carboidratos e de proteínas. Realizaram-se incubações *in vitro* nos tempos de 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 e 48 horas para determinação dos parâmetros *a*, *b* e *c* de fermentação. Para digestibilidade *in vitro* verdadeira da matéria seca (DIVMS), utilizou-se a metodologia dos dois estágios descrita por Tilley e Terry (1963) com alterações propostas por Holden (1999). Observou-se MS de 138,09; 95,63; 52,52 e 70,14 g/kg de matéria natural, PB de 38,07; 74,93; 74,33 e 55,79 g/kg de MS e carboidratos totais de 761,42; 702,01; 662,80 e 696,04 g/kg de MS, respectivamente, para as variedades Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia. Observou-se que a degradabilidade potencial (DP) foi de 863,7; 900,1; 884,7 e 924,9 g/kg de MS e DIVMS de 825,98; 798,68; 820,8; e 827,2, respectivamente, para as variedades Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia. Os resultados deste estudo mostraram diferenças na composição químico-bromatológica das variedades de palma forrageira. A degradabilidade e a digestibilidade *in vitro* da MS de todas as variedades de palma forrageira foram consideradas altas. As altas taxas de degradação e digestão *in vitro* podem ser relacionadas com altos níveis de carboidratos não fibrosos.

Palavras-chave: cactáceas, degradabilidade, digestibilidade, parâmetros cinéticos.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the chemical and chemical composition, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds, the parameters of degradation and ruminal fermentation varieties of cactus forage available for ruminants in semi-arid northeast. It was determined dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin digested in acid (LDA), in addition to fractionation of carbohydrates and proteins. Incubations were performed *in vitro* at times 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 and 48 hours for determination of parameters a, b and c of fermentation. For true *in vitro* digestibility of dry matter (DM), we used the methodology of the two stages described by Tilley and Terry (1963) with amendments proposed by Holden (1999). Observed MS 138.09; 95.63; 52.52 and 70.14 g / kg of natural matter, CP 38.07; 74.93; 74.33 and 55.79 g / kg DM and total carbohydrates from 761.42; 702.01; 662.80 and 696.04 g / kg DM, respectively, for the varieties Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana and IPA Sertânia. It was observed that the degradability (PD) was 863.7; 900.1; 884.7 and 924.9 g / kg DM and IVDMD of 825.98; 798.68; 820.8; and 827.2, respectively, for the varieties Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana and IPA Sertânia. The results of this study showed differences in the chemical composition of the varieties of cactus pear. The degradability and *in vitro* dry matter digestibility of all varieties of cactus pear are considered high. The high rates of degradation and *in vitro* digestion are probably related to high levels of non-fibrous carbohydrates, confirming the energy potential of these varieties of cactus pear.

Keywords: cactus, degradability, digestibility, kinetic parameters.

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Semiárido brasileiro, a pecuária de ruminantes tem se baseado na exploração de pastagens nativas e cultivadas, destacando-se o uso da Caatinga, vegetação predominante, como base na alimentação dos animais (LIRA *et al.*, 2006). No entanto, devido aos padrões irregulares de distribuição de chuvas com baixos índices ao longo do ano ocorre um comprometimento da produção de forragem e da disponibilidade de nutrientes comprometendo a produtividade animal, em especial de ruminantes.

A palma forrageira constitui importante recurso forrageiro, contribuindo para suprir a oferta de alimento aos animais no período de estiagem, devido a sua rusticidade e elevado potencial de produção de alto valor nutritivo, com alta disponibilidade de água, quando comparada com a vegetação nativa. Assim, ela se converte em uma fonte de produtos e funções, inicialmente, como uma planta selvagem e, posteriormente, como uma planta cultivada (SOUSA E NETO, 2002). Apresenta composição química variável segundo a espécie, idade, época do ano e tratos culturais, é um alimento rico em carboidratos principalmente carboidratos não-fibrosos, com alta produção de biomassa, embora possua baixos teores de fibra em detergente neutro e proteína bruta. Possui ainda alto teor de cinzas e água, aspectos que devem ser levados em conta quando da sua utilização na alimentação de ruminantes (FERREIRA *et al.*, 2008).

O conhecimento da composição química e dos valores de digestibilidade dos alimentos que constituem a dieta dos ruminantes é de fundamental importância dentro do processo produtivo. A ausência de dados na literatura sobre a composição físico-química de alimentos mostra a falta de caracterização e informações nutricionais que permitam a recomendação dos mesmos de forma mais ampla (PEREIRA *et al.*, 2010).

Em muitas pesquisas têm-se buscado o aproveitamento dos alimentos disponíveis para os ruminantes na região do Semiárido nordestino, esperando que resultados sejam direcionados aos produtores rurais, adaptados e aplicados com eficácia. No entanto, poucos trabalhos foram desenvolvidos para se determinar as frações dos componentes químicos e os parâmetros cinéticos de degradações da palma forrageira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Semiárido brasileiro

A região Semiárida brasileira abrange uma área de 969.589,4 km², representando 11,39% do território brasileiro e cerca de 60% da região Nordeste (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2005). Nessa região os índices pluviométricos são baixos, mal distribuídos e chove em média de 350 a 700 mm/ano. Apresenta ainda déficit hídrico e evapotranspiração elevada, ocorrendo uma diminuição da produção e qualidade da massa verde durante o período de estiagem, pois há uma estreita relação entre a precipitação pluvial e a produção (SILVA *et al.*, 2004).

O clima predominante na região Semiárida nordestina é tipo BSw'h', conforme a classificação de Köppen, ou seja, tropical seco com a evaporação excedendo a precipitação, ocorrendo pequenos períodos de chuvas sazonais com precipitações escassas e mal distribuídas. A região situa-se entre as isoietas de 500 a 800 mm com o período chuvoso concentrado em três a quatro meses. A situação crítica anual de limitações hídricas torna-se mais dramática pela ocorrência de secas periódicas, podendo ocorrer períodos com 18 ou mais meses, e com reduções drásticas dos índices pluviométricos (RODRIGUES, 1988).

A vegetação existente é resultado do clima decorrente da região Semiárida, que por sua vez, está associada aos tipos de solo, relevo e hidrografia da região, caracterizada pela grande variedade de espécies lenhosas com características caducifólias e herbáceas anuais, com um grande número de gêneros endêmicos, sendo geralmente espinhosa com características xerofíticas, que corresponde a fatores importantes para adaptação às condições Semiáridas (ANDRADE *et al.*, 2010; PRADO, 2003).

A vegetação da Caatinga é constituída por três estratos distintos: arbóreo, arbustivo e herbáceo, com predominância de plantas caducifólias que perdem suas folhas entre o final das chuvas e o início da estação seca, e muitas apresentam espinhos. O substrato pode ser composto de cactáceas, bromeliáceas, havendo ainda, um componente herbáceo formado por gramíneas e dicotiledôneas, predominantemente anuais (PEREIRA FILHO; BAKKE, 2010).

No período das chuvas, a oferta de forragem é quantitativa e qualitativamente satisfatória, porém, na época seca, que representa a maior parte do ano, além da

escassez de forragem, o seu valor nutricional é baixo, prejudicando a produção animal (LOPES *et al.*, 2005).

Devido à sazonalidade da produção de forragens no semiárido, a palma forrageira é uma alternativa para suprir a alimentação animal, pois, apresenta elevado potencial de produção de biomassa (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2006), eficiência no uso da água e adaptação às condições edafoclimáticas da região, por pertencer à família das crassuláceas (ALMEIDA, 2012). No Semiárido brasileiro são cultivadas duas espécies de palma, a *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, cuja variedade é a palma miúda ou doce e a *Opuntia ficus-indica* Mill com as variedades Gigante e Redonda (SANTOS *et al.*, 2006). Outras variedades têm sido introduzidas na região como a IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e a Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Hall) por serem resistentes a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) (LOPES *et al.*, 2010).

2.2 Importância da palma forrageira para a região Semiárida

A palma forrageira é uma cultura adaptada ao clima semiárido que tem se destacado como alternativa de sustentabilidade para a pecuária regional, por possuir maior eficiência no uso da água, apresentando elevada capacidade produtiva de biomassa (ARAÚJO, 2009). A palma tem sido um recurso utilizado pelos criadores da região na tentativa de amenizar as dificuldades alimentares dos animais nas secas prolongadas (FARIAS *et al.*, 2000).

A palma forrageira é a base da alimentação de ruminantes no semiárido, por ser uma cultura adaptada as condições edafoclimáticas e por apresentar altas produções de biomassa (SANTOS *et al.*, 1997).

A sua importância, como reserva forrageira, é significativa na sustentabilidade da pecuária regional, segmento fortemente atingido pela escassez de alimentos. Sendo inegável o potencial dessa cultura para contribuir no desenvolvimento das zonas semiáridas, principalmente nos países em desenvolvimento, onde a exploração racional e econômica dos genótipos ajudará na conservação do ambiente e segurança alimentar dos rebanhos (CHIACCHIO; MESQUITA; SANTOS, 2006).

Mesmo durante as épocas do ano em que a oferta de forragem é satisfatória a palma continua sendo utilizada na composição da dieta do rebanho, uma vez que proporciona aumento da produtividade associado à economia com rações concentradas (LIMA; GOMES; DETONI, 2004).

Desta forma, dietas com maior participação desta cactácea, cultura plenamente adaptada a estas condições desfavoráveis do semiárido, deveriam ser utilizadas no intuito de conferir aos sistemas de produção maior sustentabilidade (BISPO *et al.*, 2007).

2.3 Composição químico-bromatológica da palma forrageira

A palma apresenta composição química variável conforme a época do ano, idade da planta, ordem do artículo, espécie, variedade, manejo de adubação, espaçamento de plantio, entre outros fatores (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2010).

É um alimento rico em carboidratos, sobretudo carboidratos não-fibrosos, possui baixos teores de fibra em detergente neutro e proteína bruta. Apresenta ainda alto teor de cinzas e água, aspectos que devem ser levados em conta quando utilizada na alimentação de ruminantes (FERREIRA; SILVA; BISPO, 2007; LIRA *et al.*, 2011).

A palma forrageira, de maneira geral, seja do gênero *Opuntia* ou *Nopalea*, caracteriza-se por apresenta baixos teores de matéria seca (74 a 192,7 g/kg), proteína bruta (20,0 a 79,0 g/kg), fibra em detergente neutro (137,0 a 328,1 g/kg) e fibra em detergente ácido (84,0 a 257,7 g/kg). Por outro lado, apresenta teores consideráveis de carboidratos totais (625,0 a 838,8 g/kg), carboidratos não-fibrosos (398,0 a 687,0 g/kg) e matéria mineral (81 a 192,4 g/kg) (Tabela 1).

Torres *et al.* (2009) avaliaram a substituição de palma Gigante por palma Miúda em dietas para bovinos em crescimento, verificaram que a composição química de variedades de palma foram semelhantes, onde a palma Miúda apresentou 102,8 g/kg de MS, 54,8 g/kg de PB, 126,2 g/kg de MM, 373,2 g/kg de FDN, 201,6 g/kg de FDA, 22,2 g/kg de EE, 796,8 g/kg de CHT e 423,6 g/kg para CNF. Para palma Gigante observou-se 99,3 g/kg de MS, 40,1 g/kg de PB, 25,4 g/kg de EE, 96,7 g/kg de MM, 364,7 g/kg de FDN, 168,7 g/kg de FDA, 837,8 g/kg de CHT e 473,1 g/kg para CNF.

