

MICHEL DO VALE MACIEL

**MONITORAMENTO NUTRICIONAL DA DIETA DE PEQUENOS  
RUMINANTES UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA DA REFLECTÂNCIA DO  
INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS) NO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

RECIFE – PE

Fevereiro – 2016

MICHEL DO VALE MACIEL

**MONITORAMENTO NUTRICIONAL DA DIETA DE PEQUENOS  
RUMINANTES UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA DA REFLECTÂNCIA DO  
INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS) NO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, subunidade Recife (PE), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

**Comitê de orientação:**

Prof. Dra. Ângela Maria Vieira Batista – Orientador principal

Dr. Marco Aurélio Delmontes Bomfim (EMBRAPA)

Dr. Fernando Lucas Torres Mesquita (IPA)

RECIFE – PE

Fevereiro – 2016

Ficha catalográfica

M152m Maciel, Michel do Vale  
Monitoramento nutricional da dieta de pequenos ruminantes  
utilizando espectroscopia da reflectância do infravermelho  
próximo (NIRS) no sertão de Pernambuco / Michel do Vale  
Maciel. – Recife, 2016.  
135 f. : il.

Orientadora: Ângela Maria Vieira Batista.  
Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco / Universidade  
Federal da Paraíba / Universidade Federal do Ceará.  
Departamento de Zootecnia da UFRPE, Recife, 2016  
Inclui anexo(s) e referências.

1. Caprino 2. Ovino 3. Nutrição animal 4. Pastagem nativa  
5. Valor nutritivo I. Batista, Ângela Maria Vieira, orientadora  
II. Título

CDD 636

**MONITORAMENTO NUTRICIONAL DA DIETA DE PEQUENOS  
RUMINANTES UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA DA REFLECTÂNCIA DO  
INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS) NO SERTÃO DE PERNAMBUCO**

MICHEL DO VALE MACIEL

Tese defendida e aprovada em pela Banca Examinadora:

Orientador:

---

Prof(a) Dra. Ângela Maria Vieira Batista  
(Departamento de Zootecnia – UFRPE)

Examinadores:

---

Prof Dra. Adrina Guim  
(Departamento de Zootecnia – UFRPE)

---

Prof Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros  
(Departamento de Zootecnia – UFPB)

---

Prof(a) Dra. Maria Josilaine Matos dos Santos Silva  
(Departamento de Zootecnia – UFAL)

---

Prof Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho  
(Departamento de Zootecnia – UFRPE)

RECIFE – PE

Fevereiro – 2016

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Michel do Vale Maciel, nascido em 15 de Fevereiro de 1985, filho de Antônio Pereira Maciel e Maria Suely do Vale Maciel, natural de Mossoró – RN, iniciou em Fevereiro de 2005 o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, concluindo-o em fevereiro de 2010. Em Março de 2010, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Ruminantes, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, concluindo o curso em fevereiro de 2012. Em março de 2012 iniciou o curso de doutorado pela mesma instituição, concluindo em fevereiro de 2016.

Aos meus pais Antonio Pereira Maciel e Maria Suely do Vale Maciel, minha base de caráter, humildade, honestidade e educação. Foram vocês que iniciaram meus passos e hoje me dão força no caminho.

A minhas irmãs Michelline do Vale Maciel e Myllena do Vale Maciel, exemplos de vida, esforço e perseverança. O esforço de vocês nunca deixou de ser notado.

Em especial à minha amada esposa Laura Priscila Araújo Amaro Maciel, hoje pilar da minha vida, minha fortaleza e motivação. Seu apoio e compreensão me tornaram forte, não foi fácil, mas a seu lado foi possível.

**DEDICO**

A toda minha família, em especial a minha sobrinha Bruninha que devido à correria deste trabalho tive tão poucas oportunidades de estar perto. Saiba que é amada pequena!

Ao meu irmão João Francisco do Nascimento Filho e à minha sobrinha Larissa Emannuele Pereira Maciel, pela compreensão dos momentos distantes e por me apoiarem sempre!

Aos meus tios Paulo Moises Maciel, Maria Emília Maciel, Maria da Conceição (Ceição), Manoel Maciel e Maria Célia do Vale Bezerra, por me ensinarem a convivência familiar e pelos momentos perdidos com a distância.

Aos meus avós, Maria Ferreira Maciel e Pedro Maciel -avós paternos- e Maria Julieta Oliveira do Vale e Antonio do Vale, todos in memoriam, pessoas que gostaria que estivessem aqui neste momento.

**OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente a Deus, grande fortaleza e base de tudo.

A toda minha Família.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade, condições de terminar o doutorado e pelo aprendizado.

A professora Ângela Maria Viera Batista pelos inúmeros dias dedicados a minha orientação e por todas as orientações para vida, espero que eu as tenha escutado bem. Obrigado!

Ao professor Francisco Fernando Ramos de Carvalho, pessoa que nunca deixou de me atender e de resolver meus problemas. Agradeço a atenção e dedicação.

Ao comitê de orientação Dr Marcos Delmontes Bomfim e Dr Fernando Lucas Torres de Mesquita, pela amizade, orientação e transferência de conhecimento.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e ao apoio financeiro ao projeto.

Aos professores Adrina Guim e Ariosvaldo Nunes de Medeiros, pelas indispensáveis considerações feitas a este trabalho.

A grande amiga Maria Josilaine Matos dos Santos Silva, pela ajuda em todas as fases de minha pesquisa. Pelo envio de anjos para minha vida. Obrigado!

Aos amigos Dorgival Moraes e Larissa Lima (novos papais), Marília Filgueira e Thiago Luiz, pela força e por aguentar minhas reclamações!

Aos pesquisadores Dra Ana Clara Cavalcante e Dr. Diego Galvani, pela amizade, profissionalismo e dedicação a esse trabalho.

Ao amigo Damião do IPA (seu Damião) pela amizade e auxílio junto a esse trabalho.

Aos laboratoristas Dona Lidu e Marcio Ponciano, pela ajuda indispensável a esse trabalho.

Aos amigos, irmãos e estagiários: Edineide Rodrigues (Edinéia do Redox), Patricia Tavares, Paulo Otávio, Leandro Santos, Eduardo Almeida, Graziela Santos, Shayane Bispo, Thomás Guilherme, Yanna Lima, Valcicleide Oliveira, Yara Arruda, Hellen Machado, Erlane Martins, Juliete Lima e Dra Sueli, a todos muito obrigado!

A todos amigos da graduação e pós-graduação da Rural, em especial para: Stela Antas, Rafael de Paula, Paulo Salés, Rodrigo, Gabriela, Ana Maria, Alessandra, Daniel Barros, Cristina, Thaysa, Leonardo, André, Tobias, João Luiz e José Diógenes.

## **Sumário**

<b>Resumo Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>17</b>
<b>Considerações Iniciais .....</b>	<b>18</b>
<b>Referencial Teórico .....</b>	<b>23</b>
<b>Referências .....</b>	<b>36</b>
<b>Capítulo 2 - Composição botânica, flutuação na produção de matéria seca e bromatologia biomassa de área de caatinga sob pastejo de pequenos ruminantes no sertão pernambucano .....</b>	<b>44</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>45</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>46</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>47</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>48</b>
<b>Resultado e Discussão.....</b>	<b>51</b>
<b>Conclusão .....</b>	<b>71</b>
<b>Referências .....</b>	<b>72</b>
<b>Capítulo 3 - Valor nutritivo da dieta de pequenos ruminantes pastejando na caatinga no sertão pernambucano .....</b>	<b>76</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>77</b>
<b>Abstract: .....</b>	<b>78</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>79</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>80</b>
<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>83</b>
<b>Conclusão .....</b>	<b>95</b>
<b>Referências .....</b>	<b>96</b>

<b>Capítulo 4 - Uso da espectroscopia da reflectância do infravermelho próximo (NIRS) para o monitoramento nutricional de pequenos ruminantes em pasto nativo, no Estado de Pernambuco.....</b>	<b>100</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>101</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>103</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>104</b>
<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>108</b>
<b>Conclusões .....</b>	<b>121</b>
<b>Referências .....</b>	<b>121</b>
<b>Anexo .....</b>	<b>124</b>
Anexo 1. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o modelo das amostras compostas. ....	125
Anexo 2. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo das amostras compostas. ....	125
Anexo 3. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o modelo global.....	126
Anexo 4. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global.....	126
Anexo 5. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo da estação chuvosa. ....	127
Anexo 6. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação chuvosa. ....	127
Anexo 7. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo da estação de transição chuva para seca (TCS).....	128
Anexo 8. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação de transição chuva para seca (TCS).....	128
Anexo 9. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo da estação Seca. ....	129
Anexo 10. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação da estação Seca .....	129

Anexo 11. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo de transição entre a seca e chuva (TSC). .....	130
Anexo 12. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação transição entre a seca e chuva (TSC).....	130
Anexo 13. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie caprina. ....	131
Anexo 14. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação o modelo global da espécie caprina.....	131
Anexo 15. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie caprina para o período chuvoso (chuva).....	132
Anexo 16. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), o para o modelo modelo global da espécie caprina para o período chuvoso (chuva). 132	
Anexo 17. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie caprina para o período seco (Seca).....	133
Anexo 18. Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o modelo global da espécie caprina para o período seco (Seca).....	133
Anexo 19. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie ovina no período chuvoso (Chuva). .....	134
Anexo 20. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie ovina para o período chuvoso (Chuva).....	134
Anexo 21. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie ovina no período seco (Seca). .....	135
Anexo 22. Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie ovina para o período chuvoso (Chuva).....	135

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Composição química das gramíneas e dicotiledôneas herbáceas de três áreas de Caatinga raleada no sertão da Paraíba .....	27
<b>Tabela 2.</b> Percentagens de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) da dieta por caprinos e ovinos em pastejo no Semiárido do nordeste brasileiro .....	28
<b>Tabela 4.</b> Relação das famílias e espécies inventariadas e espécies endêmicas da Caatinga no Sertão Pernambucano .....	53
<b>Tabela 5.</b> Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustiva, herbáceo e monocotiledôneas presentes em área de Caatinga no Sertão Pernambucano no período de Janeiro a Dezembro de 2014. FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa.....	60
<b>Tabela 6.</b> Flutuação de biomassa por estrato no período de janeiro a dezembro de 2014 em (Kg Mn /ha) e (Kg MS /ha) em área de Caatinga do Sertão Pernambucano.....	66
<b>Tabela 7.</b> Teor de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) em (g/kg) dos estratos encontrados na área de estudo, no período janeiro a dezembro de 2014 em área de Caatinga no Sertão Pernambucano.....	70
<b>Tabela 8.</b> Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DMO), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) e energia da dieta, em função dos meses, de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga do sertão Pernambucano. ....	84
<b>Tabela 9.</b> Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, proteína insolúvel em detergente neutro (PDIN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT) da dieta, em função dos meses, de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga do sertão Pernambucano .....	88
<b>Tabela 10.</b> Peso vivo (PV), consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMS <sub>0,75</sub> ), consumo de matéria seca por percentual de peso vivo (CMSPV) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS), de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga.....	93
<b>Tabela 11.</b> Consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de matéria mineral (CMM), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e consumo de fibra em detergente ácido (CFDA), de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga.....	95

<b>Tabela 12.</b> Estatística descritiva dos parâmetros avaliados em amostras de extrusas de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga. ....	113
<b>Tabela 13.</b> Modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga. ....	114
<b>Tabela 14.</b> Modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por estações da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga. ....	117
<b>Tabela 15.</b> Modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por espécies da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga. ....	118
<b>Tabela 16.</b> Modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por espécies dentro dos períodos (chuvoso e seco), da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga. ....	120

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> Índice pluviométrico do município de Sertânia-PE no ano de 2014 .....	49
<b>Figura 2.</b> Representação esquemática da área experimental na Estação Experimental no IPA - PE .....	49
<b>Figura 3.</b> Disponibilidade de fitomassa (kg MS/ha) e a participação (%) de biomassa por estrato em relação à precipitação pluvial no período de janeiro a dezembro de 2014 em área de Caatinga no Sertão Pernambucano.....	67
<b>Figura 4.</b> Índice pluviométrico do município de Sertânia-PE no ano de 2014 .....	80
<b>Figura 5.</b> Variação da composição química da dieta selecionada por pequenos ruminantes, pastejando na Caatinga.....	91
<b>Figura 6.</b> Índice pluviométrico do município de Sertânia-PE no ano de 2014 .....	105
<b>Figura 7.</b> Espectros de 660 amostras (individuais) (a) e 132 amostras (compostas) (b) de fezes de Caprinos e ovinos Pastejando na Caatinga, na região de 1100 a 2500 nm.....	113
<b>Figura 8.</b> Espectros de 660 amostras (individuais) (a) e 132 amostras (compostas) (b) de fezes de Caprinos e ovinos Pastejando na Caatinga, na região de 1100 a 2500 nm Tratados com MSC. ....	109
<b>Figura 9.</b> Escores de PCA e a seleção amostras de calibração (a) e validação (b) da proteína e a seleção amostras de calibração (c) e validação (d) de DIVMO, nas amostras individuais de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga, no sertão pernambucano. ....	110
<b>Figura 10.</b> Seleção amostras de calibração (a) e validação (b) da proteína e a seleção amostras de calibração (c) e validação (d) de DIVMO, nas amostras compostas de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga, no sertão pernambucano. ....	111

### Resumo Geral

Objetivou-se monitorar o valor nutricional da dieta de pequenos ruminantes utilizando espectroscopia da reflectância do infravermelho próximo (NIRS). A pesquisa foi realizada de janeiro a dezembro de 2014, na Estação Experimental de Sertânia, pertencente ao Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA, no município de Sertânia, Pernambuco (PE), em uma área de 37 hectares de Caatinga. Na área experimental foram traçados sete transectos paralelos. Foram marcados, em cada transecto, pontos de avaliação a cada 20 metros, totalizando 136 pontos de avaliação da composição botânica, disponibilidade de fitomassa dos estratos e retirada de amostras para composição química. Para determinação do valor nutritivo da dieta, foram utilizados cinco ovinos e seis caprinos, todos com fístula permanente no rúmen e peso médio de  $32,35 \pm 2,37$  e  $32,68 \pm 1,14$  kg, respectivamente. Os animais foram soltos na pastagem às 7:00 horas e recolhidos às 17:00 horas, receberam sal mineral e água *ad libitum*. As coletas de fezes e extrusas se seguiram durante cinco dias consecutivos em cada mês de coleta. A produção total de fezes foi obtida através da coleta total utilizando bolsas adaptadas aos animais. O consumo de matéria seca foi obtido pelo cálculo inverso da digestibilidade:  $\text{Consumo (kg/dia de MS)} = \text{Produção fecal} / (1 - \text{Digestibilidade})$ . A partir do CMS foram calculados os consumos dos nutrientes MO, PB, FDN, FDA, CHOT e CNF, multiplicando a quantidade de matéria seca consumida pelo percentual de cada um dos nutrientes da extrusa. Para obtenção dos espectros das amostras, foi utilizado o aparelho FOSS 5000 Nirsystem II utilizando o software ISIScan®. Foss 5000, com leitura numa faixa de 1100 a 2500 nm na região do infravermelho próximo, com intervalo espectral de 2 nm. Foram escaneadas ao todo 660 amostras de fezes, sendo, 360 referentes a fezes da espécie caprina e 300 a fezes da espécie ovina, para a obtenção dos espectros. Foram calibradas equações de predição para um modelo Global (caprinos e ovinos nas diferentes estações), modelo utilizando amostras compostas, um modelo separando as espécies (caprinos e ovinos) e um modelo separando as estações (chuva, transição chuva seca, seca e transição seca chuva), além de separar as espécies dentro das estações (seca e chuva). A espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) proporciona boa precisão para determinar a composição de PB e DIVMO da dieta de pequenos ruminantes pastejando na caatinga. A composição florística da Caatinga possui grandes quantidades de espécies de planta, em sua maioria plantas endêmicas. A disponibilidade da fitomassa e a composição bromatológica variam diretamente pela

presença e ou ausência de chuvas, diminuindo ou aumentando a disponibilidade e a composição química de todos os estratos. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica a deita dos ovinos são maiores do que a dos caprinos, porém o sem alterações no desempenho entre as espécies, quando pastejando na Caatinga, nos meses de maior incidência pluviométrica e são influenciadas pela ausência de chuvas; nos ovinos existe maior variação, ao longo do ano, do que a dos caprinos. Os teores de proteína da dieta de ovinos e caprinos, pastejando na Caatinga são superiores aos mínimos, descritos para estas espécies, com grande parte deste nitrogênio ligado a fibra. A utilização de um modelo global para as duas espécies, nas diferentes estações (Chuva, TCS, Seca e TSC) é considerado viável para prever a dieta de pequenos ruminantes na Caatinga, devido a maior robustez do modelo. A tecnologia NIRS fecal mostrou-se uma grande alternativa para substituição parcial do uso de animais fistulados na coleta de amostra, desde que seja feita a calibração corretamente. Mesmo em ambientes heterogêneos como o de Caatinga, o NIR se mostrou eficaz, sendo o limite de sua utilização o método de amostragem na calibração.

Termos de indexação: caprinos, ovinos, nutrição, pastagem nativa, valor nutritivo.

### **Abstract**

The objective was to monitor the nutritional value of small ruminant diet using spectroscopic reflectance near-infrared (NIRS) and characterize grazing Caatinga. The survey was conducted from January to December 2014, at the Estação Experimental in Sertânia, belonging to Instituto Agrônomo de Pernambuco –IPA, in the municipality of Sertânia, Pernambuco (PE), in an area of 37 hectares of Caatinga. In the experimental area, seven parallel transects strokes. They were marked in each transect evaluation points every 20 meters, totaling 136 points of evaluation of botanical composition, availability of strata and taking samples for chemical composition. To determine the nutritional value of the diet, it was used five sheep and six goats, all with permanent fistula in the rumen and average weight of 32,35 + 2,37 and 32,68 + 1,14 kg, respectively. The animals were loose in the pasture 7:00 hours and 17:00 hours collected, received mineral salt and water ad libitum for five consecutive days each month of collection. The total production of feces was obtained by total collection utilizing bags adapted to animals. The dry matter intake was obtained by the inverse calculation of digestibility: Consumption (kg DM / day) = fecal production / (1 - digestibility). The CMS was calculated from other inputs MO, MM, FDN and FDA by multiplying the amount of dry matter consumed by the percentage of each nutrient extrusa. To obtain spectra of the samples was used FOSS 5000 Nirsystem II machine using ISIScan® software. Foss 5000, with reading in a range from 1100 to 2500 nm in the near infrared region, with 2 nm spectral range. Were scanned in all fecal samples 660, 360 with respect faeces of 300 goats and ovine species for obtaining the spectra. They were calibrated prediction equations for a Global Model (goats and sheep in different seasons) model using composite samples, separating species (goats and sheep), separating the seasons (rain, transição dry rain, drought and transição dry rain) and separating species insides of seasons (dry and wet). The near-infrared spectroscopy (NIR) provides good accuracy to determine the composition of PB and DIVMO the lies of small ruminant grazing in the Caatinga. The floristic composition of the Caatinga has large amounts of plant species, mostly endemic plants. The availability of biomass and chemical composition vary directly by the presence or absence of rain and decreasing or increasing the disponibilidade and the chemical composition of all strata. In vitro dry matter digestibility and in vitro digestibility of organic matter to lay the sheep are larger than the goat when grazing in the Caatinga, in the months of highest incidence rainfall

and are influenced by the absence of rain, the sheep, there is more variation throughout the year than the goat. The protein content of the diet of sheep and goats grazing in the Caatinga are above the minimum, described for these species, with much of this nitrogen connected to fiber. The use of a global model for both species, in different seasons (rain, TCS, Drought and TSC) is considered feasible to predict the diet of small ruminants in the Caatinga due to greater robustness of the model. The fecal NIRS technology proved to be a great alternative to partial substitution of fistulated animals in sample collection, since the calibration is done correctly. Even in heterogeneous environments such as Caatinga, the NIR has proven effective, with the limit of its use sampling in the calibration.

Index terms: goats, sheep, nutrition, native pasture, nutritional value

### **Considerações Iniciais**

Os ruminantes estão difundidos em diversos continentes, participando da balança comercial dos diversos países no qual estão inseridos. Em regiões onde há deficiência de proteína esses animais ganham destaque, produzindo proteína de alta qualidade (carne e leite), através de utilização de proteína de baixa qualidade (fibras).

No nordeste brasileiro, a principal, quando não única, fonte de alimento para os ruminantes é a vegetação da caatinga. Possui pouca informação e grande variação na composição química e produção de forragem, durante e entre os anos, devido à influência da sazonalidade e descontinuidade dos pulsos de precipitação. Impossibilitando o real conhecimento do estágio nutricional dos rebanhos.

As estratégias de suplementação de ruminantes em pastagens nativas podem ser uma grande alternativa para manter a produção e nutrição animal durante todo o ano. Porém, no bioma Caatinga, têm sido estabelecidas com base em poucos e pontuais trabalhos de pesquisa realizados. A dificuldade metodológica para obter estimativas da qualidade da dieta selecionada pelos animais a pasto, somado às exigências nutricionais, dificulta a implantação correta das estratégias de suplementação.

Ambientes como o de caatinga apresentam grande heterogeneidade o que dificulta a obtenção de uma amostra representativa das deitas. Para identificar a deita de animais em pastejo, pode-se utilizar animais fistulados (rúmen ou esôfago), porém isso implica em alto custo, trabalho muito laborioso e uma grande discussão ética, o que limita a amplitude e repetição destes experimentos.

Na década de 90, a Texas A&M University desenvolveu uma tecnologia para monitoramento nutricional de animais em pastejo por meio da análise do espectro das fezes utilizando a espectroscopia da reflectância na região do infravermelho próximo (NIRS fecal) para estimar indiretamente a qualidade da forragem selecionada por animais em pastejo. Essa técnica é bastante promissora para avaliação da deita, principalmente, em um ambiente que apresenta grande heterogeneidade.

Diante da necessidade de obter informações sobre a vegetação da caatinga, sua disponibilidade de forragem, identificar os períodos de carência de nutrientes. Foram calibradas equações de predição para determinação de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) da dieta de caprinos e ovinos, pastejando em caatinga no sertão pernambucano.

Esta tese, composta por quatro capítulos, sendo o primeiro correspondente ao referencial teórico, que descreve as características do bioma caatinga e de sua vegetação utilizada na forma de pastagem, a técnica de espectroscopia de infravermelho próximo (NIRS) e a utilização desta técnica na Caatinga, da análise de componentes principais e os pré-tratamentos espectrais.

Os capítulos 2, 3 e 4 foram redigidos conforme as normas vigentes de publicação da Revista Agropecuária Brasileira (PAB), para serem submetidos à publicação no periódico. O capítulo 2 refere-se à composição botânica, frequência, flutuação na produção de matéria seca e bromatologia biomassa de área de caatinga sob pastejo de pequenos ruminantes no sertão pernambucano. O capítulo 3 analisa o valor nutritivo da dieta de pequenos ruminantes pastejando na caatinga ao longo de um ano. O capítulo 4 refere-se ao uso da espectroscopia da reflectância do infravermelho próximo (NIRS) para o monitoramento nutricional de pequenos ruminantes em pasto nativo, no estado de Pernambuco.

## **Introdução**

Os animais ruminantes estão difundidos na maioria dos continentes, participando sempre de forma efetiva na alimentação da população humana e da balança comercial agropecuária dos mais diversos países. Uma característica a ser destacada é a possibilidade de transformar alimentos de baixo valor nutricional para a população humana (alimentos fibrosos), em alimentos considerados de alto valor biológico (carne e leite), impulsionando a economia e diminuindo a desnutrição das populações.

No Brasil, o efetivo de animais ruminantes, segundo o IBGE (2014), é de aproximadamente 240 milhões de animais, distribuídos entre: bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos. Sendo que a maior parte deste rebanho é composta, principalmente, por bovinos e bubalinos, que juntos apresentam, aproximadamente, 214 milhões de cabeças. Entretanto, na região Nordeste ocorre o oposto, com grande participação dos rebanhos de pequenos ruminantes, que representam nessa região aproximadamente 19 milhões de cabeças. Porém, segundo Araújo Filho & Silva (2011) nos últimos trinta anos, enquanto a população humana da região nordestina cresceu em 150%, os rebanhos bovino, caprino e ovino aumentaram seus efetivos em menos de 50%. Com isso, a maioria dos estados nordestinos transformou-se em importadores de produtos de origem animal.

A exploração pecuária brasileira tem como base o uso de pastagens, que é, na maioria das vezes, a forma mais barata de alimentar os ruminantes, atribuindo ao produto animal, seja carne ou leite, competitividade no mercado. As pastagens constituem um dos principais sistemas produtivos do mundo, ocupando cerca de 70% das áreas agricultáveis (DUBEUX Jr et al., 2011). Sendo a área de pastagem no Brasil de aproximadamente 200 milhões de hectares (IBGE, 2010).

No Nordeste brasileiro não é diferente, pois a utilização do pasto nativo da Caatinga é a principal, quando não a única fonte de alimentos para os rebanhos da região. A vegetação de Caatinga cobre cerca de 86,10% da região semiárida do Brasil, 53% da área do Nordeste e 9,8% do Brasil (IBGE, 2012).

A vegetação da Caatinga apresenta três estratos distintos, nos quais estão inseridos o arbustivo, arbóreo e o herbáceo, além do componente chamado serapilheira. O estrato arbóreo e o arbustivo são compostos por espécies xerófilas e caducifólias, no qual perdem suas folhas no período crítico do ano, porém com grande potencial forrageiro no período chuvoso. Grande parte do estrato arbóreo e uma pequena parte do

estrato arbustivo não estão disponíveis ao alcance dos rebanhos devido à disposição do dossel, entretanto, quando o período seco avança, a quantidade de forragem indisponível passa a estar disponível no componente serapilheira.

O estrato herbáceo é composto em parte por plantas efêmeras que completam seu ciclo rapidamente aproveitando os pulsos de precipitações. As plantas componentes do estrato herbáceo, que não desaparecem ao longo do ano (anuais), sofrem grande declínio em sua composição química-bromatológica com a ausência de pulsos de precipitação.

O componente serapilheira é a cobertura que se forma na superfície do solo composta por restos de vegetação, como folhas, cascas e frutos em diferentes estágios de decomposição.

O xerofilismo expressa uma condição de sobrevivência ligada a um ambiente seco, cuja água disponível às plantas resulta da estação chuvosa, uma vez que os solos são incapazes de armazená-la (SOUTO, 2006) por muito tempo.

A produção de fitomassa torna-se variável durante o ano, enfatizando a importância do manejo correto destas pastagens, com atenção no número de animais que podem ser alimentados naquela área e naquele período. Segundo Salman et al. (2006), o uso eficiente das plantas forrageiras sob pastejo na alimentação animal tem uma relação direta com a produtividade do sistema. Além da mudança na quantidade de fitomassa há uma grande variação em sua composição química.

A imprevisibilidade dos eventos de chuva e a baixa capacidade de retenção desta água no solo são os principais agravantes da discrepância na produção de fitomassa da Caatinga, uma vez que a água rege toda a fisiologia da planta desde sua produção de fitomassa até a duração dos estádios fenológicos.

A principal preocupação dos pesquisadores e técnicos da área de forragicultura, no Brasil, está relacionada aos prejuízos observados nas explorações, devido aos erros de manejo cometidos por falta de planejamento. Para o planejamento correto do manejo, faz-se necessário obter o máximo de informações possíveis e confiáveis dessa área.

A grande variação na produção de matéria seca e composição química das forrageiras da Caatinga, com diferentes espécies e em diferentes estágios fisiológicos, dificulta o conhecimento do estágio nutricional dos rebanhos e a sua produção.

A suplementação é, para o nordeste, uma forma de garantir a produção pecuária durante todo o ano e com melhores níveis produtivos, mas, para isso, é necessário

conhecer bem o que realmente deve ser suplementado em condições de Caatinga para os pequenos ruminantes, já que a suplementação adotada atualmente é muito adaptada dos sistemas adotados de bovinos e em outras condições de criação. Segundo Pereira Filho et al. (2013) uma alternativa para melhorar o desempenho de caprinos e ovinos, bem como as características de carcaça, é a suplementação em pastejo. Porém, para se conhecer as necessidades nutricionais e de suplementação, deve-se conhecer a composição química da dieta e sua relação com categoria animal.

As técnicas mais aplicadas para se obter essas informações utilizam animais fistulados, o que pode encarecer o custo da pesquisa, por necessitar destes animais preparados cirurgicamente e, como também, pode aumentar as variações das respostas pela possível mudança do comportamento ingestivo desses animais. Para Carvalho et al (2007), as principais críticas ao uso de fístulas estão relacionadas às mudanças no comportamento ingestivo dos animais e às restrições éticas e legais ao seu uso.

O uso da espectroscopia da reflectância do infravermelho próximo (NIRS), para o monitoramento da nutrição de pequenos ruminantes, pode servir para determinar a composição química (LEITE & STUTH, 1995) e botânica (LANDAU et al., 2004) da dieta, embora essa metodologia deve ser aplicada com cuidado, obedecendo os limites de sua calibração.

Dessa forma, a substituição da utilização das técnicas atuais com uso de animais fistulados por uma técnica não destrutiva, pouco poluente e que pode reduzir o uso de animais cirurgicamente preparados, fazendo-se necessário apenas à coleta de fezes, pode ser uma solução para a obtenção de resultados de monitoramento nutricional dos rebanhos, mantendo o máximo da integridade e do bem-estar dos animais. Coleman et al. (1995) afirmaram que equações de NIRS não podem ser extrapolados além das condições representadas na calibração das amostras.

## **Referencial Teórico**

### **Caatinga**

A região semiárida do Brasil se encontra em grande parte no nordeste e possui um bioma muito característico. A vegetação de Caatinga cobre cerca de 86,1% da região semiárida do Brasil, 53% da área do Nordeste e 9,8% do Brasil (IBGE, 2012).

O nome Caatinga é originado do tupi (língua indígena) que significa “floresta branca”, esse nome foi dado devido à característica de suas árvores e arbustos que, por possuírem folhas caducifólias, perdem suas folhas na época seca o que causa um efeito visual negativo para região e, muitas vezes, com uma aparência de um bioma de pouca diversidade. Hoje, devido à utilização dessas plantas arbóreas da caatinga para a produção de casas, cercas e carvão, a caatinga é, predominantemente, composta por vegetação arbustiva e espinhosa. Porém, o bioma caatinga surpreende com sua “explosão” de diversidade na presença das primeiras chuvas.

Segundo Araújo Filho & Silva (2011), a caatinga possui sinais inequívocos de degradação, observados já por volta de 1860 e nas condições atuais, a disponibilidade de forragem em qualquer estação do ano é baixa, quer em virtude da altura do dossel da camada arbórea na época das chuvas, quer em função do baixo valor da forragem disponível na época seca.

Silva et al. (2004) menciona que a caatinga possui uma diversidade de espécies nativas com potencial forrageiro, sendo boa parte caducifólias e anuais, podendo ser consumidas pelos animais.

A produção anual de fitomassa das espécies lenhosas e da parte aérea das plantas herbáceas na caatinga atinge, em média, 4.000 kg/ha de matéria seca (MS), mas apresenta grandes variações anuais (LEITE et al., 1990; ARAÚJO FILHO et al., 1994). Associado a essa variação ainda se deve levar em consideração que nem toda produção de forragem nos diferentes estratos da caatinga, está indisponível para os animais, a exemplo da elevada altura de dossel, sendo que parte dessa produção só estará disponível quando as folhas caírem (folhas senescentes) e se tornarem serrapilheira.

Araújo Filho & Silva (2011) mencionaram que na região semiárida do nordeste brasileiro há um grande paradoxo, uma vez que, na estação das chuvas, a forragem é abundante e de boa qualidade nutritiva, mas encontra-se, em sua quase totalidade, fora do alcance dos animais. Na época seca, a forragem ao alcance do animal é abundante, devido a quedas das folhas das espécies caducifólias, mas sua qualidade nutricional é muito baixa, limitando o consumo. Por isso, torna-se importante determinar não só a disponibilidade desta forragem, mas também sua composição química e os efeitos de seleção pelos animais, nessas diferentes condições.

As estimativas da qualidade e do valor nutritivo da forragem consumida são importantes informações para prover um melhor relacionamento animal x pasto, através

da identificação dos períodos de maior carência nutricional, em cada categoria animal de uma dada espécie (LEITE & STUTH, 1995).

Com relação ao potencial da caatinga para pecuária, não se sabe ainda como se comporta essa vegetação, qual sua capacidade de recuperação e qual a disponibilidade de fitomassa para os animais ao longo do ano nas duas épocas distintas, chuva e seca (ANDRADE, 2008), e pela grande variação entre as áreas.

A vegetação nativa do semiárido é bem diversificada, com muitas espécies forrageiras nos três estratos: herbáceo, arbustivo e arbóreo, além do componente serrapilheira. A determinação da produção em uma vegetação heterogênea como a da caatinga é um grande desafio, pois a avaliação deste tipo de vegetação envolve a utilização de diferentes métodos na busca da melhor maneira de caracterizar os diversos sítios ecológicos.

Dos caracteres analíticos qualitativos têm-se a análise da composição botânica e o valor nutritivo das forrageiras. Dessa forma, foram criadas diversas técnicas para determinação da produção da pastagem, classificadas por Hodgson et al., (2000) em “Técnicas Diretas ou Destrutivas” e “Técnicas Indiretas ou não-Destrutivas”. Onde dentro das “Técnicas Diretas” existem as “Técnicas de Corte ou Ceifa” e a “Técnica do Quadrado”. Sendo a composição botânica estimada através de métodos diretos (separação física das espécies) e métodos indiretos como o método do peso escalonado conforme Manette & Haydock (1963) e o método Botanal (TOTHILL et al., 1978), o qual é um programa computacional que utiliza de outras metodologias para formar uma equação e estimar a composição botânica e a produção de fitomassa da área referida.

Dessa forma, torna-se indispensável à determinação da estimativa da disponibilidade de forragem nos diferentes estratos da vegetação da caatinga.

### **Caracterização do valor nutritivo da pastagem de caatinga**

Muitos esforços têm sido feitos para caracterizar o pasto nativo da caatinga para os ruminantes, porém, a grande diversidade associada a diferentes hábitos de pastejo entre as espécies e categorias animais, dificulta essa caracterização.

A utilização desse bioma como base alimentar para ruminantes vem sendo exercida sem o devido conhecimento do potencial produtivo e quase nenhuma técnica de controle ambiental.

Além disso, para criação de ovinos e caprinos as diferenças no hábito alimentar são bastante marcantes. Os ovinos exercem maior seletividade pelas gramíneas, enquanto que os caprinos, comparativamente, apresentam preferência alimentar por espécies vegetais de porte arbustivo (DEVENDRA, 2002). Araújo Filho et al. (1996) avaliaram a composição botânica e química da dieta de ovinos e caprinos em pastagem nativa no sertão dos Inhamuns-CE e observaram que, no início da estação seca, os ovinos preferiram mais gramíneas e menos espécies lenhosas do que os caprinos.

Dessa forma, como mencionaram Santos et al. (2010) o simples conhecimento da composição química do pasto pode não refletir a composição da dieta selecionada pelos animais. Estes autores, em revisão sobre o potencial forrageiro das plantas da caatinga para animais ruminantes, destacaram a variabilidade nos resultados das avaliações qualitativas e quantitativas desses recursos.

Associado a isso, além da capacidade produtiva de cada planta e de sua composição química, também é necessário conhecer a preferência de consumo de cada animal, pois, mesmo em uma taxa de lotação conhecida e compatível, estes podem consumir mais frequentemente uma determinada espécie forrageira, causando, com isso, a sua diminuição ou mesmo sua extinção do local.

Com o objetivo de apresentar e discutir alternativas sustentáveis de utilização dos recursos forrageiro da Caatinga na alimentação de pequenos ruminantes Pereira Filho et al. (2013) publicaram uma revisão sobre o manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos, mostrando a composição química de gramíneas e dicotiledôneas de três áreas de Caatinga raleada no sertão da Paraíba (Tabela 1).

Notadamente, as dicotiledôneas possuem maior concentração de proteína bruta em todos os meses avaliados, se isso for associado às diferenças no hábito alimentar entre caprinos e ovinos, podem causar grandes diferenças na composição química da dieta desses animais, estabelecendo diferenças no consumo de nutrientes mesmo que estes animais sejam criados na mesma pastagem.

**Tabela 1.** Composição química das gramíneas e dicotiledôneas herbáceas de três áreas de Caatinga raleada no sertão da Paraíba

Componente florístico	MS	PB	EB	FDN	Época de coleta/ Fonte
Gramíneas	30,67	9,8	4,21	77,51	Maio de 2007
Dicotiledôneas	28,91	12,42	4,21	60,60	(Carvalho Júnior, 2008)
Gramíneas	51,75	4,35	4,14	79,64	Junho de 2007
Dicotiledôneas	71,48	8,29	4,27	66,35	(Carvalho Júnior, 2008)
Gramíneas	70,51	5,71	4,16	80,31	Julho/2007
Dicotiledôneas	44,72	13,43	4,57	67,12	(Carvalho Júnior, 2008)
Gramíneas	66,54	4,08	4,48	79,27	Setembro de 2005 (Santos et al., 2010)
Dicotiledôneas	50,63	9,22	4,42	68,31	

Fonte: Adaptado de Pereira Filho et al., (2013)

As gramíneas apresentaram maior concentração de FDN que as dicotiledôneas, em especial nos meses de junho e julho, apresentando, conseqüentemente, menor concentração de energia. Uma relação negativa ocorre entre o conteúdo de fibra e a disponibilidade de energia, pois a fibra é, normalmente, menos digestível que a fração não fibrosa (CAPPELLE et al., 2001).

Dessa forma, a dieta de caprinos e ovinos pastejando na Caatinga pode apresentar grande variedade, como pode ser observado na tabela 1, a seleção por uma ou outra espécie pode mudar a composição da dieta, sendo uma boa opção para a caracterização da dieta, separar os animais por espécies.