Tabela 1 - Composição bromatológica de variedades de palma forrageira

Gênero	MS¹	MO²	MM²	PB²	EE²	CHOT²	FDN²	FDNcp²	FDA²	CNF²	LDA²	Autor
Miúda	192,7	893,2	106,8	40,0	14,4	838,8	201,0	191,8	142,8	650,1	35,8	Sousa, 2014
Miúda	77,6	824,8	175,3	43,1	30,9	750,8	328,1	243,0	199,7	422,7	35,7	Cavalcante, 2013
Miúda	106,0	914,0	86,0	92,0	-	807,0	157,0	-	105,0	760,0	20,0	Moura, 2012
Miúda	187,0	919,0	81,0	33,0	20,0	660,0	241,0	-	148,0	439,0	13,0	Batista <i>et al.</i> 2009
Miúda	120,0	814,0	186,0	62,0	21,0	731,0	269,0	-	160,0	474,0	14,0	Batista <i>et al.</i> 2003
Gigante	63,7	840,7	159,4	54,2	29,8	756,7	283,0	220,5	209,3	473,7	52,6	Cavalcante, 2013
Gigante	80,0	881,0	109,0	99,0	-	782,0	219,0	-	124,0	570,0	36,0	Moura, 2012
Gigante	153,0	919,0	81,0	44,0	24,0	625,0	248,0	-	179,0	398,0	13,0	Batista <i>et al.</i> 2009
Gigante	78,3	837,0	163,0	48,3	9,8	778,9	290,7	-	257,7	503,0	46,2	Tosto <i>et al.</i> 2007
Gigante	144,0	854,0	146,0	64,0	19,0	771,0	281,0	-	173,0	500,0	14,0	Batista <i>et al.</i> 2003
OEM	90,0	870,0	130,0	61,0	36,0	-	240,0	-	107,0	-	-	Moraes, 2012
OEM	93,0	905,0	95,0	79,0	-	810,0	160,0	-	85,0	659,0	17,0	Moura, 2012
OEM	77,0	859,0	141,0	69,0	19,0	771,0	262,0	-	139,0	509,0	29,0	Rocha Filho, 2012
OEM	75,0	807,6	192,4	25,5	17,3	-	300,5	265,9	157,2	-	-	Cavalcanti <i>et al.</i> 2008
IPA Sertânia	134,0	863,0	137,0	20,0	34,0	-	177,0	-	90,0	-	-	Moraes, 2012
IPA Sertânia	106,0	901,0	99,0	64,0	-	815,0	137,0	-	84,0	687,0	11,0	Moura, 2012
IPA Sertânia	74,0	815,0	185,0	59,0	16,0	740,0	236,0	-	140,0	504,0	15,0	Rocha Filho, 2012
IPA Sertânia	76,0	789,3	210,7	43,3	15,3	730,8	172,9	-	71,2	557,8	-	Santos, 2012

¹g/kg de matéria natural.²g/kg MS.

Batista *et al.* (2009), ao avaliarem a composição química e degradabilidade ruminal de oito cultivares de palma (Gigante, Miúda, Chile 1317, Algeria 1267, IPA-20, IPA-90-92, IPA-90-155 e Additional 1258), observaram que os teores de fibra em detergente neutro não diferiram entre as cultivares, com média de 248,75 g/kg. Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) variaram de 148 g/kg a 207 g/kg e os teores de proteína bruta foram inferiores a 45 g/kg, demonstrando que a cultivar teve efeito mínimo sobre a composição química e degradabilidade ruminal.

Devido ao baixo teor de matéria seca da palma forrageira, dietas formuladas com altas proporções desse alimento podem ser favoráveis em regiões semiáridas do Nordeste, onde a água se torna escassa em determinada época do ano (MAGALHÃES *et al.*, 2004). Diversos trabalhos evidenciam que o consumo de água via bebedouro diminui linearmente à medida que se elevaram os níveis de palma na dieta, em decorrência de maior consumo de água via palma (ABIDI *et al.*, 2009; BISPO *et al.*, 2007).

A palma forrageira é caracterizada por apresentar baixa concentração de PB. Os valores médios de 47,45 g/kg e 62 g/kg foram relatados por Torres *et al.* (2009) e Batista *et al.* (2003), respectivamente. O teor de PB da palma é insuficiente para o adequado desempenho animal (PESSOA *et al.*, 2013), necessitando ser complementada com outras fontes desse nutriente.

A palma forrageira, embora considerada um volumoso, apresenta baixos níveis de carboidratos fibrosos (FDN e FDA) e altos teores de carboidratos não fibrosos, caracterizando-se como um alimento energético. Esse aspecto deve ser levado em consideração quando da utilização da palma na alimentação de ruminantes (FERREIRA *et al.*, 2009). Nível adequado de fibra se faz necessário na ração de ruminantes, exigentes em tal componente para o normal funcionamento do rúmen e de atividades pertinentes a ele, como ruminação, movimentação ruminal, homogeneização do conteúdo ruminal, secreção salivar (que favorece a estabilização do pH ruminal, além de fornecer mais fósforo para a fermentação microbiana) e manutenção do teor de gordura do leite (MERTENS, 1997).

2.4 Características agronômicas

2.4.1 Palma Miúda

A palma Miúda é uma variedade mais exigente em fertilidade de solo, umidade e exige temperatura noturna mais amena quando comparada as outras variedades, não sendo indicada para áreas de sertão (ALBUQUERQUE, 2000).

Essa variedade apresenta-se adaptada ao semiárido, mas por ser mais exigente em água quando comparada à espécie *Opuntia ficus indica* Mill, se adapta melhor às áreas úmidas do Semiárido brasileiro, a exemplo do Agreste pernambucano e parte dos Estados da Paraíba e Alagoas, produzindo em média 21 t MS/ha a cada 2 anos com população de 20.000 plantas/ha. (SANTOS *et al.*, 2013).

Em termos de produtividade de massa verde, a palma Miúda tem apresentado resultado inferior às variedades Gigante e Redonda. No entanto, quando essa produção é transformada em matéria seca, os últimos resultados se equivalem, por ter a palma Miúda mais matéria seca do que essas variedades (SANTOS *et al.*, 2006).

Quanto à resistência às pragas, embora a palma Miúda apresente sensibilidade à cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti*) (CAVALCANTI *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2006), ela apresenta-se resistente à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) (VASCONCELOS *et al.*, 2009), a principal praga que tem acometido os palmais no semiárido brasileiro.

2.4.2 Palma Gigante

A palma Gigante é mais resistente à seca, altamente produtiva, apresenta menor palatabilidade e menor valor nutricional (NEVES *et al.*, 2010; SILVA e SANTOS, 2006). Santos (2013) relatou produção média de 217,99 t matéria verde/ha/2 anos para a variedade Gigante em diferentes municípios do estado de Pernambuco. Essa variedade é resistente à cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti*) (SILVA e SANTOS, 2006) e susceptível à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) (VASCONCELOS *et al.*, 2009).

2.4.3 Palma IPA Sertânia

A variedade IPA Sertânia apresenta-se adaptada ao Semiárido, mas pela susceptibilidade a fusariose, tem apresentado índice de sobrevivência em torno de 40% em algumas áreas de Pernambuco na qual se constatou a presença do *Fusarium solani* (Mart.) Sacc (SANTOS *et al.*, 2008).

A palma IPA Sertânia apresentou produção média de 141,21 t de matéria verde/ha/2 anos em cinco municípios de Pernambuco (SANTOS, 2013). Essa variedade é classificada como resistente à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) (SANTOS *et al.*, 2006) e susceptível à cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti*) (VASCONCELOS *et al.*, 2009).

2.4.4 Palma Orelha de Elefante Mexicana

A palma Orelha de Elefante Mexicana é uma variedade importada do México e apresenta a vantagem de ser resistente à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) (SANTOS *et al.*, 2006; VASCONCELOS *et al.*, 2009) e susceptível a cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti*) (SANTOS *et al.*, 2013), sendo menos exigente em fertilidade do solo. Contudo, apresenta grande quantidade de espinhos que influencia o consumo pelos animais, além de dificultar o manejo enquanto espécie forrageira (CAVALCANTI *et al.*, 2008).

Apresenta-se adaptada às condições do Semiárido brasileiro, apresentando mais de 90% de sobrevivência (SANTOS *et al.*, 2013). No entanto, ela tem se destacado quanto à produtividade com produção de aproximadamente 55 t de MS/ha/ano, com o corte realizado aos dois anos, conservando-se os cladódios primários e sob condições de sequeiro (SANTOS *et al.*, 2011).

3 LITERATURA CITADA

ABIDI, S. *et al.* Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, n. 1-3, p. 9-16, 2009.

ALBUQUERQUE, S. G. 2000. Cultivo da palma forrageira no Sertão do São Francisco. Embrapa Semi-Árido. 6p. (Comunicado Técnico, 91).

ANDRADE, A. P. *et al.* Produção animal no Semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 4, n. 4, p. 01-14, 2010.

ARAÚJO, A. M. **Interação entre adubação fosfatada e espaçamento no cultivo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) no estado da Paraíba**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrosilvipastoris no Semiárido) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB, 2009.

BATISTA, A. M. V. *et al.* Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, n. 3, p. 297-301, 2009.

BATISTA, A. M. V. *et al.* Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 5, p. 440–445, 2003.

BISPO, S. V. *et al.* Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.

CAVALCANTE, L. A. D. **Avaliação da palma forrageira em diferentes densidades de plantio**. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia.) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão-SE, 2013.

CAVALCANTI, M. C. A. *et al.* Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia sp.*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.

CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semi-árido baiano. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 3, p. 39-49, 2006.

DUBEUX JR, J. C. B. *et al.* Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. *et al.* Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

- FARIAS, I. *et al.* Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.
- FERREIRA, M. A.; PESSOA, R. A. S.; BISPO, S. V. Otimização de dietas a base de palma forrageira e outras alternativas de suplementação para regiões semiáridas. *In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE*, 7., 2008, Viçosa. **Anais..** Viçosa: UFV, 2008. p. 241-265.
- FERREIRA, M. A. *et al.* Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no Semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 322-329, 2009.
- LIMA, C. D. S.; GOMES, H. S.; DETONI, C. E. Adição de uréia e da levedura *Saccharomyces cerevisiae* no enriquecimento protéico da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L) CV. Miúda. **Revista Magistra**, v. 16, n. 1, p. 01-08, 2004
- LIRA, M. A. *et al.* Genética e melhoramento da palma forrageira. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS*, 2., 2011, Garanhuns. **Anais...** Garanhuns: UFRPE, 2011.
- LIRA, M. A. *et al.* Sistemas de produção de forragem: alternativas para a sustentabilidade da produção. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 43., 2006, João Pessoa-PB, **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 491-511.
- LOPES, E. B. *et al.* Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 204-215, 2010.
- LOPES, J. S. *et al.* Composição bromatológica da palma forrageira (*Nopalea cocchenilifera* Salm Dyck) amonizada. **Revista Magistra**, v. 17, n. 3, p. 107-113, 2005.
- MAGALHÃES, M. C. S. *et al.* Inclusão de cama de frango em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) para vacas mestiças em lactação. 1. Consumo e produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1897-1908, 2004.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 463-1481, 1997.
- MORAES, A. C. A. **Valor nutritivo de diferentes variedades de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim.** 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia.) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2012.

MOURA, J. G. **Valor nutritivo e características anatômicas de variedades de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.) com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell).** 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia.) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2012.

NEVES, A. L. A. *et al.* Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros no Semiárido brasileiro. 1ª ed. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora-MG. 8p, 2010.

PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A. Produção de forragem de espécies herbáceas da caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. SÁ B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P.Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga.** Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, p. 145-159, 2010.

PEREIRA, E. S. *et al.* Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, 2010.

PESSOA, R. A. S. *et al.* Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 13, p. 508–517, 2013.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga.** Recife-PE: Editora Universitária da UFPE, 2003. Cap.1, p. 3–74.

ROCHA FILHO, R. R. **Palma Gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes.** 2012. 87 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2012.

RODRIGUES, A. **Características da reprodução, crescimento, mortalidade e produção de leite em cabras Pardo Alemã, Anglonubiana e Sem Raça Definida (SRD) nos Cariris paraibanos.** 1998. 72 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia.) - Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 1988.

SANTOS, A. O. A. **Utilização de nutrientes, parâmetros de fermentação ruminal, comportamento ingestivo e preferencial de ovinos recebendo dietas a base de palma forrageira.** 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia.) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2012.

- SANTOS, D. C. *et al.* A palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização. Recife-PE: IPA, 1997. 23p. (Documentos, 25)
- SANTOS, D. C. *et al.* Características agrônômicas de clones palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: SNPA, 2008.
- SANTOS, D. C. *et al.* Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: Novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2013.
- SANTOS, D. C. *et al.* Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife-PE: IPA, 2006. 48p.
- SANTOS, D. C. *et al.* Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp), em condições de campo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006.
- SANTOS, D. C. Manejo e produção de palma forrageira no enfoque do controle da cochonilha do carmim. In: CONGRESSO DE PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS, 3., 2013, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2013.
- SANTOS, D.C. *et al.* Genótipos de palma forrageira para áreas atacadas pela cochonilha do carmim no sertão pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Anais...**, Búzios: SBMP, 2011.
- SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Electrónica de Veterinária REDVET**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.
- SILVA, D. *et al.* Exploração da Caatinga no Manejo Alimentar Sustentável de Pequenos Ruminantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2004.
- SOUSA, D. R. **Consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo, parâmetros ruminais, séricos e urinários em ovinos alimentados com resíduo de feijão e palma forrageira.** 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns-PE, 2014.
- SOUSA, T. P.; SOUSA NETO, E. P. 2012. Produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) como alternativa de alimentação para criações no Semiárido. In.: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2012.