Como mostra a tabela 2 onde estão descritas as composições químicas das dietas de ovinos e caprinos, em pastejo no semiárido nordestino no período chuvoso e período seco.

**Tabela 2.** Percentagens de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) da dieta por caprinos e ovinos em pastejo no Semiárido do nordeste brasileiro

Constituinte	Ovinos		Caprinos		Referência
	Estação Chuvosa	Estação seca	Estação Chuvosa	Estação seca	
	16,3	14,4	17,0	14,6	Pfister, 1983
PB (%)	14,3	9,7	15,6	10,9	Kirmse, 1984
	18,2	12,5	18,6	12,2	Peter, 1992
Média	16,3	12,2	17,1	12,6	
	37,3	44,5	38,1	45,4	Pfister, 1983
FDN (%)	43,9	49,6	42,3	50,2	Kirmse, 1984
Média	40,6	47,1	40,2	47,8	
	63,5	52,1	49,9	50,5	Pfister, 1983
DIVMO (%)	65,3	53,9	64,7	53,5	Kirmse, 1984
Média	64,4	53,0	57,3	52,0	

Fonte: Adaptado de Batista & Mattos (2004)

Pimentel et al. (1992) trabalhando com ovinos na Caatinga, observaram valores de 18,4 a 8,9% de PB; 58,55 a 42,1% de FDN; e 57,3 a 30,1% de DIVMO ao longo do ano. Resultados obtidos por Mesquita et al. (1994) e Araújo Filho et al. (1996) sobre o valor nutritivo das dietas no semiárido mostram decréscimos nos valores de proteína bruta (PB) e aumento nos teores de fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA) e lignina, devido ao processo de maturação acentuado pelas altas temperaturas.

Quanto ao valor nutritivo das dietas, os resultados mostram uma tendência ao decréscimo nos valores de proteína bruta e digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), e um aumento nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), à medida que chega a estação seca. Esse comportamento confirmado por outros autores que afirmaram que há redução nos valores de proteína bruta e digestibilidade in vitro da

matéria orgânica (DIVMO), e um aumento nos teores de fibra em detergente neutro e lignina, à medida que a estação seca progride (MESQUITA et al., 1994; LEITE et al., 1995; ARAÚJO FILHO et al., 1996).

O decréscimo na qualidade das dietas é resultado do processo normal de maturação das plantas forrageiras, processo este que é agilizado pelas altas temperaturas registradas durante a estação seca na região semiárida do Nordeste do Brasil (LEITE et al., 2002). Segundo Araújo Filho & Silva (2011), os caprinos podem ganhar diariamente até 36,1 g/cabeça no inverno e 14,9 g/cabeça no verão resultando em produção anual de peso vivo de até 9,3 kg/ha<sup>-1</sup>. Ovinos, por sua vez, podem ganhar cerca de 44,0 g/cabeça/dia na época das chuvas e 18,2 g/cabeça/dia no período seco, perfazendo uma produção anual de peso vivo cerca de 11,3 kg/ha<sup>-1</sup>.

Oliveira et al., (2015) estudando as características quantitativas e qualitativas de caatinga raleada sob pastejo de ovinos, Serra Talhada, Pernambuco, considerou que as características quantitativas e qualitativas, da caatinga estudada oferece condições para o pastejo de ovinos, principalmente durante o período chuvoso. Nos primeiros meses do período seco a caatinga também permite ganho de peso animal. Porém, os autores consideram necessários manejos estratégicos que favoreçam a presença de plantas de valor forrageiro e que a taxa de lotação animal utilizada considere as variações da oferta e qualidade da forragem para a busca da sustentabilidade na pecuária em área de caatinga.

### **Amostragem das Dietas de Animais em Pastejo**

As diversas técnicas experimentais dependem que a amostra coletada seja representativa do todo que se quer analisar. Muitos são os métodos utilizados para se obter uma amostragem representativa da dieta de animais em pastejo. Entre as principais pode se incluir a amostragem formada pelo corte de espécie de plantas selecionadas que representem o máximo possível à dieta do animal em pastejo (pastejo simulado). Outra técnica bastante utilizada é a de gaiolas de exclusão e o uso de animais fistulados no esôfago ou rúmen.

Além destes, a análise do material fecal também tem sido utilizada para estimar a dieta de animais domésticos e selvagens (HOLECHEK et al., 1982). Apesar de todas as críticas, o desenvolvimento da técnica com o uso de fístulas esofágicas foi

responsável por um avanço considerável na obtenção de amostras representativas das dietas de ruminantes, notadamente em pastagens com uma complexa diversidade de espécies botânicas (WOOFORD et al., 1985), permitindo o estabelecimento de balanços nutricionais.

Santos et al. (2008) realizaram estudos onde foram comparadas mostras coletadas por animais dotados de fístulas ruminais e esofágicas no sertão pernambucano e afirmaram que o local da fístula e a hora de coleta não influenciam a composição botânica da dieta, sendo o principal responsável pela variação na composição da dieta a época do ano.

A grande vantagem do uso de pequenos ruminantes dotados de fístula ruminal é a possibilidade da total evacuação do conteúdo animal, uma vez que a técnica envolve o total esvaziamento do rúmen através da fístula. Esta metodologia, permitindo que os animais fiquem no pasto por um período de tempo desejado, seguido pelo recolhimento da amostra da dieta selecionada, e, finalmente, retornando o conteúdo original para o rúmen, de modo a não privar o animal da sua microbiota.

Fistulas de rúmen são mais fáceis de estabelecer e de manter do que as fístulas esofágicas (VAN DYNE & TORELL, 1964; LESPERANCE & BOHMAN, 1964). Porém, a utilização de animais fistulados para estimativa da qualidade da dieta selecionada a pasto pode ser cara e laboriosa, além de ser, frequentemente, questionada pelos comitês de ética no uso de animais para ensino e pesquisa.

A necessidade do desenvolvimento de técnicas mais rápidas, fáceis e dinâmicas para monitoramento da qualidade da dieta de animais em pastejo é um grande desafio. Entretanto, aumento do uso de computadores e o desenvolvimento de procedimentos de estatística multivariada no campo da quimiometria, tornam cada dia mais possível e viável uso da espectroscopia da reflectância do infravermelho próximo (NIRS), através da leitura dos espectros fecais, como uma alternativa aos métodos tradicionais para determinar valor nutritivo de forragens.

### **Espectroscopia da reflectância do infravermelho próximo (NIRS)**

A região espectral do Infravermelho Próximo (NIR) compreende a região do espectro eletromagnético que vai de 750 nm a 2500 nm.

Os espectros são obtidos quando se submete uma determinada amostra a radiação na faixa do infravermelho proximal (entre 750 e 2500 nm), portanto, o espectro é resultado da diferença entre a energia de radiação emitida e a refletida (absorvida) na forma de luz por moléculas orgânicas, particularmente CH, NH e OH. Dentro deste contexto, a espectroscopia no infravermelho próximo tem sido frequentemente utilizada como um método analítico que fornece resultados suficientes para determinação de grupos funcionais orgânicos (PASQUINI, 2003).

O NIRS fecal é um método que consiste na coleta dos espectros das amostras de fezes e, a partir deste, associado a técnicas quimiométricas, é possível estimar os componentes químicos da dieta. A quimiometria ajuda nesta tarefa usando de métodos matemáticos, estatísticos e químicos (GELADI & KOWALSKI, 1996). Este método pode ser usado como uma ferramenta para discriminar qualitativamente e classificar diferentes alimentos através de suas características espectrais (LISTER et al, 2000; PRIETO et al., 2008).

É baseado no desenvolvimento de equações de regressão multivariada, onde se estuda correlações entre os espectros fecais (variáveis independentes) e a dieta selecionada, a qual irá gerar os valores de referência (variáveis dependentes) (STUTH et al., 2003).

A energia absorvida por par de átomos é específica, assim como para o tipo e o número de átomos em questão (SHENK & WESTERHAUS, 1996). Portanto, é possível diferenciar o conjunto de átomos, ou seja, os componentes químicos da amostra. Os espectros resultantes desta absorção podem ser utilizados para identificar compostos puros ou complexos, pois as curvas espectrais do composto no infravermelho proximal podem ser comparadas a uma “impressão digital” do composto (VOGEL, 1992).

Os espectros são utilizados para criar os dados de calibração e desenvolver equações de predição (SHENK & WESTERHAUS, 1996). Assim, pelo NIRS há condições de prognosticar o conteúdo dos diferentes componentes nutricionais, através de equações de calibração para cada um desses (KJOS, 1990).

A calibração é a relação matemática entre a energia absorvida e a composição química da amostra avaliada por um método de análise química de referência. A avaliação consiste em prever, a partir de um conjunto de amostras, diferentes daqueles usados para calibração, com valores de referências conhecidos, ou utilizar a validação cruzada onde um conjunto de amostras é sorteado aleatoriamente do banco de dados da

calibração e usada pela equação desenvolvida, para testar sua capacidade de predição (STUTH et al., 2003).

Os métodos de calibração multivariada podem ser: Regressão em componentes principais (PCR), Regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) e Regressão Linear Múltipla (MLR) (NUNES, 2008).

A expansão desta técnica é atribuída ao desenvolvimento dos computadores, tanto na parte de programas, para esta área específica, como em programas de estatística, possibilitando seu uso em grande escala na área da química analítica (MOORE et al., 1994).

Há diversas relações que podem ser utilizadas entre o espectro fecal e a dieta do animal, desde determinações precisas dos principais componentes da dieta a uma análise indireta das fezes para determinar as características dietéticas (LYONS & STUTH, 1992; WALKER et., al 1998; DIXON & COATES, 2009; FOLEY, 2009). Coates (2004) também tem usado essa técnica para medir as proporções de plantas C3 e C4 (gramíneas tropicais) na dieta.

Fuentes et al. (2012) afirmam que é crescente na literatura as calibrações de sucesso entre os espectros NIR e, por exemplo, os teores de um ou mais atributos do solo, calibrações essas já suficientes para serem utilizadas como substitutas das análises convencionais de solos.

A técnica NIRS é vantajosa por ser rápida e não requerer trabalho intensivo no processamento das amostras, *permitindo a* grande escala de amostragem, além de não demandar reagentes e não destruir as amostras (STUTH et al., 2003). Uma das aplicações mais interessantes do NIRS para a nutrição de ruminantes é o monitoramento nutricional de animais em pastejo através da análise dos espectros das fezes (LANDAU et al.,2006).

A determinação da qualidade da dieta através do NIRS fecal pode ser feita de forma direta ou indireta. O método direto consiste em coletar o espectro da dieta e fazer a análise química da mesma para ser usada como referência; o método indireto consiste em coletar os espectros das amostras fecais e fazer as análises químicas da dieta e a partir dos espectros das fezes predizerem a qualidade da dieta tendo como base os valores de referência (HAMILTON, 2010). Dessa forma, é possível formar um banco de dados, e determinar a composição da dieta sem a utilização dos métodos de referência, levando em consideração as dificuldades de se conseguir amostras da dieta de animais a

pasto, a técnica do NIRS fecal surge como uma alternativa viável para o monitoramento nutricional de rebanhos a pasto.

Lyons & Stuth (1992) foram os pioneiros na utilização do NIRS pelo método indireto para avaliar a qualidade da forragem ingerida pelos animais a partir das coletas dos espectros das fezes.

No Brasil, Leite et al. (2002) utilizaram NIRS para determinar a variação sazonal na qualidade da dieta e o balanço nutricional de ovelhas ao longo do ano em pastagem nativa, com diferentes níveis de manejo na região de Sobral-CE. No mundo, vários trabalhos foram realizados utilizando o NIRS fecal para bovinos (LYONS & STUTH, 1992; BOVAL et al. 2004); caprinos (LEITE & STUTH, 1995; LANDAU et al. 2004; WALKER et al. 2007) e ovinos (LI et al. 2007).

### **Análise Exploratória através da Análise de Componentes Principais (PCA)**

A análise de componentes principais (PCA) é uma das mais importantes ferramentas da análise multivariada. Como uma ferramenta de análise exploratória a PCA permite revelar a existência ou não de amostras anômalas, de relações entre as variáveis medidas e de relações ou agrupamentos entre amostras (LYRA et al., 2010).

Quando se avalia um experimento com um grande número de variáveis, é preciso identificar quais destas variáveis podem trazer informações relevantes. Muitas vezes, um pequeno número dessas variáveis contém informações mais relevantes, enquanto a maioria adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados.

Quando um algoritmo de PCA é aplicado num conjunto de variáveis, como, por exemplo, espectros no infravermelho, o conjunto original dessas variáveis é substituído por um novo conjunto de variáveis denominado de componentes principais (PC) (THOMAS, 1994). Permite a representação do conjunto de dados em um novo sistema de eixos, possibilitando a visualização da natureza multivariada dos dados em poucas dimensões. Cada amostra é representada por um ponto no espaço multidimensional, formando agrupamentos que apresentem características semelhantes (NASCIMENTO et al., 2010).

No espaço original, as amostras são pontos localizados em um espaço n-dimensional, com a redução de dimensionalidade proporcionada pela PCA, as amostras

passam a ser localizadas em espaços reduzidos, por exemplo, bi ou tri dimensionais (SOUZA et al., 2012)

O objetivo é obter o máximo de informações relevantes, por meio da combinação linear das variáveis originais, que constitui um novo conjunto de variáveis apresentando ortogonalidade entre si, denominadas de componentes principais (PCs), organizadas em ordem decrescente de importância, a primeira PC (PC1) descreve a máxima variância dos dados originais, a segunda PC (PC2) descreve a máxima variância que não foi considerada pela PC1, e as próximas PCs descrevem a máxima variância restante (CORREIA & FERREIRA, 2007).

A análise exploratória através da PCA é um dos métodos mais empregados em Quimiometria, para interpretação de dados de espectroscopia NIR de amostras de solos (SARKHOT et al., 2011).

### **Pré-Tratamentos Espectrais**

Os espectros usados na técnica NIR podem ser afetados por vários fatores, sejam eles relacionados ao equipamento (saturação do detector ou por falhas no varrimento dos comprimentos de onda, podem causar distorções no espectro) ou as condições ambientais (principalmente umidade do ambiente) no momento que o espectro foi coletado. Outras fontes de perturbação são as variações no percurso óptico e, em sólidos, os efeitos relativos à dispersão da luz no caso de as amostras não estarem bem homogeneizadas (SIESLER et al., 2002), esse fato pode ganhar destaque, quando se faz a leitura de amostras moídas, onde a homogeneidade nas moagens das amostras podem influenciar no espalhamento espectral.

Se alguns destes efeitos podem ser atenuados com o aumento do número de varrimentos de comprimento de onda, a custo da velocidade de análise, outros requerem métodos de pré-tratamentos mais avançados (ALMEIDA, 2009).

A etapa de pré-processamento dos dados é fundamental para a análise multivariada. Os principais objetivos da aplicação das técnicas de pré-processamento são eliminar informações não relevantes do ponto de vista químico e tornar a matriz de dados melhor condicionada para a análise, possibilitando a subsequente análise exploratória do conjunto de dados com eficiência (SOUZA et al., 2012).

Alguns pré-tratamentos têm como objetivo eliminar ou remover variações sistemáticas, corrigir a linha de base, minimizar o ruído, melhorar a definição dos picos que se encontram sobrepostos na mesma região, evidenciando os parâmetros de interesse e conseqüentemente aumentando a seletividade, remover informação irrelevante e diminuir os efeitos causados por diferenças no tamanho da partícula (DIAS, 2015).

Centrar os dados na média, derivar e suavizar utilizando o algoritmo de Savitzky-Golay e aplicação de correção de espalhamento multiplicativo (MSC, Multiplicative Scatter Correction) são alguns dos métodos mais aplicados (BEEBE et al., 1998).

Em inglês Multiplicative Scatter Correction (MSC), é aplicado ao conjunto de calibração numa tentativa de corrigir o efeito de dispersão da luz utilizada em leituras de refletância difusa, causado pela falta de homogeneidade das amostras (SABIN et al., 2004). Na MSC, cada espectro é corrigido por meio de regressão, de forma que todas as amostras tenham o mesmo nível de espalhamento da amostra de referência, correspondente à média espectral de todas as amostras (COSTA FILHO, 2003; SILEONI et al., 2011; CHEN et al., 2013).

Este método assume que os comprimentos de onda da luz espalhada possuem uma dependência distinta entre a luz espalhada e a absorvida pelos constituintes da amostra. Portanto, teoricamente é possível separar estes dois sinais. Este método tenta remover o efeito do espalhamento pela linearização de cada espectro por um espectro ideal. Cada espectro da calibração é normalizado de acordo com um “espectro ideal” que, neste caso, se assume como a média de todos os espectros presentes no conjunto de calibração (CONZEN, 2006).

Em seguida, utiliza-se uma regressão linear para calcular o coeficiente angular e linear do gráfico entre o espectro ideal e o espectro que vai ser corrigido. O espectro corrigido é calculado subtraindo cada ponto do espectro pelo valor do coeficiente linear e dividindo este valor pelo coeficiente angular (SVENSSON et al., 2002). Tem-se observado que este método reduz o número de fatores necessários, simplificando o modelo de calibração e aumentando a linearidade (NAES et al., 2002)

O pré-tratamento por derivadas realiza a derivada de primeira ou segunda ordem no espectro NIR original e tem como objetivo eliminar interferências causadas pelo tamanho das partículas e dar maior ênfase a picos, permitindo o aumento da sua

resolução (OSBORNE, 2000). Já o pré-tratamento através do SNV (Normal Variate Method) normaliza os espectros ajustando a variância e removendo o valor médio. É utilizado para minimizar interferências causadas pelo tamanho das partículas e diferenças de densidade da amostra (CONZEN, 2006). O modelo SNV, embora melhore a precisão dos resultados, não simplifica o modelo matemático, e não reduz interferências sistemáticas (NAES et al., 2002).

Dessa forma, é possível utilizar várias formas de pré-tratamento, sendo estes apenas alguns exemplos, reduzindo as influências externas na coleta do espectro.

### **Referências**

ALMEIDA, F. **Espectroscopia de Infravermelho Próximo com Transformada de Fourier (FTNIR) na Caracterização de Farinhas para Alimentação Pueril**. Tese de Doutorado, Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa, 2009.

ANDRADE, L. A. de; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; et al. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, v.11, n.3, p. 253-262, 2005.

ANDRADE, M. V. M. Dinâmica e qualidade do estrato herbáceo e sub-arbustivo na caatinga do cariri paraibano. **Universidade Federal Da Paraíba, 2008, 193p. (Tese de Doutorado), 2008.**

ARAÚJO FILHO, J.A.; GADELHA, J.A.; LEITE, E.R.; et al. Composição botânica e química da dieta de ovinos e pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.383- 395, 1996.

ARAÚJO FILHO, J.A.; MESQUITA, R.C.M.; LEITE, E.R. Avaliação de pastagens nativas. In: J.P. PUIGNAN (Ed.). Utilización y manejo de pastizales. Montivideo, **IICA**, p.61-70, 1994.

ARAUJO FILHO, J.A.; SILVA, N.L. **Manipulação da vegetação da caatinga para produção sustentável de forragem**. Disponível em: <[http://www.faebr.org.br/detalhefaeb.html?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=813&cHash=44a9bd2311e029ce6d7ab9ba6fcd6527](http://www.faebr.org.br/detalhefaeb.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=813&cHash=44a9bd2311e029ce6d7ab9ba6fcd6527)> Acesso em: 05 de dezembro de 2015, 2011.

BATISTA, A.M.V.; MATTOS, C.W. Aspectos nutricionais de pequenos ruminantes no semi-árido. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2004, Recife. **Anais...** Recife, p.75-82, 2004.

BEEBE, K.R.; PELL, R.J.; SEASHOLTZ, M.B. **Chemometrics: a practical guide**. John Wiley and Sons, New York, 1998.

BOVAL, M.D.B.; COATES, P.; LECOMTE, V. et al. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 114, p. 19-29, 2004.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Rev. bras. zootec.**, v. 30(6), p.1837-1856, 2001.

CARVALHO JÚNIOR, A.M. **Efeito da suplementação na terminação de Caprinos F1 (Boer x SRD) em pastagem nativa do Semi-Árido Paraibano.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Capina Grande, Patos, 79p., 2008.

CARVALHO, P.C.F.; KOZLOSKI, G.V.; RIBEIRO FILHO, H.M.N et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.36, (suplemento especial), p.151-170, 2007.

CHEN, H.; SONG, Q.; TANG, G.; et al. The combined optimization of Savitzky Golay smoothing and multiplicative scatter correction for FT-NIR PLS models. **Spectroscopy**, 1-9, 2013.

COATES, D.B. **Faecal spectroscopy (NIRS) for nutritional profiling of grazing cattle.** In: Eldridge, D., Freudenberger, D. (Eds.), *People and Rangelands: Building the Future. Proc. 6th Intl. Rangeland Congress, Townsville (Queensland, Australia), vol.1. International Rangeland Congress Aitkenvale, Australia, p. 466-468, 2004.*

COLEMAN, S.W.; STUTH, J.W.; HOLLOWAY, J.W. **Prediction of intake by near-infrared spectroscopic analysis of fecal samples. Pages 145-155 in Proc. Symp. Intake in Feedlot Cattle.** F. N. Owens, D. Gill, K. Lusby, and T. McCollum, ed. Publ. Oklahoma Agric. Exp. Sta. MP-942. Oklahoma Exp. Sta., Stillwater, 1995.

CONZEN, J. P. **Multivariate calibration.** A Practical Guide for the Method, 2006.

CORREIA, P. R. M.; FERREIRA, M. M. C. Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados: explorando procedimentos quimiométricos para tratamento de dados analíticos. **Química Nova**, v.30, n.2, p. 481-487, 2007.

COSTA FILHO, P.A. **Estudo comparativo de técnicas de inteligência artificial e modelos lineares em determinações quantitativas no infravermelho próximo.** Tese, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, São Paulo, 2003.

DEVENDRA, C. Potential productivity from small ruminants and contribution to improved livelihoods and rural growth in developing countries. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2002, Recife. **Anais...** UFRPE:SBZ, p. 246-269, 2002.

DIAS, C.R.M. **Caracterização de forragens da ilha terceira através da espectroscopia NIR.** Dissertação de Mestrado. Universidade dos Açores. Portugal, 2015.

DIXON R., COATES D. Review: Near infrared spectroscopy of faeces to evaluate the nutrition and physiology of herbivores. **J Near Infrared Spec.** 17:1–31. 2009.

DUBEUX Jr., J.C.B.; MUIR, J.P.; SANTOS, M.V.F.; et al. Improving grassland productivity in the face of economic, social, and environmental challenges. **Revista de Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 280-290, 2011.

DUQUE, J.G.; **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4a ed. - Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 330 p, 2004.

FOLEY WJ. Near infrared reflectance spectroscopy in ecological studies of plant-animal interactions. **Spectrosc Europe.** 21:6–9. 2009.

FUENTES, M.; HIDALGO, C.; GONZÁLEZ-MARTÍN, I.; et al. Spectroscopy: an alternative for soil analysis, communications in soil **Science and plant analysis**, 43:1-2, 346-356, 2012.

GELADI, P.; KOWALSKI, B.R. Partial least squares regression: a tutorial. **Analytica Chimica Acta**, v.185, p-1-17, 1996.

HAMILTON, W. Dedication. In: WALKER, J; TOLLESON, D.; Eds. Shining Light on Manure Improves Livestock and Land Management, Technical Bulletin, SANG. 0250, July 2010. Disponível em: <[http://www.rangelands.org/publications\\_techbulletins.shtml](http://www.rangelands.org/publications_techbulletins.shtml)>. Acesso em: 19 Jan. 2016, 2010.

HODGSON, J.; MATTHEWS, P.N. P.; MATTHEW, C.; et al. Pasture measurement. In: HODGSON, J. e WHITE, J. **New Zeland: pasture and crop science**. Auckland, New Zeland: OXFORD, 323 p. p. 59-66, 2000.

HOLECHEK, J.L.; SHENK, J.S.; VAVRA, M.; et al. Prediction of forage quality using near infrared reflectance spectroscopy on esophageal fistula samples from cattle on mountain range. **Journal Animal Science**, n. 55, p.971–975, 1982.

IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#MAPAS](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS). Acesso em: 08/01/2016, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.ibge.br/sidra/>> Acesso em: 15 de janeiro de 2016, 2010.

KIRMSE, R.D. **Effect of clearing on forage production quality and decomposition in the caatinga woodland of Northeast Brazil**. Logan: Utah State University, 1985. 150p. Dissertation (Doctor of Philosophy in Range Science) Uta State Unuversity, 1985.

KJOS, N.P. Evaluation of the feeding value of fresh forages, silage and hay using near infrared reflectance analysis (NIR). II - Effect of drying procedure, type of mill and particle size. **Norwegian Journal of Agriculture Science**, v.4, p.321- 330, 1990.

LANDAU, S.; DVASH, M.; DECANDIA, A. et al. Determination of poly(ethylene glycol)-binding to browse foliage, as an assay of tannin, by near- reflectance spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 52, p.638-642, 2004.

LANDAU, S.; GLASSER, T.; DVASH, L. Monitoring nutrition in small ruminants with the aid of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technology: A review. **Small Ruminant Research**, v.61, n.1, p.1-11, 2006.

LEITE, E. R.; ARAUJO FILHO, J. A. de; MESQUITA, R.C.M. Forage resources in Nosttheast Brazil: their value and management. In: SHELTON, M.; FIGUEIREDO, E. A. P. (Ed.). Hair sheep production in tropical and sub-tropical regions: with reference to Northeast Brazil and the countries of Caribbean, Central America, and South America. Davis Embrapa-CNPC: University of California: **Small Ruminant Collaborative Research**, Support Program, p. 59-78, 1990.

LEITE, E.R.; ARAÚJO FILHO, J.A.; MESQUITA, R.C. **Ecosistema semi-árido**. In: PUIGNAU, J.P. Programa cooperativo para El desarrollo tecnológico agropecuario Del Cone Sur. Dialogo XL – Utilizacion y manejo de pastizales. Montevideo: IICA, p. 49-60., 1994.

LEITE, E.R.; CÉSAR, M.F.; ARAÚJO FILHO, J.A. Efeitos do melhoramento da caatinga sobre os balanços proteico e energético na dieta de ovinos. **Ciência Animal**, Fortaleza, CE, v. 12, n. 1, p. 67-73, 2002.

LEITE, E.R.; STUTH, J.W. Fecal NIRS equations to assess diet quality of free ranging goats. **Small Ruminant Research**, v.15, n.3, p. 223–230, 1995.

LESPERANCE, A.L.; BOHMAN, V.R. Chemical changes in forage induced by sample preparation. **Amer. Soc. Anim. Sci. West. Sect. Proc.** 15:54, 1964.

LI, H.; TOLLESON, D.; STUTH J. et al. Faecal near infrared reflectance spectroscopy to predict diet quality for sheep. **Small Ruminant Research**, v. 68, p.263-268, 2007.

LISTER S.J.; DHANOA M.S.; STEWART J.L.; et al. Classification and comparison of Gliricidia provenances using near infrared reflectance spectroscopy. In: **Anim. Feed Sci. Technol.**, 86, p. 221-238, 2000.

LYONS, R.K.; STUTH J.W. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. **Journal of Range Management**, v.45, n.3, p.238-244, 1992.

LYRA, W. S.; SILVA, E. C.; ARAUJO, M. C. U.; FRAGOSO, W. D.; VERAS, G. Classificação periódica: um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. **Química Nova (Impresso)**, v. 33, p. 1594-1597, 2010.

MANNETJE, L.T.; HAYDOCK, K.P. The dry-weight-rank method the botanical analysis of pasture. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v.18, p.268-275, 1963.

MATOS, D.S.; GUIM, A.; BATISTA, A.M.V.; et al. População de protozoários ciliados no rúmen de ovinos criados na caatinga de Pernambuco. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 09, p. 270-279, 2008.

MESQUITA, R.C.M.; LEITE, E.R.; ARAÚJO FILHO, J.A. Estacionalidade da dieta de pequenos ruminantes em ecossistema da caatinga. In: PUGNAN, J.P. (Ed.). **Utilización y manejo de pastizales**. Montivideo, IICA, p.71-81, 1994.

MOORE, D.S., WHITE, J.S., HARBIN, B.A. Infrared sample preparation and interpretation using a knowledge system. **Anal. Chi. Acta**, v.294, p.85-94. 1994.

NASCIMENTO, J. A.; DIONÍSIO, A. G. G.; NASCIMENTO, E. C. L.; et al. Análise screening de vinhos empregando um analisador fluxo-batelada, espectroscopia uv-vis e quimiometria. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 351-357, 2010.

NAES, T.; ISAKSSON, T.; FEARN, T. **A user-friendly guide to multivariate calibration and classification**. NIR Publications, 2002.

NORDESTE sertanejo: a região semiárida mais povoada do mundo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 35 p.60-68, 1999.

NUNES, P. G. A. **Uma nova técnica para seleção de variáveis em calibração multivariada aplicada às espectroscopias UV-VIS e NIR**. João Pessoa, Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, 106p., 2008.

OLIVEIRA, O. F.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V. ; et al. Características quantitativas e qualitativas de caatinga raleada sob pastejo de ovinos, serra talhada (PE). **Revista Caatinga** (UFERSA. Impresso), v. 28, p. 223-229, 2015.

OSBORN, B.G. **Near-Infrared Spectroscopy in Food Analysis**. Encyclopedia of Analytical Chemistry. John Wiley & Sons Ltd, 2000.

PASQUINI C. “Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications”, **Journal of Brazilian Chemical Society**, Vol 14, No. 2, 198 – 219, 2003.

PAULINO, M.F.; FIGUEIREDO, D.M.; MORAES, E.H.B.K. et al. Suplementação de Bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4, 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p.93-144, 2004.

PEREIRA FILHO, J.M.; SILVA, A.M.A.; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 77-90, 2013.

PETER, A.M.B. **Composição botânica e química da dieta de bovinos, caprinos e ovinos em pastejo associativo na Caatinga nativa do Semi-Árido de Pernambuco.** Recife: 1992. 86p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992.

PFISTER, J.A. **Nutrition and feeding behavior of goat sheep grazing deciduous shrubs-woodland in Northeast Brazil.** Logan: Utah State University, 1983. 130p. Dissertation (Doctor of Philosophy in Range Science) - Utah State University, 1983.

PIMENTEL, J.C.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; ARAÚJO FILHO, J.A.; et al. Composição química e DIVMS da dieta de ovinos em área de Caatinga raleada no Sertão Centro-Norte do Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.224-232, 1992.

PRIETO, N.; ANDRÉS, S.; GIRÁLDEZ, F.J.; et al. Discrimination of adult steers (oxen) and young cattle ground meat samples by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). In: **Meat Science**, 79, p. 198-201, 2008.

SABIN, J.G.; FERRÃO, M.F.; FURTADO, J.C. **Análise multivariada aplicada na identificação de fármacos antidepressivos, Parte II: análise por componentes principais (PCA) e o método de classificação SIMCA.** Divisão de Biblioteca e Documentação do Conjunto das Químicas da Universidade de São Paulo, 2004.

SALMAN, A.K.D.; SOARES, J.P.G.; CANESIN, R.C. Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. **Circular Técnica**, 84. Porto Velho: Embrapa Rondônia, (Publicações Técnico-Científicas), 2006.

SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; et al. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.204-215, 2010.

SANTOS, G. R. A.; BATISTA, Â. M. V; GUIM, A; et al. Composição química e degradabilidade in situ da ração em ovinos em área de caatinga no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 384-391, 2009.

SANTOS, G.R.A.; BATISTA, A.M.V.; GUIM, A.; et al. Determinação da composição botânica da dieta de ovinos em pastejo na Caatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1876-1883, 2008.

SARKHOT, D.V.; GRUNWALD, S., GE, Y.; et al Comparison and detection of total and available soil carbon fractions using visible/near infrared diffuse reflectance spectroscopy. 164:22-32. **Geoderma**, 2011.

SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. **Calibration the ISI way.** In: **Davies, A.M.C., Williams, P. (Eds.), Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves.** NIR Publications, West Sussex, UK, p. 198–202, 1996.

SVENSSON, O.; KOURTI, T.; MACGREGOR, J. F. An investigation of orthogonal signal correction algorithms and their characteristics. **Journal of Chemometrics**, v. 16,

p. 176–188, 2002.

SIESLER, H.; OZAKI, W.; KAWATA, S.; et al. **Near-infrared spectroscopy: principles instruments applications**. Wiley-VCH, 2002.

SILEONI, V.; VAN DEN BERG, F.; MARCONI, O.; et al. Internal and external validation strategies for the evaluation of long-term effects in NIR calibration models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 59:1541-1547, 2011.

SILVA, D.F.; SILVA, A. M. A.; LIMA, A. B.; 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, p.1-8, 2004.

SOUTO, P.C. **Acumulação e decomposição de serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em áreas de caatinga na Paraíba, Brasil**. Universidade Federal da Paraíba, (Tese de Doutorado), p.150, 2006.

SOUZA, A. M.; COELHO, M. R.; FIGUEIRAS, P.; et al. Proposta de Tutorial de Quimiometria Utilizando Técnicas Modernas para a Análise de Solos. In: **Simpósio Brasileiro de Educação em Solos**, Sobral, 2012.

SOUZA, A.M.; POPPI, R.J. Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I. **Química Nova**, Vol. 35, No 1, 223-229, 2012.

STUTH, J.; JAMA, A.; TOLLESON, D. Direct and indirect means of predicting forage quality through near infrared reflectance spectroscopy. **Field Crops Research**, v.84, n.1, p.45-56, 2003.

THOMAS, E. V. A primer on multivariate calibration. **Analytical Chemistry**, v. 66, p. 795-804, 1994.

TOTHILL, J.C. et al. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. I. Field sampling. **Trop Agr Tec Mem**, Austrália, n.8, p.1-20, 1978.

VAN DYNE, G. M.; TOREL, D.T. Development and use of the esophageal fistula: a review. **Journal of Range Management**. 17(1) :7-19, 1964.

VOGEL, A.I. **Análise química quantitativa**. 5. ed. Ed. Guanabara Koogan S.A. 712p., 1992.

WALKER J.W.; CAMPBELL, E.S.; LUPTON, C.J. et al. Effects of breed, sex, and age on the variation and ability of fecal near-infrared reflectance spectra to predict the composition of goat diets. **Journal of Animal Science**, v.85, p.518-526, 2007.

WALKER JW, CLARK DH, MCCOY SD. Fecal NIRS for Predicting Percent Leafy Spurge in Diets. **Journal of Range Management**. 1998;51:450–455.

WOOFORD, H.; HOLECHEK, J.L.; GALYAN, M.L.; WALLACE, J.D.; CARDENAS, M. Evaluation of fecal indices to predict diet quality. **Journal of Range Management**, v. 38, p.450-454, 1985.

## **Capítulo 2**

**Composição botânica, frequência, flutuação na produção de matéria seca e bromatologia biomassa de área de caatinga sob pastejo de pequenos ruminantes no sertão pernambucano**

### **Resumo**

As pastagens nativas têm grande importância para a pecuária mundial, em especial para a produção de pequenos ruminantes do nordeste brasileiro, criados em um bioma único e ainda com poucas informações sobre composição botânica, produção de fitomassa e bromatologia. Objetivou-se com este trabalho realizar o levantamento da composição florística e da frequência, assim como determinar a produção de biomassa, composição botânica e valor nutricional dos estratos herbáceos e arbustivos-arbóreos em áreas de Caatinga no sertão pernambucano. A pesquisa foi realizada de janeiro a dezembro de 2014, na Estação Experimental de Sertânia, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, no município de Sertânia, Pernambuco (PE), em uma área de 37 hectares de Caatinga. Na área experimental, foram traçados sete transectos paralelos. Foram marcados em cada transecto pontos de avaliação a cada 20 metros, totalizando 136 pontos de avaliação da composição botânica, disponibilidade dos estratos e retirada de amostras para composição química. As famílias identificadas, que apresentaram o maior número de espécies, foram Cactaceae com oito (8) exemplares, Euphorbiaceae com nove (9), Fabaceae Caesalpinaceae com sete (7), Fabaceae Mimosoideae com sete (7) e Malvaceae com nove (9), contribuindo com 45,23% das espécies encontradas. A composição florística da Caatinga possui grandes quantidades de espécies de planta, em sua maioria plantas endêmicas. A frequência das plantas é influenciada pelo período, sendo a pluviosidade influência o aparecimento e o desaparecimento das plantas principalmente no estrato herbáceo. A disponibilidade da fitomassa e a composição bromatológica variam diretamente pela presença e ou ausência de chuvas, diminuindo ou aumentando a disponibilidade e a composição nutricional de todos os estratos.

**Termos de Indexação:** Bioma, frequências, forragicultura, nativo, pastagem

### **Abstract**

Native pastures have great importance for the world's livestock, particularly for the production of small ruminants in northeastern Brazil, created in a single biome and with little information on botanical composition, chemical and biomass production. The objective of this study was to survey the floristic composition and phytosociological parameters and to determine the biomass production, botanical composition and nutritional value of herbaceous strata and shrub-arboreal in areas of caatinga in Pernambuco hinterland. The survey was conducted from January to December 2014, at the Experimental Station Sertânia belonging to the Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, in the municipality of Sertânia, Pernambuco (PE), in an area of 37 hectares of Caatinga. In the experimental area, seven strokes parallel transects (Figure 2). They were marked in each transect evaluation points every 20 meters, totaling 136 points of evaluation of botanical composition, availability of strata and taking samples for chemical composition. The identified families who had the greatest number of species were Cactaceae with eight (8) copies Euphorbiaceae with nine (9), Fabaceae Caesalpinaceae with seven (7), Fabaceae Mimosoideae with seven (7) and Malvaceae with nine (9), contributing with 45.23% of the species found. The floristic composition of the Caatinga has large amounts of plant species, mostly endemic plants. The frequency of plants is influenced by time, the influence of rainfall and the appearance and disappearance of herbaceous plants mainly. The availability of biomass and chemical composition vary directly by the presence or absence of rain and decreasing or increasing the yield and the nutritional composition of all strata.