TORRES, L. C. L. *et al.* Substituição da palma gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2264-2269, 2009.

TOSTO, M. S. L. *et al.* Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 3, p. 239-249, 2007.

VASCONCELOS, A. G. V. *et al.* Seleção de clones de palma forrageira resistentes a cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

4 OBJETIVOS GERAIS

Objetivou-se avaliar a composição químico-bromatológica de variedades de palma forrageira: palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), palma IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera*), palma Gigante (*Opuntia ficus indica* Mill), e palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), todas na forma *in natura*.

4.1. Objetivos específicos

Determinar a composição químico-bromatológica de quatro variedades de palma forrageira;

Determinar o fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados de quatro variedades de palma forrageira;

Estimar as taxas de digestão *in vitro* dos carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF) de quatro variedades de palma forrageira;

Avaliar a degradabilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVMS) de quatro variedades de palma forrageira;

Determinar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de quatro variedades de palma forrageira.

CAPÍTULO I

Atributos químico-bromatológicos, cinética de degradação e produção de gás de variedades de palma forrageira

RESUMO - Objetivou-se avaliar a composição química e bromatológica, o fracionamento de carboidratos e dos compostos nitrogenados, os parâmetros de degradação e fermentação ruminal de variedades de palma forrageira disponíveis para ruminantes no Semiárido nordestino. Determinou-se matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina digerida em ácido (LDA), além de estimativas de energia, fracionamentos de carboidratos e dos compostos nitrogenados. Foi realizada a determinação dos parâmetros de fermentação, a digestibilidade *in vitro* verdadeira da matéria seca (DIVMS) e a estimativa dos parâmetros cinéticos dos carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não fibrosos (CNF) a partir da técnica de produção de gases *in vitro*. Observaram-se MS de 138,09; 95,63; 52,52 e 70,14 g/kg de matéria natural, PB de 38,07; 74,93; 74,33 e 55,79 g/kg de MS e carboidratos totais de 761,42; 702,01; 662,80 e 696,04 g/kg de MS, respectivamente, para as variedades Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia. O maior valor estimado para os nutrientes digestíveis totais (NDT) foi para a variedade Miúda (70,94%) em relação às outras variedades. Observou-se que a degradabilidade potencial (DP) foi de 863,7; 900,1; 884,7 e 924,9 g/kg de MS, respectivamente, para as variedades Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia. Já para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, não houve diferença significativa, todas as variedades apresentaram DIVMS de aproximadamente 80%. A variedade Miúda foi a que apresentou a maior produção total de gases (341,14 mL). As variedades de palma forrageira apresentam características químico-

bromatológicas satisfatórias, com destaque para a variedade Miúda que apresenta maior teor de nutrientes digestíveis totais e maior produção total de gases.

Palavras-chave: Cactáceas. Degradabilidade. Digestibilidade. Parâmetros cinéticos.

Chemical-bromatológicos attributes, degradation kinetics and production of gas varieties of forage cactus

ABSTRACT - The objective was to evaluate the chemical and chemical composition, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds, the parameters of degradation and ruminal fermentation varieties of cactus forage available for ruminants in Semi-arid northeast. It was determined dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin digested in acid (LDA), and energy estimates, fractionation of carbohydrates and protein. The determination of fermentation parameters was carried out, the true *in vitro* digestibility of dry matter (DM) and the estimation of kinetic parameters of the CNF and CF from in gas production technique *in vitro*. Observed MS 138.09, 95.63, 52.52 and 70.14 g kg⁻¹ of natural matter, CP 38.07, 74.93, 74.33 and 55.79 g kg⁻¹ DM and total carbohydrates from 761.42, 702.01, 662.80 and 696.04 g kg⁻¹ DM, respectively, for the varieties Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana and IPA Sertânia. The highest estimated value for the NDT was to Miúda variety (70,94%) over other varieties. It was observed that the degradability (PD) was 863.7; 900.1; 884.7 and 924.9 g kg⁻¹ DM, respectively, for the varieties Miúda, Gigante, Orelha de Elefante Mexicana and IPA Sertânia. As for the *in vitro* digestibility of dry matter, there was no significant difference, all varieties showed IVDMD of approximately 80%. The Miúda variety was the one that had the highest total gas production (341.14 mL). The cactus pear varieties have satisfactory chemical-qualitative characteristics, especially the Miúda variety that has a higher content of total digestible nutrients and increased total gas production.

Keywords: Cactus. Degradability. Digestibility. Kinetic parameters.

INTRODUÇÃO

A região Semiárida brasileira abrange uma área de 92,5 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 10% do território brasileiro, onde a pecuária se destaca como uma das principais atividades econômicas (ANDRADE *et al.*, 2014). Nessa região a produção de forragem é sazonal, concentrada dentro de 3-4 meses da estação chuvosa, sendo o principal entrave para aumentar a produtividade animal nesta região (DUBEUX Jr *et al.*, 2006).

A diminuição da quantidade e da qualidade de forragem, juntamente com a ineficiência na aplicação de tecnologias adequadas para amenizar os efeitos causados pelo déficit hídrico, comprometem a produtividade e o desempenho animal na época crítica do ano. Desta forma, a palma forrageira constitui importante recurso forrageiro para ruminantes pois apresenta alto potencial de produtividade de biomassa na região Semiárida do Brasil.

Um dos principais atributos da palma forrageira é seu alto teor de água, assim esse alimento constitui importante fonte de água para os animais do Semiárido nordestino, que sofre constantemente com as irregularidades das chuvas. Além disso, ela apresenta baixo teor de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e um alto teor de carboidratos não-fibrosos (CNF) (BISPO *et al.*, 2007; SARAIVA *et al.*, 2015). Apesar de ser um alimento empregado rotineiramente na alimentação de ruminantes no Semiárido brasileiro são limitados os estudos comparativos das frações dos componentes químicos e os parâmetros cinéticos de degradação *in vitro* de diferentes variedades de palma.

A determinação das frações de carboidratos e dos compostos nitrogenados, bem como os parâmetros cinéticos de degradação ruminal são de extrema importância. Pois

essas informações podem ser utilizadas nos modernos sistemas de formulação de ração para ruminantes, visando maximizar a sincronização da degradação entre carboidratos e compostos nitrogenados, minimizando as perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal e promovendo uma maior eficiência de síntese microbiana.

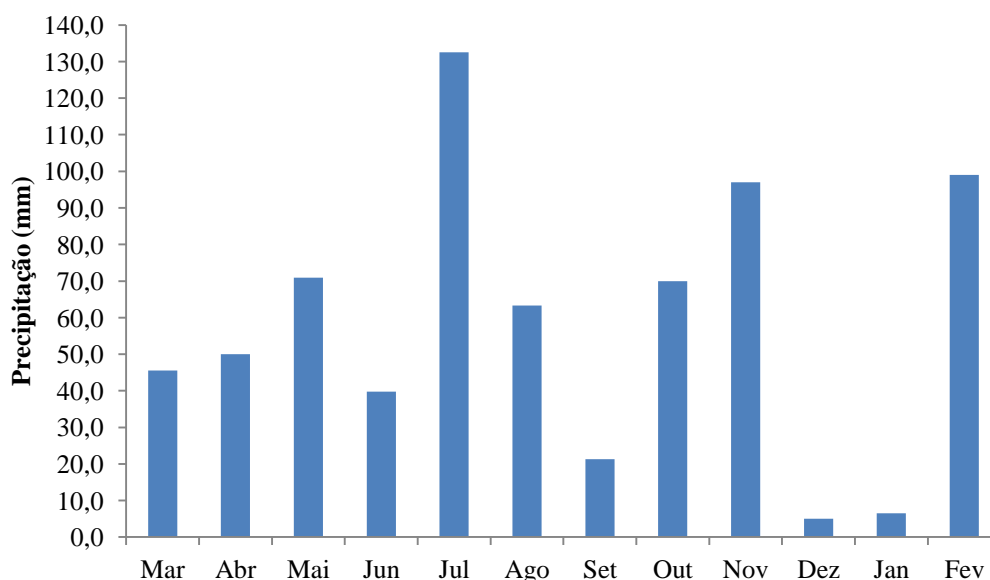
Objetivou-se avaliar a composição química e bromatológica, o fracionamento de carboidratos e dos compostos nitrogenados, os parâmetros de degradação e fermentação ruminal *in vitro* de variedades de palma forrageira disponíveis para ruminantes no Semiárido nordestino.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras dos alimentos foram coletadas em fevereiro de 2015, nas dependências da Estação Experimental de São Bento do Una, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado na mesorregião do Vale do Ipojuca, a 8° 31' 16" de latitude sul e 36° 33' 0" de longitude oeste, cujo clima é classificado segundo Koopen como BSw^h (Tropical Semiárido, quente e seco), com chuvas concentradas no verão, sendo que as maiores precipitações ocorrem entre janeiro e março. Já a estação seca se inicia em maio e se prolonga até dezembro e, as menores precipitações são verificadas nos meses de setembro e outubro. A precipitação média de março de 2014 a fevereiro de 2015 (ano que antecedeu as coletas) foi de 700,8 (Figura 1), com média mensal de 58,4 mm (IPA, 2015).

As variedades de palma forrageira avaliadas foram as seguintes: palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), palma IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera*), palma Gigante (*Opuntia ficus indica* Mill), e palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) todas na forma *in natura*. As amostras foram coletadas aleatoriamente perfazendo quatro amostras por variedade em pontos distintos do campo.

Figura 1 – Médias de precipitação pluviométrica mensal na Estação Experimental de São Bento do Una-PE, no período de março de 2014 a fevereiro de 2015.



As amostras passaram pelo processo de redução de partículas manualmente e pré-secas em estufa de ventilação forçada de ar à 55°C, até peso constante. Em seguida, foram moídas em moinho de facas, em peneira com crivos de até 1 mm de diâmetro para a determinação da composição química, e em peneira de até 2 mm para ensaios de produção de gases, degradabilidade e digestibilidade *in vitro*. Em seguida, as amostras processadas foram armazenadas em frascos identificados para utilização durante as análises laboratoriais posteriores.

Os teores de matéria seca (MS) foram determinados através da secagem da amostra em estufa a 105°C por 24 horas (AOAC, 930.15), a matéria orgânica (MO) e a matéria mineral (MM) foram determinadas após incineração das amostras a 600°C por 3 horas (AOAC, 942.05). O teor de nitrogênio (N) foi determinado pelo método Kjeldahl (AOAC, 954.01), sendo o teor de proteína bruta (PB) calculado pelo fator $6,25 \times N$. O extrato etéreo (EE) foi determinado por extração com éter etílico durante cinco horas em extrator Soxhlet (AOAC, 920.39).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo metodologia proposta por Van Soest *et al.* (1991), adaptada por Senger *et al.* (2007). Amostras contidas nos cadinhos após as lavagens com detergente neutro, foi incinerado segundo (AOAC, 942.05) para determinação das cinzas e outra parte do resíduo também foi utilizada na determinação do teor de nitrogênio (FDNp), conforme (AOAC, 954.01). Para determinação da lignina foi feita a solubilização da celulose com ácido sulfúrico a 72% (LDA), conforme metodologia proposta por Van Soest *et al.* (1991). Também foram determinadas as frações de celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) pelas equações: $CEL = FDA - LIG$ e $HEM = FDN - FDA$.

Os carboidratos totais foram estimados pela equação: $CHO = 100 - (PB + EE + MM)$ descrita por Sniffen *et al.* (1992). Os carboidratos não-fibrosos (CNF) que correspondem às frações “A + B1”, foram estimados pela seguinte equação $CNF = 100 - (PB + FDN_{cp} + EE + MM)$ em que FDN_{cp} corresponde ao FDN corrigido o seu conteúdo para cinzas e proteína. A fração B2 (fibra digerível) foi obtida pela diferença entre a FDN_{cp} e a fração C (fibra indigerível). A fração C foi obtida pela FDN indigerível após 288 horas de incubação *in situ*, conforme descrito por Valente *et al.* (2011).

Os teores de nitrogênio não-protéico (NNP), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram determinados conforme Licitra *et al.* (1996). A fração A foi obtida pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel (residual) em ácido tricloroacético (10%). A fração B1+B2 foi obtida a partir da seguinte equação: $B1+B2 = 100 - (A + B3 + C)$. A fração B3 foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA, e a fração C foi considerada como o NIDA.

Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com o NRC (2001), por meio da equação: $\%NDT = CNFd + PBd + (AGd \times 2,25) + FDNnd - 7$; sendo o valor 7 o NDT fecal metabólico; CNFd corresponde a carboidratos não fibrosos digestíveis; PBd equivale a proteína bruta digestível; AGd significa ácidos graxos digestíveis; FDNnd corresponde a FDN corrigida para nitrogênio digestível. Para o cálculo de CNFd utilizou-se a equação: $CNFd = 0,98 \times [100 - (\%PB + \%EE + \%FDNn + \%MM)] \times PAF$, onde PAF é um fator de ajuste igual a 1 para todas as variedades segundo NRC (2001). Para o cálculo de PBd e AGd utilizaram-se as equações: $PBd = PB - \exp[-1,2 \times (PIDA/PB)]$ e $AGd = EE - 1$, levando em consideração que para alimentos com teores de $EE < 1$, $AGd = 0$. Já FDNnd foi obtida utilizando um ensaio de degradabilidade *in vitro* por 48 horas conforme NRC (2001). E para o cálculo de energia digestível (ED) foi utilizada a equação proposta pelo NRC (2001): $ED = (CNFd/100) \times 4,2 + (FDNnd/100) \times 4,2 + (PBd/100) \times 5,6 + (AGd/100) \times 9,4 - 0,3$.

A degradabilidade foi determinada de acordo com o primeiro estágio da metodologia de Tilley e Terry (1963) através de incubações *in vitro* de 600 mg de amostra seca ao ar, com 60 mL de solução tampão (combinação das soluções A + B com pH 6,8) e 15 mL de inóculo coletado de dois caprinos fistulados no rúmen, filtrado em quatro camadas de gaze, injetando constantemente gás carbônico para manter o meio anaeróbico. Incubou-se nos tempos de 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 e 48 horas, as amostras do tempo zero passaram apenas por lavagem com água destilada a 39°C, os demais tempos foram incubados em estufa com temperatura constante de 39°C. Atingindo-se o tempo de incubação, cessou-se a fermentação microbiana com banho de gelo e posteriormente filtrou-se em cadinhos de vidro com porosidade nº 1, previamente pesados, com lavagem constante com água destilada. Os cadinhos com resíduos foram

mantidos em estufa de 105°C por 12 horas, antes da pesagem final. Por diferença obteve-se a degradação da matéria seca de acordo com o horário de incubação.

Para digestibilidade *in vitro* verdadeira da matéria seca (DIVMS), utilizou-se a metodologia dos dois estágios descrita por Tilley e Terry (1963) com alterações propostas por Holden (1999) através de incubações *in vitro* de 1 g de amostra seca ao ar, com 80 mL de solução tampão (combinação das soluções A + B com pH 6,8) e 20 ml de líquido ruminal coletado de dois caprinos fistulados no rúmen, filtrado em quatro camadas de gaze, injetando constantemente gás carbônico para manter o meio anaeróbico. Depois de 48 h de incubação, 6 mL de ácido clorídico (HCl) a 20% e 2 mL de pepsina (1:1000) foram adicionados em cada frasco e, após o período de 24 h de incubação, foram realizados os procedimentos de filtragem a vácuo, secagem e pesagem dos resíduos, visando os cálculos de DIVMS.

Para a estimação dos parâmetros de degradação *in vitro* (a , b e c) e a degradabilidade potencial da matéria seca utilizou-se o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979): $DP = a + b(1 - e^{-ct})$ com o auxílio do PROC NLIN do SAS, em que, DP é a porcentagem real do nutriente degradado após t horas de incubação; a é a fração rapidamente solúvel; b é a fração que pode ser degradada se houver tempo; c é a velocidade ou taxa de degradação da fração b ; e t é o tempo de incubação. Para estimar a degradabilidade efetiva (DE) utilizou-se a equação $DE = a + (b*c)/(c+k)$, em que: a , b e c são as mesmas constantes do modelo de Orskov e McDonald (1979) e k = as taxas de passagem. Assumiram-se taxas de passagem de partículas no rúmen estimadas em 2, 5 e 8 %/h, conforme sugerido pelo AFRC (1993).

Para produção de gases *in vitro*, foi adicionado 1,0 g de amostra em frascos de vidros (160mL), nos quais foram adicionados 90 mL de meio de cultura conforme Theodorou *et al.* (1994). Na sequência foram adicionados 10 mL de inóculo ruminal

(oriundo de três caprinos fistulados no rúmen), em cada frasco, que foi mantido sob aspersão de CO₂ e em seguida estes foram vedados com rolhas de borracha e lacres de alumínio. Após colocação dos lacres, os gases gerados no interior de cada frasco foram eliminados e colocados em uma estufa com temperatura constante de 39°C durante o período de incubação.

A pressão originada dos gases acumulados na parte superior dos frascos foram mensurados utilizando-se um transdutor de pressão (Datalogger Universal Logger AG100) conectado a uma agulha (0,6 mm). As leituras foram aferidas em maior frequência durante o período inicial e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36 e 48 h de incubação). Para estimativa da equação de regressão entre os dados de pressão e volume, utilizou-se o procedimento PROC REG do SAS (2002). Os dados de pressão (P em psi = pressão por polegada) foram convertidos em volume de gases (V), adotando-se a equação, $V = 5,1612P - 0,3017$, $R^2 = 0,9873$, gerada no Laboratório de Produção de Gases (LPG) da Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE, a partir de 937 observações. De cada leitura de pressão, foi subtraído o total produzido pelos frascos sem substrato (branco), referentes a cada amostra.

Os dados da produção cumulativa de gases foram ajustados pelo modelo bicompartimental sugeridos por Schofield *et al.* (1994), utilizando o procedimento PROC NLMIXED do SAS (2002):

$$V(t) = \frac{Vf1}{1 + e^{[2-4kd1(T-L)]}} + \frac{Vf2}{1 + e^{[2-4kd2(T-L)]}} + \varepsilon$$

onde, V(t) representa o volume máximo total de gases produzidos; Vf1(mL/g) representa o volume máximo de gás para a fração de rápida digestão (CNF); Vf2 (mL/g) representa o volume máximo de gás para a fração de lenta digestão (CF); *kd1* (%/h) equivale à taxa de degradação da fração de rápida digestão (CNF); *kd2* (%/h) equivale à taxa de degradação da fração de lenta digestão; *L* representa a duração dos eventos

iniciais (fase de latência) de digestão, comum as duas fases; e o T (h) representa o tempo de fermentação.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento PROC GLM e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 por meio do programa estatístico SAS, 2002 (Statistical Analysis System, versão 9.0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de MS foi maior ($P < 0,05$) para a palma Miúda do que para as variedades Gigante, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana (Tabela 2). Para MM os maiores valores ($P < 0,05$) foram observados para as variedades Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia, os valores de matéria mineral no presente estudo foram maiores do que os relatados por Batista *et al.* (2009) para oito cultivares (Gigante, Miúda, Chile 1317, Algeria 1267, IPA-20, IPA-90-92, IPA-90-155 e Additional 1258). A palma forrageira apresenta elevado teor de matéria mineral devido à alta concentração dos macroelementos minerais (34,4 g/kg de Ca, 33,4 g/kg de K e 7,4 g/kg de Mg) (DUBEUX Jr *et al.*, 2010; MELO *et al.*, 2003). Não foram encontrados diferenças para os teores de extrato etéreo (EE), que foram semelhantes aos valores reportados por Wanderley *et al.* (2002) e Tosto *et al.* (2007).

O nível de FDN foi maior ($P < 0,05$) para a Gigante, intermediário para as variedades Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia, e menor ($P < 0,05$) para a variedade Miúda. Os compostos fibrosos dessas plantas de forma geral são considerados baixos, pois apresentam fibra em detergente neutro (FDN) abaixo de 250 g/kg com base na MS. Fibra em detergente ácido para as variedades de palma variaram de 102,92 g/kg para a palma Miúda a 188,36 g/kg para a variedade Gigante. Batista *et al.* (2009) observaram diferenças significativas no teor de FDA entre oito variedades de palma. Os valores de FDA relatados pelo autor variaram de 148,0 a 207 g/kg. Lignina em

detergente ácido foi maior ($P<0,05$) para a variedade Gigante e foi baixa para todas as variedades. Batista *et al.* (2003) relataram que os valores de LDA variaram de 34 a 54 g/kg (base da MS).

O maior valor ($P<0,05$) estimado para o NDT (Tabela 2) foi para a variedade Miúda (70,94%) em relação às outras variedades. Tosto *et al.* (2007) trabalhando com a variedade Gigante registraram 61,8 % de NDT e Costa *et al.* (2012) testando a substituição de milho pela palma forrageira sobre o desempenho de cordeiros Santa Inês relataram 60,8% de NDT para a variedade Gigante. A variedade Miúda foi a que apresentou maior valor de ED (3,02 Mcal/kg) e as demais variedades não diferiram ($P<0,05$) entre si. Tosto *et al.* (2007) avaliando a composição químico-bromatológica da variedade Gigante estimaram valor de 2,65 Mcal/kg de ED, valor inferior aos observados no presente trabalho. Os altos teores de NDT e ED para as diferentes variedades podem ser explicados pelos altos teores de carboidratos não fibrosos.

Tabela 2 - Composição bromatológica de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro

	Variedade				EPM ⁴	P valor
	Miúda	Gigante	O. E. Mexicana	IPA Sertânia		
MS ¹	138,09±3,07a	95,63±1,82b	52,52±2,33d	70,14±8,69c	8,50	<0,0001
MM ²	110,19±1,50b	122,41±1,05b	159,92±8,23a	167,27±17,68a	7,27	0,0008
MO ²	889,81±1,50a	877,59±1,05a	840,08±8,23b	832,73±17,68b	7,27	0,0008
EE ²	9,16±0,65a	10,21±2,71a	8,77±1,14a	8,62±2,52a	0,72	0,8905
PB ²	38,07±0,63b	74,93±0,65a	74,33±14,39a	55,79±5,85ab	4,79	0,0031
PIDN ²	21,58±0,72bc	56,61±2,16a	27,17±4,23b	17,01±1,65c	4,11	<0,0001
PIDN ³	567,61±38,50b	756,04±34,54a	374,72±48,24c	311,20±40,74c	46,91	<0,0001
PIDA ²	18,27±1,11a	13,72±0,65bc	14,52±1,64b	10,19±0,55c	0,84	0,0002
PIDA ³	353,76±9,17a	183,31±10,02b	200,73±16,86b	187,57±22,16b	19,19	<0,0001
CHO ²	842,58±1,79a	792,46±3,57b	756,97±18,63b	768,32±19,36b	9,97	0,0011
CNF ²	730,39±7,81a	587,75±3,62b	602,19±17,72b	617,79±28,12b	15,86	<0,0001
CF ²	114,48±4,96c	204,71±4,72a	154,78±1,92b	150,53±8,76b	8,59	<0,0001
FDN ²	126,61±5,99c	246,13±6,99a	173,60±4,21b	166,74±12,37b	11,47	<0,0001
FDNcp ²	114,48±4,96c	204,71±4,72a	154,78±1,92b	150,53±8,76b	8,59	<0,0001
FDA ²	102,92±3,65c	188,36±3,15a	139,90±3,18b	140,10±9,90b	8,13	<0,0001
Hemicelulose ²	23,69±6,32b	57,77±6,46a	33,69±4,09b	26,64±6,64b	4,13	0,0018
Celulose ²	92,23±1,34c	160,19±2,74a	125,39±4,57b	127,91±6,53b	6,42	<0,0001
LDA ²	8,03±0,78c	22,49±0,95a	11,28±0,24b	6,35±0,70c	1,65	<0,0001
NDT(%)	70,94±0,12a	65,99±0,43b	65,09±0,67b	65,41±1,64b	0,72	0,0008
ED(Mcal/kg)	3,02±0,00a	2,86±0,02b	2,82±0,03b	2,81±0,07b	0,03	0,0031

*médias seguidas da mesma letra na linha não diferem (P>0,05) estaticamente pelo teste de Tukey

¹g/kg de matéria natural.

²g/kg MS.

³g/kg PB.

⁴EPM = Erro Padrão da Média

Os carboidratos totais (CHO) constituíram mais de 75% da MS e a variedade Miúda apresentou o maior teor ($P < 0,05$) em relação às demais variedades (Tabela 3). Para a fração A+B1, que são os carboidratos de rápida degradação, a variedade Miúda destacou-se com 866,87 g/kg de CHO. A variedade Gigante apresentou a maior concentração ($P < 0,05$) da fração B2 (fibra potencialmente digestível). Muniz *et al.* (2011) trabalhando com a variedade Gigante encontraram valor de 135 g/kg de CHO para a fração B2. Acima de 90% dos CHO apresentaram-se nas frações A e B, indicando que a maioria dos carboidratos está disponível para utilização pelos microrganismos ruminais, confirmando que todas as variedades estudadas podem ser caracterizadas como alimentos energéticos.

Tabela 3 - Fracionamento de carboidratos de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro

Variedade	Variável			
	CHO ¹	A +B1 ²	B2 ²	C ²
Miúda	842,58±1,79a	866,87±9,08a	101,00±6,53c	34,86±3,54b
Gigante	792,46±3,57b	741,66±4,74c	221,05±6,62a	37,29±3,38b
O. E. Mexicana	756,97±18,63b	795,39±3,97b	137,87±2,56b	66,74±6,37a
IPA Sertânia	768,32±19,36b	803,28±16,49b	159,03±15,40b	37,69±1,10b
EPM ³	9,97	12,07	11,74	19,19
P	0,0011	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem ($P > 0,05$) estaticamente pelo teste de Tukey

¹Carboidratos totais (g/kg de MS).

²A+B1= fração solúvel; B2= fibra potencialmente degradável; C= fibra indigestível (g/kg CHO).

³EPM = Erro padrão da média.

Já para a fração C (carboidrato indisponível), os maiores valores foram observados para a variedade Orelha de Elefante Mexicana e as demais variedades não diferiram ($P < 0,05$) entre si. Esses valores da fração C são inferiores aos obtidos por Muniz *et al.* (2011), que encontraram valor de 131 g/kg de CHO para a variedade Gigante e por Pereira *et al.* (2010) que trabalhando com a mesma variedade obtiveram 227 g/kg de CHO. Neste estudo as variedades apresentaram baixa concentração da

fração C, o que pode conferir maior digestibilidade dos carboidratos fibrosos (VAN SOEST, 1994).

A importância do fracionamento dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes se baseia na classificação das bactérias ruminais quanto à utilização dos carboidratos que constituem a parede celular vegetal e daqueles que se localizam no conteúdo celular com função não estrutural (RUSSEL *et al.*, 1992).

Os maiores ($P < 0,05$) teores de PB foram encontrados para as variedades Gigante e Orelha de Elefante Mexicana, já a Miúda apresentou o menor teor de PB (Tabela 4). Os valores médios de PB de 47,5 e 63 g/kg de MS foram relatados por Torres *et al.* (2009) e Batista *et al.* (2003), respectivamente.

Para o fracionamento dos compostos nitrogenados (Tabela 4), a variedade Miúda apresentou maior concentração ($P < 0,05$) da fração A, que corresponde ao nitrogênio não proteico (NNP). Maiores concentrações ($P < 0,05$) das frações B1+B2, correspondente às frações de alta e média degradação ruminal, foram observadas na Orelha de Elefante Mexicana e na IPA Sertânia. Pereira *et al.* (2010) determinaram as frações proteicas e de carboidratos de forrageiras produzidos no Nordeste brasileiro e registraram teor de PB de 96,1 g/kg de MS para palma Gigante, sendo que, a fração B1+B2 da proteína apresentou a maior concentração (714,7 g/kg de PB).

A variedade Gigante apresentou maior teor ($P < 0,05$) da fração B3 (fração que apresenta lenta taxa de degradação ruminal). Da proteína total, as frações A e B somam aproximadamente 80,0% para as variedades Gigante, Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia (Tabela 4), podendo afirmar que embora a palma forrageira seja caracterizada por baixa concentração de proteína, grande parte desta está disponível para degradação microbiana.

Tabela 4 – Fracionamento de proteína de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro

Variedade	Variável				
	PB ¹	A ²	B1 + B2 ²	B3 ²	C ²
Miúda	38,07±0,63b	213,41±27,10a	218,98±30,70b	213,85±32,13b	353,76±9,17a
Gigante	74,93±0,65a	102,89±1,47b	141,08±28,89b	572,73±21,65a	183,31±10,02b
O. E. Mexicana	74,33±14,39a	90,91±13,60b	534,37±49,49a	173,99±38,89b	200,73±16,86b
IPA Sertânia	55,79±5,85ab	136,38±19,03b	552,42±42,63a	123,62±16,39b	187,57±22,16b
EPM ³	4,79	13,72	49,79	47,05	19,19
P	0,0031	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem (P>0,05) estaticamente pelo teste de Tukey

¹g/kg de MS.

² A= nitrogênio não proteico; B1+B2= fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal; B3= fração nitrogenada de lenta degradação; C= fração nitrogenada indisponível (g/kg de PB).

³ EPM = Erro Padrão da Média

Em relação à fração C dos compostos nitrogenados, o maior valor (P<0,05) foi encontrado para a variedade Miúda. Esta fração é constituída por proteínas ligadas à lignina, taninos e produtos da reação de Maillard, altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática, sendo considerada inaproveitável tanto no rúmen quanto no intestino.

Os parâmetros de degradação *a*, *b* e *c* correspondem à porcentagem de compostos que podem ser solúveis (*a*), aqueles que são insolúveis, mas podem ser degradados pelos microrganismos em função do tempo de incubação (*b*), enquanto *c* corresponde à taxa de degradação dos compostos insolúveis, ou seja, da fração *b*, de acordo com o tempo de incubação (*t*).

As maiores porcentagens da fração solúvel de MS *in vitro* foram observadas para variedade Orelha de Elefante Mexicana (Tabela 5), embora todas as variedades tenham apresentado altos teores de compostos solúveis, acima de 270,0 g/kg MS, devido à maior quantidade de carboidratos de rápida degradação ruminal, em especial os açúcares solúveis e a pectina que estas plantas possuem em sua composição.

A fração lentamente degradável da MS *in vitro* variou de 435,5 a 625,2 g/kg. Os valores dessa fração são semelhantes aos reportados por Batista *et al.* (2009) que avaliaram a degradação *in situ* da MS de oito variedades de palma forrageira.

Tabela 5 - Parâmetros de degradação e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de quatro variedades de palma forrageira

Parâmetros*	Variedade				EPM ¹	P valor
	Miúda	Gigante	O. E. Mexicana	IPA Sertânia		
A ³	273,7	274,9	449,2	359,7	-	-
B ³	590,0	625,2	435,5	565,2	-	-
C ⁴	10,0	7,0	7,0	5,0	-	-
DE (0,02) ³	765,4	761,2	787,9	763,4	-	-
DE (0,05) ³	667,0	639,6	703,2	642,3	-	-
DE (0,08) ³	601,5	566,7	652,4	577,1	-	-
DP ³	863,7	900,1	884,7	924,9	-	-
DFDN ⁵	778,1a	521,4c	678,7b	814,9a	30,52	<0,0001
DIVMS ^{2,3}	826,0a	798,7a	820,8a	827,2a	6,14	0,3440

*a, b e c referem-se aos parâmetros de Orskov & McDonald (1979); DE = degradabilidade efetiva para taxa de passagem igual a 0,02; 0,05 e 0,08; Dp = degradabilidade potencial, representada pelo somatório de a e b; ¹Erro Padrão da Média. ²Letras iguais nas linhas indicam que não houve diferença significativa de acordo com Teste de Tukey considerando $\alpha = 0,05$. ³g/kg de MS. ⁴%/h. ⁵g/kg de FDN.

A degradação potencial (Dp) foi acima de 850 g/kg MS para todas as variedades de palma (Tabela 5). Dentre as variedades, a IPA Sertânia se destacou com Dp de 924,9 g/kg MS. Essa degradação é considerada alta, pois se estima a degradabilidade de todos os compostos possíveis de serem degradados durante o tempo de incubação. A alta degradabilidade *in vitro* da MS de palma forrageira é provavelmente devido aos elevados teores de carboidratos não fibrosos e do baixo teor de lignina, o que pode explicar a elevada taxa de degradação da fração lentamente degradável da MS (Batista *et al.* 2009). Moura (2012) avaliando a degradação *in situ* dos tecidos de variedades de palma do gênero *Nopalea* sp. e *Opuntia* sp., com diferentes níveis de resistência á cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) no Semiárido de Pernambuco verificou que houve alta taxa de degradação dos tecidos, restando apenas resíduos da epiderme e da cutícula,

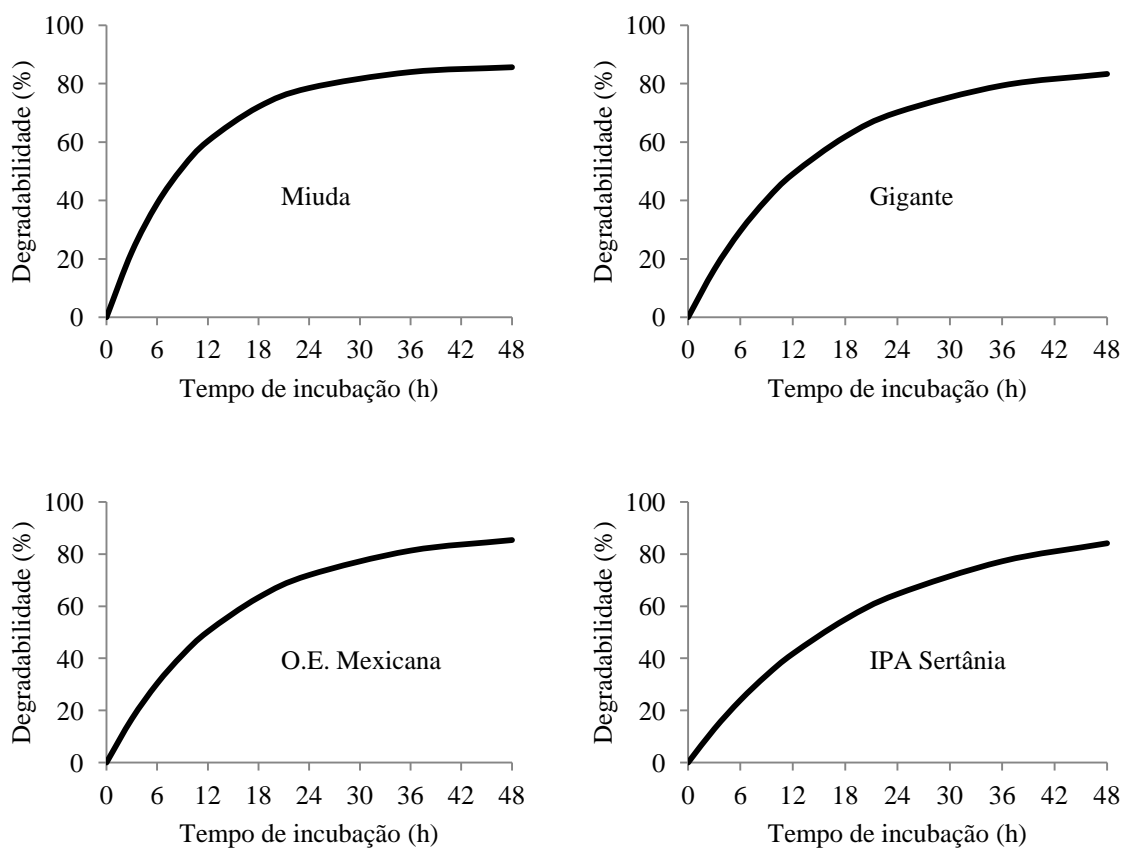
justificando a sua alta digestibilidade, independentes da variedade e do nível de resistência ao inseto cochonilha do carmim.

Já para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, não houve diferença significativa, todas as variedades apresentaram DIVMS de aproximadamente 800 g/kg, sendo esta considerada satisfatória. Santos *et al.* (1990) constataram coeficientes de DIVMS da ordem de 744, 750 e 774 g/kg para as variedades Redonda, Gigante e Miúda, respectivamente. Cavalcante *et al.* (2014) relataram valores de DIVMS de 551, 526 e 581 g/kg de MS para Redonda, Gigante e Miúda, respectivamente. Valores esses inferiores aos observados no presente trabalho.

A lignina é um constituinte da célula vegetal de baixa ou nula digestibilidade e influencia a digestibilidade da MS, da fibra bruta, da celulose e hemicelulose (WANDERLEY *et al.*, 2012). No entanto, altas proporções de carboidratos não fibrosos, em geral, aumentam a digestibilidade da palma forrageira. Isso porque são prontamente degradados no rúmen, desaparecendo rapidamente e aumentando o aporte de energia, favorecendo o crescimento microbiano e, conseqüentemente, a digestão (CAVALVANTE *et al.*, 2014).