**Index Terms:** Biome, frequencies, Forage Crops, native, pasture

## **Introdução**

As pastagens constituem um dos principais sistemas produtivos do mundo, ocupando cerca de 70% das áreas agricultáveis (DUBEUX Jr et al., 2011). Sendo a área de pastagem no Brasil de aproximadamente 200 milhões de hectares (IBGE, 2010). Grande parte destas pastagens brasileiras são nativas e necessitam de avaliações em busca dessas informações.

A Caatinga um bioma no qual sua vegetação cobre cerca de 86,1% da região semiárida do Brasil, 53% da área do Nordeste e 9,8% do Brasil (IBGE, 2012).

A utilização das forrageiras do bioma Caatinga é fundamental para manutenção da produção de ruminantes. Em geral, a criação de caprinos e ovinos no Nordeste é desenvolvida em sistema extensivo, no qual os animais são soltos na Caatinga, sem demarcação e divisões das propriedades, onde a base da alimentação predominante são as forrageiras da Caatinga (TORRES et al., 2010; MEDEIROS et al., 1994).

Estima-se que aproximadamente 70% das espécies predominantes na Caatinga participem significativamente da dieta dos ruminantes domésticos (ARAÚJO FILHO et al., 1995). A produção anual de fitomassa da folhagem das espécies lenhosas e da parte aérea das plantas herbáceas na Caatinga atingem, em média, 4.000 Kg/ha de matéria seca (MS), porém apresentam grandes variações anuais (LEITE et al., 1990; ARAÚJO FILHO et al., 1994). Além da variação na produção, há também grandes diferenças em sua composição, isso devido às plantas possuírem dinâmica reprodutiva acelerada, ou seja, chegam à maturidade rapidamente, com as primeiras chuvas e, como consequência desse processo, perdem suas folhas, para somente reiniciar o ciclo só nas próximas chuvas.

Essa adaptação às condições do clima torna a produção de fitomassa variável durante o ano. Enfatizando a importância do manejo correto destas pastagens, com atenção no número de animais que podem ser alimentados na área durante o período, uma vez que, o uso eficiente das plantas forrageiras sob pastejo na alimentação animal tem uma relação direta com a produtividade do sistema (SALMAN et al., 2006)

A vegetação da Caatinga apresenta três estratos distintos: o arbóreo, arbustivo e o herbáceo, sendo o estrato arbóreo e arbustivo composto por espécies xerófilas e caducifólias, no qual perdem suas folhas no período crítico do ano, porém com grande

potencial forrageiro no período chuvoso. Já o estrato herbáceo é composto por plantas efêmeras (completam seu ciclo rapidamente aproveitando os pulsos de precipitações e desaparecem da área) e anuais.

O potencial de uma região qualquer para produção de ruminantes está diretamente relacionado com as condições de meio ambiente, ao qual possibilite o pastejo pelo maior tempo possível durante o ano, sendo esta a forma mais econômica de se explorar racionalmente os herbívoros (GUIM et al., 2004). Dessa forma, conhecer o potencial de cada região e traçar um planejamento correto de suplementação durante os períodos de escassez de forragem é fundamental para se manter uma produção constante e organizada.

Nesse sentido, objetivou-se, com este trabalho, realizar o levantamento da composição florística, frequência, assim como determinar a produção de biomassa e composição química bromatológica dos estratos herbáceos e arbustivos-arbóreos em áreas de Caatinga no sertão pernambucano.

## **Material e Métodos**

### **Descrição da Área de Estudo**

A pesquisa foi realizada de janeiro a dezembro de 2014, na Estação Experimental de Sertânia, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, no município de Sertânia, Pernambuco (PE), na microrregião do Sertão do Moxotó a 600 m acima do nível do mar. As coordenadas geográficas são: latitude 08°04'25" sul e longitude 37°15'52" oeste. A vegetação é do tipo Caatinga, apresenta grande diversidade em seus estratos (herbáceo, arbustivo e arbóreo). O clima local, segundo a classificação de Köppen, é o semiárido quente do tipo BShW, em uma área de 37 hectares de Caatinga. Durante todo o período da pesquisa o acumulado da chuva foi de 366mm (Figura 1).

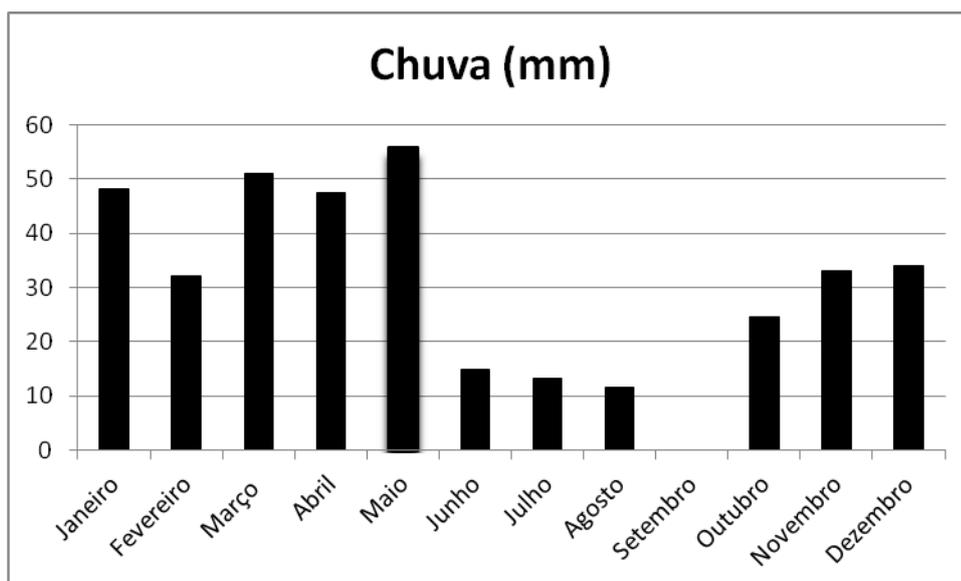


Figura 1 Índice pluviométrico do município de Sertânia-PE no ano de 2014

Na área experimental, foram traçados sete transectos paralelos (figura 2). Foram marcados em cada transecto pontos de avaliação a cada 20 metros, totalizando 136 pontos de avaliação da composição botânica, disponibilidade dos estratos e retirada de amostras para composição química.

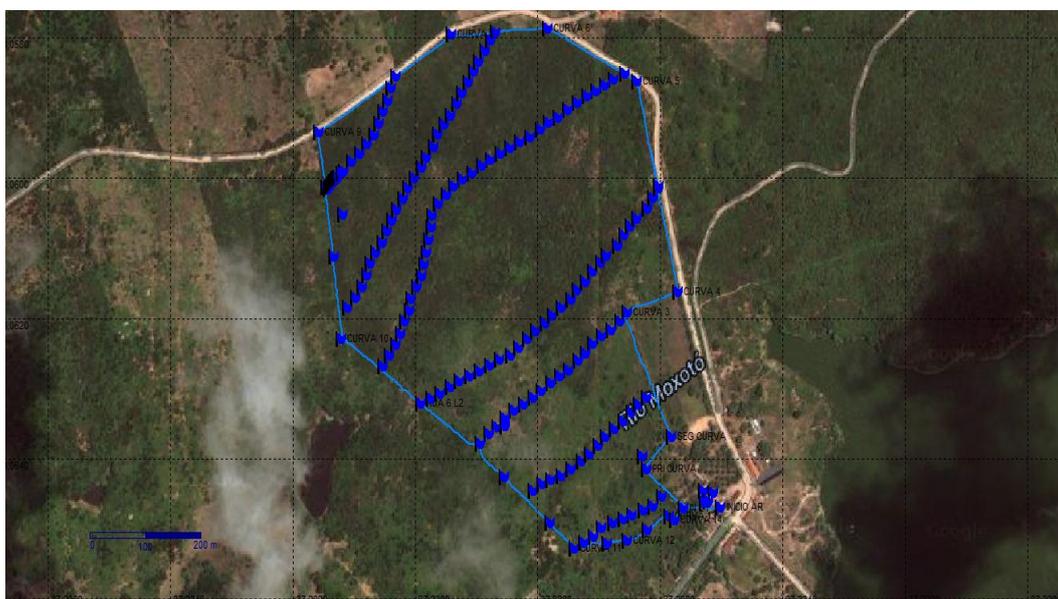


Figura 2. Representação esquemática da área experimental na Estação Experimental no IPA - PE

## Composição Florística

A Composição florística foi realizada durante o período experimental onde foram identificados os indivíduos presentes na área. Para isto, foi realizado caminhadas

na área em estudo para a coleta das plantas e posterior identificação botânica. O material botânico foi coletado, cerca de três exemplares de cada espécie quando possível e, em seguida, herborizados e incorporado ao acervo do herbário pertencente ao IPA, onde foram identificadas. A partir dos dados obtidos durante o levantamento florístico foi elaborada uma listagem contendo as famílias, gêneros e espécies encontradas na área. As espécies foram agrupadas em estrato arbustivo, arbórea e herbáceas.

### **Frequência Absoluta e Relativa**

A frequência da comunidade vegetal foi realizada utilizando-se os seguintes parâmetros, conforme metodologia proposta por Rodal et al. (1992): Frequência Absoluta (FA) e Frequência Relativa (FR), conforme as seguintes fórmulas:

Frequência Absoluta (FA) = é a relação entre o número de parcelas em que determinada espécie ocorre e o número total de parcelas amostradas.

$$FA_i = (NUI / NUT) \times 100$$

Onde:

FA<sub>i</sub> = frequência absoluta;

NUI = número de unidades amostrais com presença da espécie;

NUT = número total de unidades amostrais.

Frequência Relativa (FR) = é a relação entre a frequência absoluta de determinada espécie com a soma das frequências absolutas de todas as espécies.

$$FR_i = (FA_i / \sum FA_i) \times 100$$

Onde: FR<sub>i</sub> = frequência relativa;  $\sum$  FA<sub>i</sub> = soma de todas as frequências absolutas.

### **Determinação da massa de forragem total e da composição botânica**

As avaliações da pastagem foram realizadas mensalmente de janeiro a dezembro de 2014. Sendo que a estimativa da fitomassa total através da metodologia descrita por HAYDOCK & SHAW (1975). E a composição botânica foi obtida utilizando-se a metodologia do peso seco ordenado, descrita por Manetje & Haydock (1963), modificado, por Jones & Hargreaves (1979).

A área experimental foi de 37 ha, na qual foram traçados sete transectos paralelos, totalizando 136 parcelas amostrais (Figura 2). Nestes, foram estimadas a massa de forragem total e a composição botânica do estrato arbustivo-arbóreo, dicotiledônea herbácea, monocotiledônea e serrapilheira. Para a avaliação dos estratos utilizou-se um quadrado de 1m<sup>2</sup> e as plantas amostradas foram cortadas rente ao solo.

### **Determinação da Composição Química**

As análises de pré-secagem foram realizadas no Instituto de Pesquisa Agropecuárias (IPA), Sertânia-PE. O material amostrado foi colocado em sacos de papel, previamente identificados e colocados em estufa de circulação forçada de ar  $\pm$  55°C até obter peso constante, em seguida, foram moídas em moinho de faca do tipo Wiley providas de peneira com poros de um e de dois milímetros de diâmetro e armazenadas em recipientes plásticos, com as devidas identificações para posterior análise.

Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM) foram determinadas conforme a AOAC (1990). Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com o procedimento de Van Soest e da AOAC (VAN SOEST, et al., 1991; AOAC, 1990). O teor de nitrogênio total (N) foi determinado em sistema de combustão segundo método de Dumas, usando-se um autoanalisador de nitrogênio marca Leco FP-528 (Leco Corp.St. Joseph, MI, EUA). Para conversão dos valores de N, em proteína bruta (PB), foi utilizado o fator de correção 6,25. No Laboratório de Nutrição Animal na Embrapa Caprinos e Ovinos.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x12 (Estrato\*Tempo). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa Statistical Analysis System versão 9.2 (SAS, 2002).

## **Resultado e Discussão**

### **Composição Florística do Pasto**

A vegetação da área amostrada foi representada por 84 espécies, distribuídas em 35 famílias. Após a realização das análises pode-se constatar que o tipo de estrato

predominante é o herbáceo (41,66%), seguido dos estratos arbóreos (23,80%), arbustivos (16,66%) e cactáceas (9,52%). O grande número de espécies presente corrobora com a premissa da grande complexidade e heterogeneidade do bioma Caatinga (Tabela 4).

Em relação à riqueza de espécies as famílias identificadas que apresentaram o maior número de espécies foram Cactaceae com oito (8) exemplares, Euphorbiaceae com nove (9), Fabaceae Caesalpinaceae com sete (7), Fabaceae Mimosoideae com sete (7) e Malvaceae com nove (7), contribuindo com 45,23% das espécies encontradas, mostrando que poucas famílias podem deter o maior número de indivíduos representativos de uma determinada área ou região. Estas famílias são destaque em trabalhos realizados em Caatinga por Rodal & Sampaio (2002), Pereira et al. (2002) e Andrade et al. (2005), que citaram resultados semelhantes com predomínio das mesmas famílias em áreas de Caatinga conservadas e manejadas.

Oliveira (2012), também trabalhando em Serra Talhada, encontrou 63 espécies e 25 famílias de espécies de diferentes portes: 10 espécies arbóreas, 29 arbustivas e 24 herbáceas. Houve predominância das espécies arbustivos-arbóreas, com estrato herbáceo bem diverso.

Pereira Júnior et al. (2012), trabalhando com composição florística em Monteiro/PB, encontrou nas 100 parcelas amostradas da área experimental, 3.495 indivíduos, distribuídos em 14 famílias, 26 gêneros e 37 espécies. O que mostra menor variabilidade entre indivíduos nessa área.

Oliveira et al. (2013), ao observar a composição florística das herbáceas em área de Caatinga em Porto da Folha/SE, observou que as famílias Fabaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Malvaceae, Bromeliaceae, Convolvulaceae, Lamiaceae e Acanthaceae se destacaram pela maior riqueza de espécies e, juntas, somaram quase metade do total (48,37%), enquanto cada uma dentre os 16,34% apresentou apenas uma espécie.

Pode-se destacar a presença da Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae e Poaceae como famílias de grande representatividade em todas elas (SILA, 1988; PETER, 1992; SANTANA, 2006; BESSA et al, 2011; OLIVEIRA, 2012; PEREIRA JÚNIOR et al, 2012; BORGES, 2012, CASSUCE, 2012; OLIVEIRA et al, 2013). Constata-se dessa forma que a Caatinga, mesmo apresentando grande extensão territorial e diversidade, possui grande número de espécies endêmicas.

**Tabela 3.** Relação das famílias e espécies inventariadas da Caatinga no Sertão Pernambucano

<b>Famílias</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Estrato</b>
Espécies		
<b>Amaranthaceae</b>		
<i>Althernanthera tenella colla.</i>	Ervanso	Arbustivo
<i>Alternanthera polygonoides R. Br</i>	Quebra Panela	Herbáceo
<i>Alternanthera brasiliana (L.) Kuntze.</i>	Cabeça Branca	Herbáceo
<b>Anacardiaceae</b>		
<i>Astronium urundeuva Engl.</i>	Aroeira	Arbóreo
<i>Schinopsis brasiliensis Engl.</i>	Baraúna	Arbóreo
<i>Spondias tuberosa Arruda Cam.</i>	Umbuzeiro	Arbóreo
<b>Apocynaceae</b>		
<i>Aspidosperma pyrifolium Mart.</i>	Pereiro	Arbóreo
<b>Asteraceae</b>		
<i>Tridax procumbens L.</i>	Bamburrau	Arbustivo
<b>Boraginaceae</b>		
<i>Cordia leucocephala Moric.</i>	Moleque duro	Arbustivo
<i>Heliotropium tiaridioides Cham.</i>		Herbácea
<b>Bromeliaceae</b>		
<i>Bromelia laciniosa Mart. Ex Schult</i>	Macambira	Cactácea
<i>Neoglazio variegata Mez</i>	Caroá	Cactácea
<b>Cactaceae</b>		
<i>Melocactus bahiensis Br. Et Rose Werderm</i>	Coroa de Frade	Cactácea
<i>Arrojadoa rhodantha</i>	Rabo de Raposa	Cactácea
<i>Cereus jamacaru P. DC</i>	Mandacaru	Cactácea
<i>Opuntia inamoene K. Schum</i>	Quipá	Cactácea
<i>Pilosocereus pachycladus Ritter</i>	Facheiro	Cactácea
<i>Opuntia monacatha Haw</i>	Palmatória	Cactácea

**Tabela 4** (continuação). Relação das famílias e espécies inventariadas da Caatinga no Sertão Pernambucano

<b>Famílias</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Estrato</b>
Espécies		
<b>Caparaceae</b>		
<i>Capparis flexuosa</i> L.	Feijão bravo	Arbóreo
<b>Compositae</b>		
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Maria preta	Herbáceo
<b>Commelinaceae</b>		
<i>Commelina obliqua</i> Vahl.	Olho de Santa Luzia	Herbáceo
<b>Convolvulaceae</b>		
<i>Ipomoea</i> i.	Jitirana	Herbáceo
<b>Cucurbitaceae</b>		
<i>Operculina</i> i.	Cabeça de Negro	Herbáceo
<b>Cyperaceae</b>		
<i>Cyperus uncinalatus</i> Mart. Et Scharad	Barba de bode	Herbáceo
<b>Euphorbiaceae</b>		
<i>Euphorbia tirucalli</i> L.	Aveloz	Arbóreo
<i>Cnidoscolus phyllacanthus</i> Muell Arg. Pax et K. Hoffman	Faveleira	Arbóreo
<i>Croton sonderianus</i> Muell. Arg.	Marmeleiro	Arbóreo
<i>Croton uticaefolius</i> Lam	Quebra faca	Arbustivo
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão	Arbustivo
<i>Jatropha mutabilis</i> Pohl Baill.	Pinhão	Arbustivo
<i>Jatropha pohliana</i> Muell Arg.	Pinhão brabo	Arbustivo
<i>Manihot dichotoma</i> Ule	Maniçoba	Arbustivo
<b>Fabaceae Faboideae</b>		
<i>Desmodium asperum</i> Desv.	Marmelada de cavalo	Herbáceo

**Tabela 4** (continuação). Relação das famílias e espécies inventariadas da Caatinga no Sertão Pernambucano

<b>Famílias</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Estrato</b>
<b>Espécies</b>		
<b>Fabaceae Caesalpinaceae</b>		
<i>Amburana cearensis</i> A. C. Smith.	Umburana de cheiro	Arbóreo
<i>Bauhinia cheillantha</i> Steud.	Mororó	Arbustivo
<i>Caesalpineia férrea</i> Mart. Ex Tul.	Jucá	Arbóreo
<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul	Catingueira	Arbóreo
<i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S.Irwin & Barneby	Mata pasto	Herbáceo
<i>Tephrosia iminuú</i> L. Pers.	Anil de Bode	Herbáceo
<i>Libidibia iminu</i> (Mart.) L.P. Queiroz	Pau Ferro	Arbóreo
<b>Fabaceae Mimosoideae</b>		
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Benth	Angico	Arbóreo
<i>Cassia fistula</i> Schrad	Canafítula	Arbóreo
<i>Desmanthus virgatus</i> L.willd.	Jureminha	Herbáceo
<i>Mimosa hostilis</i> Benth	Jurema preta	Arbóreo
<i>Piptadenia i.</i>	Jurema de imbira	Arbóreo
<i>Prosopis juliflora</i> D. C.	Algaroba	Arbóreo
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema preta	Arbóreo
<b>Fabaceae Papilionoideae</b>		
<i>Macropitilium martii</i> Benth.	Orelha de Onça	Herbáceo
<i>Indigofera microcarpa</i> Desv.	Anil	Herbáceo
<i>Sida SP</i>	Malva	Herbáceo
<i>Sida i.</i>	Malva Preta	Herbáceo
<b>Flacourtiaceae</b>		
<i>Xylosma ciliatifolium</i> Eichl.	Carrapicho de Agulha	Herbáceo

**Tabela 4** (continuação). Relação das famílias e espécies inventariadas da Caatinga no Sertão Pernambucano

<b>Famílias</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Estrato</b>
Espécies		
<b>Lamiaceae</b>		
<i>Ocinum campechianum</i> Mill	Alfavaca	Herbáceo
<b>Leguminosae</b>		
<i>Rhincosia mínima</i> (L.) D.C.	Feijão de Rolinha	Herbáceo
<b>Malvaceae</b>		
<i>Gaya imin</i> St. Hil.	Malva	Herbáceo
<i>Malvastrum i.</i>	Malva preta	Herbáceo
<i>Pavonia cancelata</i>	Malva rasteira	Herbáceo
<i>Sida cf. cordifolia</i> L.	Capa bode	Arbustivo
<i>Sida galheirensis</i> Ulbr	Malva branca	Herbáceo
<i>Sida spinosa</i> L.	Malva relógio	Herbáceo
<i>Herissantia tiubae</i> (K. Schum.) Brizicky	Mela bode	Herbáceo
<b>Nyctaginaceae</b>		
<i>Boerhavia diffusa</i> Linn	Pega pinto	Herbáceo
<b>Oxalidaceae</b>		
<i>Oxalis divaricata</i> Mart. Ex Zucc.	-	
<b>Poaceae</b>		
<i>Aristida adscensionis</i> L.	Capim Panasco	Herbáceo
<i>Aristida purpusii</i> Mez. Chase	Capim Mimoso	Herbáceo
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Capim Buffel	Herbáceo
<i>Tragus berteronianus</i> Schult.	Carrapicho de Ovelha	Herbáceo

**Tabela 4.** (continuação). Relação das famílias e espécies inventariadas e da Caatinga no Sertão Pernambucano

<b>Famílias</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Estrato</b>
Espécies		
<b>Rhamnaceae</b>		
<i>Ziziphus juazeiro Mart</i>	Juazeiro	Arbóreo
<b>Rubiaceae</b>		
<i>Diodia teres Walt.</i>	Engana Bobo	Herbáceo
<b>Sapotaceae</b>		
<i>Bumelia sertorum Mart.</i>	Quixabeira	Arbóreo
<b>Sapindaceae</b>		
<i>Cardiospermum corindum L.</i>	-	
<b>Selaginellaceae</b>		
<i>Selaginella convoluta Spring</i>	Jericó	Herbáceo
<b>Sterculiaceae</b>		
<i>Melochia Tomentosa L.</i>	Capa Bode	Herbáceo
<i>Waltheria Macropoda Turcz.</i>	-	
<i>Waltheria Rotundifolia Schrank</i>	-	
<b>Ulmaceae</b>		
<i>Trema micrantha (L.) Blume</i>	-	
<b>Verbenaceae</b>		
<i>Latana câmara L.</i>	Chumbinho	Arbustivo
<i>Lantana canescens Kunth</i>	Alecrim	Arbustivo
<b>Viscaceae</b>		
<i>Phoradendron mucronatum (DC.) Krug &amp; Urb.</i>	Esterco de passarinho	Herbáceo

**Tabela 4.** (continuação). Relação das famílias e espécies inventariadas da Caatinga no Sertão Pernambucano

<b>Famílias</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Estrato</b>
Espécies		
<b>Zygophyllaceae</b>		
<i>Tribulus terrestris</i> L.	Testa De Touro	Herbáceo
<i>Kalstroemia tribuloides</i> Wight et Arn	-	
<b>Portulacaceae</b>		
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	Herbáceo
<i>Portulaca elatior</i> Mart. Ex Rohrb.	-	
<b>Vitaceae</b>		
<i>Cissus simsiana</i> R. et S.	Parreira	Arbustivo

A família Fabaceae possui o maior número de plantas forrageiras de alto valor proteico, enquanto as Poaceae estão entre as fontes mais importantes de energia no pasto. Malvaceae e Euphorbiaceae podem ser utilizadas como indicadoras de áreas degradadas.

Segundo Moura (1987), a Caatinga é um dos tipos de vegetação de difícil definição pela extensa heterogeneidade da fisionomia e da composição florística. Foram identificadas 932 espécies de plantas da Caatinga, onde 380 são endêmicas desse bioma (TABARELLI et al., 2000), porém ainda são necessários mais estudos a cerca da composição florística e botânica. Uma das dificuldades encontradas para a identificação da vegetação presente no bioma Caatinga é que a mesma possui muitas diferenças, principalmente, no solo e no clima, onde numas aparecem mais plantas arbustivas, em outras arbóreas, em outras vegetações mais rasteiras, ou seja, não há padrão.

Pereira Filho & Bakke (2010) destacam que na maioria dos levantamentos feitos, dentre as espécies lenhosas, as pioneiras como marmeleiro (*Croton sonderianus*) e jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) são as mais frequentes, com destaque ainda para a presença de outras espécies como catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), mororó (*Bauhinia cheilantha*), mofombo (*Combretum leprosum*), dentre outras. Os autores

destacam ainda que no estrato herbáceo as espécies comuns são: as gramíneas milhãs (*Brachiaria plantaginea* e *Panicum sp.*), capim-rabo-de-raposa (*Setária sp.*) e capim-panasco (*Aristida setifolia*) e as dicotiledôneas, matapasto (*Senna obtusifolia*), alfazemabrava (*Hyptis suaveolens*), malvabranca (*Sida cordifolia*), feijão-de-rola (*Phaseolus patyróides* L.), centrosema (*Centrosema sp.*), erva-de-ovelha (*Stylosanthes humilis*), manda-pulão (*Croton sp.*), bredo (*Amaranthus sp.*), dentre outras. Muitas destas encontradas nesta pesquisa.

### Frequência Absoluta e Relativa

Na Tabela 5 pode-se destacar as famílias Cactaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Caesalpinaceae, Fabaceae Mimosoideae e Malvaceae, por estarem presentes em maior frequência na área amostrada (na época chuvosa e seca), são as que representam melhor. O fato dessas espécies apresentarem maior frequência pode ser pela resistência das mesmas às adversidades propiciadas pelo bioma, principalmente de clima, precipitação e solo. Silva et al. (2015), avaliando a composição florística de Bom Jesus no Piauí, observaram que as espécies que apresentaram maiores frequências, dentre outras observadas, foram a Fabaceae e a Malvaceae, sendo que estas também se destacaram no estudo em questão.

As espécies observadas que se apresentaram durante o ano todo na área amostrada foram o *Aristida purpusii* Mez. Chase (capim mimoso – Poaceae), *Commelina obliqua* Vahl. (olho de Santa Luzia – Commelinaceae), *Lantana canescens* Kunth (alecrim – Verbenaceae), *Rhincosia mínima* (L.) D.C. (feijão de rolinha – Leguminosae), *Sida galheirensis* Ulbr (malva branca – Malvaceae), *Sida i.* (malva preta – Fabaceae Papilionoideae), *Piptadenia sp.* (jurema de imbira – Fabaceae Mimosoideae), *Herisanthia tiubae* K. Schum Bri (mela bode – Malvaceae), *Croton sonderianus* Muell. Arg. (marmeleiro – Euphorbiaceae) e *Cordia leucocephala* Moric. (moleque duro – Boraginaceae), cujas estas apresentaram maiores frequências absolutas foram, respectivamente, 96% nos meses de maio e junho; 44% no mês de abril; 80% no mês de julho; 32% no mês de julho; 48% no mês de agosto, 40% nos meses de fevereiro, maio, junho e dezembro; 52% no mês de julho; 64% nos meses de fevereiro, abril e dezembro; 64% no mês de dezembro sendo representantes das famílias Poaceae, Commelinaceae, Verbenaceae, Leguminosae, Malvaceae (*Rhincosia mínima* (L.) D.C.

– feijão de rolinha e *Herisanthia tiubae* K. Schum Bri – mela bode), Fabaceae Mimosoideae, Euphorbiaceae e Boraginaceae, nessa ordem. Demonstrando mais uma vez que a área possui grande biodiversidade, proporcionando alimento aos animais, mesmo de espécies e hábitos alimentares diferentes, ao longo de todo ano.

As plantas que apareceram com menores frequências, como por exemplo, o *Cereus jamacaru* P. DC – mandacaru (nos meses de junho e setembro), *Anadenanthera macrocarpa* Benth – angico (nos meses de janeiro-março, junho, outubro e dezembro), *Astronium urundeuva* Engl.- aroeira (fevereiro, março e maio), *Caesalpinia pyramidalis* Tul – catingueira (só não apareceu no mês de dezembro), *Manihot dichotoma* Ule – maniçoba (só não apareceu nos meses de agosto a outubro), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. – pereiro (nos meses de fevereiro, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro), *Prosopis juliflora* D. C. – algaroba (apareceu somente no mês de outubro) e etc são plantas que se mantêm durante o ano todo na área (são cactáceas e arbustivas-arbóreas), independente da chuva ou da seca, como pode ser observado na tabela, uma justificativa para a sua ausência na coleta é porque as mesmas, apesar de serem encontradas na área, apresentavam-se com pouco exemplares, resultando em uma frequência baixa.

**Tabela 4.** Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustiva, herbáceo e monocotiledôneas presentes em área de Caatinga no Sertão Pernambucano no período de Janeiro a Dezembro de 2014. FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa

Família	Nome Vulgar	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
		FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR
Bromeliaceae	Caroá	0,00	0,00	4,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,68
Cactaceae	Coroa de Frade	4,00	0,57	4,00	0,53	0,00	0,00	4,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	1,00	0,00	0,00	8,00	1,53	0,00	0,00
Cactaceae	Facheiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,76	0,00	0,00
Cactaceae	Mandacaru	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cactaceae	Palmatória	4,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,82	0,00	0,00	4,00	0,68
Cactaceae	Xique-xique	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cyperaceae	Barba de bode	8,00	1,15	12,00	1,60	12,00	1,59	12,00	1,88	4,00	0,62	4,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,64	4,00	0,76	8,00	1,37
Poaceae	Buffel	4,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	2,00	0,00	0,00	8,00	1,53	0,00	0,00
Poaceae	Mimoso	88,00	12,64	72,00	9,63	84,00	11,11	96,00	15,09	92,00	14,19	96,00	13,71	88,00	16,67	60,00	11,53	64,00	16,00	84,00	17,21	80,00	15,26	52,00	8,90
Poaceae	Panasco	16,00	2,30	20,00	2,67	12,00	1,58	36,00	5,66	16,00	2,47	0,00	0,00	12,00	2,27	8,00	1,53	20,00	5,00	8,00	1,64	4,00	0,75	0,00	0,00
Selaginellaceae	Jericó	4,00	0,57	24,00	3,20	8,00	1,05	12,00	1,88	8,00	1,23	0,00	0,00	28,00	5,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	3,81	0,00	0,00
Commelinaceae	Olho de Santa Luzia	52,00	7,47	52,00	6,95	64,00	8,46	40,00	6,29	56,00	8,64	56,00	8,00	40,00	7,57	52,00	10,00	8,00	2,00	36,00	7,37	36,00	6,87	44,00	7,53
Verbenaceae	Alecrim	16,00	2,30	28,00	3,74	12,00	1,58	44,00	6,92	28,00	4,32	24,00	3,43	12,00	2,27	16,00	3,07	8,00	2,00	12,00	2,46	12,00	2,29	16,00	2,74
Lamiaceae	Alfavaca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabela 5** (continuação). Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustiva, herbáceo e monocotiledôneas presentes em área de Caatinga no Sertão Pernambucano no período de Janeiro a Dezembro de 2014. FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa

Família	Nome Vulgar	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
		FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR
Fabaceae Caesalpinaceae	Anil de Bode	0,00	0,00	4,00	0,53	0,00	0,00	4,00	0,63	12,00	1,85	12,00	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Euphorbiaceae	Beldroega	20,00	2,87	40,00	5,34	20,00	2,64	16,00	2,51	12,00	1,85	20,00	2,85	4,00	0,75	8,00	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,76	0,00	0,00
Cucurbitaceae	Cabeça de Negro	8,00	1,15	12,00	1,60	12,00	1,59	4,00	0,63	8,00	1,23	0,00	0,00	8,00	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,76	0,00	0,00
Flacourtiaceae	Carrapicho de Agulha	76,00	10,92	44,00	5,88	24,00	3,17	24,00	3,77	24,00	3,70	44,00	6,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,37
Rubiaceae	Engana Bobo	0,00	0,00	8,00	1,06	4,00	0,53	4,00	0,63	4,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Leguminosae	Feijão de Rolinha	32,00	4,60	28,00	3,74	44,00	5,82	56,00	8,80	64,00	9,87	60,00	8,57	80,00	15,15	84,00	16,15	52,00	13,00	52,00	10,66	32,00	6,10	72,00	12,33
Convolvulaceae	Jitirana	28,00	4,02	20,00	2,67	16,00	2,11	8,00	1,26	4,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,82	0,00	0,00	16,00	2,74
Fabaceae Mimosoideae	Jureminha	8,00	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Malvaceae	Malva	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,53	4,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Malvaceae	Malva branca	24,00	3,45	4,00	0,53	28,00	3,70	32,00	5,03	8,00	1,23	24,00	3,43	32,00	6,06	24,00	4,61	20,00	5,00	28,00	5,74	32,00	6,10	52,00	8,90
Malvaceae	Malva relógio	0,00	0,00	4,00	0,53	20,00	2,64	4,00	0,63	4,00	0,62	12,00	1,71	16,00	3,03	4,00	0,77	8,00	2,00	12,00	2,46	8,00	1,53	36,00	6,16
Malvaceae	Malva preta	12,00	1,72	24,00	3,20	12,00	1,59	8,00	1,26	8,00	1,23	8,00	1,14	8,00	1,51	48,00	9,23	16,00	4,00	8,00	1,64	24,00	4,58	12,00	2,05
Fabaceae Faboideae	Marmelada de cavalo	24,00	3,45	16,00	2,13	28,00	3,70	4,00	0,63	0,00	0,00	12,00	1,71	8,00	1,51	12,00	2,30	8,00	2,00	12,00	2,46	8,00	1,52	20,00	3,42
Fabaceae Caesalpinaceae	Mata pasto	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabela 5** (continuação). Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustiva, herbáceo e monocotiledôneas presentes em área de Caatinga no Sertão Pernambucano no período de Janeiro a Dezembro de 2014. FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa

Família	Nome Vulgar	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
		FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR
Amaranthaceae	Quebra Panela	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,53	0,00	0,00	20,00	3,08	16,00	2,28	16,00	3,03	0,00	0,00	4,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fabaceae Mimosoideae	Angico	4,00	0,57	4,00	0,53	4,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,64	0,00	0,00	4,00	0,68
Anacardiaceae	Aroeira	0,00	0,00	4,00	0,53	8,00	1,06	0,00	0,00	4,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Leguminosae	Canafitula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Malvaceae	Capa bode	4,00	0,57	0,00	0,00	4,00	0,53	0,00	0,00	8,00	1,23	16,00	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	2,00	4,00	0,82	0,00	0,00	12,00	2,05
Fabaceae Caesalpinaceae	Catingueira	28,00	4,02	20,00	2,67	32,00	4,23	20,00	3,14	8,00	1,23	32,00	4,57	20,00	3,78	24,00	4,61	12,00	3,00	4,00	0,82	28,00	5,34	0,00	0,00
Verbenaceae	Chumbinho	8,00	1,15	4,00	0,53	4,00	0,53	0,00	0,00	4,00	0,62	0,00	0,00	4,00	0,75	0,00	0,00	4,00	1,00	8,00	1,64	4,00	0,76	0,00	0,00
Amaranthaceae	Ervanso	4,00	0,57	60,00	8,02	76,00	10,05	0,00	0,00	24,00	3,70	36,00	5,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Caparaceae	Feijão bravo	0,00	0,00	4,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rhamnaceae	Juazeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,68
Fabaceae Mimosoideae	Jurema de imbirá	28,00	4,02	40,00	5,34	32,00	4,23	20,00	3,14	40,00	6,17	40,00	5,71	28,00	5,30	12,00	2,30	20,00	5,00	28,00	5,74	20,00	3,82	40,00	6,85
Fabaceae Mimosoideae	Jurema preta	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,53	0,00	0,00	4,00	0,62	4,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	2,00	4,00	0,82	8,00	1,53	0,00	0,00
Euphorbiaceae	Maniçoba	24,00	3,45	20,00	2,67	24,00	3,17	12,00	1,88	12,00	1,85	4,00	0,57	8,00	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	2,29	16,00	2,73
Compositae	Maria preta	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,53	0,00	0,00	8,00	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,76	4,00	1,00	4,00	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabela 5** (continuação). Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustiva, herbáceo e monocotiledôneas presentes em área de Caatinga no Sertão Pernambucano no período de Janeiro a Dezembro de 2014. FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa

Família	Nome Vulgar	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
		FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR
Apocynaceae	Pereiro	0,00	0,00	8,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,62	8,00	1,14	4,00	0,75	16,00	3,07	8,00	2,00	0,00	0,00	16,00	3,05	0,00	0,00
Euphorbiaceae	Pinhão	4,00	0,57	4,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,53	0,00	0,00
Euphorbiaceae	Quebrafaca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Boraginaceae	Moleque duro	28,00	4,02	40,00	5,34	52,00	6,87	52,00	8,17	56,00	8,64	56,00	8,00	20,00	3,78	48,00	9,23	20,00	5,00	56,00	11,47	40,00	7,63	64,00	10,95
Euphorbiaceae	Marmeleiro	60,00	8,62	64,00	8,55	44,00	5,82	64,00	10,06	52,00	8,02	48,00	6,85	24,00	4,54	48,00	9,23	40,00	10,00	56,00	11,47	56,00	10,67	64,00	10,95
Fabaceae Mimosoideae	Algaroba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00
Malvaceae	Mela bode	44,00	6,32	20,00	2,67	24,00	3,17	32,00	5,03	24,00	3,70	20,00	2,85	52,00	9,85	36,00	6,92	44,00	11,00	32,00	6,55	44,00	8,40	36,00	6,16
Fabaceae Papilionoideae	Orelha de Onça	32,00	4,60	36,00	4,81	24,00	3,17	20,00	3,14	24,00	3,70	24,00	3,43	12,00	2,27	4,00	0,77	8,00	2,00	12,00	2,46	0,00	0,00	0,00	0,00

Em relação às plantas que apareceram somente no primeiro semestre, como por exemplo *Tephrosia iminuí* L. Pers. E anil de bode, *Xylosma ciliatifolium* Eichl. – carrapicho de agulha, que obtiveram FA de 12% (no mês de junho), FA 76% (no mês de janeiro) e FA 76% (no mês de março), sendo suas maiores frequências, respectivamente. São plantas do estrato herbáceo e estão presentes, principalmente, na época das chuvas, desaparecendo nos meses mais secos do ano.

Os valores apresentados na Tabela 6 mostram que a disponibilidade de forragem do arbóreo, gramínea, dicotiledônea herbácea e serrapilheira, apresentaram diferença estatística ( $P>0,05$ ) entre os meses e os estratos.

A disponibilidade de fitomassa e matéria seca kg/ha dos estratos arbóreos, gramíneas e dicotiledôneas herbáceas diminuíram à medida que foi se aproximando o período da seca. No estrato arbóreo a disponibilidade em MS/kg/ha foi diminuindo (258,54 a 52,00 MS/kg/ha, em maio e julho, respectivamente), logo à medida que vai entrando os meses de seca as folhagens das plantas vão caindo, processo esse chamado de senescência, no qual propicia a planta uma redistribuição dos nutrientes no seu interior, tornando-se um processo fisiológico fundamental para a retenção dos nutrientes no vegetal (SILVA et al. 1998), durante o processo de senescência, com a queda das folhas e ramos, forma uma densa camada de serrapilheira que, posteriormente, se decompõe (VIRGENS FILHO et al. 2003). Isso foi observado nesse experimento, sendo que com a diminuição da disponibilidade das arbóreas houve aumento da quantidade de serrapilheira (1151,1 a 1864,15 MS/kg/ha, também nos meses de maio e julho), mesmo sem diferença estatística ( $P>0,05$ ).

Em relação às monocotiledôneas a disponibilidade variou durante o ano todo, alguns exemplares desse estrato aumentaram ou diminuíram durante os períodos de seca e chuva e outros conseguiram permanecer mesmo sem chuva, por exemplo capim buffel, capim panasco (*Aristida adscensionis* L.), capim olho de Santa Luzia (*Commelina obliqua* Vahl.) e capim mimoso (*Aristida purpusii* Mez. Chase).

**Tabela 5.** Flutuação de biomassa por estrato no período de janeiro a dezembro de 2014 em (Kg Mn /há<sup>-1</sup>) e (Kg MS /há<sup>-1</sup>) em área de Caatinga do Sertão Pernambucano

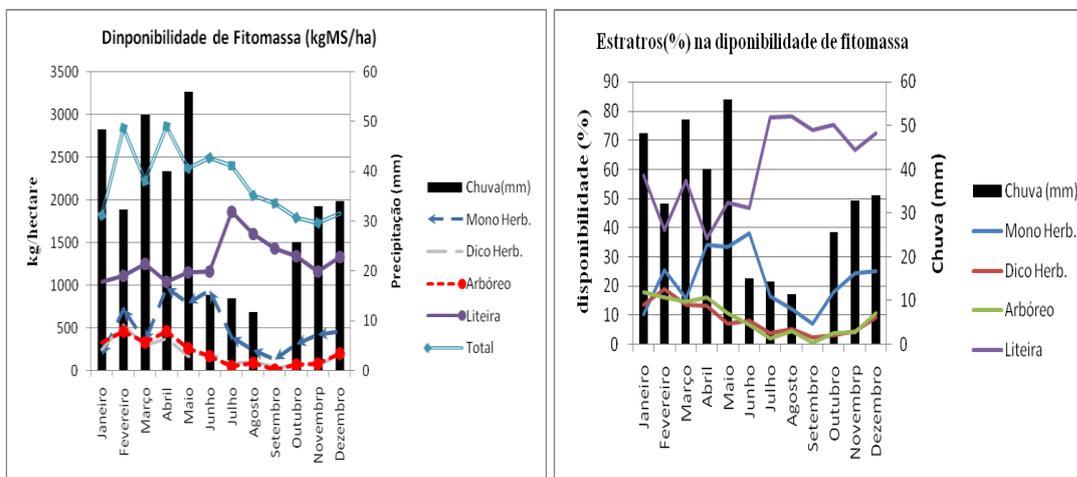
<b>Disponibilidade Matéria Natural kg/há<sup>-1</sup></b>					
Mês	Arbóreo	Mono Herb.	<sup>1</sup> Dico Herb.	<u>Serrapilheira</u>	Total
Janeiro	874,0 <sup>Abb</sup>	516,0 <sup>Db</sup>	814,0 <sup>BCb</sup>	1235,6 <sup>b</sup>	3439,6 <sup>Bca</sup>
Fevereiro	1154,0 <sup>A</sup>	1806,0 <sup>ABC</sup>	1650,0 <sup>A</sup>	1418,0	6028,0 <sup>A</sup>
Março	740,8 <sup>ABC</sup>	1460,8 <sup>BCD</sup>	886,8 <sup>BC</sup>	1567,2	4241,6 <sup>ABC</sup>
Abril	1239,1 <sup>Ab</sup>	2752,1 <sup>Aa</sup>	1339,6 <sup>Abb</sup>	1499,1 <sup>b</sup>	6830,0 <sup>A</sup>
Mai	602,0 <sup>ABCbc</sup>	1876,8 <sup>Aba</sup>	439,6 <sup>ECDc</sup>	1422,1 <sup>ab</sup>	4340,5 <sup>ABC</sup>
Junho	449,6 <sup>ABCb</sup>	2217,6 <sup>Aa</sup>	587,2 <sup>ECDb</sup>	1528,8 <sup>a</sup>	4783,2 <sup>A</sup>
Julho	93,60 <sup>Cb</sup>	701,6 <sup>DCb</sup>	168,4 <sup>Eb</sup>	2446,0 <sup>a</sup>	3409,6 <sup>BC</sup>
Agosto	99,60 <sup>Cb</sup>	353,6 <sup>Db</sup>	229,2 <sup>Edb</sup>	1946,8 <sup>a</sup>	2729,2 <sup>BC</sup>
Setembro	33,20 <sup>Cc</sup>	231,6 <sup>Db</sup>	102,4 <sup>Ec</sup>	1780,4 <sup>a</sup>	2526,4 <sup>BC</sup>
Outubro	142,0 <sup>BCcb</sup>	489,2 <sup>Db</sup>	124,0 <sup>Ec</sup>	1656,8 <sup>a</sup>	2412,0 <sup>C</sup>
Novembro	216,4 <sup>BCb</sup>	609,2 <sup>Db</sup>	206,0 <sup>Eb</sup>	1516,4 <sup>a</sup>	2548,0 <sup>BC</sup>
Dezembro	652,8 <sup>ABCb</sup>	610,4 <sup>Db</sup>	500,8 <sup>CDEb</sup>	1716,4 <sup>a</sup>	3101,6 <sup>BC</sup>
CV(%) <sup>3</sup>	53,01	33,07	32,14	24,77	21,22
<b>Disponibilidade Matéria Seca kg/ha<sup>-1</sup></b>					
Mês	Arbóreo	<sup>1</sup> Mono Herb.	<sup>2</sup> Dico Herb.	<u>Serrapilheira</u>	Total
Janeiro	327,6 <sup>ABb</sup>	186,3 <sup>CDb</sup>	245,6 <sup>BCDb</sup>	1055,6 <sup>a</sup>	1815,2
Fevereiro	464,4 <sup>Ab</sup>	724,2 <sup>ABCab</sup>	535,4 <sup>Ab</sup>	1112,6 <sup>a</sup>	2836,7
Março	327,2 <sup>ABCb</sup>	481,3 <sup>ABCDb</sup>	296,5 <sup>BCb</sup>	1245,9 <sup>a</sup>	2215,1
Abril	466,6 <sup>Aab</sup>	978,94 <sup>Aa</sup>	373,9 <sup>ABb</sup>	1039,6 <sup>a</sup>	2859,1
Mai	258,54 <sup>ABCb</sup>	789,1 <sup>Aba</sup>	160,5 <sup>CDEb</sup>	1151,1 <sup>a</sup>	2359,3
Junho	170,0 <sup>ABCb</sup>	946,1 <sup>Aa</sup>	202,6 <sup>CDEb</sup>	1162,2 <sup>a</sup>	2481,0
Julho	52,00 <sup>BCb</sup>	389,8 <sup>BCDb</sup>	89,14 <sup>Eb</sup>	1864,5 <sup>a</sup>	2395,5
Agosto	44,52 <sup>BCb</sup>	247,1 <sup>CDb</sup>	105,0 <sup>EDb</sup>	1601,7 <sup>a</sup>	2048,4
Setembro	14,02 <sup>Cc</sup>	136,20 <sup>Db</sup>	44,31 <sup>Ec</sup>	1429,7 <sup>a</sup>	1949,8
Outubro	71,47 <sup>BCbc</sup>	317,2 <sup>BCDb</sup>	53,79 <sup>Ec</sup>	1338,4 <sup>a</sup>	1780,9
Novembro	77,75 <sup>BCc</sup>	465,5 <sup>ABCDb</sup>	78,06 <sup>Ec</sup>	1159,0 <sup>a</sup>	1738,4
Dezembro	201,12 <sup>ABCb</sup>	461,7 <sup>ABCDb</sup>	166,18 <sup>CDEb</sup>	1333,8 <sup>a</sup>	1837,4
CV (%) <sup>3</sup>	54,87	37,39	29,69	22,85	20,25

<sup>1</sup>Monocotiledônea Herbácea; <sup>2</sup>Dicotiledônea Herbácea; <sup>3</sup>Coefficiente de Variação

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

As dicotiledôneas herbáceas diminuíram a disponibilidade (245,6 a 44,31 MS/kg/ha, em janeiro e setembro, respectivamente, com redução de 81%), ocorrendo variações na mesma ao longo do ano, são plantas efêmeras, ou seja, são àquelas que conseguem aparecer e desaparecer rapidamente com a presença e ausência de chuvas. Santos (2007), avaliando a disponibilidade do estrato herbáceo em Sertânia/PE, obteve valores de 1022 a 401 MS/kg/ha, com redução de 60% da disponibilidade, durante o período de avaliação.

Podemos observar melhor o comportamento da disponibilidade por estratos em relação às precipitações na Figura 3.



**Figura 3.** Disponibilidade de fitomassa (kg MS/ha) e a participação (%) de biomassa por estrato em relação à precipitação pluvial no período de janeiro a dezembro de 2014 em área de Caatinga no Sertão Pernambucano.

Conforme, observa-se na figura 3, o estrato arbóreo foi diminuindo a sua disponibilidade à medida que avançava o período seco, nos meses de junho a setembro (170 a 14,02 MS/kg/ha), aumentando um pouco nos meses de novembro e dezembro, 77,75 e 201,12 MS/kg/ha (retorno das chuvas). As plantas pertencentes a esse estrato são caducifólias, ou seja, após a maturação das plantas as folhas caem, auxiliando também no aumento da quantidade de serrapilheira.

Santana et al. (2011) observaram, em estudo realizado em Serra Talhada/PE, que os valores da fitomassa dos componentes herbáceos e arbóreos variaram de 6454 a 3495 MS/kg/ha em março para 782 a 378 MS/kg/ha em julho de 2003.

O desenvolvimento das monocotiledôneas e dicotiledôneas herbáceas ocorreu, principalmente, em função da presença de chuvas, como pode ser observado claramente na figura 3. À medida que foi chovendo em um mês anterior, elas aumentavam as proporções no mês posterior. O que chama a atenção no componente herbáceo é a ausência quase completa de espécies perenes e a presença marcante de espécies efêmeras que completam seu ciclo fenológico nos primeiros 45 dias após o início das chuvas (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 1997).

As chuvas que ocorreram em maio influenciaram no desenvolvimento das monocotiledôneas herbáceas em junho (mês que ocorreram à diminuição das chuvas, 55,9 a 15 mm, maio e junho, nessa ordem), as plantas se desenvolveram e/ou se mantiveram. O capim mimoso (*Aristida adscensionis* L.) pode ser citado como exemplo de plantas que, mesmo como a variação pluviométrica, se manteve durante o ano todo, sendo bastante representativos na área amostrada. Já o capim barba de bode é exemplo de espécies que nos períodos em que o índice pluviométrico foi muito baixo ou zero, ele desapareceu, meses de julho a setembro.

Em relação a dicotiledôneas herbáceas, por exemplo, os meses de janeiro e fevereiro com 245,6 e 535,4 MS/kg/ha, onde os mesmos obtiveram índices de pluviosidade de 48,3 e 32,2 mm, respectivamente, explica como as plantas se desenvolveram mais ou um pouco mais nos meses com índices menores que os anteriores. No mês de setembro, onde o índice foi zero, houve também diminuição da disponibilidade, onde foi a mais baixa observada, com 44,31 MS/kg/ha.

Nas dicotiledôneas herbáceas foram observadas algumas espécies que só apareceram em determinados períodos do ano, como por exemplo o carrapicho de agulha, que estava presente na área somente no primeiro semestre (janeiro a junho), depois eles não foram mais encontrados. Porém, temos àquelas ao qual se mantiveram durante o ano todo, onde as frequências foram menores nos meses em que não teve chuvas, por exemplo feijão de rolinha, com frequência de 52%, no mês de setembro, sendo uma das mais baixas após o estabelecimento da mesma no período de chuvas, o que também deve ser levado em consideração, porque muitas vezes as plantas, após o seu estabelecimento, conseguiram se manter com altas frequências, devido a sua resiliência, não influenciando assim a sua presença na área amostrada.

A produção de serrapilheiras não sofreu influência ( $P < 0,05$ ) nos diferentes meses de coleta, demonstrando que a área consegue manter-se em equilíbrio durante o ano. A serrapilheira foliar desempenha importante papel na dinâmica desses ecossistemas, uma vez que ao ser decomposta torna-se uma grande fonte de nutrientes para as plantas, além de proteger o solo de ações erosivas (SHEER, 2008, PAULA et al. 2009, GIÁCOMO et al. 2012).

Na tabela 7 observa-se que os teores de MS, FDN e FDA diferiram estatisticamente ( $P < 0,05$ ) para os estratos arbóreos, monocotiledôneas e dicotiledôneas herbáceas e serrapilheira em todos os meses do ano. Porém, os teores de MS entre os

estratos houve diferença ( $P < 0,05$ ) para os meses de janeiro, maio, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro, enquanto que nos outros meses diferiram ( $P < 0,05$ ) apenas entre a serrapilheira, sendo que esta exerce inúmeras funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas, compreendendo a camada mais superficial do solo em ambientes florestais, composta por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos (COSTA et al., 2010).

Quando observamos o comportamento dos teores de MS dos estratos, todos eles sofreram influências da chuva. Sendo que nas plantas menores (monocotiledôneas e dicotiledôneas herbáceas) os seus teores são mais sensíveis aos efeitos da precipitação, diferentemente dos efeitos observados no estrato arbóreo, já que neste existe variações nas quantidades de folhas mais novas e maduras.

Os teores de FDN e o FDA são altamente influenciados pela maturidade das plantas. Segundo Mertens (1993), naturalmente com o avanço do período seco devido à formação de novas paredes celulares e espessamento das demais.

Formiga et al. (2011) observaram elevados valores de FDN e FDA apresentado pelas outras gramíneas podem estar relacionados com a aproximação da frutificação e senescência das plantas e também pela maior presença de gramíneas de baixo valor forrageiro como o capim panasco (*Aristida setifolia*) ao longo do experimento. Os teores de FDN e FDA para as monocotiledôneas herbáceas foram maiores que os demais estratos, podendo ser justificado, além dos fatores acima observados, pela presença do capim panasco (*Aristida adscensionis* L.), na área amostrada, durante o ano todo, não sendo observado no mês de dezembro. Como podemos observar, os teores de MS nesse estrato conseguiram manter-se até o mês de setembro (42,2%), mês ao qual não foi registrada precipitação, aumentando no mês outubro para 50,3% de MS. Após o retorno da precipitação em outubro, os teores de MS em novembro diminuíram para 35,9 e 30,8% de MS.

**Tabela 7.** Teor de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) em (g/kg) dos estratos encontrados na área de estudo, no período janeiro a dezembro de 2014 em área de Caatinga no Sertão Pernambucano

ESTRATO	PAR.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	CV (%) <sup>1</sup>
<b>Arbóreo</b>	<b>MS</b>	37,4 <sup>Eb</sup>	40,2 <sup>DCEa</sup>	44,1 <sup>BCa</sup>	37,6 <sup>DEa</sup>	42,9 <sup>BCb</sup>	37,8 <sup>DEb</sup>	44,3 <sup>BCb</sup>	47,3 <sup>Abc</sup>	42,2 <sup>DCd</sup>	50,3 <sup>Ac</sup>	35,9 <sup>Ed</sup>	30,8 <sup>Fd</sup>	4,10
<b>Mono. Herb.</b>		36,1 <sup>Eb</sup>	40,1 <sup>Ea</sup>	32,9 <sup>Ea</sup>	35,5 <sup>Ea</sup>	42,0 <sup>Ebc</sup>	42,6 <sup>Eb</sup>	55,6 <sup>Dab</sup>	69,9 <sup>ABb</sup>	75,6 <sup>Ab</sup>	64,8 <sup>BCDb</sup>	69,5 <sup>ABCb</sup>	58,8 <sup>CDb</sup>	7,03
<b>Dic. Herb.</b>		30,2 <sup>c</sup>	32,4 <sup>a</sup>	33,4 <sup>a</sup>	37,9 <sup>a</sup>	36,5 <sup>c</sup>	34,5 <sup>b</sup>	52,9 <sup>ab</sup>	45,8 <sup>d</sup>	43,2 <sup>c</sup>	43,4 <sup>d</sup>	37,9 <sup>c</sup>	33,1 <sup>c</sup>	5,80
<b>Serrapilheira</b>		85,4 <sup>Aa</sup>	78,4 <sup>ABb</sup>	79,5 <sup>ABb</sup>	69,3 <sup>Cb</sup>	80,9 <sup>Aba</sup>	76,0 <sup>BCa</sup>	76,2 <sup>BCa</sup>	82,3 <sup>Aba</sup>	80,1 <sup>Aba</sup>	80,6 <sup>BCa</sup>	76,4 <sup>BCa</sup>	77,7 <sup>Aba</sup>	3,43
<b>Arbóreo</b>	<b>MO</b>	90,0 <sup>a</sup>	92,4 <sup>a</sup>	91,7 <sup>a</sup>	90,9	89,9	91,2	94,3 <sup>a</sup>	92,5	94,4 <sup>a</sup>	93,5	93,9 <sup>a</sup>	85,7	4,14
<b>Mono. Herb.</b>		90,2 <sup>BCDa</sup>	87,1 <sup>Db</sup>	89,5 <sup>CDb</sup>	91,6 <sup>ABC</sup>	91,8 <sup>ABC</sup>	93,5 <sup>ABC</sup>	93,2 <sup>ABCa</sup>	94,4 <sup>A</sup>	94,3 <sup>Aba</sup>	94,9 <sup>A</sup>	94,2 <sup>Aba</sup>	92,7 <sup>ABC</sup>	1,52
<b>Dic. Herb.</b>		90,7 <sup>ABCDa</sup>	88,5 <sup>Db</sup>	89,3 <sup>Db</sup>	91,0 <sup>ABCD</sup>	89,8 <sup>CD</sup>	90,3 <sup>BCD</sup>	93,9 <sup>ABCa</sup>	94,8 <sup>AB</sup>	95,3 <sup>Aa</sup>	92,2 <sup>ABCD</sup>	93,6 <sup>ABCDab</sup>	93,7 <sup>ABCD</sup>	1,65
<b>Serrapilheira</b>		90,9 <sup>a</sup>	90,5 <sup>a</sup>	93,80 <sup>ab</sup>	88,1	91,9	92,7	87,6 <sup>b</sup>	90,9	90,3 <sup>b</sup>	86,6	90,0 <sup>b</sup>	88,3	3,23
<b>Arbóreo</b>	<b>PB</b>	18,1 <sup>Aba</sup>	15,2 <sup>BCDa</sup>	14,9 <sup>BCDa</sup>	14,5 <sup>CDEa</sup>	13,8 <sup>CDEFa</sup>	11,4 <sup>EFGHa</sup>	9,2 <sup>GHab</sup>	12,2 <sup>DEFGa</sup>	8,8 <sup>Hb</sup>	10,7 <sup>FGHb</sup>	15,8 <sup>BCa</sup>	19,3 <sup>Aa</sup>	8,27
<b>Mono. Herb.</b>		14,3 <sup>Aa</sup>	12,4 <sup>ABb</sup>	11,9 <sup>ABCab</sup>	9,7 <sup>BCDEb</sup>	9,7 <sup>BCDEb</sup>	8,5 <sup>CDEb</sup>	7,5 <sup>EDFb</sup>	5,7 <sup>Fb</sup>	5,9 <sup>EFc</sup>	6,5 <sup>EFdc</sup>	9,9 <sup>BCDb</sup>	9,2 <sup>BCDEc</sup>	13,86
<b>Dic. Herb.</b>		17,4 <sup>Aa</sup>	13,1 <sup>ABCDab</sup>	14,7 <sup>ABCb</sup>	14,3 <sup>ABCa</sup>	13,2 <sup>ABCa</sup>	11,0 <sup>BCDa</sup>	7,0 <sup>Db</sup>	10,0 <sup>DCa</sup>	10,2 <sup>DCa</sup>	16,1 <sup>Aba</sup>	15,2 <sup>ABCa</sup>	13,9 <sup>ABCDb</sup>	15,53
<b>Serrapilheira</b>		9,6 <sup>ABb</sup>	8,8 <sup>Abc</sup>	9,1 <sup>ABc</sup>	9,3 <sup>ABb</sup>	9,1 <sup>ABb</sup>	8,0 <sup>Bb</sup>	11,6 <sup>Aa</sup>	10,0 <sup>Aa</sup>	9,2 <sup>ABb</sup>	10,5 <sup>ABb</sup>	10,9 <sup>ABb</sup>	7,8 <sup>Bc</sup>	11,72
<b>Arbóreo</b>	<b>FDN</b>	50,6 <sup>BCDb</sup>	51,9 <sup>BCDb</sup>	53,4 <sup>Bb</sup>	43,1 <sup>CDb</sup>	45,3 <sup>BCDc</sup>	52,4 <sup>BCb</sup>	45,9 <sup>BCDb</sup>	46,5 <sup>BCDc</sup>	66,2 <sup>Ab</sup>	69,3 <sup>Ab</sup>	51,7 <sup>BCDb</sup>	42,5 <sup>Db</sup>	6,23
<b>Mono. Herb.</b>		69,9 <sup>Ba</sup>	70,3 <sup>Ba</sup>	69,4 <sup>Ba</sup>	76,1 <sup>Aba</sup>	75,2 <sup>Aba</sup>	78,4 <sup>Aa</sup>	77,5 <sup>Aa</sup>	79,6 <sup>Aa</sup>	79,6 <sup>Aa</sup>	78,8 <sup>Aa</sup>	71,6 <sup>Aba</sup>	75,0 <sup>Aba</sup>	3,14
<b>Dic. Herb.</b>		45,2 <sup>Cb</sup>	51,8 <sup>BCb</sup>	45,8 <sup>cb</sup>	51,6 <sup>BCb</sup>	55,0 <sup>ABCb</sup>	58,3 <sup>ABCb</sup>	65,3 <sup>Aba</sup>	67,3 <sup>Ab</sup>	70,8 <sup>Aab</sup>	56,3 <sup>ABCc</sup>	51,3 <sup>BCb</sup>	50,5 <sup>BCb</sup>	8,79
<b>Serrapilheira</b>		73,4 <sup>a</sup>	73,9 <sup>a</sup>	71,0 <sup>a</sup>	72,8 <sup>a</sup>	69,5 <sup>a</sup>	72,2 <sup>a</sup>	67,1 <sup>a</sup>	69,7 <sup>b</sup>	69,0 <sup>ab</sup>	63,2 <sup>cb</sup>	75,0 <sup>a</sup>	71,0 <sup>a</sup>	5,71
<b>Arbóreo</b>	<b>FDA</b>	44,5 <sup>BCbc</sup>	40,4 <sup>Cb</sup>	41,5 <sup>Cb</sup>	36,9 <sup>Cc</sup>	35,8 <sup>Cc</sup>	40,3 <sup>Cc</sup>	38,7 <sup>C</sup>	32,8 <sup>Cc</sup>	54,1 <sup>AB</sup>	60,1 <sup>Aa</sup>	38,1 <sup>Cb</sup>	40,5 <sup>Cc</sup>	11,09
<b>Mono. Herb.</b>		38,2 <sup>Dc</sup>	44,0 <sup>BCDb</sup>	43,2 <sup>CDb</sup>	47,2 <sup>ABCb</sup>	45,1 <sup>BCDb</sup>	48,1 <sup>ABCb</sup>	50,2 <sup>ABC</sup>	50,9 <sup>ABCb</sup>	55,0 <sup>A</sup>	54,0 <sup>Ab</sup>	51,5 <sup>ABab</sup>	47,9 <sup>ABCbc</sup>	5,58
<b>Dic. Herb.</b>		45,9 <sup>ABCb</sup>	45,7 <sup>ABCb</sup>	37,6 <sup>Cb</sup>	42,0 <sup>BCbc</sup>	43,3 <sup>BCb</sup>	45,6 <sup>ABCbc</sup>	47,9 <sup>ABC</sup>	49,8 <sup>ABb</sup>	51,9 <sup>AB</sup>	43,1 <sup>BCc</sup>	50,3 <sup>ABCab</sup>	54,2 <sup>Aab</sup>	8,26
<b>Serrapilheira</b>		65,1 <sup>Aa</sup>	62,6 <sup>Aa</sup>	62,1 <sup>Aa</sup>	63,5 <sup>Aa</sup>	60,4 <sup>Aba</sup>	60,6 <sup>Aba</sup>	47,3 <sup>B</sup>	61,3 <sup>Aba</sup>	64,6 <sup>A</sup>	61,8 <sup>Aa</sup>	53,9 <sup>Aba</sup>	56,8 <sup>Aba</sup>	7,89

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Coeficiente de Variação

Em relação aos teores de MO, não diferem entre os estratos arbóreos e serrapilheira, entre os meses e entre os estratos ( $P>0,05$ ). Já para os estratos monocotiledôneas e dicotiledôneas herbáceas houve diferença estatística ( $P<0,05$ ) apenas entre os meses, uma explicação para esse resultado é a contaminação por solo, quando nos períodos de chuva a mesma espalhava o solo nas plantas, já que estas são menor porte.

Nos teores de PB houve diferença estatística entre os meses e os estratos ( $P<0,05$ ), quando observados a influência estatística entre somente os estratos não houve diferenças apenas para os meses de janeiro e julho, entre as frações arbóreas, monocotiledôneas e dicotiledôneas herbáceas. De uma maneira geral nos estratos houve diminuição nos teores de PB, isso devido ao processo de amadurecimento das plantas. Santana et al. (2011) trabalhando com a caracterização da Caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco, em Serra Talhada, observou que os teores médios de PB decresceram conforme foi se encerrando o período das chuvas.

Van Soest (1994) considera que o mínimo de proteína necessária para não afetar a fermentação ruminal, desenvolvimento microbiano e a saúde do animal é de 7%, observamos que quase todos os estratos avaliados estavam acima do mínimo necessário, com exceção apenas para o estrato monocotiledônea, nos meses de agosto (5,7%), setembro (5,9%) e outubro (6,5%), épocas com os menores índices pluviométricos (11,6; 0 e 25,7 mm). Porém, mesmo em estratos em que o percentual de proteína bruta é maior que 7%, parte desta proteína está ligada a fibra e indisponível para o animal. O que pode levar os animais a uma severa carência de proteína em determinadas épocas do ano.

### **Conclusão**

A composição florística da Caatinga avaliada possui grande quantidade de espécies de plantas, com a presença de espécies importantes para fins pastoris. Apesar da presença de espécies indicadoras de degradação.

A disponibilidade da fitomassa e a composição bromatológica variam diretamente pela presença e ou ausência de chuvas, diminuindo ou aumentando a disponibilidade e a composição química de todos os estratos.

## Referências

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

ANDRADE, A. P. de.; SOUZA, E. S. de.; SILVA, D.S. da; et al. Produção Animal no 815 Bioma Caatinga: Paradigmas dos “pulsos - reservas”. In: REUNIÃO ANUAL DA816 SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2006, João Pessoa. **Anais...** João 817 Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, João Pessoa, 2006.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. Sobral, CE: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-CNPQ. Circular Técnica, 13), 19p., 1997.

ARAÚJO FILHO, J.A.; SILVA, N.L.; SOUSA, F.B.; et al. Pastagens no semi-árido: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais ...** Brasília: SBZ, p.63-75, 1995.

ARAÚJO FILHO, J.A.; MESQUITA, R.C.M.; LEITE, E.R. Avaliação de pastagens nativas. In: J.P. PUIGNAN (Ed.). **Utilización y manejo de pastizales**. Montivideo, **IICA**, p.61-70, 1994.

BESSA, M.A.P.; MEDEIROS, J.F.M. Levantamento florístico e fitossociológico em fragmentos de caatinga no município de taboleiro grande-RN. **GEO**. Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v 1, n. 2, p. 69-83, jul./dez., 2011.

BORGES, A. Q. **Estrutura e dinâmica dos estratos herbáceo e subarbustivo em áreas de caatinga e sua relação com os pulsos de precipitação**. Paraíba. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 88p., 2012.

CASSUCE, M. R. **Fitossociologia e Composição Bromatológica de Espécies Herbáceas e Subarbustivas em Áreas de Caatinga Sob Pastejo**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 87p., 2012.

COSTA, C.C.A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; et al. Análise comparativa da produção de serrapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açú - RN. **Revista Árvore**, n.34, v.2, p.259-265, 2010.

DUBEUX Jr., J.C.B.; MUIR, J.P.; SANTOS, M.V.F.; et al. Improving grassland productivity in the face of economic, social, and environmental challenges. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 280-290, 2011.

FORMIGA, L. D. A. S. ; PEREIRA FILHO, J. M. ; OLIVEIRA, N.S. ; et al. Valor nutritivo da vegetação herbácea de caatinga enriquecida e pastejada por ovinos e caprinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, p. 403-415, 2011.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G. & MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de Cerradão e Mata Mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga – MG. *Ciência Florestal*, 22(4): 669- 680, 2012.

GUIM, A.; MATOS, D. S.; SANTOS, G.R.A. Estratégias alimentares para caprinos e ovinos no semi-árido. *In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS DE CAPRINOS E OVINOS*, 2004, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, p. 73-102, 2004.

HAYDOCK, K.P., SHAW, N.H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Aust. J. Exp. Anim. Husb.**, v.15, n.76, p.663-670,1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA. 2010.** Disponível em:< <http://www.ibge.br/sidra>> Acesso em: 20 de dezembro de 2015.

JONES, R. M., HARGREAVES, J. N. G. Improvements to the dry-weight-rank method for measuring botanical composition. **Grass Forage Science**, Oxford, v. 34, n. 2, p. 181-189, 1979.

LEITE, E. R.; ARAUJO FILHO, J. A.; MESQUITA, R.C.M. Forage resources in Northeast Brazil: their value and management. *In: SHELTON, M.; FIGUEIREDO, E. A. P. (Ed.). Hair sheep production in tropical and sub-tropical regions: with reference to Northeast Brazil and the countries of Caribbean, Central America, and South America.* Davis Embrapa-CNPC: University of California: **Small Ruminant Collaborative Research**, Support Program, p. 59-78, 1990.

MANNETJE, L.T.; HAYDOCK, K.P. The dry-weight-rank method the botanical analysis of pasture. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v.18, p.268-275, 1963.

MEDEIROS, L.P.; GIRÃO, R.N.; GIRÃO, E.S; et al. **Caprinos: princípios básicos para a sua exploração.** EMBRAPA – CPAMN/SPI, Teresina. 1994.

MERTENS, D. R. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. *In: Jung, H. D., Buxton, D. R., Hatfield, R. D, Ralph, J. (Eds.) Forage cell wall structure and degradability*, ASA, CSSA, SSSA, Madison, pp. 535-570, 1993.

OLIVEIRA, F.O. **Caracterização da vegetação, desempenho e seletividade de ovino em Caatinga raleada sob lotação contínua, Serra Talhada-Pe.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2012, 102p. (Dissertação de Mestrado), 2012.

OLIVEIRA, D.G.; PRATA, A.P.; FERREIRA, R.A. Herbáceas da Caatinga: composição florística, fitossociologia e estratégias de sobrevivência em uma comunidade vegetal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.4, p.623-633, 2013.

PAULA, R.R.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, 19(2): 139-148, 2009.

PEREIRA JUNIOR, L.R.; ANDRADE, A.P.; ARAÚJO, K.D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de caatinga em Monteiro, PB. **Holos**, Vol 6, 2012.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; BARBOSA, M. R. V.; SAMPAIO, E. V. S. B. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no Agreste Paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo. v 16, n. 3, p. 241-369, 2002.

PETER, A.M.B. **Composição botânica e química da dieta de bovinos, caprinos e ovinos em pastejo associativo na Caatinga nativa do Semi-Árido de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 86p, 1992.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga**. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 24 p., 1992.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. A vegetação do bioma caatinga, pp. 11-24. In: SAMPAIO, E. V. S. B., GIULIETTI, A. M.; VIRGINIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Eds), **Vegetação e Flora de Caatinga**, Recife: APNE, 176 p., 2002.

SALMAN, A.K.D.; SOARES, J.P.G.; CANESIN, R.C. Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. **Circular Técnica**, 84. Porto Velho: Embrapa Rondônia, (Publicações Técnico-Científicas), 2006.

SANTANA, F. Y.S; LIRA A. M; SANTOS, M. V. F; et al. MELLO, A. C. L; SANTOS, D. C. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.69-78, 2011.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 232-242, 2006.

SANTOS, G.R.A. **Caracterização da vegetação e da dieta de ovinos em área de caatinga no sertão de Pernambuco**. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 130p., 2007.

SCHEER, M. B. Decomposição e Liberação de Nutrientes da Sera-pilheira Foliar em um Trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em Regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Floresta**, 38(2): 253-266, 2008.

SILA, V.M. da. **Composição botânica e protéica da pastagem e da dieta e desempenho de bovinos em caatinga nativa e manipulada**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 111p, 1988.

SILVA, L.S.; ALVES, A.R.; NUNES, A.K.A.; et al. Florística, estrutura e sucessão ecológica de um remanescente de mata ciliar na bacia do Rio Gurguéia-PI. **Nativa, Sinop**, v. 03, n. 03, p.156-164, jul./set. 2015.

SILVA, A.C.; SANTOS, A.R.; PAIVA, A.V. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. **Revista da Universidade de Alfenas**, 4: 11-18, 1998.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's guide**. Cary: SAS Institute, 525p., 2002.

TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C.; SANTOS, A.M.M. **Análise de representatividade das unidades de conservação de uso direto e indireto na Caatinga: análise preliminar**. 2000. In: SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. (Coord.) WORKSHOP Avaliação e identificação de ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma caatinga. 13p. Petrolina, 2000.

TORRES, J.F.; BRAGA A.P.; LIMA, G.F.C.; et al. Oliveira, S.E.O. Utilização do feno de flor-de-seda (*calotropis procera* ait. R. Br) na alimentação de ovinos. **Acta Veterinaria Brasilica** (UFERSA), v. 4, p. 42/1-50, 2010.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University Press, 476p, 1994.

VIRGENS FILHO, A.C.; MOREIRA, A.; CASTRO, P.R.C. Características físicas e químicas do látex e crescimento da seringueira em função da calagem e da adubação NPK em dois sistemas de exploração. **Ciência e Agrotecnologia**, 27: 1237-124, 2003.

YDOYAGA SANTANA, D.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.69-78, 2011.

### **Capítulo 3**

#### **Valor nutritivo da dieta de pequenos ruminantes pastejando na caatinga no sertão pernambucano**

## Resumo

Objetivou-se avaliar a composição química, a digestibilidade e o consumo de nutrientes de pequenos ruminantes na Caatinga. Foram utilizados cinco ovinos e seis caprinos, todos com fístula permanente no rúmen e peso médio de  $32,35 \pm 2,37$  e  $32,68 \pm 1,14$  kg, respectivamente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial  $12 \times 2$  (mês de coleta x espécie). A composição química das dietas se mostrou bastante constante, mas nos meses posteriores ao índice zero de pluviosidade, ocorreu aumento no teor de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Os teores de matéria orgânica e proteína bruta diminuíram até o mês de setembro, voltando a aumentar com o retorno das chuvas. O aumento do consumo de matéria seca (CMS) no período seco é provavelmente uma tentativa dos animais em compensar a exigência de manutenção. O CMS influenciou o consumo dos demais nutrientes em todos os meses, tendo estes comportamentos iguais ao CMS. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) dos ovinos foi significativamente ( $P < 0,05$ ) superior à dos caprinos, exceto para os meses de julho e outubro e para o mês de setembro, onde a DIVMS dos caprinos foi significativamente ( $P < 0,05$ ) maior. Os teores de proteína da dieta de ovinos e caprinos, pastejando na Caatinga são superiores aos mínimos, descritos para estas espécies, porém com grande parte deste nitrogênio ligado a fibra. O enchimento do trato gastrointestinal não é um limitador de consumo para pequenos ruminantes pastejando na Caatinga.