As curvas de degradação em função do tempo de incubação foram semelhantes para todas as variedades (Figura 2), da mesma forma que houve semelhança entre a degradabilidade efetiva (DE) de acordo com as taxas de passagem lenta (2%), média (5%) e rápida (8%) (Tabela 5), o que pode ser justificado pela alta concentração de carboidratos totais que estão acima de 75% para todas as variedades, aumentando as taxas de degradação total. A elevada degradabilidade indica que as variedades de palma podem proporcionar um fluxo rápido de partículas passando pelo rúmen, permitindo maior ingestão de alimentos e provavelmente melhor desempenho.

Figura 2 – Curvas de degradabilidade da matéria seca de quatro variedades de palma forrageira em função do tempo de incubação *in vitro*



A variedade Miúda apresentou o maior volume de gases dos carboidratos não fibrosos (203,31 mL). Provavelmente, isso ocorreu devido a essa variedade conter os maiores teores de CNF (730,39 g/kg). As variedades Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia promoveram as maiores taxas de degradação de CNF sendo de 0,1140 e 0,1018 %/h, respectivamente.

Com relação ao tempo de colonização (L), observaram-se maiores valores para a variedade Miúda (3,29 h). Já o menor valor foi observado para a variedade Orelha de Elefante Mexicana (1,74 h). Tosto *et al.* (2015) trabalhando com feno de erva-sal e palma forrageira obtiveram lag time de 1,63 h para a variedade Gigante. De acordo com os autores, o baixo tempo de latência da palma forrageira é devido às suas características físico-químicas, visto que, a fração solúvel constitui um substrato

energético de rápida fermentação para os microrganismos, facilitando assim os processos de adesão e colonização do substrato, o que pode, elevar a fermentação dos carboidratos fibrosos e reduzir o período de latência.

Foram observados maiores volumes de gases dos carboidratos fibrosos para as variedades Orelha de Elefante Mexicana (179,34 mL) e IPA Sertânia (163,32 mL). As maiores taxas de degradação dos carboidratos fibrosos foram observadas para as variedades Miúda (0,1098 %/h) e Gigante (0,1038 %/h).

A variedade Miúda foi a que apresentou a maior produção total de gases (341,14 mL) (Tabela 6). Tosto *et al.* (2015), ao avaliarem a cinética de fermentação ruminal *in vitro* de dietas contendo feno de erva-sal e palma forrageira observaram produção total de gases de 328 mL em 96 horas de incubação para a palma Gigante. Maiores valores de produção de gases das diferentes variedades podem ser atribuídos a maior proporção de carboidratos não fibrosos.

Tabela 6. Parâmetros de extensão e cinética de fermentação ruminal de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro

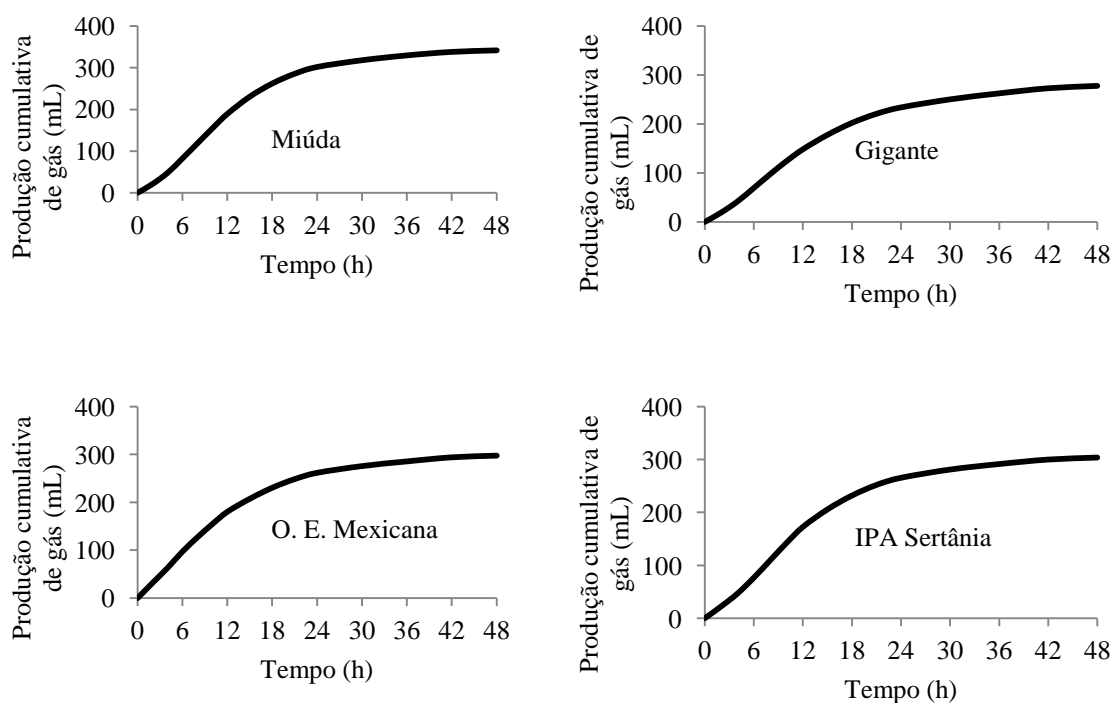
Parâmetros	Variedades				EPM	P valor
	Miúda	Gigante	O. E. Mexicana	IPA Sertânia		
Vf1 (mL)	203,31	160,84	115,48	137,99	-	-
Kd1(%/h)	0,0426	0,0357	0,1140	0,1018	-	-
L (h)	3,2929	2,9473	1,7416	2,9445	-	-
Vf2(mL)	134,28	115,36	179,34	163,32	-	-
Kd2(%/h)	0,1098	0,1038	0,0392	0,0385	-	-
PGT (mL)	341,14a	277,91b	297,68b	303,40ab	7,21	0,0030

Vf1 – volume de gases dos carboidratos não fibrosos; Kd1 – taxa de produção de gases dos carboidratos fibrosos; L – latência; Vf2 – volume de gases dos carboidratos fibrosos; Kd2 – taxa de produção de gases dos carboidratos fibrosos; PGT – produção de gases total.

As curvas de produção cumulativa de gases das quatro variedades de palma forrageira apresentaram forma sigmóide (Figura 3), forma normalmente apresentada

para as curvas de produção cumulativa de gases em estudos de degradação *in vitro* (PELL *et al.*, 1997). As curvas foram semelhantes para as quatro variedades estudadas. Consta-se que, entre 12 e 30 horas de fermentação, as curvas de produção cumulativa de gases apresentam uma diminuição na produção de gases, evidenciando uma tendência de estabilização após às 30 horas de fermentação.

Figura 3 – Produção de gases de quatro variedades de palma forrageira em função do tempo de incubação *in vitro*



CONCLUSÃO

As variedades de palma forrageira apresentaram diferenças quanto à composição químico-bromatológica. As variedades estudadas apresentaram altas taxas de degradabilidade e digestibilidade *in vitro* da MS.

A palma Miúda apresentou maiores teores de nutrientes digestíveis totais, assim como maior produção total de gases, o que indica maior disponibilidade de nutrientes para os microrganismos ruminais.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. P. *et al.* Chemical-nutritional composition of maniçoba (*Manihot* sp.) and its relationship with soil chemical characteristics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 2, p. 161-168, 2014.
- AGRICULTURAL AND FOOD REASERCH COUNCIL – AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1993,159p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington: AOAC International, 1990. 771 p.
- BATISTA, A. M. V. *et al.* Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 189, n. 2, p. 123–126, 2003.
- BATISTA, A. M. V. *et al.* Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, n. 3, p. 297-301, 2009.
- BISPO, S. V. *et al.* Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.
- CAVALCANTE, L. A. *et al.* Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.
- COSTA, R. G. *et al.* Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v. 102, n. 1, p. 13-17, 2002.

DUBEUX JR, J. C. B. *et al.* Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

DUBEUX Jr, J. C. B. *et al.* Productvity of *Opuntia fícus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Enviroments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.

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.

MELO, A. A. S. *et al.* Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia fícus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 727-736, 2003.

MOURA, J. G. **Valor nutritivo e características anatômicas de variedades de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.) com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell).** 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia.) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

MUNIZ, E. B. *et al.* Cinética de degradação ruminal de carboidratos de volumosos secos e aquosos: técnica de produção de gases. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1191-1200, 2011.

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

ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

PELL, A. N.; DOANE, P. H.; SCHOFIELD, P. *In vitro* digestibility and gas production. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 109-132.

PEREIRA, E. S. *et al.* Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, 2010.

RUSSELL, J. B. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3551-3561, 1992.

SANTOS, M. V. F. *et al.* Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante redonda (*Opuntia ficus indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck.) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 6, p. 504-511, 1990.

SARAIVA, C. A. S. *et al.* Forage cactus associated with different fiber sources for lactating Sindhi cows: production and composition of Milk and ingestive behavior. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 2, p. 60-66, 2015.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. Software, Version 9.1.3 Cary. SAS Institute, 2002.

SCHOFIELD, P., PITT, R. E., PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 11, p. 2980-2991, 1994.

SENGER, C.C.D. *et al.* Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, p. 169-174, 2008.

SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.

THEODOROU, M. K. *et al.* A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, n. 1, p. 185-197, 1994.

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

TORRES, L. C. L. *et al.* Substituição da palma gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2264-2269, 2009.

TOSTO, M. L. S. *et al.* *In vitro* rumen fermentation kinetics of diets containing oldman saltbush hay and forage cactus, using a cattle inoculum. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 149-158, 2015.

TOSTO, M. S. L. *et al.* Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 3, p. 239-249, 2007.

VALENTE, T. N. P. *et al.* Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2565-2573, 2011.

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WANDERLEY, W. L. *et al.* Palma forrageira (*Opuntia ficus idica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.

WANDERLEY, W. L. *et al.* Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 2, p. 444-456, 2012.

APÊNDICE

Tabela 1A - Composição bromatológica de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro

Variedade	MS	MM	MO	EE	PB	PIDN	PIDA	CHO	CNF	CF	FDN	FDN _{cp}	FDA	HEM	CEL	LDA	NDT	ED
Miúda A1	142,32	109,11	890,89	15,17	36,50	623,87	349,55	839,22	712,88	126,33	138,07	126,33	99,69	38,38	95,57	7,34	70,93	3,02
Miúda A2	141,53	107,52	892,48	1,98	38,96	531,06	346,50	851,53	737,74	113,79	123,95	113,79	107,65	16,30	91,66	9,99	71,02	3,02
Miúda A3	134,34	112,75	887,25	3,44	38,46	576,01	342,31	845,36	742,58	102,78	114,28	102,78	99,02	15,27	90,18	6,91	71,18	3,03
Miúda A4	134,17	111,39	888,61	6,86	38,34	539,49	376,67	843,40	728,37	115,03	130,12	115,03	105,32	24,80	91,49	7,88	70,66	3,01
Gigante A1	95,87	125,05	874,95	11,50	74,96	786,37	194,46	788,49	594,18	194,31	240,31	194,31	187,53	52,77	158,46	23,55	65,57	2,84
Gigante A2	99,95	122,17	877,83	7,86	73,55	793,51	197,20	796,43	582,26	214,17	255,69	214,17	196,22	59,47	167,03	23,79	65,38	2,83
Gigante A3	93,05	120,32	879,68	15,68	76,51	758,35	174,26	787,49	584,18	203,31	234,48	203,31	187,86	46,62	158,57	21,38	67,07	2,91
Gigante A4	93,66	122,10	877,90	5,79	74,70	685,93	167,32	797,41	590,36	207,05	254,03	207,05	181,81	72,22	156,69	21,23	65,93	2,86
OEM A1	55,66	153,81	846,19	11,63	100,41	268,48	176,79	734,15	584,18	149,97	168,27	149,97	131,94	36,33	115,63	11,01	65,88	2,89
OEM A2	47,85	174,69	825,31	7,86	84,23	448,22	182,53	733,22	575,91	157,30	169,70	157,30	144,17	25,52	130,70	10,96	64,12	2,80
OEM A3	51,36	165,71	834,29	7,66	59,40	374,37	215,30	767,23	612,25	154,98	172,31	154,98	140,66	31,65	123,74	11,64	64,38	2,77
OEM A4	55,23	145,45	854,55	7,95	53,30	407,83	228,31	793,30	636,42	156,87	184,11	156,87	142,84	41,27	131,50	11,52	65,96	2,83
IPA Ser A1	65,14	177,18	822,82	4,83	57,84	320,04	188,05	760,15	606,75	153,40	175,22	153,40	144,40	30,82	129,42	6,37	64,47	2,78
IPA Ser A2	91,87	123,06	876,94	6,12	55,05	243,35	160,69	815,76	669,94	145,82	156,23	145,82	146,17	10,05	132,37	7,91	69,45	2,98
IPA Ser A3	58,32	193,54	806,46	10,00	68,37	287,38	159,06	728,09	558,54	169,55	189,19	169,55	154,46	34,73	138,28	6,53	62,24	2,70
IPA Ser A4	65,24	175,28	824,72	13,54	41,89	394,02	242,49	769,29	635,94	133,35	146,33	133,35	115,36	30,98	11,57	4,60	65,48	2,80

Tabela 2A - Fracionamento de carboidratos de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro

Variedade	CHO ¹	A +B1 ²	B2 ²	C ²
Miúda A1	839,22	849,42	110,44	40,14
Miúda A2	851,53	866,33	107,84	25,83
Miúda A3	845,36	878,42	85,77	35,81
Miúda A4	843,40	863,59	99,08	37,33
Gigante A1	788,49	753,38	204,50	42,11
Gigante A2	796,43	731,12	227,96	40,92
Gigante A3	787,49	741,81	227,05	31,14
Gigante A4	797,41	740,34	224,67	34,98
O. E. Mexican A1	734,15	795,80	135,09	69,11
O. E. Mexican A2	733,22	785,46	134,24	80,29
O. E. Mexican A3	767,23	798,00	139,36	62,64
O. E. Mexican A4	793,30	802,31	142,78	54,91
Ipa Sertânia A1	760,15	798,19	162,55	39,26
Ipa Sertânia A2	815,76	821,20	142,18	36,62
Ipa Sertânia A3	728,09	767,13	194,01	38,86
Ipa Sertânia A4	769,29	826,58	137,39	36,03

¹Carboidratos totais (g/kg de MS).