**Termos para indexação:** Caprinos, ovinos, pastagem nativa, semiárido

**Abstract:**

The objective was to evaluate the chemical composition and digestibility and consumption of small ruminants nutrients in the Caatinga. five sheep and six goats were used, all with permanent rumen fistula and average weight of 32,35 + 2,37 and 32,68 + 1,14 kg, respectively. The experimental design was completely randomized in a 12 × 2 factorial arrangement (sampling month x species). The chemical composition of the diets proved to be fairly constant, but in the months to zero rainfall index, there was an increase in the fiber content in neutral detergent and acid detergent fiber. The amounts of organic matter and crude protein decreased until the month of September increased again with the return of the rains. The increase in dry matter intake (DMI) in the dry season, is probably an attempt by the animal to compensate the requirement of maintenance. The CMS affect the intake of other nutrients in every month, and these same behavior CMS. The in vitro digestibility of dry matter (DM) and in vitro digestibility of organic matter (IVOMD) sheep was significantly ( $P < 0,05$ ) higher than that of goats, except for the months of July and October, and for the month of September where IVDDM goat was significantly ( $P < 0,05$ ) higher. protein content of the diet of sheep and goats grazing in the Caatinga are above the minimum, described for these species, however, with much of this nitrogen connected to fiber. The gastrointestinal tract filling is not a consumption limiter for small ruminant grazing in the Caatinga.

**Index terms:** goats, sheep, native pasture, semiarid

## **Introdução**

A exploração pecuária brasileira tem como base o uso de pastagens, que é a forma mais barata de alimentar os ruminantes, atribuindo ao produto animal, seja carne ou leite, competitividade perante o mercado. As pastagens constituem um dos principais sistemas produtivos do mundo, ocupando cerca de 70% das áreas agricultáveis (DUBEUX Jr et al., 2011). Sendo a área de pastagem no Brasil de, aproximadamente, 200 milhões de hectares (IBGE, 2010).

No semiárido brasileiro, o recurso forrageiro de maior expressão é a vegetação de Caatinga, a qual cobre cerca de 86,1% da sua área, 53% da área do Nordeste e 9,8% do Brasil (IBGE, 2012), sendo tradicionalmente utilizado como recurso forrageiro, quando não único recurso de alimentação dos rebanhos. Segundo Araújo Filho & Silva (2011) a definição de pastagem nativa pode ser enunciada como áreas geralmente impróprias para a agricultura intensiva, mas que são utilizadas para criação de rebanhos, produção de madeira, de água, de recreação, preservação ambiental e de outros bens e serviços demandados pela sociedade humana.

A pouca informação sobre a utilização deste bioma, especialmente como recurso forrageiro, causa grande preocupação aos produtores e pesquisadores da área, isso ainda é agravado devido as grandes variações na qualidade e quantidade das forrageiras desse bioma no decorrer do ano e entre os anos. Sendo o a restrição do consumo um dos principais fatores que limitam a produção animal.

Segundo Souza et al., (2013) apesar da caatinga apresentar boa disponibilidade de fitomassa no período chuvoso, parte significativa desse material não é utilizada na alimentação dos animais, pois pouco se conhece sobre seu valor nutritivo. A dificuldade de encontrar uma amostra representativa em um ambiente tão heterogêneo reduz o número de trabalhos sobre o valor nutritivo da vegetação da caatinga.

O valor nutritivo de plantas forrageiras varia com a composição química, a digestibilidade dos nutrientes e o consumo voluntário pelos animais (GAMA et al., 2009).

As estimativas da qualidade e do valor nutritivo da forragem consumida são importantes informações para prover melhor o relacionamento animal x pasto, através da identificação dos períodos de maior carência nutricional, em cada categoria animal de uma dada espécie (LEITE & STUTH, 1995).

Dessa forma, objetivou-se avaliar a composição química, a digestibilidade e o consumo de nutrientes de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga ao longo de um ano.

### Material e Métodos

A pesquisa foi realizada de janeiro a dezembro de 2014, na Estação Experimental de Sertânia, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, no município de Sertânia, Pernambuco (PE), na microrregião do Sertão do Moxotó a 600 m acima do nível do mar. As coordenadas geográficas são: latitude 08°04'25" sul e longitude 37°15'52" oeste.

A área de avaliação do experimento possuía 37 hectares de Caatinga, traçados em sete transectos. O ecossistema da região é o de caatinga, sendo que o clima local, segundo a classificação de Köppen, é o semiárido quente do tipo BSh. Durante todo o período da pesquisa o acumulado da chuva foi de 366mm (Figura 4).

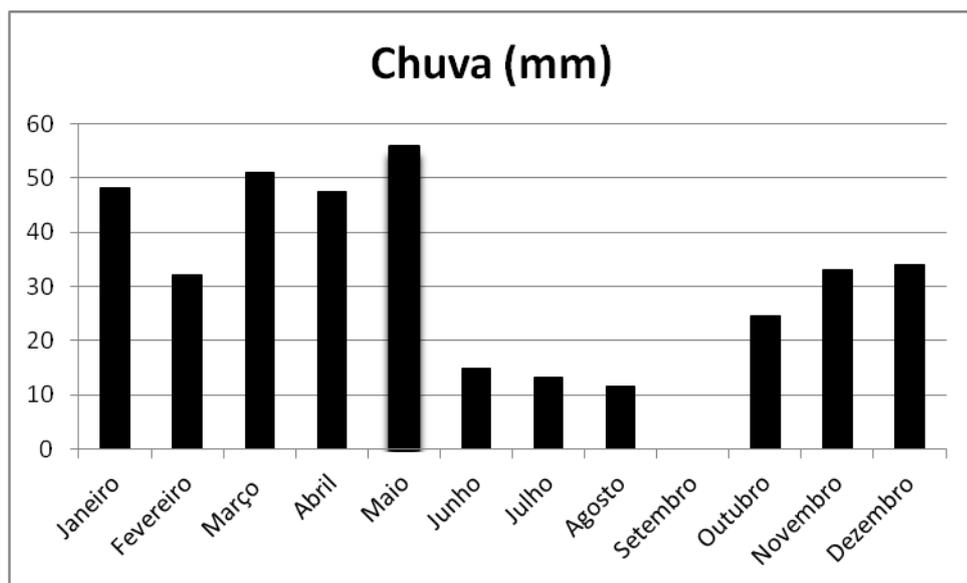


Figura 4. Índice pluviométrico do município de Sertânia-PE no ano de 2014

Para determinação do valor nutritivo da dieta selecionada pelos animais, foram utilizados cinco ovinos da raça Morada Nova e seis caprinos da raça Moxotó, todos com fístula permanente no rúmen e peso médio  $32,62 \pm 2,37$  e  $32,68 \pm 1,14$  kg, respectivamente. A alimentação dos animais durante todo o experimento foi apenas do pasto nativo, somado a suplementação mineral, específica para cada espécie, e água *ad libitum*. Diariamente, os animais eram liberados para o pasto às 7:00 horas e recolhidos às 17:00 horas, exceto nos dias de coleta.

As coletas foram realizadas mensalmente, durante cinco dias consecutivos, de janeiro a dezembro de 2014. A amostragem da dieta selecionada pelos animais foi feita utilizando a técnica de evacuação ruminal conforme descrito por Santos et al. (2008). Para tanto, os animais tinham seu rúmen evacuado de manhã (7:00h) e liberados para a área de pastagem, onde permaneciam por 40 minutos. Decorrido este tempo, a extrusa era recolhida direto do rúmen e separada em duas frações iguais, acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, e congeladas em freezers, com temperatura de -20°C, para análises posteriores. Dessa forma, foram realizadas cinco coletas de extrusa por mês, por animal, totalizando 660 amostras de extrusa, sendo 300 amostras de ovinos e 360 amostras de caprinos.

As coletas de fezes foram realizadas através da coleta total de fezes, através da utilização de bolsas coletoras acopladas aos animais. As fezes eram coletadas duas vezes ao dia (manhã e tarde), imediatamente antes dos animais serem liberados para o pasto, e quando os animais eram recolhidos para o aprisco. O peso total das fezes foi determinado através da soma desses dois pesos (manhã e tarde), as duas frações eram homogeneizadas por animal, sendo em seguida, retirada uma amostragem, e levadas para os freezers, para serem congeladas para posterior análise.

A pré-secagem das fezes e das extrusas foram realizadas no Instituto de Pesquisa Agropecuárias (IPA), Sertânia - PE, onde foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar 50°C até obter peso constante, em seguida, foram moídas em moinho de faca do tipo Wiley providas de peneira com poros de um e dois milímetros de diâmetro, respectivamente, para as fezes e extrusa, após a moagem foram armazenadas em recipientes plásticos, previamente identificados, para posteriores análises.

Os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM) (AOAC, 1990), Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), Proteína insolúvel e detergente neutro (PDIN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram determinados de acordo com o procedimento de Van Soest e da AOAC (VAN SOEST, et al. 1991; AOAC, 1990), no Laboratório de Nutrição Animal na Embrapa Caprinos e Ovinos.

O teor de nitrogênio total (N) foi determinado em sistema de combustão segundo método de Dumas, usando-se um autoanalisador de nitrogênio marca Leco FP-528 (Leco Corp.St. Joseph, MI, EUA). Para conversão dos valores de N, em proteína bruta (PB), foi utilizado o fator de correção 6,25.

Os teores de carboidratos totais ( $CT = 100 - (PB + EE + MM)$ ) foram estimados segundo Sniffen et al., (1992) e os teores de carboidratos não-fibrosos ( $CNF = 100 - (\%PB + (FDN - PIDN - CIDN) + \%EE + \%MM)$ ) foram obtidos como sugerido por Hall (2001).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada nas extrusas seguindo metodologia de Van Soest et al (1966) adaptado por Van Soest (1982). Foi utilizado fermentador ruminal DAISY II e encubados em sacos F57 da Ankom. O líquido ruminal necessário para a avaliação foi coletado de animais pastejando em área de Caatinga para que a população de bactérias fosse adaptada à digestão da amostra. Os animais recebiam manejo idêntico ao dos animais experimentais, tendo como única alimentação o pasto de Caatinga, mais sal mineral e água *ad libitum*. Após o período de incubação de 48 horas, os jarros foram retirados da incubadora artificial, abertos e os saquinhos contendo os resíduos da digestão foram lavados em água corrente e, em seguida, colocados em estufa a 55°C durante 72 horas, resfriados em dessecador e pesados. Posteriormente, os sacos foram incinerados em mufla a 660° C para obtenção da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO). A segunda fase da técnica foi realizada em autoclave conforme Van Soest (1994).

O consumo de matéria seca (CMS) foi obtido pela razão entre a produção fecal obtida por coleta total das fezes, durante as 24 horas do dia, durante cinco dias de coleta e calculado usando o inverso da digestibilidade, conforme a equação: Consumo (kg/dia de MS) = Produção fecal / (1-Digestibilidade) (Prigge et al., 1981). A partir do CMS foram calculados os demais consumos de MO, MM, FDN e FDA, multiplicando a quantidade de matéria seca consumida pelo percentual de cada um dos nutrientes da extrusa.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em um arranjo fatorial  $12 \times 2$  (mês de coleta x espécie). As médias entre os meses de coleta e as espécies foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para determinar o coeficiente de correlação entre as variáveis estudadas nesta pesquisa, foi utilizada a correlação de Pearson, segundo procedimento CORR do programa SAS (SAS,2002).

## **Resultados e discussão**

Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as espécies para os valores de matéria seca (MS), principalmente quando se trata dos primeiros meses de coleta e nos meses de outubro e novembro, quando ocorre maior concentração pluviométrica, desta forma contribuindo para o aumento da umidade do pasto e rebrota das plantas, consequentemente, a disponibilidade de material mais jovem (Tabela 8).

Quando se compara MS da dieta, entre espécies no mesmo mês de coleta, há diferença ( $P > 0,05$ ) apenas para os meses de janeiro, fevereiro e março, voltando a apresentar diferença ( $P > 0,05$ ) em setembro e novembro, os primeiros meses, assim como o mês de novembro, são os meses com maior concentração de chuvas e disponibilidade de gramíneas e dicotiledôneas herbáceas. Já o mês de setembro não foi registrado chuvas, o que ocasionou no aumento na quantidade de MS da dieta, principalmente dos ovinos, maiores dependentes do estrato herbáceo. Segundo Silva Sobrinho (2001) a preferência alimentar de bovinos e ovinos lanados é por gramíneas, dos ovinos deslanados por plantas herbáceas e dos caprinos por arbustos.

A composição de matéria orgânica (MO) da dieta dos caprinos não variou significativamente ( $P > 0,05$ ) dos meses de janeiro a setembro, diminuindo significativamente ( $P < 0,05$ ) nos meses de outubro a dezembro, pode ser explicado pela renovação da pastagem, devido à ocorrência de chuvas no mês de outubro, associado à senescência do estrato arbóreo que pode ter forçado esses animais a consumirem mais forragens próxima ao solo. O que pode explicar a menor quantidade de MO (g/kg) na dieta dos caprinos pela maior concentração de MM na pastagem nesses períodos.

A diferença ( $P < 0,05$ ) entre as espécies (caprinos e ovinos), na composição da dieta em MO, ocorreram nos meses de Março, Agosto, Setembro e Outubro. O mês de março, apesar de não haver diferença ( $P > 0,05$ ) em comparação aos outros meses, foi a maior média numérica de composição da MO da dieta dos caprinos, o que pode ter causado a diferença significativa ( $P < 0,05$ ) quando comparado aos ovinos. Nos meses de seca (agosto, setembro e outubro), às diferenças podem ser explicadas pelo hábito alimentar das espécies. A menor quantidade MO na dieta de ovinos pode estar relacionada ao hábito dos ovinos de consumir a forragem rente ao solo (NIETO et al., 2003).

**Tabela 8.** Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DMO), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e energia da dieta, em função dos meses, de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga do sertão Pernambucano.

	MS (g/kg)		MO (g/kg)		PB (g/kg)		DIVMS (g/kg)		DIVMO (g/kg)	
	Caprino	Ovino	Caprino	Ovinos	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino
Janeiro	191,0 <sup>aA</sup>	161,0 <sup>bCD</sup>	884,0 <sup>A</sup>	876,0 <sup>C</sup>	189,0 <sup>B</sup>	195,0 <sup>B</sup>	559,0 <sup>bA</sup>	610,8 <sup>aABC</sup>	669,5 <sup>bA</sup>	733,1 <sup>aABC</sup>
Fevereiro	155,0 <sup>aCD</sup>	136,0 <sup>bEF</sup>	876,0 <sup>AB</sup>	874,0 <sup>C</sup>	180,9 <sup>B</sup>	186,2 <sup>B</sup>	567,6 <sup>bA</sup>	662,4 <sup>aA</sup>	673,5 <sup>bA</sup>	779,0 <sup>aA</sup>
Março	146,0 <sup>CD</sup>	139,0 <sup>DEF</sup>	889,0 <sup>aA</sup>	874,0 <sup>bC</sup>	166,2 <sup>bBCD</sup>	185,4 <sup>aB</sup>	549,8 <sup>bA</sup>	629,6 <sup>aAB</sup>	658,8 <sup>bA</sup>	747,7 <sup>aAB</sup>
Abril	147,0 <sup>aCD</sup>	122,0 <sup>bF</sup>	881,0 <sup>AB</sup>	879,0 <sup>BC</sup>	143,7 <sup>ED</sup>	136,9 <sup>D</sup>	545,0 <sup>bA</sup>	578,8 <sup>aCD</sup>	656,2 <sup>bA</sup>	693,3 <sup>aCD</sup>
Maió	141,0 <sup>D</sup>	139,0 <sup>DEF</sup>	882,0 <sup>A</sup>	885,0 <sup>C</sup>	163,6 <sup>BCD</sup>	162,0 <sup>C</sup>	538,5 <sup>bAB</sup>	600,7 <sup>aBCD</sup>	641,3 <sup>bAB</sup>	714,6 <sup>aBCD</sup>
Junho	169,0 <sup>ABC</sup>	167,0 <sup>BC</sup>	888,0 <sup>A</sup>	892,0 <sup>AB</sup>	154,5 <sup>aCDE</sup>	141,6 <sup>bD</sup>	502,0 <sup>bBC</sup>	553,3 <sup>aED</sup>	610,8 <sup>bBC</sup>	669,0 <sup>aDE</sup>
Julho	193,0 <sup>A</sup>	187,0 <sup>AB</sup>	884,0 <sup>bA</sup>	898,0 <sup>aA</sup>	140,2 <sup>aDE</sup>	129,9 <sup>bD</sup>	485,3 <sup>CD</sup>	500,1 <sup>FG</sup>	583,8 <sup>C</sup>	613,0 <sup>GF</sup>
Agosto	171,0 <sup>ABC</sup>	166,0 <sup>BC</sup>	882,0 <sup>aA</sup>	884,0 <sup>bABC</sup>	131,8 <sup>EF</sup>	136,8 <sup>D</sup>	476,0 <sup>bCDE</sup>	526,4 <sup>aEF</sup>	571,6 <sup>bDC</sup>	631,4 <sup>aEF</sup>
Setembro	184,0 <sup>bAB</sup>	206,0 <sup>aA</sup>	876,0 <sup>bA</sup>	899,0 <sup>aA</sup>	112,1 <sup>F</sup>	102,5 <sup>E</sup>	463,8 <sup>aCDE</sup>	424,5 <sup>bH</sup>	553,9 <sup>DE</sup>	534,3 <sup>H</sup>
Outubro	141,0 <sup>D</sup>	152,0 <sup>CDE</sup>	861,0 <sup>bBC</sup>	876,0 <sup>aC</sup>	181,3 <sup>B</sup>	164,3 <sup>C</sup>	449,7 <sup>DE</sup>	457,9 <sup>H</sup>	558,8 <sup>DE</sup>	564,8 <sup>GH</sup>
Novembro	159,0 <sup>aBCD</sup>	148,0 <sup>bCDE</sup>	870,0 <sup>BC</sup>	872,0 <sup>C</sup>	180,3 <sup>BC</sup>	193,2 <sup>B</sup>	438,1 <sup>bE</sup>	472,4 <sup>GH</sup>	529,1 <sup>bE</sup>	581,0 <sup>aGFH</sup>
Dezembro	151,0 <sup>CD</sup>	137,0 <sup>DEF</sup>	852,0 <sup>C</sup>	845,0 <sup>D</sup>	226,2 <sup>A</sup>	222,3 <sup>A</sup>	477,4 <sup>bCDE</sup>	506,7 <sup>aEFG</sup>	581,5 <sup>bDC</sup>	627,4 <sup>aEF</sup>
CV (%)	8,09	7,18	1,20	0,78	8,06	5,16	4,20	4,24	3,50	3,58

Médias seguidas por letras distintas na linha dentro da coluna diferem ( $P>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem ( $P>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey.

Os valores ficaram próximos ao intervalo encontrado por Santos et al. (2009), que avaliaram a dieta de ovinos pastejando na Caatinga no município de Sertânia-PE, observaram variações de 11,99 a 25,28% de MS, 85,55 a 89,07% MO e 10,92 a 14,44%. Fomiga et al. (2011) encontraram uma concentração de MO na dieta de 89,89 e 93,57%, para ovinos e caprinos, respectivamente, avaliando o valor nutritivo da vegetação herbácea de Caatinga enriquecida e pastejada por ovinos e caprinos na Paraíba, encontrando teores de MO da dietas de ovinos com menores valores percentuais.

O teor de proteína bruta (PB) da dieta de caprinos e ovinos é influenciado diretamente pela precipitação e pela maturidade do pasto, reduzindo suas médias desde janeiro até o mês de setembro, mês que não foi registrado nenhuma precipitação, voltando a subir no mês de outubro com o retorno das chuvas, tendo a maior média no mês de dezembro para ambas as espécies.

Quando comparada a diferença no teor de PB da dieta entre as espécies no mesmo mês de coleta, pode-se observar diferença ( $P>0,05$ ) apenas para o mês de março, junho e julho. Nos meses de junho e julho ocorre severa redução nos índices pluviométricos, nos teores de PB dos estratos arbustivo-arbóreo e dicotiledôneas herbáceas, além de serem os meses que ocorre o efeito sobre as plantas caducifólias, onde o estrato arbustivo arbóreo perde suas folhas, sendo isso observado pelo aumento da proporção de serrapilheira na produção de MS total de fitomassa. O menor teor de PB ( $P>0,05$ ) da dieta dos caprinos pode ter sido causado pela redução ( $P>0,05$ ) no teor de PB e disponibilidade de fitomassa do estrato arbustivo-arbóreo, causando maior consumo de serrapilheira (folhas senescentes).

Formiga et al. (2011) encontraram valores de PB da dieta de 10,39% para os caprinos e Santos et al (2009) encontraram valores que variaram de 10,64 a 17,19% de proteína bruta na dieta de ovinos Santa Inês. Valores próximos às variações encontradas nesta pesquisa.

Vasconcelos et al. (1996) observaram decréscimo no teor de proteína bruta do pasto durante a transição da estação chuvosa para a seca. Além disso, em caso de ambientes ainda mais pobre em nutrientes, como era o pasto descrito por Formiga et al.(2011), os caprinos ainda conseguem suprir as exigências mínimas proposta por Van Soest (1994) de 7% de proteína e, em caso extremo, ainda podem lançar mão do mecanismo de reciclagem de nitrogênio, mantendo um balanço proteico positivo

durante todo o ano. No Sertão Pernambucano tanto a dieta de caprinos com a de ovinos, foram superiores as exigências mínimas propostas por Van Soest (1994).

Segundo Santos et al. (2009), embora a dieta possua alto percentual de proteína bruta, parte dessa proteína está indisponível para o animal por estar ligada à fibra em detergente ácido. A reciclagem do nitrogênio pode ser uma importante fonte deste nutriente, quando o animal está submetido aos recursos forrageiros da Caatinga, pois aproximadamente 70% do nitrogênio consumido, pode ser reciclado e conservado pelo ciclo rumino-hepático, isso quando o nível de nitrogênio dietético é baixo (50gPB/kg MS) (SALES et al. (2010).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e matéria orgânica (DVIMO) da dieta da espécie ovina foi significativamente ( $P<0,05$ ) superior à da espécie caprina, exceto para os meses de julho e outubro e para o mês de setembro, onde a DIVMS dos caprinos foi significativamente ( $P<0,05$ ) maior.

Quando comparado dentro da mesma espécie, a DIVMS e a DVIMO dos caprinos se manteve de janeiro a maio, havendo queda a partir do mês de junho, mês que houve diminuição nos índices pluviométricos, caracterizando o início de um período de transição, entre o período chuvoso e o período seco. A DIVMS e DVIMO permaneceram em teores baixos até retornar a aumentar no mês de dezembro, sendo este caracterizado como outro período de transição, o da seca para chuva.

O comportamento da DIVMS e da DVIMO dos ovinos foi parecido, porém os ovinos sofreram maiores influências durante os meses do ano, caindo até o mês de setembro (índice zero de pluviosidade), que teve a menor média de DIVMS (424,5 g/kg) e DVIMO (534,3 g/kg). Diferente da DIVMS dos caprinos, a DIVMS dos ovinos teve resposta imediata ao retorno da chuva aumentando já a partir do mês de outubro.

Pfister e Malechek (1986) encontraram maiores digestibilidade *in vitro* da MO para ovinos em relação a caprinos nos períodos chuvosos, os valores encontrados pelos autores variaram de 40,9 a 68,5% em ovinos e 44,4 a 63,1% em caprinos. Formiga et al. (2011) encontraram valores de 64,34 e 62,74% para DVIMO de ovinos e caprinos, respectivamente. Ambos os valores próximos aos encontrados nesta pesquisa.

Segundo Santos et al.(2009), as forrageiras presentes nos estratos arbustivo-arbóreo apresentam coeficiente de digestibilidade inferiores aos encontrados para gramíneas e herbáceas, provavelmente devido as concentrações de lignina e compostos secundários encontrados nessas forrageiras. Essa afirmação pode explicar as menores

médias de DIVMS e DIVMO da dieta dos caprinos quando comparado aos ovinos, principalmente nos meses chuvosos com maior disponibilidade de fitomassa pastejável nos estratos arbustivo-arbóreo e herbáceo

Na tabela 9 estão descritos os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, proteína insolúvel em detergente neutro (PDIN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT). A composição em FDN e FDA da dieta dos caprinos nos diferentes meses de coleta variaram significativamente ( $P < 0,05$ ) após o mês de setembro, que não houve registro de pluviosidade. Resultado bastante parecido ao dos ovinos. O mês de junho foi a exceção, onde ocorreu uma redução significativa na quantidade de FDN da dieta dos ovinos, provavelmente por uma maior proporção de serrapilheira na dieta, pois foram nos meses de junho e julho que ocorreu a senescência do estrato arbustivo-arbóreo.

A quantidade de FDA (g/kg) na dieta de caprinos e ovinos praticamente não variou durante o ano. A maior ( $P < 0,05$ ) quantidade de FDA (g/kg) nas dietas dos caprinos foi no mês de novembro, mês no qual a espécie teve a menor digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS).

Para a espécie ovina, a dieta não mudou significativamente ( $P < 0,05$ ) durante o ano, a maior concentração de FDA (g/kg) foi no mês de outubro e foi o único mês em que a quantidade em g/kg da dieta dos ovinos foi significativamente ( $P < 0,05$ ) superior à dos caprinos, não variando ( $P > 0,05$ ) nos demais meses. Outubro é o mês subsequente ao mês de índice zero de pluviosidade, o que enfatiza o efeito sobre a maturação da pastagem, principalmente nos estratos herbáceo e gramíneas, influenciando os teores de FDA da dieta dos ovinos.

A DIVMS dos ovinos apresentou uma das menores médias no mês de outubro (457,9 g/kg), sem diferença ( $P > 0,05$ ) para setembro (424,5 g/kg), menor média de DIVMS encontrada para os ovinos.

**Tabela 9.** Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDIN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT) da dieta, em função dos meses, de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga do sertão Pernambucano

	FDN (g/kg)		FDA (g/kg)		Lignina (g/kg)		PIDIN (g/kg)		PIDA (g/kg)		CNF (g/kg)		CHOT (g/kg)	
	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino
Janeiro	566,2 <sup>C</sup>	558,3 <sup>D</sup>	429,0 <sup>B</sup>	450,0	160,0 <sup>B</sup>	173,2 <sup>CDE</sup>	558,0 <sup>C</sup>	564,8 <sup>D</sup>	405,9	440,8 <sup>ABC</sup>	227,8 <sup>A</sup>	233,6 <sup>AB</sup>	674,7 <sup>BCDE</sup>	650,5 <sup>EF</sup>
Fevereiro	588,1 <sup>ABC</sup>	578,2 <sup>D</sup>	451,0 <sup>AB</sup>	457,6	158,4 <sup>B</sup>	165,2 <sup>CDE</sup>	588,2 <sup>ABC</sup>	577,6 <sup>D</sup>	450,8	457,5 <sup>ABC</sup>	148,1 <sup>CDE</sup>	218,2 <sup>AB</sup>	662,5 <sup>CDE</sup>	640,7 <sup>F</sup>
Março	585,3 <sup>ABC</sup>	570,5 <sup>D</sup>	467,6 <sup>AB</sup>	448,3	178,2 <sup>aAB</sup>	157,0 <sup>bDE</sup>	584,5 <sup>ABC</sup>	569,7 <sup>D</sup>	374,3 <sup>b</sup>	439,3 <sup>aBCD</sup>	209,8 <sup>ABC</sup>	224,4 <sup>AB</sup>	693,2 <sup>aABC</sup>	662,2 <sup>bEF</sup>
Abril	602,3 <sup>ABC</sup>	584,4 <sup>CD</sup>	449,5 <sup>AB</sup>	482,2	180,1 <sup>AB</sup>	178,8 <sup>ABCDE</sup>	602,7 <sup>ABC</sup>	583,8 <sup>DC</sup>	482,2	530,7 <sup>A</sup>	187,8 <sup>bABCD</sup>	245,6 <sup>aA</sup>	687,8 <sup>ABCD</sup>	706,4 <sup>CD</sup>
Mai	628,1 <sup>AB</sup>	623,0 <sup>ABC</sup>	466,3 <sup>AB</sup>	467,1	178,4 <sup>aAB</sup>	146,4 <sup>bE</sup>	627,6 <sup>AB</sup>	623,1 <sup>ABC</sup>	356,3 <sup>a</sup>	292,1 <sup>bD</sup>	161,9 <sup>BCDE</sup>	173,3 <sup>BC</sup>	682,8 <sup>ABCDE</sup>	683,2 <sup>ED</sup>
Junho	572,0 <sup>BC</sup>	573,6 <sup>D</sup>	457,2 <sup>AB</sup>	470,0	179,1 <sup>AB</sup>	174,7 <sup>BCDE</sup>	571,7 <sup>BC</sup>	572,9 <sup>D</sup>	370,9	384,0 <sup>BCD</sup>	213,0 <sup>ABC</sup>	259,5 <sup>A</sup>	702,0 <sup>bABC</sup>	726,2 <sup>aBC</sup>
Julho	568,4 <sup>BC</sup>	588,7 <sup>BCD</sup>	432,1 <sup>AB</sup>	446,8	188,6 <sup>aAB</sup>	150,4 <sup>bDE</sup>	568,3 <sup>C</sup>	588,1 <sup>BCD</sup>	400,3	365,3 <sup>DC</sup>	237,0 <sup>A</sup>	233,5 <sup>AB</sup>	718,8 <sup>bAB</sup>	743,4 <sup>aAB</sup>
Agosto	587,0 <sup>ABC</sup>	587,1 <sup>BCD</sup>	469,0 <sup>AB</sup>	461,7	205,5 <sup>A</sup>	202,5 <sup>ABC</sup>	586,3 <sup>ABC</sup>	586,9 <sup>BCD</sup>	416,7	436,8 <sup>ABC</sup>	214,9 <sup>AB</sup>	214,7 <sup>AB</sup>	713,7 <sup>AB</sup>	709,7 <sup>BCD</sup>
Setembro	586,5 <sup>C</sup>	608,0 <sup>ABCD</sup>	462,7 <sup>AB</sup>	471,2	184,2 <sup>AB</sup>	188,7 <sup>ABCD</sup>	586,3 <sup>ABC</sup>	608,2 <sup>ABCD</sup>	438,9	439,4 <sup>ABC</sup>	220,9 <sup>AB</sup>	230,4 <sup>AB</sup>	725,1 <sup>bA</sup>	762,7 <sup>aA</sup>
Outubro	627,2 <sup>AB</sup>	631,0 <sup>AB</sup>	455,0 <sup>bAB</sup>	492,2 <sup>a</sup>	197,1 <sup>AB</sup>	212,8 <sup>AB</sup>	626,9 <sup>AB</sup>	631,3 <sup>AB</sup>	404,8 <sup>b</sup>	469,2 <sup>aABC</sup>	155,6 <sup>BCDE</sup>	173,8 <sup>BC</sup>	646,9 <sup>aDE</sup>	679,4 <sup>aED</sup>
Novembro	638,0 <sup>A</sup>	628,2 <sup>ABC</sup>	473,4 <sup>A</sup>	461,1	203,6 <sup>A</sup>	216,5 <sup>A</sup>	637,4 <sup>A</sup>	628,2 <sup>ABC</sup>	390,7 <sup>b</sup>	478,2 <sup>aAB</sup>	129,5 <sup>DE</sup>	144,8 <sup>C</sup>	641,5 <sup>E</sup>	632,7 <sup>F</sup>
Dezembro	640,1 <sup>A</sup>	652,1 <sup>A</sup>	452,1 <sup>AB</sup>	474,6	199,6 <sup>AB</sup>	200,3 <sup>ABC</sup>	639,5 <sup>A</sup>	651,9 <sup>A</sup>	359,1	429,6 <sup>ABC</sup>	111,6 <sup>E</sup>	113,6 <sup>C</sup>	587,8 <sup>F</sup>	573,9 <sup>G</sup>
CV (%)	4,85	3,41	4,90	4,82	11,50	10,07	4,86	3,42	15,79	11,29	18,05	14,45	3,37	2,40

Médias seguidas por letras distintas na linha dentro da coluna diferem ( $P>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem ( $P>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey.

Devido à grande seletividade no pastejo, os caprinos ingerem, preferencialmente, as partes mais novas e tenras das plantas e, conseqüentemente, mais nutritivas (MALACHEK & LEINWEBER, 1972). Esse hábito reveste-se de grande importância na sua fisiologia digestiva, minimizando os efeitos negativos da baixa qualidade das forrageiras durante o período seco do ano (LEEK, 1983).

No mês de setembro não teve ocorrência de chuvas, o que pode ter aumentado a concentração de FDA das plantas, especialmente as de ciclo curto como gramíneas e dicotiledôneas herbáceas, que são relatadas como maior preferência na dietas de ovinos. Este fato ocorre em conseqüência da maturidade das plantas, pois a fibra em detergente ácido é constituída, principalmente, de lignina e celulose, que tem suas concentrações aumentadas com o avanço do ciclo (MÜLLER et al., 2006).

A composição química da caatinga em FDN e FDA variou de 566 e 558 (g/kg) em janeiro, a 63,97 e 652 (g/kg) no mês de dezembro para caprinos e ovinos, respectivamente. Formiga et al. (2011), trabalhando em Caatinga enriquecida com capim Buffel (*Cenchrus ciliaris L.*), verificou concentrações de FDN e FDA na dieta dos ovinos de 87,83 e 78,81% e para caprinos foi de 77,77 e 71,64%, respectivamente. Os valores encontrados nessa pesquisa foram inferiores, provavelmente devido a maior variabilidade de plantas dicotiledôneas na dieta e próximos a 54,83 a 63,14% e 39,40 a 46,62%, variações encontradas por Santos et al (2009), trabalhando na mesma área experimental de setembro de 2004 a julho de 2005.

Pfister & Malechek (1986) encontraram valores de FDN que variaram de 34,2 a 50%, e não encontraram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) desses componentes na composição química da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga, em Sobral-CE.

Os teores de lignina e PDIN da dieta de caprinos e ovinos apresentaram diferenças ( $P > 0,05$ ) em função dos meses de coleta. Os valores de PIDA da dieta dos caprinos não foram influenciados ( $P < 0,05$ ) em função dos meses de coleta, o que mostra a capacidade seletiva destes animais.

Quando comparado entre espécies dentro do mês de coleta a lignina e de PIDA das dietas variaram ( $P < 0,05$ ) para os meses de março e maio, a lignina ainda variou no mês de julho, sendo os meses de março e maio, os de maiores precipitações pluviárias, o que favorece o desenvolvimento dos estratos herbáceo e gramíneas, já o mês de julho foi o período de maior maturação do estrato arbustivo-arbóreo (senescência),

aumentando o teor de lignina da dieta dos caprinos. E os teores de PIDA voltaram a ter diferença significativa ( $P>0,05$ ) nos meses de outubro e novembro, meses que voltaram a registrar índices pluviométricos.

Pfister & Malechek (1986) ainda avaliaram os teores de lignina da dieta e identificaram que os ovinos selecionaram menor concentração de lignina na dieta que os caprinos, especialmente na estação chuvosa. As plantas arbustivas arbóreas, que são mais frequentemente pastejadas por caprinos, possuem maiores concentrações de lignina que as plantas herbáceas (WILSON, 1969; SHORT et al., 1974).

A composição química da dieta dos ruminantes na Caatinga sofre constante variação, em função das variações ocorridas ao longo do ano na precipitação pluviométrica, composição botânica da pastagem e tipo de Caatinga que está sendo avaliada (PIMENTEL et al., 1992; LEITE et al., 1995).

A influência das chuvas sobre a composição da dieta de ovinos e caprinos é bastante discutida, na figura 5 temos a variação da composição da dieta de caprinos e ovinos pastejando na Caatinga em função da pluviosidade. A composição química das dietas de caprinos e ovinos se mostrou bastante constante durante todo o ano de 2014. Porém, nos meses posteriores ao índice zero de pluviosidade, ocorreu aumento nos teores de FDN e FDA e redução nos teores de MO, PB e DIVMO, tanto em caprinos como em ovinos. O processo de maturação, que é acompanhado pela redução do valor nutritivo, pode ser acelerado pela luminosidade, temperatura e umidade (VAN SOEST, 1994).

Quanto à similaridade entre as dietas de caprinos e ovinos, Araújo Filho et al. (1996) observaram que em termos de grupos de espécies vegetais, as maiores similaridades ocorreram na estação seca, isto é, 95,8% para plantas lenhosas e 93,4% para gramíneas, enquanto para dicotiledôneas herbáceas ocorreu no período de transição, estação úmida-seca/seca-úmida, que foi de 75,9%. Isso levou os autores a afirmarem que caprinos e ovinos apresentam elevado grau de aproveitamento da Caatinga, enquadrando-se como selecionadores intermediários de elevada flexibilidade alimentar em função da época do ano.

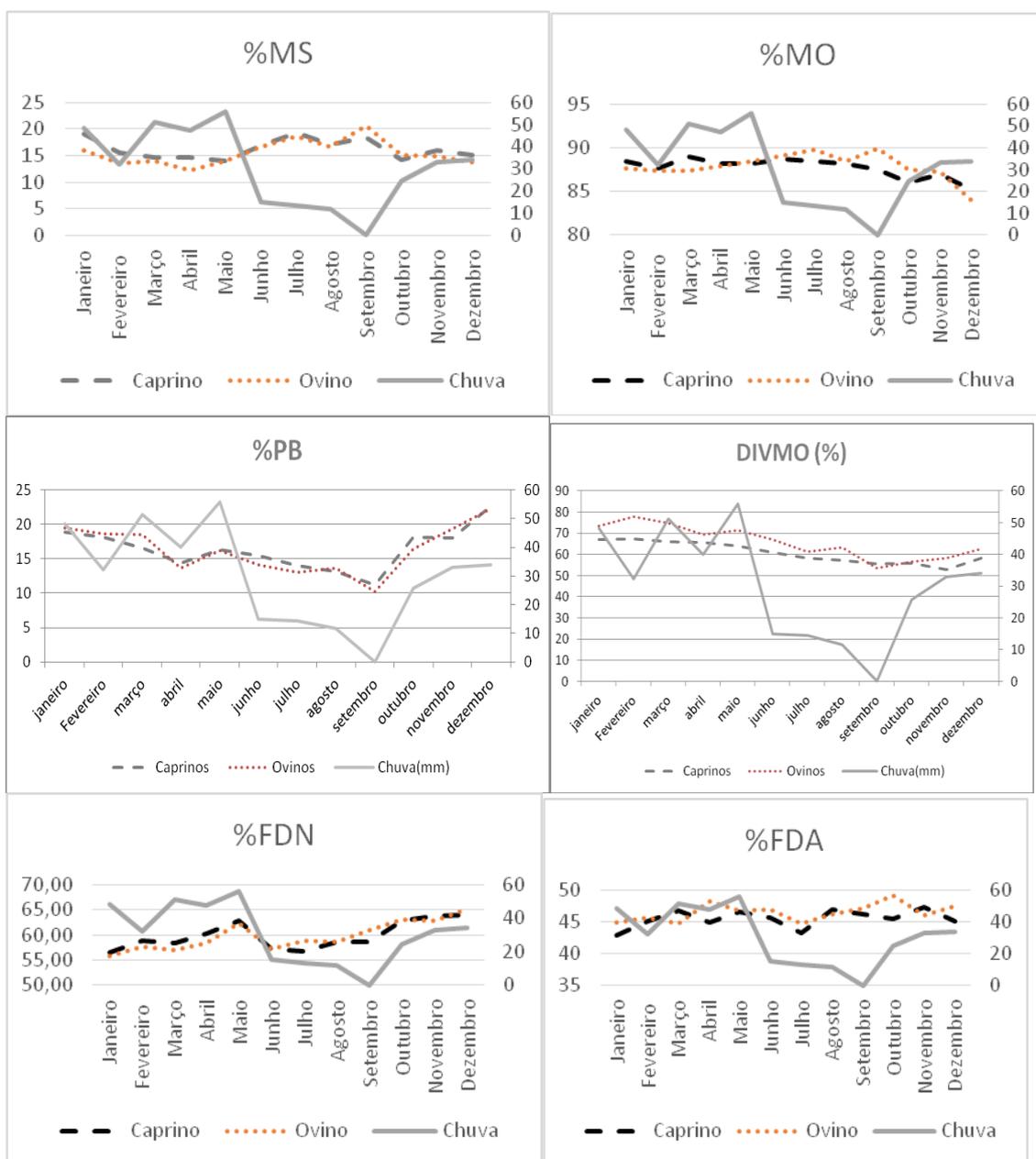


Figura 5. Variação da composição química da dieta selecionada por pequenos ruminantes, pastejando na Caatinga.

Santos et al. (2008) concluíram que o mês de coleta é o principal responsável pela variação na composição botânica da dieta e na proporção de folha, caule, fruto, semente e flores selecionada pelos ovinos.

Na tabela 10 estão descritas as médias peso corporal (PC), consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMS0,75), consumo de matéria seca por percentual de peso vivo (CMSPV), consumo de matéria orgânica e consumo de proteína bruta (CPB), de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga.

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre o peso corporal de caprinos e ovinos durante todos os meses de coleta, sendo a variação encontrada entre os meses. As melhores médias de PV foram encontradas no mês de junho para ambas as espécies. Isso foi devido aumento de peso corporal nos primeiros meses do ano (período chuvoso).

Houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) sobre o consumo de matéria seca (CMS) entre caprinos e ovinos, nos meses que apresentaram maior índice pluviométrico, com os ovinos consumindo maior quantidade de MS. A preferência dos ovinos pelos estratos herbáceo e gramíneas abundantes nos meses de maior índice pluviométrico, bem como a maior DIVMS desta espécie, nesse período pode explicar o maior consumo.

Quando comparado o CMS dentro da mesma espécie em função dos meses, observou-se a maior quantidade de MS consumida para ambas as espécies nos meses de menor precipitação pluviométrica e qualidade do pasto. O maior CMS dos caprinos foi no mês de setembro, auge do período seco, com média de 463,8 g/kg DIVMS e para os ovinos foi no mês de agosto, mês que teve a menor proporção de gramíneas na produção de MS total de fitomassa.

Segundo Gomide (1993), quando o animal está submetido a regime de pastejo, o consumo de matéria seca é afetado pela altura da forragem, pela relação caule-folha, pela densidade volumétrica do relvado e pela disponibilidade do pasto. Na Caatinga, as variações entre essas características, podem ser acentuadas especialmente nos meses de chuva, onde a altura da forragem e a densidade volumétrica são bastantes variáveis nos diferentes sítios de pastejo, principalmente se associado aos diferentes hábitos de pastejo das espécies.

**Tabela 10.** Peso corporal (PC), consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMS0,75), consumo de matéria seca por percentual de peso vivo (CMSPV), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de proteína bruta (CPB), de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga.

	Peso Corporal (kg)		CMS (g/kg)		CMS0,75 (g/kg)		CMSPV (%)		CMO (g/kg)		CPB (g/kg)	
	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino
Janeiro	32,62 <sup>C</sup>	32,68 <sup>C</sup>	551 <sup>bB</sup>	630 <sup>aB</sup>	47	52 <sup>ABC</sup>	1,71 <sup>AB</sup>	1,93 <sup>BCD</sup>	488 <sup>bB</sup>	556 <sup>a</sup>	143,3 <sup>bBC</sup>	168,0 <sup>aBC</sup>
Fevereiro	34,10 <sup>BC</sup>	33,50 <sup>BC</sup>	565 <sup>bB</sup>	652 <sup>aB</sup>	45	50 <sup>BC</sup>	1,70 <sup>bAB</sup>	1,93 <sup>aBCD</sup>	498 <sup>bB</sup>	570 <sup>a</sup>	136,7 <sup>bBC</sup>	170,0 <sup>aBC</sup>
Março	35,82 <sup>ABC</sup>	33,90 <sup>BC</sup>	570 <sup>bB</sup>	686 <sup>aB</sup>	45 <sup>b</sup>	54 <sup>aABC</sup>	1,62 <sup>bAB</sup>	2,01 <sup>aBCD</sup>	506 <sup>bB</sup>	600 <sup>a</sup>	128,3 <sup>bBC</sup>	176,0 <sup>aBC</sup>
Abril	38,82 <sup>ABC</sup>	35,58 <sup>BC</sup>	627 <sup>AB</sup>	716 <sup>B</sup>	47	54 <sup>ABC</sup>	1,69 <sup>bAB</sup>	2,01 <sup>aBCD</sup>	555 <sup>AB</sup>	632	120,0 <sup>C</sup>	134,0 <sup>DC</sup>
Mai	39,92 <sup>AB</sup>	37,26 <sup>AB</sup>	585 <sup>bB</sup>	692 <sup>aB</sup>	42 <sup>b</sup>	52 <sup>aABC</sup>	1,55 <sup>bAB</sup>	1,85 <sup>aCD</sup>	517 <sup>bAB</sup>	614 <sup>a</sup>	130,0 <sup>bBC</sup>	154,0 <sup>aDC</sup>
Junho	42,44 <sup>A</sup>	39,80 <sup>A</sup>	577 <sup>B</sup>	680 <sup>B</sup>	42	46 <sup>C</sup>	1,42 <sup>bB</sup>	1,70 <sup>aD</sup>	510 <sup>B</sup>	608	120,0 <sup>C</sup>	134,0 <sup>DC</sup>
Julho	39,20 <sup>ABC</sup>	36,90 <sup>AB</sup>	632 <sup>AB</sup>	740 <sup>B</sup>	45 <sup>b</sup>	56 <sup>aABC</sup>	1,67 <sup>AB</sup>	1,99 <sup>aBCD</sup>	560 <sup>AB</sup>	662	120,0 <sup>C</sup>	130,0 <sup>DC</sup>
Agosto	38,80 <sup>ABC</sup>	36,00 <sup>ABC</sup>	732 <sup>AB</sup>	900 <sup>A</sup>	53	64 <sup>A</sup>	1,97 <sup>bA</sup>	2,49 <sup>aA</sup>	645 <sup>AB</sup>	796	133,3 <sup>BC</sup>	168,0 <sup>BC</sup>
Setembro	42,14 <sup>A</sup>	37,42 <sup>AB</sup>	812 <sup>A</sup>	764 <sup>AB</sup>	55	56 <sup>ABC</sup>	2,02 <sup>A</sup>	2,03 <sup>BCD</sup>	686 <sup>A</sup>	715	123,3 <sup>C</sup>	108,0 <sup>D</sup>
Outubro	39,20 <sup>ABC</sup>	35,14 <sup>BC</sup>	635 <sup>AB</sup>	682 <sup>B</sup>	47	52 <sup>ABC</sup>	1,70 <sup>bAB</sup>	1,94 <sup>aBCD</sup>	548 <sup>AB</sup>	600	156,7 <sup>BC</sup>	154,0 <sup>DC</sup>
Novembro	38,90 <sup>ABC</sup>	34,00 <sup>BC</sup>	710 <sup>AB</sup>	772 <sup>AB</sup>	53	60 <sup>AB</sup>	1,90 <sup>bAB</sup>	2,26 <sup>aAB</sup>	617 <sup>AB</sup>	672	175,0 <sup>B</sup>	200,0 <sup>AB</sup>
Dezembro	38,82 <sup>ABC</sup>	34,38 <sup>BC</sup>	723 <sup>AB</sup>	774 <sup>AB</sup>	53	60 <sup>AB</sup>	1,98 <sup>A</sup>	2,25 <sup>AB</sup>	612 <sup>AB</sup>	650	228,0 <sup>A</sup>	240,0 <sup>A</sup>
CV(%)	13,44	5,12	17,79	9,67	15,68	10,43	14,25	9,07	17,97	9,72	17,27	13,54

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha dentro da coluna diferem ( $P>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem ( $P>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey.

Quando os consumos foram expressos em unidade de tamanho metabólico ( $CMS^{0,75}$ ), as diferenças entre as espécies foram reduzidas, permanecendo a diferença significativa apenas para os meses de Março, Maio e Julho. Não houve efeito ( $P>0,05$ ) entre os meses de coleta e o  $CMS^{0,75}$  para os caprinos. Para os ovinos, o maior  $CMS^{0,75}$  foi no mês de agosto, assim como ocorreu com o CMS.

O consumo de matéria seca em relação ao percentual de peso vivo (CMSPV) dos caprinos não variou ( $P>0,05$ ) dos meses de janeiro a julho, aumentando significativamente a partir do mês de agosto. O mesmo aconteceu com os ovinos, com exceção dos meses de outubro e novembro, influenciados provavelmente pela redução da DIVMS.

O consumo de matéria seca em relação ao percentual de peso vivo (CMSPV), sem diferenças significativas ( $P>0,05$ ) apenas para os meses de Janeiro, Setembro e Dezembro, os ovinos apresentaram as maiores médias em quase todos os meses avaliados. O mês de setembro foi o que teve as médias mais próximas em relação ao CMSPV, sendo 2,02 e 2,03% entre caprinos e ovinos respectivamente, esse mês foi o único mês em que a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da dieta dos caprinos foi superior a dos ovinos, também foi o mês no qual não houve registro de chuvas. O aumento do consumo de matéria seca, no período seco, é provavelmente uma tentativa dos animais compensarem as exigências de manutenção, porém com o fim das chuvas no mês de setembro a qualidade da dieta foi reduzida, de modo que, mesmo com CMSPV mais elevados, os animais não conseguiram manter o peso corporal.

Quando comparada o CFDN, CFDA, CCNF e CHOT, em relação aos meses de coleta, há efeito significativo ( $P>0,05$ ) para todos os consumos, exceto para consumo de FDN dos ovinos que não variou (tabela 11).

As maiores concentrações de compostos fibrosos no pasto, nos meses de menor concentração pluviométrica influenciou o consumo desses nutrientes, tendo os maiores consumos dos componentes fibrosos nos períodos de menor precipitação associados aos menores consumos de CNF.

**Tabela 11.** Consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de matéria mineral (CMM), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e consumo de fibra em detergente ácido (CFDA), de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga.

	CFDN		CFDA		CCNF		CCHOT	
	(g/kg)		(g/kg)		(g/Kg)		(g/kg)	
	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino
Janeiro	308 <sup>bc</sup>	360 <sup>a</sup>	240 <sup>bc</sup>	286 <sup>ac</sup>	176,7 <sup>ABCD</sup>	198,0 <sup>ABC</sup>	523,3 <sup>bb</sup>	580,0 <sup>ad</sup>
Fevereiro	335 <sup>bBC</sup>	378 <sup>a</sup>	258 <sup>bBC</sup>	298 <sup>aBC</sup>	111,7 <sup>bd</sup>	196,0 <sup>aBC</sup>	526,7 <sup>bb</sup>	586,0 <sup>ad</sup>
Março	335 <sup>bBC</sup>	394 <sup>a</sup>	268 <sup>bBC</sup>	208 <sup>aBC</sup>	163,3 <sup>bBCD</sup>	212,0 <sup>aABC</sup>	553,3 <sup>bb</sup>	638,0 <sup>aDC</sup>
Abril	381 <sup>ABC</sup>	420	285 <sup>ABC</sup>	348 <sup>ABC</sup>	161,7 <sup>bBCD</sup>	244,0 <sup>aAB</sup>	611,7 <sup>AB</sup>	716,0 <sup>BCD</sup>
Mai	370 <sup>bABC</sup>	432 <sup>a</sup>	275 <sup>ABC</sup>	326 <sup>BC</sup>	128,3 <sup>bDC</sup>	164,0 <sup>aDC</sup>	561,7 <sup>bb</sup>	666,0 <sup>aDC</sup>
Junho	330 <sup>BC</sup>	394	268 <sup>BC</sup>	324 <sup>BC</sup>	171,7 <sup>bABCD</sup>	246,0 <sup>aAB</sup>	568,3 <sup>bb</sup>	694,0 <sup>aBCD</sup>
Julho	363 <sup>ABC</sup>	436	278 <sup>ABC</sup>	330 <sup>BC</sup>	206,7 <sup>ABC</sup>	240,0 <sup>AB</sup>	638,3 <sup>AB</sup>	772,0 <sup>ABC</sup>
Agosto	431 <sup>ABC</sup>	532	348 <sup>AB</sup>	420 <sup>A</sup>	216,7 <sup>AB</sup>	270,0 <sup>A</sup>	736,7 <sup>AB</sup>	902,0 <sup>A</sup>
Setembro	478 <sup>A</sup>	468	376 <sup>A</sup>	364 <sup>ABC</sup>	251,6 <sup>A</sup>	244,0 <sup>AB</sup>	833,3 <sup>A</sup>	820,0 <sup>AB</sup>
Outubro	401 <sup>ABC</sup>	432	295 <sup>ABC</sup>	336 <sup>BC</sup>	135,0 <sup>BCD</sup>	162,0 <sup>DC</sup>	580,0 <sup>B</sup>	652,0 <sup>DC</sup>
Novembro	455 <sup>AB</sup>	484	337 <sup>ABC</sup>	358 <sup>ABC</sup>	123,3 <sup>DC</sup>	154,0 <sup>DC</sup>	640,0 <sup>AB</sup>	684,0 <sup>BCD</sup>
Dezembro	467 <sup>AB</sup>	506	330 <sup>ABC</sup>	368 <sup>AB</sup>	108,0 <sup>D</sup>	122,0 <sup>D</sup>	597,0 <sup>B</sup>	626,0 <sup>D</sup>
CV(%)	18,35	8,89	18,44	10,84	26,76	16,54	19,12	9,66

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha dentro da coluna diferem ( $P>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem ( $P>0,05$ ) entre si pelo teste Tukey.

Resultados obtidos por Mesquita et al. (1994) e Araújo Filho et al. (1996) sobre o valor nutritivo das dietas no semiárido mostram decréscimos nos valores de proteína bruta (PB) e aumento nos teores de fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA) e lignina, devido ao processo de maturação acentuado pelas altas temperaturas.

### Conclusão

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica a dieta dos ovinos são maiores do que a dos caprinos quando pastejando na Caatinga, porém os caprinos mantiveram o mesmo desempenho, nos meses de maior incidência pluviométrica e são influenciadas pela ausência de chuvas, nos ovinos existe maior variação ao longo do ano do que a dos caprinos.

Os teores de proteína da dieta de ovinos e caprinos, pastejando na Caatinga, são superiores aos mínimos, descritos para estas espécies, com grande parte deste nitrogênio ligado a fibra.

### Referências

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

ARAÚJO FILHO, J.A.; SILVA, N.L. **Manipulação da vegetação da caatinga para produção sustentável de forragem**. Disponível em: <[http://www.faeb.org.br/detalhefaeb.html?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=813&cHash=44a9bd2311e029ce6d7ab9ba6fcd6527](http://www.faeb.org.br/detalhefaeb.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=813&cHash=44a9bd2311e029ce6d7ab9ba6fcd6527)> Acesso em: 18 de outubro de 2015, 2011.

ARAÚJO FILHO, J.A.; GADELHA, J.A.; LEITE, E.R.; et al. Composição botânica e química da dieta de ovinos e pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.383- 395, 1996.

ARC - Agricultural Research Council. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 351p. 1980.

DUBEUX Jr., J.C.B.; MUIR, J.P.; SANTOS, M.V.F.; et al. Improving grassland productivity in the face of economic, social, and environmental challenges. **Revista de Zootecnia**, v. 40, p. 280-290, 2011.

DEVENDRA, C. Potential productivity from small ruminants and contribution to improved livelihoods and rural growth in developing countries. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** UFRPE:SBZ, 2002. p. 246-269.

FORMIGA, L. D. A. S. ; PEREIRA FILHO, J. M. ; OLIVEIRA, N.S. ; et al. Valor nutritivo da vegetação herbácea de caatinga enriquecida e pastejada por ovinos e caprinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, p. 403-415, 2011.

GAMA, T.C.M.; ZAGO, V.C.P.; NICODEMO, M.L.F.; et al. Composição bromatológica, digestibilidade *in vitro* e produção de biomassa de leguminosas forrageiras lenhosas cultivadas em solo arenoso. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.3, p.560- 572, 2009.

GOMIDE, J. A. Produção de leite em regime de pasto. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 22(4):591-613. 1993.

HALL, M.B. Recentes avanços em carboidratos não-fibrosos na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMLEITE, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: 2001. p.149-159.

IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação 2012**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#MAPAS](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS). Acesso em: 18/10/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**. 2010. <http://www.ibge.br/sidra/> (último acesso em 18/10/2015).

LEEK, B.F. Clinical diseases of the rumen: a physiologist's view. **Veterinary Record**, v. 133, n. 1, p. 10-14, 1983.

LEITE, E. R.; STUTH, J. W. Fecal NIRS equations to access diet quality of free-ranging goats. **Small Ruminant Research**, 15:223-230, 1995.

LEITE, E.R.; ARAUJO FILHO, J.A.; PINTO, F.C. Pastoreio combinado de caprinos com ovinos em caatinga rebaixada: desempenho da pastagem e dos animais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.8, p.1129-1134, 1995.

MALACHEK, J.C.; LEINWEBER, C.L. Forage selectivity by goats on lightly and heavily grazed ranges. **Journal of Range Management**, v.25, n.2, p.105-11, 1972.

MESQUITA, R.C.M.; LEITE, E.R.; ARAÚJO FILHO, J.A. Estacionalidade da dieta de pequenos ruminantes em ecossistema da caatinga. In: PUGNAN, J.P. (Ed.). **Utilización y manejo de pastizales**. Montivideo, IICA, p.71-81, 1994.

MÜLLER, L.; MANFRON, P.A.; SANTOS, O.S.; et al. Efeito de soluções nutritivas na produção e qualidade nutricional da forragem hidropônica de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Zootecnia Tropical**, v.24, n.2, p.137-152, 2006.

NIETO, L.M.; MARTINS, E.N.; MACEDO, F.A.F.; et al. Observações epidemiológicas de helmintos gastrintestinais em ovelhas mestiças manejadas em pastagens com diferentes hábitos de crescimento. **Ciência Animal Brasileira**, v.4, n.1, p.45-51, 2003.

PEREIRA FILHO, J.M.; SILVA, A.M.A.; CÉZAR, M.F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.77-90, 2013.

PFISTER, J. A.; MALECHEK, J. C. Dietary selection by goats and sheep in a deciduous woodland of Northeastern Brazil. **Journal of Range Management**. 39:24, 1986.

PIMENTEL, J.C.N.; ARAÚJO FILHO, J.A.; NASCIMENTO JR., D. et al. Composição química e DIVMO da dieta de ovinos em área de caatinga raleada no sertão Centro-Norte do Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.2, p.224-232, 1992.

PRIGGE, E.C.; VARGA, G.A.; VICINI, J.L.; et al. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. **Journal of Animal Science**, v.53, n.6, p. 1629- 1633, 1981.

SANTOS, G. R. A. ; BATISTA, A. M. V; GUIM, A; et al. Composição química e degradabilidade in situ da ração em ovinos em área de caatinga no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 384-391, 2009.

SANTOS, G. R. A.; BATISTA, A.V; GUIM, A.; et al. Determinação da Composição Botânica da Dieta de Ovinos em Pastejo na Caatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1876-1883, 2008.

SNIFFEN CJ, O'CONNOR JD, VAN SOEST PJ, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. 1992, 70 (11):3562-3577.

SHORT, H, L., R. M. BLAIR AND C. A. SEGELQUIST. Fiber composition and forage digestibility by small ruminants. **J. Wildl. Manage.** 38:197, 1974.

SILVA, K.A.; SANTOS, D.M.; SANTOS, J.M.F.F.; et al. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica**, v. 46, p. 25-32, 2013.

SILVA SOBRINHO, A.G. Produção de cordeiros em pastagens. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE OVINOCULTURA. Produção de carne no contexto atual, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras:Editora UFLA, 2001. p. 63-97.

SOUZA, C. M. S.; BARRETO, H. F. M.; GURGEL, V. E. H.; et al. Disponibilidade e valor nutritivo da vegetação de caatinga no semiárido norte riograndense do Brasil. **Holos** (Natal. Online), v. 3, p. 196-204, 2013.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 525p.

SNIFFEN CJ, O'CONNOR JD, VAN SOEST PJ, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. 1992, 70 (11):3562-3577.

UNDERWOOD, E. J. **Los minerales en la nutrición del ganado**. Zaragoza, 209 p., 1983.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York, 476 p., 1994.

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

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. O & B Books, Corvallis, Oregon, 1982.

VAN SOEST, P.J. et al. Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. **Helsinki: Finish Grassland Association**, P438-441, 1966.

VASCONCELOS, M.A.B.; FERNANDES, F.D.; OLIVEIRA, E.R. et al. Composição química da dieta de caprinos no semi-árido do Estado do Ceará. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.265-266.

WILSON, A. D. A review of browse in the nutrition of grazing animals. **J. Range Manage.** p. 22:23, 1969.

## **Capítulo 4**

### **Uso da espectroscopia da reflectância do infravermelho próximo (NIRS) para o monitoramento nutricional de pequenos ruminantes em pasto nativo, no Estado de Pernambuco**

### **Resumo**

A vegetação caatinga cobre grande área do nordeste brasileiro e representa a principal, quando não a única, fonte de alimento para os ruminantes. É um bioma heterogêneo que possibilita aos ruminantes uma grande diversidade de dietas, dificultando a amostragem e a informação sobre o estagio nutricional dos rebanhos. Objetivou-se com este trabalho desenvolver modelos de predição para o monitoramento nutricional de pequenos ruminantes, criados em pastagem de Caatinga, através da técnica de infravermelho próximo. A pesquisa foi realizada de janeiro a dezembro de 2014, na Estação Experimental de Sertânia, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, no município de Sertânia, Pernambuco (PE), em uma área de 37 hectares de Caatinga. Foram utilizados seis caprinos da raça Moxotó e cinco ovinos da raça Morada Nova, todos com fístula permanente no rúmen para coleta de extrusa. A coleta de fezes foi total, feitas através de bolsa acopladas aos animais. As fezes e as extrusas foram coletadas durante cinco dias consecutivos, em todos os meses do ano de 2014. A espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) proporciona boa precisão para determinar a composição de PB e DIVMO da dieta de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga. A utilização de um modelo global para as duas espécies, nas diferentes estações (Chuva, TCS, Seca e TSC) é considerado viável para predizer a dieta de pequenos ruminantes na Caatinga, devido a maior robustez do modelo. A tecnologia NIRS fecal mostrou-se uma alternativa viável para substituição parcial do uso de animais fistulados na coleta de amostra, desde que seja feita a calibração corretamente.

**Palavras chave:** digestibilidade, dieta, proteína, ovinos, caprinos, Caatinga

**Abstract**

The savanna vegetation covers large area of northeastern Brazil and is the main, if not only source of food for ruminants. It is a heterogeneous biome that enables ruminants a wide variety of diets, making it difficult to sample and information on the nutritional stage of the herds. objective of this study was to develop prediction models for nutritional monitoring of small ruminants raised under pasture Caatinga through near infrared technique. The survey was conducted from January to December 2014, at the Experimental Station Sertânia belonging to the Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, in the municipality of Sertânia, Pernambuco (PE), in an area of 37 hectares of Caatinga. They used six goats from Moxotó five sheep of the Morada Nova race, all with permanent rumen fistula to collect extruza. Feces collection was complete, made through exchange coupled to amines. Faeces and extrusas were collected during five consecutive days in all months of 2014. The near-infrared spectroscopy (NIR) provides good accuracy to determine the composition of CP and IVOMD the lay of small ruminant grazing in the Caatinga. The use of a global model for both species, in different seasons (rain, TCS, Drought and TSC) is considered feasible to predict the diet of small ruminants in the Caatinga, because the greater robustness of the model. The fecal NIRS technology proved to be a great alternative to partial substitution of fistulated animals in sample collection, since the calibration is done correctly.

**Index terms:** digestibility, diet, protein, sheep, goats, Caatinga

## **Introdução**

A vegetação de caatinga cobre cerca de 86,1% da região semiárida do Brasil, 53% da área do Nordeste e 9,8% do Brasil (IBGE, 2012). No Nordeste brasileiro é a principal, quando não a única, fonte de alimentos para os rebanhos da região.

Um dos grandes desafios dos produtores e pesquisadores é saber o estado nutricional dos rebanhos, para identificar a hora e a forma certa de suplementar os rebanhos. O conhecimento da fisiologia da planta, em termos de produção de matéria seca disponível por hectare nos diferentes meses do ano, permitem a implementação da lotação, bem como do período de utilização e descanso da pastagem, a fim de não comprometer as reservas nutricionais e o potencial fotossintético da planta, nem desprover o solo de matéria orgânica (RANGEL et.al., 2009).

Associado a isso, além da capacidade produtiva de cada planta e de sua composição química, também é necessário conhecer a preferência de consumo de animal, pois, mesmo em uma taxa de lotação conhecida e compatível, os animais podem atacar mais frequentemente uma determinada espécie forrageira, causando sua diminuição ou, até mesmo, extinção do local.

A suplementação surge para o nordeste como uma forma de garantir a produção pecuária durante todo o ano e com melhores níveis produtivos, mas para isso é necessário conhecer bem o que realmente deve ser suplementado em condições de Caatinga para os pequenos ruminantes, já que a suplementação adotada atualmente é muito adaptada dos sistemas adotados de bovinos e em outras condições de criação.

Uma das aplicações mais interessantes do NIRS para a nutrição de ruminantes é o monitoramento nutricional de animais em pastejo através da análise dos espectros das fezes (LANDAU et al., 2006). O uso da espectroscopia da reflectância do infravermelho próximo (NIRS) para o monitoramento da nutrição de pequenos ruminantes pode servir para determinar a composição química (LEITE & STUTH, 1995) e botânica (LANDAU et al., 2004) da dieta, embora essa metodologia deve ser aplicada com cuidado. Coleman et al. (1995) afirmaram que equações de NIRS não podem ser extrapoladas além das condições representadas na calibração das amostras.

Os métodos tradicionais de análise de alimentos para ruminantes, apesar de confiáveis e precisos, produzem resíduos, são demorados e de alto custo. O NIRS apresenta-se como uma alternativa interessante, pois não utiliza reagentes (não gera

resíduo), não é destrutivo para as amostras (preserva a amostra para posteriores análises) e extremamente rápido, porém para que seja utilizado como análise de rotina é necessária à calibração entre os espectros e a análise referência.

A utilização da tecnologia NIRS pode ser, particularmente, vantajosa em áreas de pastagens diversificadas, com grande dificuldades associada à coleta de amostra. Atualmente, a Austrália possui um serviço de assessoria comercial que utiliza esse método para medir a qualidade e fazer recomendações de quais suplementos utilizar. Mais recentemente, têm sido utilizadas amostras fecais analisadas pelo método de espectrofotometria de reflectância por infravermelho proximal (NIRS) para análise de consumo e digestão do animal (LYONS & STUTH, 1992; COATES, 2004).

A substituição da utilização das técnicas atuais com uso de animais fistulados por uma técnica não destrutiva, pouco poluente e que pode reduzir o uso de animais cirurgicamente preparados (fazendo-se necessário, apenas, a coleta de fezes), pode ser uma solução para a obtenção de resultados de monitoramento nutricional dos rebanhos, mantendo o máximo da integridade e do bem estar dos animais.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho desenvolver modelos de predição para o monitoramento nutricional de pequenos ruminantes, criados em pastagem de Caatinga, através da técnica de infravermelho próximo.

## **Material e Métodos**

A pesquisa foi realizada de janeiro a dezembro de 2014, na Estação Experimental de Sertânia, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, no município de Sertânia, Pernambuco (PE), na microrregião do Sertão do Moxotó a 600 m acima do nível do mar, as coordenadas geográficas são: latitude 08°04'25" sul e longitude 37°15'52" oeste.

A área de avaliação do experimento possuía 37 hectares de vegetação Caatinga. O ecossistema da região é o de caatinga, sendo que o clima local, segundo a classificação de Köppen, é o semiárido quente do tipo BSh.

Durante todo o período da pesquisa, o acumulado da chuva foi de 366 mm (Figura 6), mensurados em estação climatológica local pertencente ao instituto.

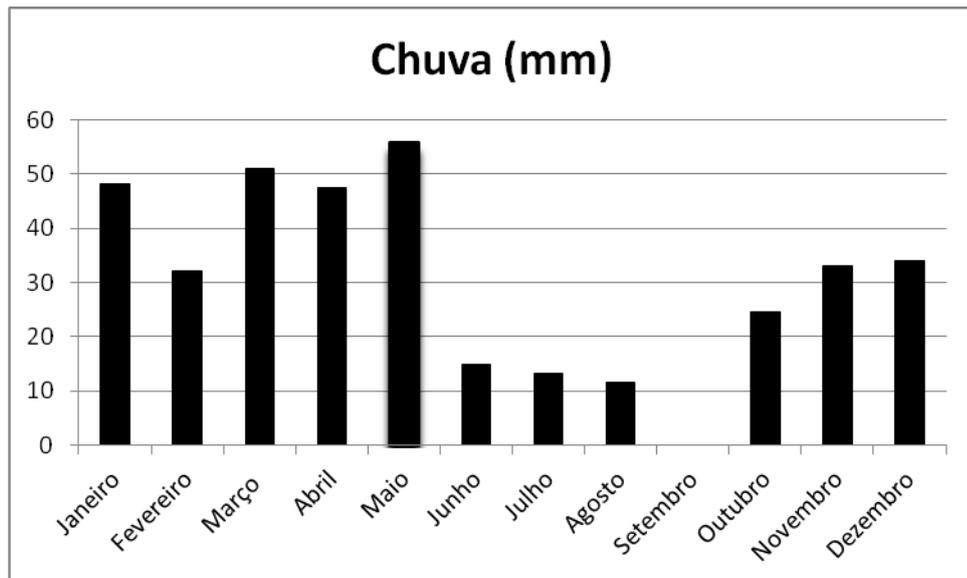


Figura 6. Índice pluviométrico do município de Sertânia-PE no ano de 2014

Assim foi considerado período chuvoso (chuva) os meses de janeiro a maio, transição chuva seca (TCS) os meses de junho e julho, período seco (seca) os meses de agosto e setembro e transição seca chuva (TSC) os meses de outubro a dezembro.

Para determinação da composição botânica da dieta selecionada pelos animais, foram utilizados cinco ovinos da raça Morada Nova e seis caprinos da raça Moxotó, todos com fístula permanente no rúmen e peso médio  $32,62 \pm 2,37$  e  $32,68 \pm 1,14$  kg, respectivamente. A alimentação dos animais durante todo o experimento foi apenas do pasto nativo, somado a suplementação mineral, específica para cada espécie, e água *ad libitum*. Diariamente os animais eram liberados para o pasto às 7:00 horas e recolhidos às 17:00 horas, exceto nos dias de coleta.

As coletas de fezes e extrusa foram realizadas mensalmente, durante cinco dias consecutivos, de janeiro a dezembro de 2014.

A amostragem da dieta selecionada pelos animais foi feita utilizando a técnica de evacuação ruminal, conforme descrito por Santos et al. (2008). Para tanto, os animais tinham seu rúmen evacuado de manhã (7:00 h) e liberados para a área de pastagem, onde permaneciam por 40 minutos. Decorrido este tempo, a extrusa era recolhida diretamente do rúmen, acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, e congeladas em freezers, com temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , para análises posteriores.

As fezes foram coletadas utilizando bolsas coletoras acopladas aos animais, sendo que o material era recolhido antes dos animais seguirem para o pasto (7:00 horas)

e logo após seu retorno do pasto (17:00 horas), as amostras eram acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, e congeladas em freezers, com temperatura de -20°C, para análises posteriores.

Dessa forma, foram realizadas cinco coletas de extrusa por mês, por animal, totalizando 660 amostras de extrusa (análise referência) e 660 amostras de fezes (espectro), sendo 300 amostras de ovinos e 350 amostras de caprinos, para ambas as amostras. Para a calibração das amostras compostas foram utilizadas 132 amostras de extrusa e fezes, sendo 72 amostras de extrusa de caprinos e 60 de ovinos, para ambas as amostras.

A pré-secagem das fezes e das extrusas foi realizada no Instituto de Pesquisa Agropecuárias (IPA) Sertânia - PE, onde foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar 50°C até obter peso constante, em seguida, foram moídas em moinho de faca do tipo Wiley providas de peneira com poros de um e dois milímetros de diâmetro, respectivamente, para as fezes e extrusa, após a moagem foram armazenadas em recipientes plásticos, previamente identificados, para posteriores análises.

O teor de nitrogênio total (N) foi determinado em sistema de combustão, segundo método de Dumas, usando-se um autoanalisador de nitrogênio marca Leco FP-528 (Leco Corp.St. Joseph, MI, EUA). Para conversão dos valores de N em proteína bruta (PB), foi utilizado o fator de correção 6,25.

A digestibilidade *in vitro* verdadeira da matéria seca (DIVMS) foi determinada nas extrusas seguindo metodologia de Van Soest et al (1966) adaptado por Van Soest (1982). Foi utilizado fermentador ruminal DAISY II e encubados em sacos F57 da Ankom. O líquido ruminal necessário para a avaliação foi coletado de animais pastejando em área de Caatinga para que a população de bactérias fosse adaptada à digestão da amostra. Os animais recebiam manejo idêntico aos dos animais experimentais, tendo como única alimentação o pasto de Caatinga, mais sal mineral e água *ad libitum*. Após o período de incubação de 48 horas, os jarros foram retirados da incubadora artificial, abertos e os saquinhos contendo os resíduos da digestão, foram lavados em água corrente e em seguida colocados em estufa a 55°C durante 72 horas, resfriados em dessecador e pesados.

A segunda fase da técnica foi realizada em autoclave conforme Van Soest (1994). Para tanto, os sacos foram colocados em solução de detergente neutro (FDN) e autoclavados por 45 minutos a 110°C, posteriormente colocados na estufa a 55°C (por

72h) e depois em estufa de 105°C por 3 horas, resfriados em dissecador e pesados. Na segunda fase da incubação, os saquinhos foram colocadas na solução de fibra em detergente neutro (FDN) e autoclavados por 45 minutos a 110° C, posteriormente levados a estufa a 55° C e depois a estufa de 105° por 3 horas, resfriados em dissecador e pesados.

Para obtenção dos espectros das amostras, foi utilizado o aparelho FOSS 5000 Nirsystem II utilizando o software ISIScan®. Foss 5000, com leitura numa faixa de 1100 a 2500 nm na região do infravermelho próximo, com intervalo espectral de 2 nm.

Foram escaneadas ao todo 660 amostras de fezes, sendo 360 referentes às fezes da espécie caprina e 300 a espécie ovina, para a obtenção dos espectros. Antes de serem escaneadas, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada a 60°C por três horas para a estabilização da umidade. Quando removidas da estufa, foram colocadas em um dessecador por 30 minutos para resfriar até a temperatura ambiente e, então, colocadas em células e imediatamente escaneadas em cada equipamento NIR para obtenção dos espectros. Os espectros gerados foram arquivados em microcomputador, para posteriores cálculos das equações de predição.

Todas as análises referência foram feitas nas amostras de extrusa, sendo que todos os espectros obtidos são de amostras de fezes, a calibração relacionando duas matizes diferentes. O conjunto de dados das amostras compostas foram obtido através do valor médio gerado pelo espectro e pelas análises referências.

Após a coleta dos espectros, foi aplicado um pré-tratamento matemático para correção de espalhamento e correção da linha de base, a Correção Multiplicativa de Espalhamento (MSC - *Multiple Scatter Correction*). Uma técnica multivariada de reconhecimento padrão não supervisionada chamada de Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis* – PCA) também foi aplicada para a análise exploratória das amostras, a fim de estabelecer classes ou categorias.

Os modelos de calibração multivariada foram realizados pela Regressão por Mínimos Quadrados (PLS - *Partial Least Squares*). Com validação externa usando o pacote *The Unscrambler*®, versão 10.2 (Camo Inc, AS, Norway).