² A+B1= fração solúvel; B2= fibra potencialmente degradável; C= fibra indigestível (g/kg CHO).

Tabela 3A – Fracionamento de proteína de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro

Variedade	PB ¹	A ²	B1 + B2 ²	B3 ²	C ²
Miúda A1	36,50	181,99	194,14	274,33	349,55
Miúda A2	38,96	177,09	291,85	184,56	346,50
Miúda A3	38,46	256,91	167,08	233,69	342,31
Miúda A4	38,34	237,65	222,86	162,82	376,67
Gigante A1	74,96	102,65	110,99	591,90	194,46
Gigante A2	73,55	101,56	104,93	596,31	197,20
Gigante A3	76,51	106,57	135,09	584,09	174,26
Gigante A4	74,70	100,78	213,29	518,60	167,32
O. E. Mexicana 1	100,41	73,43	658,09	91,69	176,79
O. E. Mexicana 2	84,23	74,40	477,38	265,69	182,53
O. E. Mexicana 3	59,40	106,48	519,15	159,07	215,30
O. E. Mexicana 4	53,30	109,34	482,84	179,52	228,31
IPA Sertânia A1	57,84	102,61	577,35	131,99	188,05
IPA Sertânia A2	55,05	122,57	634,07	82,66	160,69
IPA Sertânia A3	68,37	170,87	541,76	128,31	159,06
IPA Sertânia A4	41,89	149,47	456,51	151,53	242,49

¹Proteína bruta (g/kg de MS).

²A= nitrogênio não proteico; B1+B2= fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal; B3= fração nitrogenada de lenta degradação; C= fração nitrogenada indisponível (g/kg de PB).

Tabela 4A – Produção cumulativa de gases (psi) de quatro variedades de palma forrageira cultivadas na região do Semiárido brasileiro

Tempo	Repetição	Variedades				
		Miúda	Gigante	O. E. Mexicana	IPA Sertânia	Branco
2 h	A1	3,64	3,91	5,59	3,17	0,27
2 h	A2	3,61	3,40	4,93	5,43	0,67
2 h	A3	4,17	3,29	6,55	3,17	0,51
2 h	A4	4,30	3,67	6,31	5,04	0,15
4 h	A1	4,61	3,80	5,23	4,41	0,33
4 h	A2	4,72	3,80	5,31	4,77	0,45
4 h	A3	5,04	4,47	5,92	3,36	0,51
4 h	A4	4,98	4,54	6,31	5,43	0,27
6 h	A1	5,95	4,61	6,20	5,48	0,38
6 h	A2	6,23	5,18	5,87	5,87	0,45
6 h	A3	6,74	5,04	6,38	4,61	0,45
6 h	A4	6,55	5,43	6,44	6,19	0,27
8 h	A1	6,31	4,93	5,43	5,62	0,33
8 h	A2	6,63	5,02	5,04	6,44	0,37
8 h	A3	6,72	5,18	5,57	5,61	0,38
8 h	A4	6,68	5,48	5,73	6,61	0,27
10 h	A1	6,49	4,54	4,98	5,67	0,33
10 h	A2	6,74	5,53	4,72	6,74	0,38
10 h	A3	6,66	4,66	5,31	6,66	0,41
10 h	A4	6,45	4,80	5,18	6,45	0,33
12 h	A1	6,23	4,17	4,77	5,23	0,38
12 h	A2	6,44	4,39	4,41	6,44	0,37
12 h	A3	6,44	4,65	4,77	5,23	0,37
12 h	A4	6,20	4,44	4,69	5,43	0,27
15 h	A1	7,68	5,23	5,18	5,70	0,38
15 h	A2	7,67	5,43	4,66	7,19	0,45
15 h	A3	7,57	5,54	4,80	5,95	0,49
15 h	A4	7,24	5,37	5,18	5,57	0,38
18 h	A1	5,92	4,57	4,17	4,61	0,33
18 h	A2	5,70	4,55	3,97	5,81	0,33
18 h	A3	5,87	4,17	4,17	4,66	0,41
18 h	A4	5,53	4,61	4,47	4,30	0,33
21 h	A1	4,49	3,39	3,09	3,61	0,33
21 h	A2	4,17	3,43	3,17	4,47	0,27
21 h	A3	4,39	3,29	3,29	3,36	0,37
21 h	A4	4,06	3,53	3,61	3,36	0,29
24 h	A1	3,21	2,52	2,21	1,96	0,27
24 h	A2	2,92	2,65	2,29	3,21	0,33
24 h	A3	3,03	2,41	2,41	2,41	0,32
24 h	A4	2,71	1,99	2,63	3,21	0,27

30 h	A1	3,17	2,96	2,43	2,76	0,38
30 h	A2	2,92	2,92	2,51	3,29	0,38
30 h	A3	2,98	2,96	2,52	2,79	0,45
30 h	A4	2,71	3,17	2,79	2,65	0,41
36 h	A1	2,29	2,41	1,67	1,89	0,33
36 h	A2	2,16	1,86	1,78	2,18	0,27
36 h	A3	2,10	2,29	1,78	1,96	0,38
36 h	A4	1,92	2,41	1,92	1,67	0,37
42 h	A1	1,75	2,00	1,50	1,44	0,33
42 h	A2	1,39	1,88	1,51	1,63	0,27
42 h	A3	1,45	1,89	1,59	1,70	0,33
42 h	A4	1,55	1,88	1,63	1,47	0,37
48 h	A1	0,74	0,90	0,63	0,63	0,27
48 h	A2	0,78	0,90	0,62	0,78	0,15
48 h	A3	0,67	0,87	0,59	0,78	0,15
48 h	A4	0,51	0,87	0,70	0,62	0,15

*Psi

ANEXO

ANEXO I

Normas do Artigo

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Atenção: As normas da Revista Ciência Agronômica podem sofrer alterações, portanto, não deixe de consultá-las antes de fazer a submissão de um artigo. Elas são válidas para todos os trabalhos submetidos neste periódico. Um modelo de artigo pode ser visto em “MODELO ARTIGO” no endereço <http://www.ccarevista.ufc.br>.

1. Política Editorial

A Revista Ciência Agronômica destina-se à publicação de **artigos científicos, artigos técnicos e notas científicas que sejam originais e que não foram publicados (as) ou submetidos (as) a outro periódico, inerentes às áreas de Ciências Agrárias e Recursos Naturais**. A RCA também aceita e incentiva submissões de artigos redigidos em inglês e espanhol. Em caso de autores não nativos destas línguas, **o artigo deverá ser editado por uma empresa prestadora deste serviço** e o comprovante enviado para a sede da RCA no ato da submissão, através da nossa página no campo “Transferir Documentos Suplementares”. Os trabalhos submetidos à RCA serão **avaliados, preliminarmente, pelo Comitê Editorial** e só então serão enviados para, pelo menos, dois (2) revisores da área e publicados, somente, se aprovados por eles e pelo Comitê Editorial. A publicação dos artigos será baseada na originalidade, qualidade e mérito científico, **cabendo ao Comitê Editorial a decisão final do aceite**. O sigilo de identidade dos autores e revisores será mantido durante todo o processo. A administração da revista tomará o cuidado para que os revisores de cada artigo sejam, obrigatoriamente, de instituições distintas daquela de origem dos autores. **O artigo que apresentar mais de cinco autores não terá a sua submissão aceita pela Revista Ciência Agronômica, salvo algumas condições especiais (ver Autores)**. Não serão permitidas mudanças nos nomes de autores *a posteriori*.

2. Custo de publicação

O custo é de **R\$ 35,00 (trinta e cinco reais) por página editorada** no formato final. No ato da submissão é **requerido um depósito de R\$ 100,00 (cem reais) não reembolsáveis**. Se o trabalho for rejeitado na avaliação prévia do Comitê Editorial, a taxa paga não poderá ser reutilizada para outras submissões dos autores. O comprovante de depósito ou transferência deve ser enviado ao e-mail da RCA (ccarev@ufc.br). No caso do trabalho conter impressão colorida deverá ser pago um **adicional de R\$ 80,00 (oitenta reais) por página**. Os depósitos ou transferências deverão ser efetuados em nome de:

CETREDE CIENCIA AGRONOMIC

Banco do Brasil: Agência bancária: **3653-6** - Conta corrente: **46.375-2**

As opiniões emitidas nos trabalhos são de exclusiva responsabilidade de seus autores. A Revista Ciência Agronômica reserva-se o direito de adaptar os originais visando manter a uniformidade da publicação. A RCA não mais fornece separatas ou exemplares aos autores. A distribuição na forma impressa da RCA é de responsabilidade da Biblioteca de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, sendo realizada por meio de permuta com bibliotecas brasileiras e do exterior. Na submissão online é requerido:

1. A concordância com a declaração de responsabilidade de direitos autorais;
2. O cadastro de **todos os autores no sistema**, pelo autor que fizer a submissão do trabalho;
3. Identificação do endereço completo do autor, para correspondência.

3. Formatação do Artigo

DIGITAÇÃO: no máximo 20 páginas digitadas em espaço duplo (exceto Tabelas), fonte Times New Roman, normal, tamanho 12, recuo do parágrafo por 1 cm. Todas as margens deverão ter 2,5 cm. As linhas devem ser numeradas de forma contínua.

ESTRUTURA: o trabalho deverá obedecer à seguinte ordem: título, título em inglês, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências.

TÍTULO: deve ser escrito com apenas a inicial maiúscula, em negrito e centralizado na página com no **máximo 15 palavras**. Como chamada de rodapé numérica, extraída do título, devem constar informações sobre a **natureza do trabalho** (se extraído de tese/dissertação, se pesquisa financiada, etc.) e referências às instituições colaboradoras. Os subtítulos: Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências devem ser escritos em caixa alta, em negrito e centralizados.

AUTORES: na primeira versão do artigo submetido, os nomes dos autores e a nota de rodapé deverão ser omitidos. Somente na versão final o artigo deverá conter o nome de todos os autores, com identificação em nota de rodapé, inclusive a do título. Os nomes completos (sem abreviaturas) deverão vir abaixo do título, somente com a primeira letra maiúscula, um após outro, separados por vírgula e centralizados na linha. Como nota de rodapé na primeira página, deve-se indicar, de cada autor, afiliação completa (departamento, centro, instituição, cidade, estado e país), endereço eletrônico e endereço completo do autor correspondente. O autor de correspondência deve ser identificado por um "*". **Só serão aceitos artigos com mais de cinco autores, quando, comprovadamente, a pesquisa tenha sido desenvolvida em regiões distintas.**

RESUMO e ABSTRACT: devem começar com estas palavras, na margem esquerda, em caixa alta e em negrito, contendo no máximo **250 palavras**.

PALAVRAS-CHAVE e KEY WORDS: devem conter entre três e cinco termos para indexação. Os termos usados não devem constar no título. Cada **palavra-chave e key Word** deve iniciar com letra maiúscula e ser seguida de ponto.