Os desempenhos dos modelos desenvolvidos foram avaliados de acordo com o erro médio de calibração (RMSEC), erro médio de validação (RMSECV), coeficiente de determinação ( $r^2$ ) dos valores previstos e de referência (WILLIAMS, 2001; WILLIAMS & SOBERING, 1993). Também foi calculada a relação de desempenho de

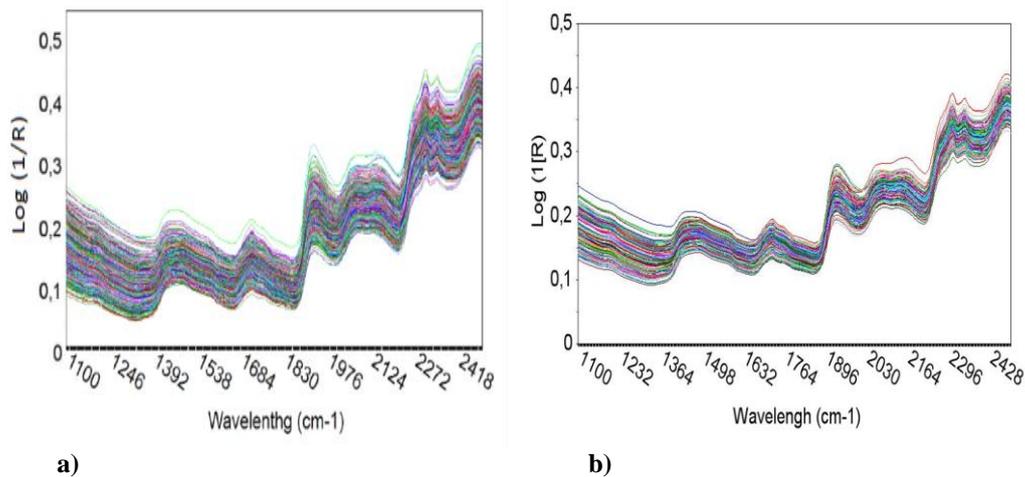
desvio dos modelos (*Ratio of Performance to Deviation* – RPD). Segundo Williams e Sobering (1993), o RPD é uma técnica utilizada para verificar a precisão de calibração de um modelo, sendo calculado como a razão entre o desvio-padrão dos valores de referência e o erro padrão da validação cruzada (SECV) ou erro padrão da validação externa (SEP). Com a seguinte relação:

$$RPD = Sd / RMSEP$$

Onde RMSEP = erro médio de validação e Sd = desvio padrão da amostra (referência)

### Resultados e discussão

Na figura 7 estão apresentados os espectros de 660 amostras (individuais) (a) e 132 amostras (compostas) (b) de fezes de Caprinos e ovinos Pastejando na Caatinga de Sertânia-PE, na região de comprimento de onda 1100 a 2500 nm.



a)

b)

**Figura 7.** Distribuição do perfil espectral de 660 amostras (individuais) (a) e 132 amostras (compostas) (b) de fezes de Caprinos e ovinos Pastejando na Caatinga, na região de 1100 a 2500 nm.

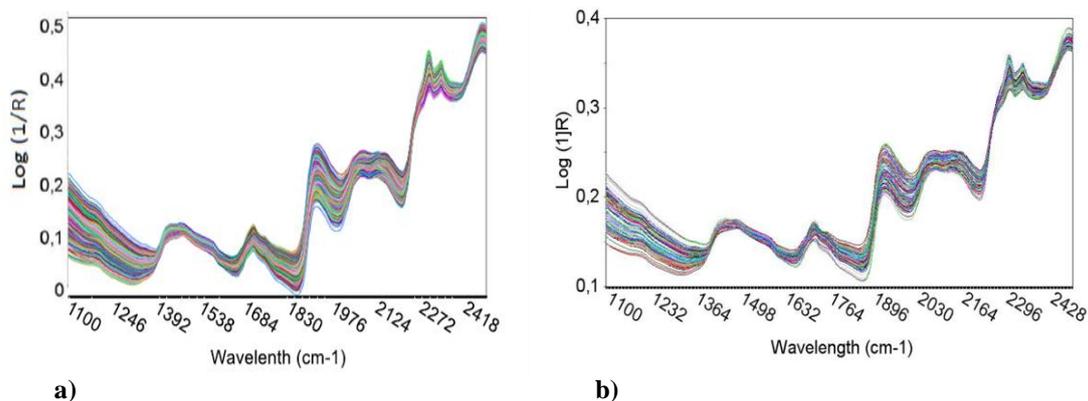
Os espectros usados na técnica NIR podem ser afetados por vários fatores, sejam eles relacionados ao equipamento (saturação do detector ou por falhas no varrimento dos comprimentos de onda, podem causar distorções no espectro) ou as condições ambientais (principalmente umidade do ambiente) no momento que o espectro foi coletado. Outras fontes de perturbação são as variações no percurso óptico e, em sólidos, os efeitos relativos à dispersão da luz, no caso de as amostras não estarem bem homogeneizadas (SIESLER et al., 2002). Esse fato pode ganhar destaque, quando se faz

a leitura de amostras moídas, onde a homogeneidade nas moagens da amostra pode influenciar no espalhamento espectral. Dessa forma, faz-se necessário o pré-tratamento dos espectros amostrais pelo Multiplicative Scatter Correction (MSC).

Em inglês Multiplicative Scatter Correction (MSC) é aplicado ao conjunto de calibração numa tentativa de corrigir o efeito de dispersão da luz utilizada em leituras de refletância difusa, causado pela falta de homogeneidade das amostras (SABIN et al., 2004). Na MSC, cada espectro é corrigido por meio de regressão, de forma que todas as amostras tenham o mesmo nível de espalhamento da amostra de referência, correspondente à média espectral de todas as amostras (SILEONI et al. 2011; CHEN et al. 2013). O pré-tratamento com MSC simplifica o modelo e melhora a linearidade do conjunto espectral, reduzindo as diferenças e destacando áreas que são responsáveis pelas diferenças entre as amostras.

Na figura 8 estão apresentados os espectros das 660 amostras (individuais) (a) e 132 amostras (compostas) (b) de fezes de Caprinos e ovinos, pastejando em Caatinga em Sertânia-PE, na região de comprimento de onda 1100 a 2500 nm, tratados com MSC.

Após o tratamento com o MSC, pode-se observar que há semelhança no perfil, reduzindo apenas o espalhamento desses espectros, identificando semelhança na composição química entre os espectros. Dessa forma, fazendo a observação visual dos espectros, não se podem identificar grupos de amostras ou espectros fora de padrão, sendo necessária a análise de componentes principais (PCA), para observar a distribuição das amostras.

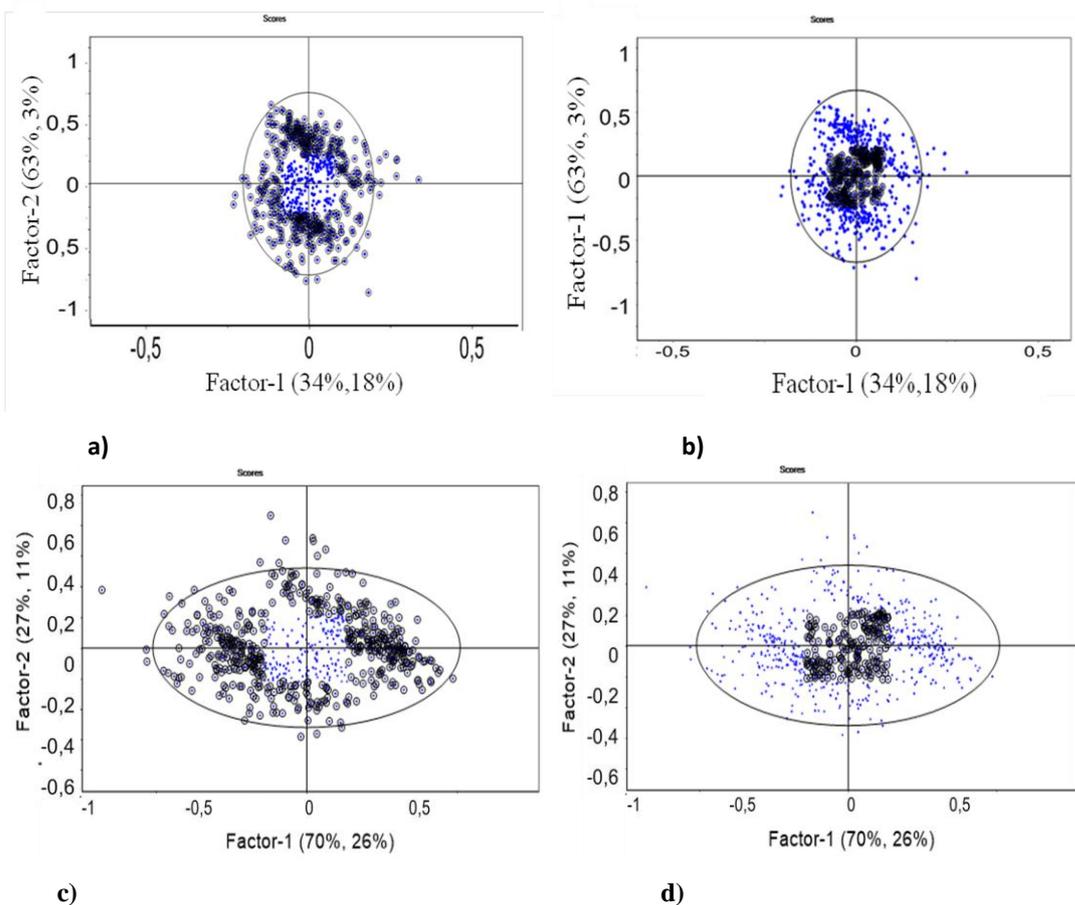


**Figura 8.** Distribuição do perfil espectral de 660 amostras (individuais) (a) e 132 amostras (compostas) (b) de fezes de Caprinos e ovinos Pastejando na Caatinga, na região de 1100 a 2500 nm Tratados com MSC.

A análise de componentes principais (PCA) é uma das mais importantes ferramentas da análise multivariada. Como uma ferramenta de análise exploratória a PCA permite revelar a existência ou não de amostras anômalas, de relações entre as variáveis medidas e de relações ou agrupamentos entre amostras (LYRA et al., 2010).

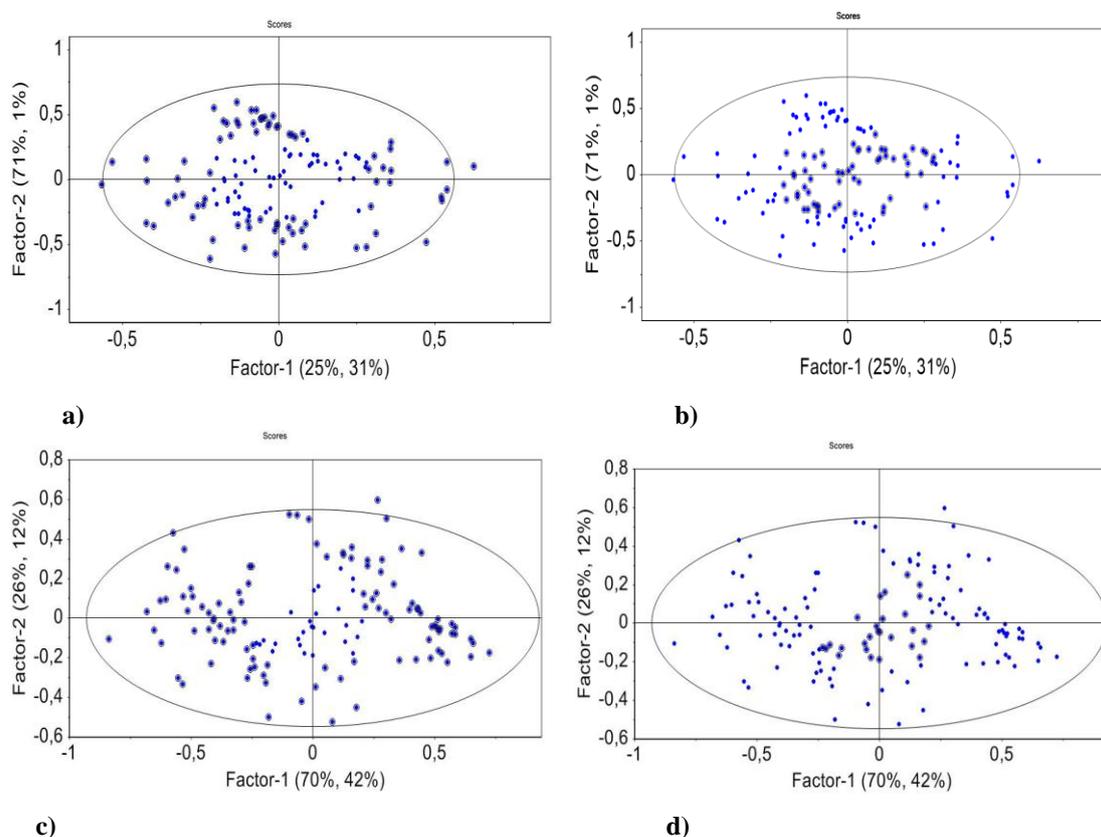
Nas figuras 9 e 10 estão expostos os escores de PCA e a seleção amostras de calibração (a) e validação (b) da proteína e a seleção amostras de calibração (c) e validação (d) de DIVMO, nas amostras individuais (figura 7) e compostas (figura 8) de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga, no sertão pernambucano.

Quando se avalia um experimento com um grande número de variáveis, é preciso identificar quais destas variáveis podem trazer informações relevantes. Muitas vezes um pequeno número dessas variáveis contém informações mais relevantes, enquanto a maioria adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados.



**Figura 9.** Escores de PCA e seleção amostras de calibração (a) e validação (b) da proteína e a seleção amostras de calibração (c) e validação (d) de DIVMO, nas amostras individuais de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga, no sertão pernambucano.

Na análise de PCA, o percentual de cada componente principal (PC) indica a quantidade de variância por cada componente. Nas amostras individuais de fezes (figura 9) são observados os escores para PC-1 (34%) *versus* PC-2 (63%) em relação ao set de amostras selecionadas para calibração (a) e validação (b) da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e PC-1 (70%) *versus* PC-2 (27%) para o set de amostra selecionadas para a calibração (a) e validação (b) proteína bruta (PB), o que significa dizer que 97% das variações encontradas, tanto para DIVMO como para PB, podem ser explicadas por dois componentes principais, o que mostra correlação entre as amostras. Para a seleção das amostras para a validação externa, foram retiradas 20% do total do banco.



**Figura 10.** Seleção amostras de calibração (a) e validação (b) da proteína e a seleção amostras de calibração (c) e validação (d) de DIVMO, nas amostras compostas de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga, no sertão pernambucano.

Nas amostras compostas de fezes (figura 10), são observados os escores para PC-1 (25%) *versus* PC-2 (71%) em relação ao set de amostras selecionadas para calibração (a) e validação (b) da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e

PC-1 (70%) *versus* PC-2 (26%) para o set de amostra selecionadas para a calibração (a) e validação (b) proteína bruta (PB), o que significa dizer que 96% das variações encontradas tanto para DIVMO como para PB, podem ser explicadas por dois componentes principais. Para a seleção das amostras para a validação externa, foram retiradas 20% do total do banco.

Para revelar agrupamentos de amostras foi aplicada uma medida de distância espectral baseada na distância euclidiana (Hotelling), que serve para avaliar proximidade das amostras ou outliers.

Em geral, as técnicas de análise exploratória são usadas para investigar a distinção ou semelhanças entre amostras de um determinado conjunto (BEEB et al., 1998). Pode-se verificar que não houve formação de grupos, onde são consideradas de maneira simultânea  $n$  variáveis e  $k$  amostras, desta forma os dois principais componentes podem explicar a variação dos resultados das variáveis, o que possibilitou realização do procedimento de seleção no banco total de amostras disponíveis para a calibração.

Na tabela 12 encontra-se a estatística descritiva dos parâmetros avaliados, pela análise de referência, nas amostras de extrusas de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga.

Estes resultados mostram a variação encontrada na composição de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e o teor de proteína bruta (PB), de caprinos e ovinos, nas diferentes estações do ano (chuva, TCS, seca e TSC), sob pastejo na Caatinga, analisados pelo método referência. Estas variações são importantes para explicar as variações encontradas pelos modelos NIR, já que este é um método de análise secundária, o NIRS não é mais preciso que o método de origem.

Os valores médios da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB), ficaram próximos aos encontrados por Formiga et al. (2011), que encontrou valores de 64,34 e 62,74% para DIVMO e 10,05 a 10,39% para caprinos e ovinos, respectivamente. Santos et al. (2009) encontraram valores que variaram de 10,64 a 17,19% de proteína bruta na dieta de ovinos Santa Inês.

**Tabela 12.** Estatística descritiva dos parâmetros avaliados em amostras de extrusas de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga.

Parâmetros	N	Media (%)	Min/Max (%)	DP	CV(%)	R <sup>2</sup>
<b>Amostras individuais</b>						
DIVMO	660	63,01	43,95-84,27	8,1	12,85	0,52
Proteína Bruta	660	16,36	7,67-28,18	3,77	23,04	0,53
<b>Compostas</b>						
DIVMO	132	63,01	50,87-79,67	6,95	11,03	0,71
Proteína Bruta	132	16,36	9,32-23,66	3,27	19,97	0,72
<b>Estações</b>						
DIVMO (chuva)	275	69,34	53,59-84,27	3,14	4,53	0,08
PB (chuva)	275	17,07	7,67-28,18	3,14	18,41	0,29
TSC Geral (DIVMO)	55	63,72	53,38-77,55	5,30	8,32	0,16
TSC Geral (PB)	55	14,86	11,63-19,24	1,83	12,32	0,08
Seca DIVMO (Geral)	165	58,02	43,95-73,66	5,60	9,66	0,21
Seca Geral (PB)	165	12,56	7,93-21,03	2,15	17,15	0,37
TCS Geral (DIVMO)	165	57,22	45,77-69,67	5,33	9,32	0,17
TSC Geral (PB)	165	19,48	12,91-25,92	3,03	15,59	0,51
<b>Espécies</b>						
Caprinos PB	360	18,59	7,93-28,18	3,98	21,43	0,49
Caprinos DIVMO	360	55,67	45,77-78,94	4,68	8,41	0,44
Ovinos PB	300	16,28	10,30-21,85	3,83	23,56	0,67
Ovinos DIVMO	300	65,76	43,95-84,27	8,72	13,26	0,60
<b>Espécies/Estações</b>						
			<b>Caprinos</b>			
DIVMO (Chuva)	270	62,10	45,77-78,94	7,24	11,66	0,49
PB (Chuva)	270	17,91	8,01-28,18	3,37	18,85	0,40
DIVMO Seca	90	56,96	45,77-59,49	4,31	7,56	0,08
PB Seca	90	12,77	7,93-16,21	2,17	16,98	0,31
			<b>Ovinos</b>			
DIVMO (Chuva)	225	67,93	46,28-84,27	8,25	12,15	0,69
PB (Chuva)	225	17,61	7,67-24,72	3,33	18,91	0,51
DIVMO (Seca)	75	59,29	43,95-73,66	6,74	11,38	0,41
PB (Seca)	75	12,31	7,97-21,03	2,12	17,25	0,49

N = número de amostras; DP = Desvio Padrão, CV = Coeficiente de Variação, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação

Na Tabela 13 são apresentados os modelos de calibração e validação utilizando o PLS, para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB) da dieta de caprinos e ovinos pastejando na Caatinga, utilizando-se de amostras individuais e amostras compostas.

Os desempenhos dos modelos desenvolvidos foram avaliados de acordo com o erro médio de calibração (RMSEC), erro médio de validação (RMSEP), coeficiente de

determinação ( $R^2$ ) dos valores previstos e de referência (WILLIAMS e SOBERING, 1995; WILLIAMS, 2001).

Entre os modelos de calibração para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB), os que apresentaram melhor desempenho avaliado pelo  $R^2$ , RMSEC e RMSEP, foram os modelos aplicados às amostras compostas com coeficiente de determinação para calibração e validação (0,84 e 83) e erro de calibração (4,45 e 4,55) para DIVMO e  $R^2$  (0,81 e 0,83) e RMSEC (1,35 e 1,40) para PB. Nestes modelos são contabilizadas as amostras de caprinos e ovinos durante todo o ano, porém com os valores da DIVMO e PB médios, ou seja, uma média dos cinco dias de coleta por animal/mês. Esses modelos apresentam melhor desempenho quando se avalia, apenas, pelos indicadores.

**Tabela 13.** Modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga.

Modelo	Pre-trat	Fator	Calibração				Validação			
			$R^2$	RMSEC	RPD	Bias	$R^2$	RMSEP	Bias	RPD
DIVMO (geral)	MSC	4	0,69	4,45	1,82	-0,0000533	0,58	4,55	0,8128	1,78
PB (Geral)	MSC	7	0,66	2,0123	1,87	-0,0000272	0,70	2,15	-0,1514	1,75
DIVMO (compostas)	MSC	4	0,84	2,84	2,45	-0,0000161	0,84	2,75	0,5742	2,53
PB (Composta)	MSC	8	0,81	1,35	2,44	-6,74E-08	0,83	1,40	-0,3397	2,34

Pre-trat = Pré-tratamento das amostras;  $R^2$  = coeficiente de determinação; RMSEC = erro médio de calibração; Bias = erro sistemático (viés); RMSEP = erro médio de validação; DIVMO = digestibilidade in vitro da matéria orgânica; PB = proteína bruta; MSC= Multiplicative Scatter Correction.

Analisando os modelos gerais e das compostas, basicamente ambos trazem consigo a mesma informação, apesar da diferença em seus indicadores de qualidade. Quando se utiliza o modelo geral, parte das variações não explicadas pelo modelo se deve às variações individuais relacionadas, neste caso, a interação entre o animal, pasto e o ambiente. Em um ambiente heterogêneo, como o de Caatinga, que possibilita ao animal diferentes composições da dieta durante o pastejo em curto espaço de tempo, é provável encontrar variações nas respostas obtidas pelos animais no mesmo dia de coleta (ex: preferência animal) e entre os dias de coleta (ex: diferentes sítios de pastejo),

essas variações contribuem para a redução dos valores de  $R^2$ . Quando as amostras são colocadas em médias, essas variações individuais entre os animais e o pasto dentro e entre os dias de coleta tendem a desaparecer, minimizando a quantidade de variáveis que não podem ser explicadas pelo modelo.

Isso pode ser observado na tabela 8 comparando os resultados das amostras da análise referencial, onde quando se utiliza a DIVMO e PB para as amostras individuais ( $n=660$ ), o  $R^2$  da análise referencial é de 0,52 e 0,53 para DIVMO e PB, respectivamente, com um desvio padrão de 8,1 e média 63,01% para DIVMO e 16,36% para PB. Mesmo utilizando uma análise referencial e de rotina laboratorial, a própria natureza dos dados, que trazem consigo variáveis não explicáveis, como exemplo a interação entre o pasto de o animal, dentro e entre os dias de coletas. Quando se utiliza as amostras de forma compostas, são as mesmas variáveis, avaliados pelo mesmo método, mas são retiradas suas variações entre os dias de coleta, dessa forma se produz um  $R^2$  de 0,71 e 0,72 e a mesma média 63,01 e 16,36% para DIVMO e PB, respectivamente.

Porém, se for observado, há uma redução nos valores de mínima e máxima, das variáveis encontradas. Trabalhando com as análises das amostras individuais os valores variam em amplitude de 43,95 a 84,27% de DIVMO e 7,67 a 28,18% de PB, diminuem para 50,87 a 79,67% de DIVMO e 9,32 a 23,66% para PB, trabalhando com as amostras compostas. Assim, as análises trazem a mesma resposta, mas em uma amplitude de resultados menor.

O mesmo ocorre para os modelos de NIRS. O modelo das amostras compostas mostram maiores coeficiente de determinação devido a ter menores variações, porém em relação à aplicação os modelos das amostras compostas terão menor amplitude de análise, podendo não prever grandes números de amostras, mesmo com maior  $R^2$ , já o modelo de amostras individuais terá maior robustez, englobando as variações das amostras e conseguindo prever maior número de amostras semelhantes.

Segundo Honorato et al. (2007), um modelo de calibração é considerado robusto, quando a resposta de novas amostras não é significativamente afetada por variações não calibradas. Dessa forma, é mais provável a adição de novas amostras afetem mais significativamente os modelos que utilizaram amostras compostas em relação aos modelos que utilizaram amostras individuais.

Deve-se salientar que, se um determinado conjunto de amostras não foi substancialmente afetado pelas fontes de variações em questão, um modelo local tenderia a gerar melhores predições que o modelo global (DESPAGNE et al., 2000). Contudo, o modelo global é mais robusto no sentido de que suas predições continuariam confiáveis em uma gama mais ampla de situações.

Para obter um modelo global, é necessário incluir na modelagem todas as variações esperadas (por exemplo, na preparação das amostras, nas condições ambientais e nos parâmetros instrumentais) em uma larga faixa de condições experimentais, a fim de minimizar ou até mesmo evitar variações não calibradas (HONORATO et al., 2007)

Na análise de regressão, o que se espera em um modelo de regressão é ter variáveis significativas e produzir um alto valor de  $R^2$ , pois indica que as mudanças nos indicadores estão relacionados com alterações na variável resposta e que o seu modelo explica muito da variabilidade dos seus dados.

Em alguns casos, é possível que preditores adicionais possam aumentar o verdadeiro poder explicativo do modelo. No entanto, em outros casos, os dados contêm inerentemente uma quantidade maior de variabilidade inexplicável. Por exemplo, muitos estudos de psicologia têm valores de R-quadrado menos que 50%, porque as pessoas são bastante imprevisíveis.

Outro indicador de qualidade dos modelos são os números de fatores, que indicam a complexidade deste modelo, neste caso os modelos de DIVMO se mostraram menos complexos utilizando apenas 4 fatores para ambos os modelos (geral e composto) que os de PB com números de fatores igual a 7 e 8 para geral e composta, respectivamente.

Outro indicador é a relação de desempenho de desvio (RPD), que serve para indicar a confiabilidade do modelo. O desempenho dos modelos de predição avaliados pelo RPD segue a classificação adotada por Chang et al. (2001), na classificação como: acurados ( $RPD > 2,0$ ), justos ou confiáveis ( $1,4 < RPD < 2,0$ ) e não confiáveis ( $RPD < 1,4$ ).

Utilizando a classificação por RPD de Chang et al. (2001), os modelos das amostras compostas receberão a mais alta classificação sendo considerados acurados com RPD de calibração (2,45 e 2,42) e validação (2,53 e 2,34), para a DIVMO e PB, respectivamente. Porém, os modelos das equações gerais foram considerados

confiáveis, mesmo com o grande número de variações incorporadas nestes, com RPD de calibração (1,82 e 1,87) e validação (1,78 e 1,75) para DIVMO e PB respectivamente.

Devido a grande influência das estações do ano sobre a qualidade do pasto e da dieta de pequenos ruminantes, foram determinados modelos de DIVMO e PB, nas diferentes períodos do ano como: chuva, transição chuva-seca (TCS), seca e transição seca-chuva (TSC).

Na tabela 14 estão descritos os modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por estações da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga.

**Tabela 14.** Modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por estações da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga.

Modelo	Pre-trat	Fator	Calibração				Validação			
			R <sup>2</sup>	RMSEC	Bias	RPD	R <sup>2</sup>	RMSEP	Bias	RPD
DIVMO (chuva)	MSC	5	0,45	4,55	-0,0000312	1,44	0,56	3,92	0,154	1,16
PB (Chuva)	MSC	9	0,54	2,01	-0,0000805	0,64	0,65	2,11	-0,420	0,95
DIVMO (TCS)	MSC	5	0,42	3,75	-0,0000533	0,70	0,32	3,39	0,29	1,10
PB (TCS)	MSC	9	0,40	1,44	0,00000236	0,78	0,31	1,39	0,0293	1,04
DIVMO (Seca)	MSC	4	0,64	2,80	0,0000221	0,50	0,28	3,50	-0,053	0,80
PB (Seca)	MSC	4	0,49	1,14	-0,0000171	0,53	0,26	1,16	0,64	0,98
DIVMO (TSC)	MSC	3	0,48	3,32	-0,0000423	0,62	0,17	3,35	-0,07	0,99
PB (TSC)	MSC	3	0,69	1,66	-0,0000742	0,54	0,65	1,61	-0,002	1,03

Pre-trat = Pré-tratamento das amostras; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; RMSEC = erro médio de calibração; Bias = erro sistemático (viés); RMSEP = erro médio de validação; DIVMO = digestibilidade in vitro da matéria orgânica; PB = proteína bruta; MSC= Multiplicative Scatter Correction.

Quando avaliados os modelos por estações, o melhor modelo avaliado pelos indicadores é o de PB no período de transição entre a seca e chuva (TSC), com valores de coeficiente de determinação para calibração e validação de 0,69 e 0,65, com os menores erros de 1,66 e 1,61, ficando próximos aos valores encontrados para o modelo geral da proteína para R<sup>2</sup> (0,66 e 0,70) e erro (2,01 e 2,15) para calibração e validação da

DIVMO e PB, respectivamente, e ficaram inferiores aos modelos das amostras compostas com  $R^2$  (0,81 e 0,83) e erro (1,35 e 1,40) para calibração e validação da DIVMO e PB, respectivamente.

Na região semiárida enquanto a temperatura, a radiação solar e os aportes de nutrientes no ecossistema variam relativamente pouco durante o ano, a precipitação comumente ocorre em eventos descontínuos, em forma de pulsos de relativa curta duração (NOY-MEIR, 1973). Essa descontinuidade dos pulsos de precipitação e influência de sua ocorrência sobre o pasto e a dietas dos animais tornam difícil à identificação precisa dos períodos (chuva, TCS, seca e TSC) associado às diferentes respostas das espécies (caprinos e ovinos) ao ambiente, pode explicar o desempenho dos modelos por estação.

O fraco desempenho dos modelos pode ser observado através do RPD, onde apenas o modelo calibração da DIVMO no período chuvoso pode ser considerado justo ou confiável com RPD de 1,44. Dessa forma, separar as estações, deixando dentro delas o efeito das espécies, mostrou-se ineficaz para calibração dos modelos.

Buscando retirar o efeito das espécies, foram feitos modelos para DIVMO e PB para caprinos e ovinos, separadamente.

Na tabela 15 estão descritos os modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por espécies da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga.

**Tabela 15.** Modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por espécies da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga

Modelo	Pre-trat	Fator	Calibração				Validação			
			$R^2$	RMSEC	Bias	RPD	$R^2$	RMSE P	Bias	RPD
Caprinos (DIVMO)	MSC	15	0,57	4,22	0,00000483	0,94	0,45	4,72	0,9279	0,84
Caprinos (PB)	MSC	10	0,70	1,90	-0,0000401	2,46	0,74	1,88	-0,3234	2,49
Ovinos (DIVMO)	MSC	10	0,65	4,00	0,00000443	0,95	0,62	4,20	0,7912	0,91
Ovinos (PB)	MSC	8	0,75	1,70	-0,0000411	5,13	0,77	1,60	-0,3031	5,45

Pre-trat = Pré-tratamento das amostras;  $R^2$  = coeficiente de determinação; RMSEC = erro médio de calibração; Bias = erro sistemático (viés); RMSEP = erro médio de validação; DIVMO = digestibilidade in vitro da matéria orgânica; PB = proteína bruta; MSC= Multiplicative Scatter Correction.

Quando foram separadas as espécies, os melhores modelos avaliados foram os modelos da espécie ovina, sendo que os modelos para obterem maior  $R^2$  de calibração e validação DIVMO (0,65 e 0,62) e PB (0,75 e 0,77), menores erros DIVMO (4,00 e 4,20) e PB (1,70 e 1,60).

Bomfim et al.(2015), fazendo uma análise exploratória através do NIR fecal sobre a semelhança dos espectros de caprinos e ovinos pastejando no nordeste brasileiro, observaram que 100% das amostras identificadas como sendo de ovinos estavam contidas no conjunto de dados dos caprinos e o contrário não se repetia, apenas 97% das amostras identificadas como de caprinos estavam contidas no banco de dados dos ovinos, os autores atribuíram a isso a plasticidade da dieta dos caprinos. A maior plasticidade da dieta de caprinos agrega mais variações aos modelos, o que explica a superioridade dos modelos para ovinos.

Os modelos gerais para PB por espécie apresentaram melhores  $R^2$  para validação e calibração para caprinos (0,70 e 0,74) e ovinos (0,75 e 0,77), além de menores erros para calibração e validação de caprinos (1,90 e 1,88) e ovinos (1,70 e 1,60), que o modelo de PB geral com valores de calibração e validação de  $R^2$  (0,66 e 0,70) e erro de 2,01 e 2,15. Dessa forma, para se prever PB em um modelo geral, pode-se separar as espécies e se obter um melhor resultado.

Avaliados pelo RPD, os modelos de proteína ficaram bem ajustados com RPD de calibração e validação para caprinos (2,46 e 2,49) e ovinos (5,13 e 5,45), superiores a 2, sendo, então, considerados acurados.

Para evitar os efeitos das espécies sobre a qualidade da dieta, devido aos diferentes hábitos alimentares e diferentes respostas ao meio, influenciados diretamente pela presença ou não de pulsos de precipitação, foram feitas as modelagens para as duas épocas do ano (chuva e seca) em relação às espécies.

Na tabela 16 estão descritos os modelos de calibração e validação utilizando-se o PLS para digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por espécies dentro dos períodos chuvoso e seco da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga.

Observando os modelos, apenas o modelo de PB dos ovinos, no período chuvoso, desempenho superior aos anteriormente citados, levando em consideração que é um modelo com análises de amostras individuais (grande variabilidade), o que dá

robustez ao modelo, o coeficiente de determinação para calibração e validação foram de 0,80 e 0,73, com erros de 1,68 e 1,80.

**Tabela 16.** Modelos de calibração e validação utilizando o PLS para digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO) e para proteína bruta (PB) por espécies dentro dos períodos (chuvoso e seco), da dieta de caprinos e ovinos, pastejando na Caatinga.

Modelo	Pre-trat	Fator	Calibração				Validação			
			R <sup>2</sup>	RMSEC	Bias	RPD	R <sup>2</sup>	RMSEP	Bias	RPD
Estação/Espécie			Caprinos							
DIVMO (chuva)	MSC	9	0,53	4,73	0,00000825	1,53	0,31	4,93	0,3667	1,47
PB (Chuva)	MSC	9	0,54	2,01	-0,0000805	1,68	0,65	2,11	-0,4206	1,60
DIVMO (Seca)	MSC	11	0,44	2,32	-0,0000166	1,86	0,37	2,60	-0,9544	1,66
PB (Seca)	MSC	4	0,44	1,61	-0,0000045	1,35	0,37	1,55	0,2442	1,4
			Ovinos							
DIVMO (chuva)	MSC	11	0,55	4,33	0,00000425	1,90	0,48	4,25	0,3071	1,94
PB (chuva)	MSC	13	0,80	1,68	-0,0000143	1,98	0,73	1,80	-0,4101	1,85
DIVMO (Seca)	MSC	6	0,49	4,12	0,00000261	1,64	0,49	4,93	-1,3493	1,37
PB (Seca)	MSC	10	0,72	0,92	-0,0000782	2,3	0,62	1,19	-0,3554	1,78

Pre-trat = Pré-tratamento das amostras; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; RMSEC = erro médio de calibração; Bias = erro sistemático (viés); RMSEP = erro médio de validação; DIVMO = digestibilidade in vitro da matéria orgânica; PB = proteína bruta; MSC= Multiplicative Scatter Correction.

Observando os modelos, é possível dizer que os melhores desempenhos utilizando os indicadores R<sup>2</sup>, RMSEC e RMSEP foram para os modelos utilizando as amostras compostas, porém com a finalidade de identificar a qualidade da dieta de pequenos ruminantes em pastejando na Caatinga e devido a grande variabilidade que pode haver nessas dietas, a utilização destes modelos pode não ser a mais indicada. Entretanto, estes servem para afirmar que a tecnologia de NIR fecal, consegue correlacionar de forma eficiente, o espectro fecal com a qualidade da dieta desses animais, podendo ser aplicada para o monitoramento do estágio nutricional dos pequenos ruminantes pastejando na Caatinga.

O modelo geral pode ser aplicado para prever a DIVMO e a PB da dieta de pequenos ruminantes, podendo a separação por espécies melhorar a predição de PB, assim como a utilização de um modelo de PB para ovinos no período chuvoso.

Avaliando os modelos das espécies por estação (chuvosa ou seca) todos os modelos de DIVMO e PB, para diferentes espécies e estações foram considerados justos ou confiáveis.

### **Conclusões**

A espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) proporciona boa precisão para determinar a composição de PB e DIVMO da dieta de pequenos ruminantes pastejando na Caatinga.

A utilização de um modelo global para as duas espécies, nas diferentes estações (Chuva, TCS, Seca e TSC), é considerado viável para prever a dieta de pequenos ruminantes na Caatinga, devido a maior robustez do modelo.

A tecnologia NIRS fecal mostrou-se uma grande alternativa para substituição parcial do uso de animais fistulados na coleta de amostra, desde que seja feita a calibração corretamente.

Mesmo em ambientes heterogêneos como o de Caatinga, o NIR se mostrou eficaz, sendo o limite de sua utilização o método de amostragem na calibração.

### **Referências**

ARAÚJO FILHO, J.A., SOUSA, F.B., CARVALHO, F.C. Pastagens no semi-árido: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: pesquisa para o desenvolvimento sustentável, 1995. Brasília, DF. **Anais** / editado por R.P. de Andrade, A de o. Barcellos e C. M. da Rocha. Brasília:SBZ, 1995. p.63-75.

BOMFIM, M. A. D.; MEDEIROS, A. N. ; VIEIRA, A. M. B. ; et al. . Exploratory analysis NIR fecal spectra of goats and sheep grazing Brazilian rangelands. **Anais...** In: 17th International Conference on Near Infrared Spectroscopy, 2015, Foz do Iguaçu, 2015.