INTRODUÇÃO: deve ser compacta e objetiva, contendo citações atuais que apresentem relação com o assunto abordado na pesquisa. As citações presentes na introdução devem ser empregadas para fundamentar a discussão dos resultados, criando, assim, uma contextualização entre o estudo da arte e a discussão dos resultados. Não deve conter mais de **550 palavras**.

CITAÇÃO DE AUTORES NO TEXTO: a NBR 10520/2002 estabelece as condições exigidas para a apresentação de citações em documentos técnico-científicos e acadêmicos. Nas citações, quando o sobrenome do autor, a instituição responsável ou título estiverem incluído na sentença, este se apresenta em letras maiúsculas/minúsculas, e quando estiverem entre parênteses, em letras maiúsculas.

Ex: Santos (2002) ou (SANTOS, 2002); com dois autores ou três autores, usar Pereira e Freitas (2002) ou (PEREIRA; FREITAS, 2002) e Cruz, Perota e Mendes (2000) ou (CRUZ; PEROTA; MENDES, 2000); com mais de três autores, usar Xavier *et al.* (1997) ou (XAVIER *et al.*, 1997).

VÁRIOS AUTORES CITADOS SIMULTANEAMENTE: havendo citações indiretas de diversos documentos de vários autores, mencionados simultaneamente, e que expressam a mesma idéia, separam-se os autores por ponto e vírgula, **em ordem alfabética**, independente do ano de publicação.

Ex: (FONSECA, 2007; PAIVA, 2005; SILVA, 2006).

SIGLAS: quando aparecem pela primeira vez no texto, deve-se colocar o nome por extenso, seguido da sigla entre parênteses.

Ex: De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [...].

TABELAS: devem ser numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na parte superior. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem ser usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deve ocupar uma célula distinta. Usar espaço simples. Não usar negrito ou letra maiúscula no cabeçalho.

FIGURAS: gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de **Figura**, sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte superior. Para a preparação dos gráficos deve-se utilizar “softwares” compatíveis com “Microsoft Windows”. As figuras devem apresentar 8,2 cm de largura, não sendo superior a 17 cm. A fonte Times New Roman, corpo 10 e não deve-se usar negrito na identificação dos eixos. A Revista Ciência Agronômica reserva-se o direito de não aceitar tabelas e/ou figuras com o papel na forma “paisagem” ou que apresentem mais de 17 cm de largura. **Tabelas e Figuras devem ser inseridas logo após a sua primeira citação.**

Obs.: As figuras devem ser também enviadas em arquivos separados e com RESOLUÇÃO de no mínimo 500 dpi através do campo “Transferir Documentos Suplementares”.

EQUAÇÕES: devem ser digitadas usando o editor de equações do Word, com a fonte Times New Roman. As equações devem receber uma numeração arábica crescente. O padrão de tamanho deverá ser:

Inteiro = 12 pt

Subscrito/sobrescrito = 8 pt

Sub-subscrito/sobrescrito = 5 pt

Símbolo = 18 pt

Subsímbolo = 14 pt

ESTATÍSTICA:

1. Caso tenha realizado análise de variância, apresentar o "F" e a sua significância;
2. Dados quantitativos devem ser tratados pela técnica de análise de regressão;
3. Apresentar a significância dos parâmetros da equação de regressão;
4. Dependendo do estudo (ex: função de produção), analisar os sinais associados aos parâmetros.
5. É requerido, no mínimo, quatro pontos para se efetuar o ajuste das equações de regressão.
6. Os coeficientes do modelo de regressão devem apresentar o seguinte formato:
 $y = a + bx + cx^2 + \dots$;
7. O Grau de Liberdade do resíduo deve ser superior a 12.

CONCLUSÕES: quando escritas em mais de um parágrafo devem ser numeradas.

AGRADECIMENTOS: logo após as conclusões poderão vir os agradecimentos direcionados à pessoas ou instituições, em estilo sóbrio e claro, indicando as razões pelas quais os faz.

REFERÊNCIAS: são elaboradas conforme a ABNT NBR 6023/2002. Inicia-se com a palavra REFERÊNCIAS (escrita em caixa alta, em negrito e centralizada). Devem ser digitadas em fonte tamanho 12, espaço duplo e justificadas. **UM PERCENTUAL DE 60% DO TOTAL DAS REFERÊNCIAS DEVERÁ SER ORIUNDO DE PERIÓDICOS CIENTÍFICOS INDEXADOS COM DATA DE PUBLICAÇÃO INFERIOR A 10 ANOS. Não são contabilizadas neste percentual de 60% referências de livros, teses, anais,...** Com relação aos periódicos, é dispensada a informação do local de publicação, porém os títulos não devem ser abreviados. Recomenda-se um total de 20 a 30 referências.

Alguns exemplos:

- Livro

NEWMANN, A. L.; SNAPP, R. R. **Beef cattle**. 7. ed. New York: John Willey, 1977. 883 p.

- Capítulo de livro

MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. Nutrição e adubação do milho. *In*: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1987. cap. 13, p. 539-593.

- Monografia/Dissertação/Tese

EDVAN, R. L. **Ação do óleo essencial de alecrim pimenta na germinação do matapasto**. 2006. 18 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SILVA, M. N. da. **População de plantas e adubação de nitrogenada em algodoeiro herbáceo irrigado**. 2001. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

- Artigo de revista

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Resposta de *Cratylia argentea* à aplicação em um solo ácido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 1, p. 14-18, 1997.

ANDRADE, E. M. *et al.* Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 280-287, 2006.

- Resumo de trabalho de congresso

SOUZA, F. X.; MEDEIROS FILHO, S.; FREITAS, J. B. S. Germinação de sementes de cajazeira (*Spondias mombin* L.) com pré-embebição em água e hipoclorito de sódio. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 11., 1999, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: ABRATES, 1999. p. 158.

- Trabalho publicado em anais de congresso

BRAYNER, A. R. A.; MEDEIROS, C. B. Incorporação do tempo em SGBD orientado a objetos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 9., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1994. p. 16-29.

- Trabalho de congresso em formatos eletrônicos

SILVA, R. N.; OLIVEIRA, R. Os limites pedagógicos do paradigma da qualidade total na educação. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPe, 4., 1996, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: UFPe, 1996. Disponível em: <<http://www.propesq.ufpe.br/anais/anais/educ/ce04.htm>>. Acesso em: 21 jan. 1997.

GUNCHO, M. R. A educação à distância e a biblioteca universitária. *In*: SEMINÁRIO DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 10., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Tec Treina, 1998. 1 CD-ROM.

UNIDADES e SÍMBOLOS: As unidades e símbolos do Sistema Internacional adotados pela Revista Ciência Agronômica.

Grandezas básicas	Unidades	Símbolos	Exemplos
Comprimento	metro	M	
Massa	quilograma	Kg	
Tempo	segundo	S	
Corrente elétrica	amper	A	
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K	
Quantidade de substância	mol	mol	
Unidades derivadas			
Velocidade	---	$m s^{-1}$	$343 m s^{-1}$
Aceleração	---	$m s^{-2}$	$9,8 m s^{-2}$
Volume	Metro cúbico, litro	m^3, L^*	$1 m^3, 1000 L^*$
Frequência	Hertz	Hz	10 Hz
Massa específica	---	$kg m^{-3}$	$1.000 kg m^{-3}$
Força	newton	N	15 N
Pressão	pascal	Pa	$1,013.10^5 Pa$
Energia	joule	J	4 J
Potência	watt	W	500 W
Calor específico	---	$J (kg ^\circ C)^{-1}$	$4186 J (kg ^\circ C)^{-1}$
Calor latente	---	$J kg^{-1}$	$2,26.10^6 J kg^{-1}$
Carga elétrica	coulomb	C	1 C
Potencial elétrico	volt	V	25 V
Resistência elétrica	ohm	Ω	29 Ω
Intensidade de energia	Watts/metros quadrado	$W m^{-2}$	$1.372 W m^{-2}$
Concentração	mol/metro cúbico	$mol m^{-3}$	$500 mol m^{-3}$
Condutância elétrica	siemens	S	300 S
Condutividade elétrica	desiemens/metro	$dS m^{-1}$	5 $dS m^{-1}$
Temperatura	grau Celsius	$^\circ C$	25 $^\circ C$
Ângulo	Grau	$^\circ$	30 $^\circ$
Porcentagem	---	%	45%

Números mencionados em seqüência devem ser separados por ponto e vírgula (;).

Ex:

2,5; 4,8; 25,3.

4. Lista de verificação - Revista Ciência Agronômica

Visando a maior agilidade no processo de submissão de seu artigo, o Comitê Editorial da Revista Ciência Agronômica elaborou uma lista de verificação para que o autor possa conferir toda a formatação do manuscrito de sua autoria, **antes** de submetê-lo para publicação. A lista foi elaborada de acordo com as normas da Revista Ciência Agronômica. Respostas **NEGATIVAS** significam que seu artigo ainda deve ser

adaptado às normas da revista, e a submissão de tais artigos, implicará na sua devolução e retardo na tramitação.

Respostas **POSITIVAS** significam que seu artigo está em concordância com as normas, implicando em maior rapidez na tramitação.

A. Referente ao trabalho

1. O trabalho é original?
2. O trabalho representa uma contribuição científica para a área de Ciências Agrárias?
3. O trabalho está sendo enviado com exclusividade para a Revista Ciência Agronômica?

B. Referente à formatação

4. O trabalho pronto para ser submetido online está omitindo os nomes dos autores na versão Word?
5. O trabalho contém no máximo 20 páginas, está no formato A4, digitado em espaço duplo, incluindo as referências; fonte Times New Roman tamanho 12, incluindo títulos e subtítulos?
6. As margens foram colocadas a 2,5 cm, a numeração de páginas foi colocada na margem superior, à direita e as linhas foram numeradas de forma contínua?
7. O recuo do parágrafo de 1 cm foi definido na formatação do parágrafo? Lembre-se que a revista não aceita recuo de parágrafo usando a tecla “TAB” ou a “barra de espaço”.
8. A estrutura do trabalho está de acordo com as normas, ou seja, segue a seguinte ordem: título, título em inglês, autores, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências?
9. O título contém no máximo 15 palavras?
10. O resumo e o abstract apresentam no máximo 250 palavras?
11. As palavras-chave (key words) contém entre três e cinco termos, iniciam com letra maiúscula e são seguidas de ponto?
12. A introdução contém citações atuais que apresentam relação com o assunto abordado na pesquisa e apresenta no máximo 550 palavras?
13. As citações apresentadas na introdução foram empregadas para fundamentar a discussão dos resultados?
14. As citações estão de acordo com as normas da revista?
15. As tabelas e figuras estão formatadas de acordo com as normas da revista e estão inseridas logo em seguida à sua primeira citação? Lembre-se: não é permitido usar “enter” nas células que compõem a(s) tabela(s).
16. As tabelas estão no formato retrato?
17. As figuras apresentam boa qualidade visual?
18. As unidades e símbolos utilizados no seu trabalho encontram-se dentro das normas do Sistema Internacional adotado pela Revista Ciência Agronômica?
19. Os números estão separados por ponto e vírgula? As unidades estão separadas do número por um espaço? Lembre-se, não existe espaço entre o número e o símbolo de %.
20. O seu trabalho apresenta entre 20 e 30 referências, sendo 60% destas publicadas com menos de 10 anos em periódicos indexados?

21. Todas as referências estão citadas ao longo do texto?
22. Todas as referências citadas ao longo do texto estão corretamente descritas, conforme as normas da revista, e aparecem listadas?

C. Observações:

1. Lembre-se que **SE** as normas da revista não forem seguidas rigorosamente, seu trabalho não irá tramitar. Portanto, é melhor retardar o envio por mais alguns dias e conferir todas as normas. A consulta de um trabalho já publicado na sua área pode lhe ajudar a sanar algumas dúvidas e pode servir como um modelo (acesse aos periódicos no site <http://www.ccarevista.ufc.br/busca>).
2. Caso suas respostas sejam todas **AFIRMATIVAS** seu trabalho será enviado com maior segurança. Caso tenha ainda respostas **NEGATIVAS**, seu trabalho irá retornar, retardando o processo de tramitação.
Lembre-se: A partir da segunda devolução, por irregularidade normativa, principalmente em se tratando das referências, o mesmo terá a submissão cancelada e **não haverá devolução da taxa de submissão**. Portanto, é muito importante que os autores verifiquem, cuidadosamente, as normas requeridas pela Revista Ciência Agronômica.
3. Procure **SEMPRE** acompanhar a situação de seu trabalho pela página da revista (<http://ccarevista.ufc.br>) no sistema online de gerenciamento de artigos.
4. Esta lista de verificação não substitui a revisão técnica da revista, a qual todos os artigos enviados serão submetidos.