BEEBE, K.R.; PELL, R.J; SEASHOLTZ, M.B. **Chemometrics A Practical Guide**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

CHANG, C.W.; LAIRD, D.A.; MAUSBACH, M.J.; et al. Near-infrared reflectance spectroscopy – principal components regression analysis of soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.480-490, 2001.

CHEN, H.; SONG, Q.; TANG, G; et al. The combined optimization of SavitzkyGolay smoothing and multiplicative scatter correction for FT-NIR PLS models. **Spectroscopy**, 2013:1-9.

COLEMAN, S. W.; STUTH, J. W; HOLLOWAY, D. J. W. Prediction of intake by near-infrared spectroscopic analysis of fecal samples. Pages 145–155 in Proc. Symp. Intake in Feedlot Cattle. F. N. Owens, D. Gill, K. Lusby, and T. McCollum, ed. Publ. **Oklahoma Agric. Exp. Sta. MP-942**. Oklahoma Exp. Sta., Stillwater. 1995.

COATES, D.B. **Faecal spectroscopy (NIRS) for nutritional profiling of grazing cattle**. In: Eldridge, D., Freudenberger, D. (Eds.), *People and Rangelands: Building the Future*. Proc. 6th Intl. Rangeland Congress, Townsville (Queensland, Australia), vol.1. International Rangeland Congress Aitkenvale, Australia, p. 466–468, 1999.

DESPAGNE, D.L; MASSART, M.; JANSEN & H. VAN DAALEN. "Intersite transfer of industrial calibration models". **Anal. Chim. Acta**, 406, 233-245, 2000.

FORMIGA, L. D. A. S. ; PEREIRA FILHO, J. M. ; OLIVEIRA, N.S. ; et al. Valor nutritivo da vegetação herbácea de caatinga enriquecida e pastejada por ovinos e caprinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, p. 403-415, 2011.

HONORATO, F. A.; MARTINS, M. N. ; GALVÃO, R. K. H. ; et al. Transferência de Calibração em Métodos Multivariados. **Química Nova**, v. 30, p. 1301-1312, 2007.

IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação 2012**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#MAPAS](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS). Acesso em: 08/01/2016.

LANDAU, S.; GLASSER, T.; DVASH, L. Monitoring nutrition in small ruminants with the aid of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technology: A review. **Small Ruminant Research**, v.61, n.1, p.1-11, 2006.

LANDAU, S.; GLASSER, T.; DVASH, L.; et al. Fecal NIRS to monitor the diet of Mediterranean goats. **S. Afr. J. Anim. Sci.** 34:76–80. 2004.

LEITE, E.R.; STUTH, J.W. Fecal NIRS equations to assess diet quality of free ranging goats. **Small Rumin. Res.** 15, 223–230. 1995.

LYONS, R.K.; STUTH J.W. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. **Journal of Range Management**, v.45, n.3, p.238-244, 1992.

LYRA, W.S.; SILVA, E.C.; ARAÚJO, M.C.U.; et al. Classificação periódica: um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. **Química Nova**, 33:1594-1597, 2010.

NOY-MEIR, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. **Annual Reviews Ecology System**, v. 4, p. 25–41.

RANGEL, A. H. N. ; LIMA JÚNIOR, D. M. ; BRAGA, A. P. ; et al. Suprimento e demanda de nutrientes em sistemas em não equilíbrio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, p. 14-24, 2009.

SABIN, J. G.; FERRÃO, M. F.; FURTADO, J. C. Análise multivariada aplicada na identificação de fármacos antidepressivos. Parte II: Análise por componentes principais (PCA) e o método de classificação SIMCA. RBCF. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 40, n.3, p. 387-396, 2004.

SANTOS, G. R. A. ; BATISTA, A. M. V; GUIM, A; et al. Composição química e degradabilidade in situ da ração em ovinos em área de caatinga no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 384-391, 2009.

SANTOS, G. R. A.; BATISTA, A.V; GUIM, A.; et al.. Determinação da Composição Botânica da Dieta de Ovinos em Pastejo na Caatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1876-1883, 2008.

SIESLER, H., OZAKI, W., KAWATA, S., et al. **Near-infrared spectroscopy: principles instruments applications**. Wiley-VCH, 2002

SILEONI, V.; VAN DEN BERG, F.; MARCONI, O.; et al. Internal and external validation strategies for the evaluation of long-term effects in NIR calibration models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 59:1541-1547, 2011.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York, 476 p., 1994.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. O & B Books, Corvallis, Oregon, 1982.

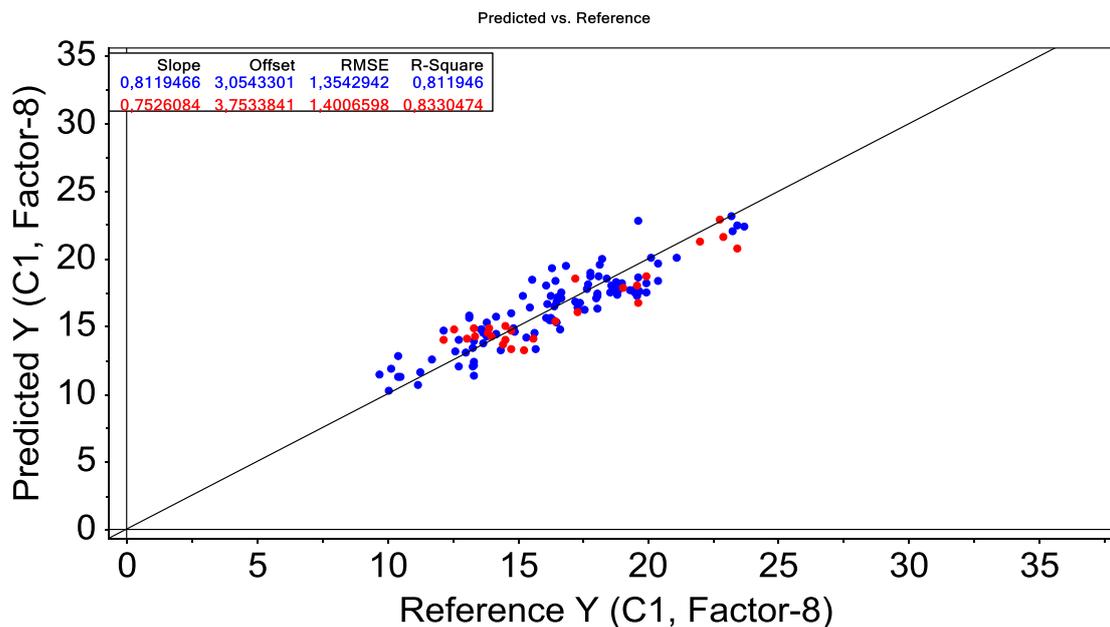
VAN SOEST, P.J. et al. Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. **Helsinki: Finish Grassland Association**,. P438-441, 1966.

WILLIAMS, P. & NORRIS, K. **Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. 2 nd**. American Association of Cereal Chemists St Paul. 2001.

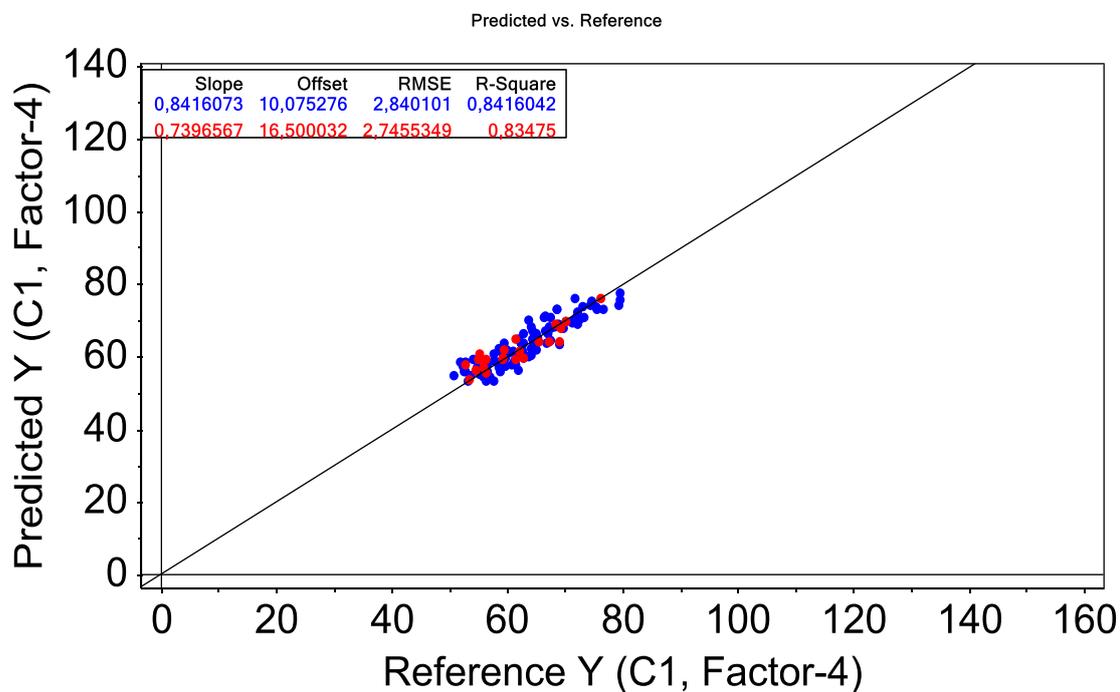
WILLIAMS, P. C.; SOBERING, D. C. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v.1, n.1, p.25-33, 1993.

## **Anexo**

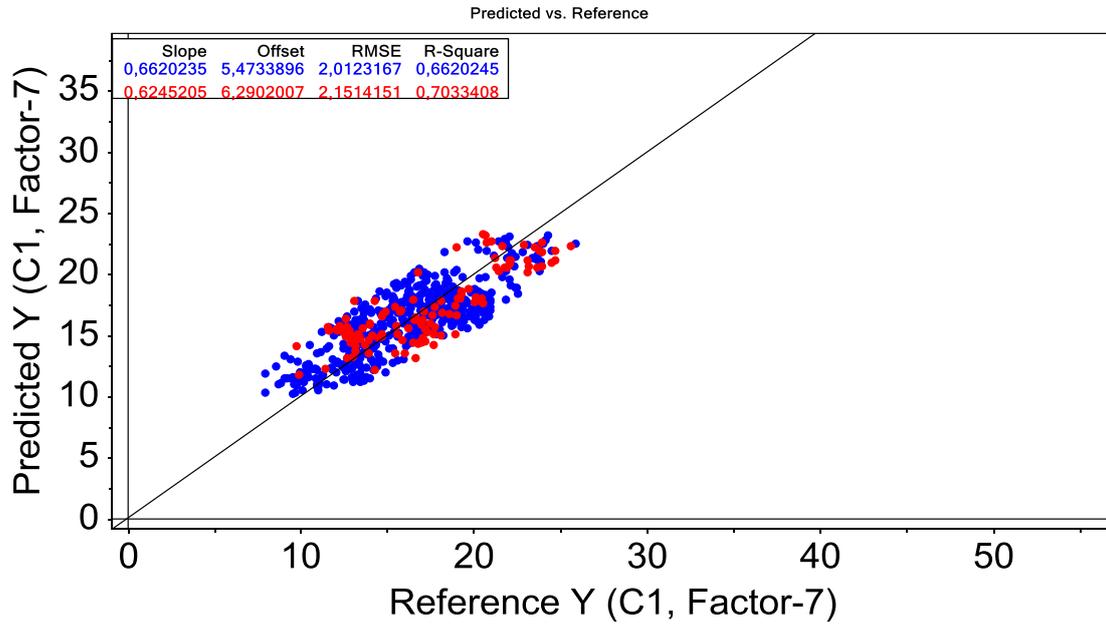
**Anexo 1.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o modelo das amostras compostas.



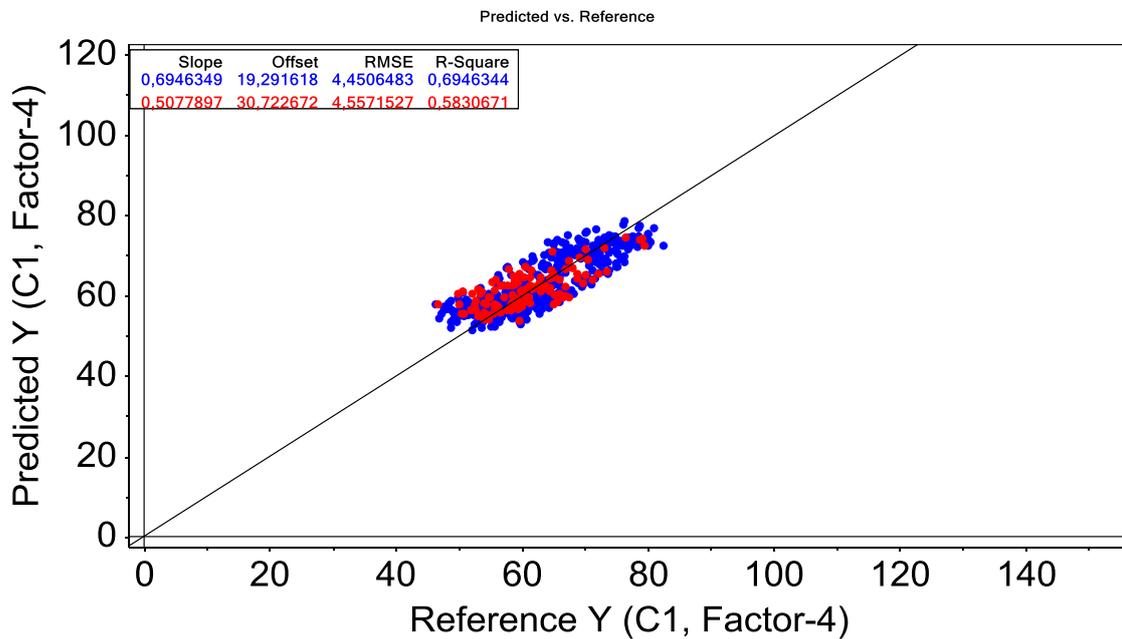
**Anexo 2.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo das amostras compostas.



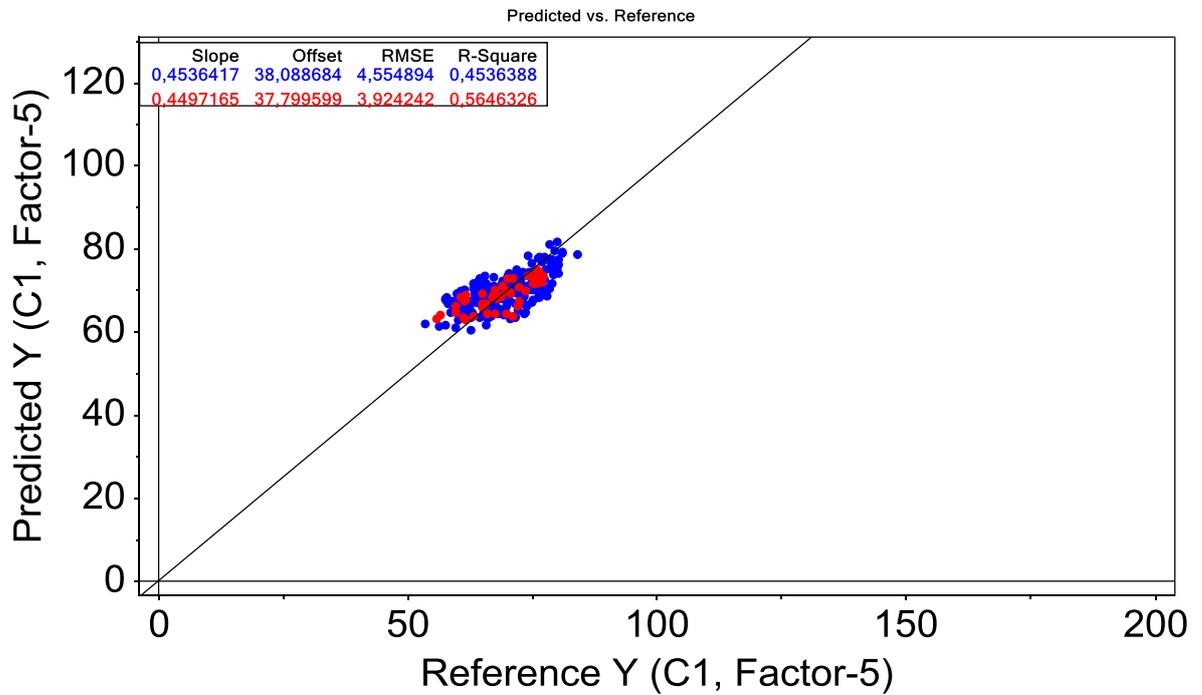
**Anexo 3.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o modelo global.



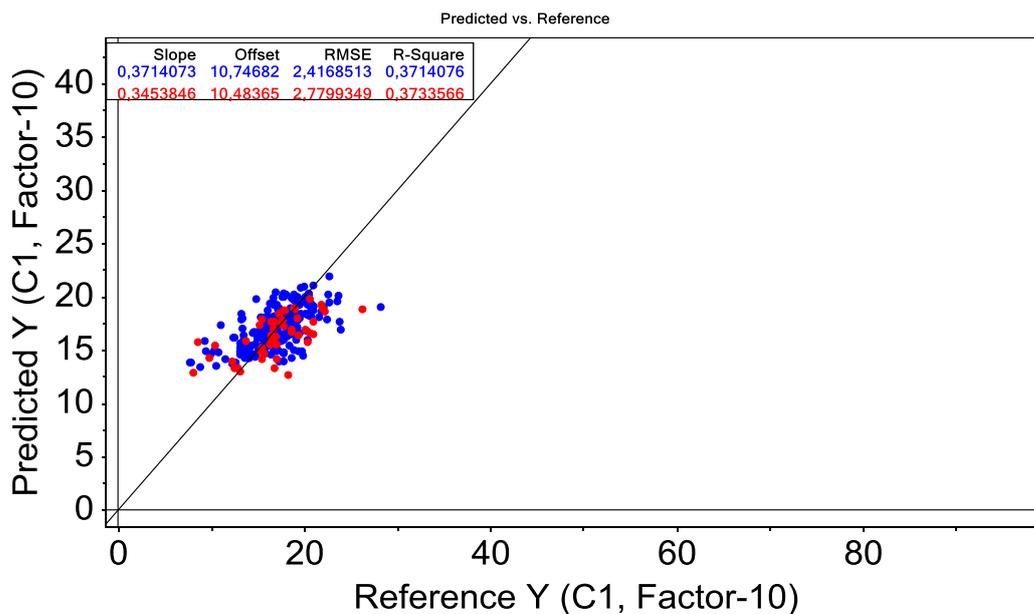
**Anexo 4.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global.



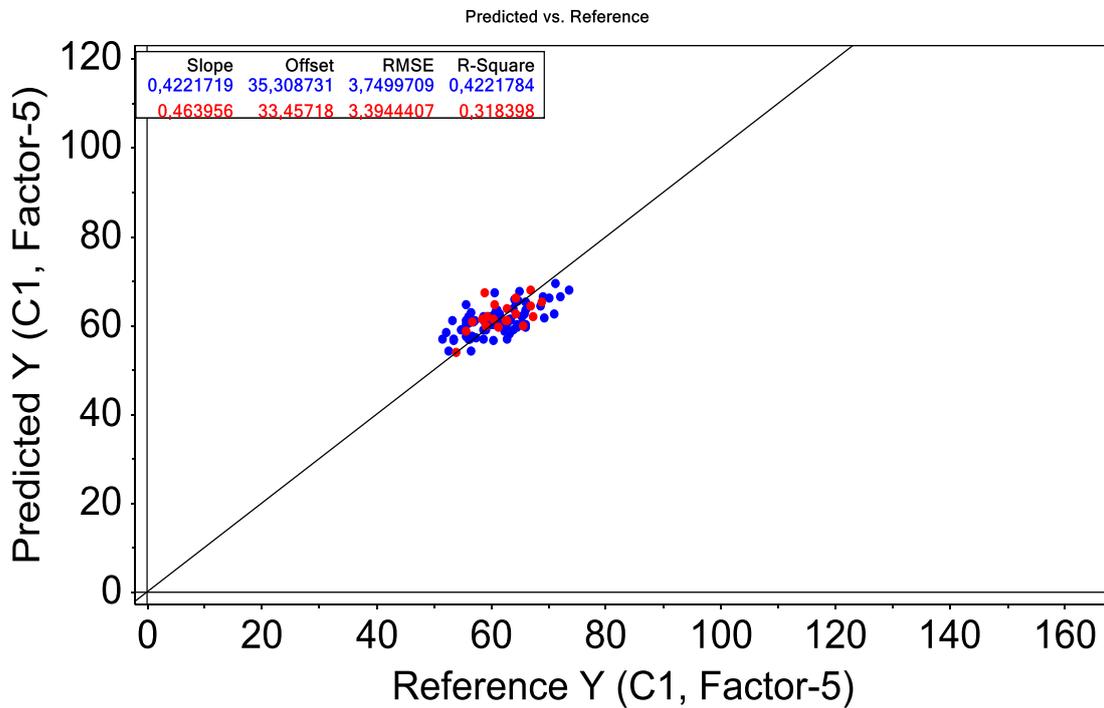
**Anexo 5.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo da estação chuvosa.



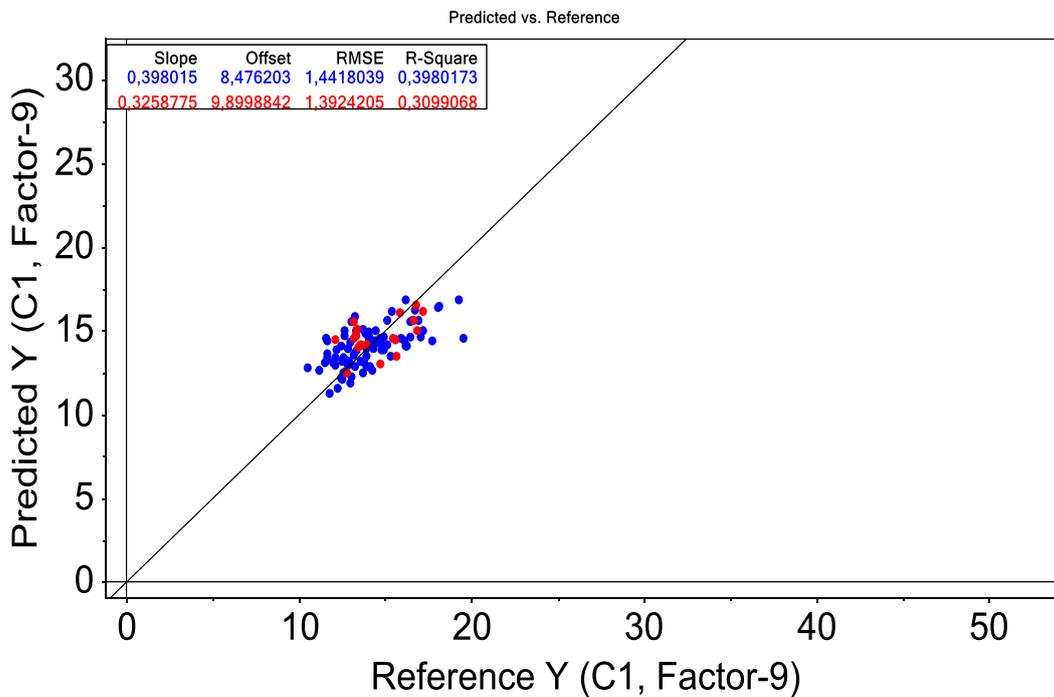
**Anexo 6.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação chuvosa.



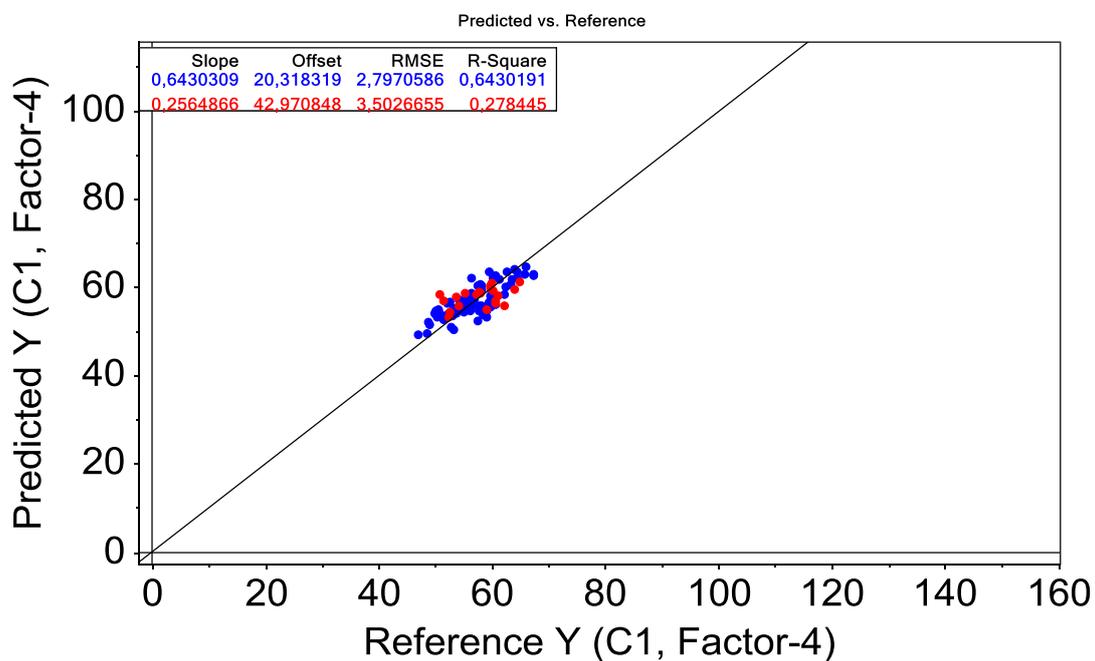
**Anexo 7.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo da estação de transição chuva para seca (TCS).



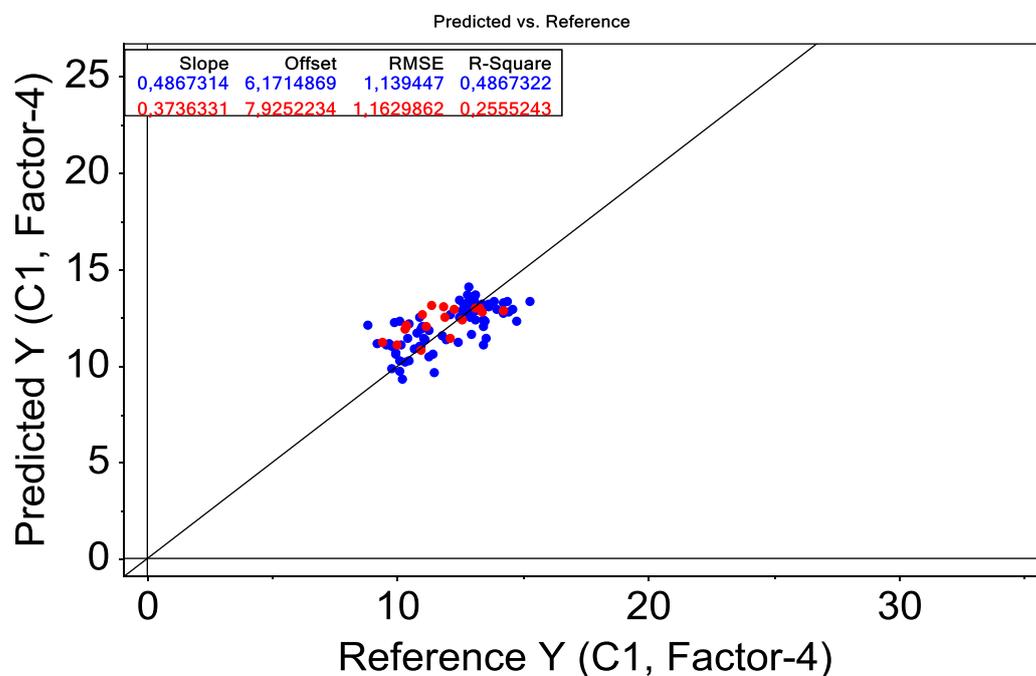
**Anexo 8.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação de transição chuva para seca (TCS).



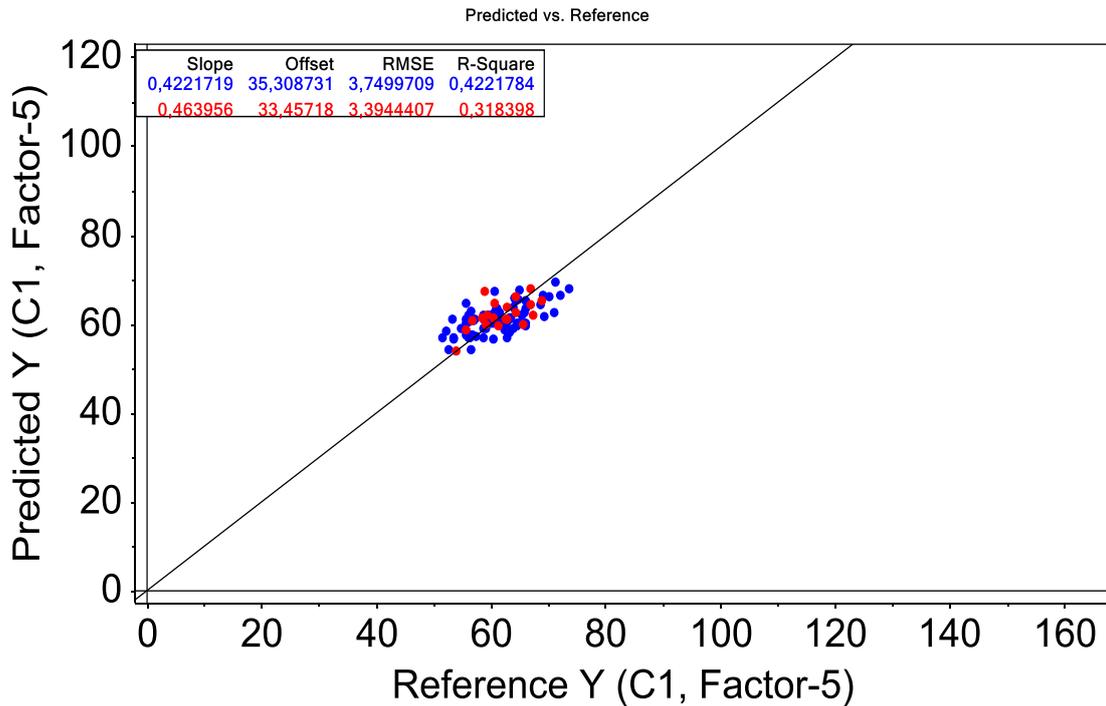
**Anexo 9.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo da estação Seca.



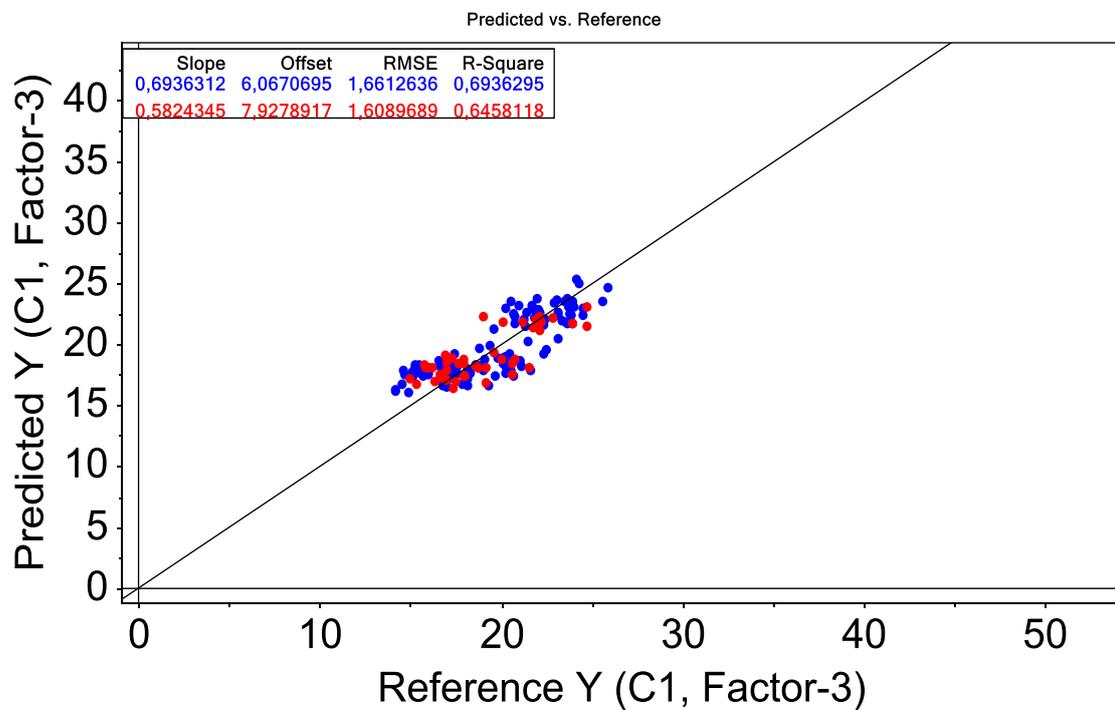
**Anexo 10.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação da estação Seca



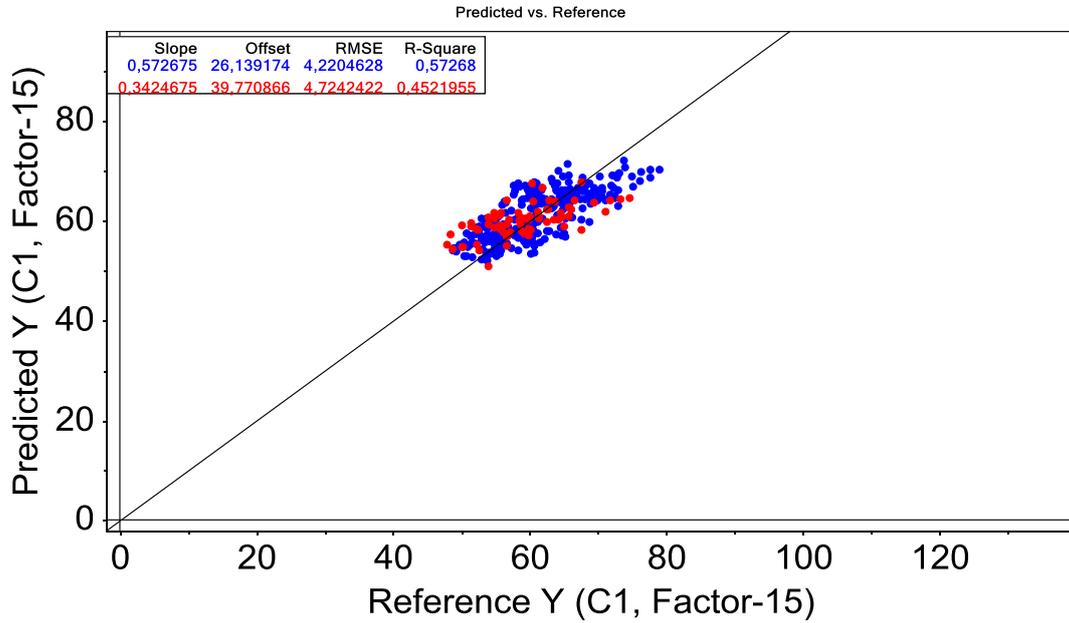
**Anexo 11.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo de transição entre a seca e chuva (TSC).



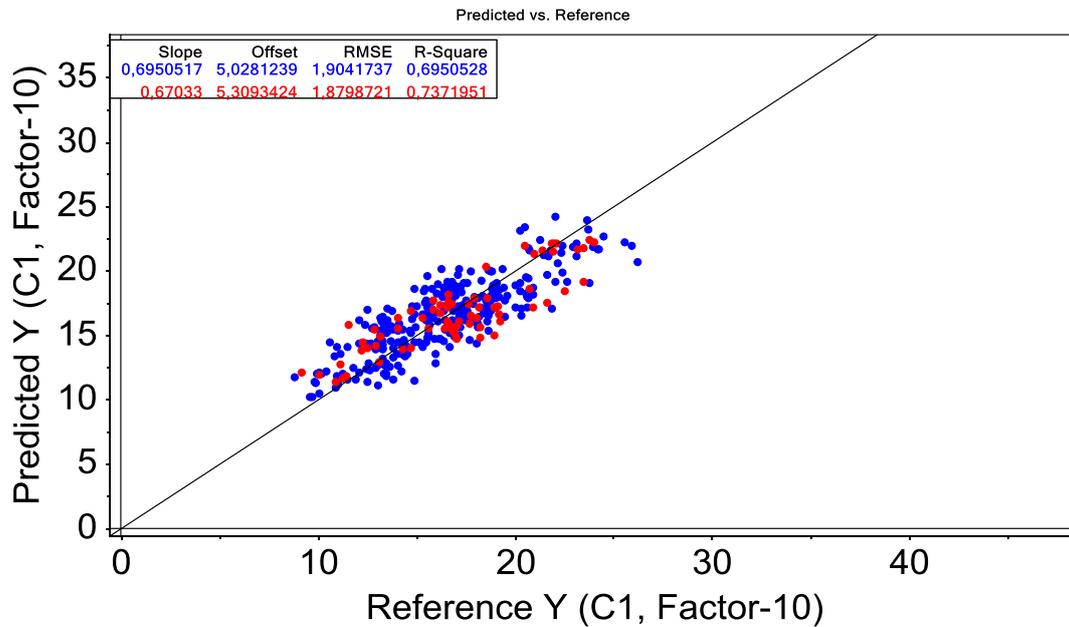
**Anexo 12.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação transição entre a seca e chuva (TSC).



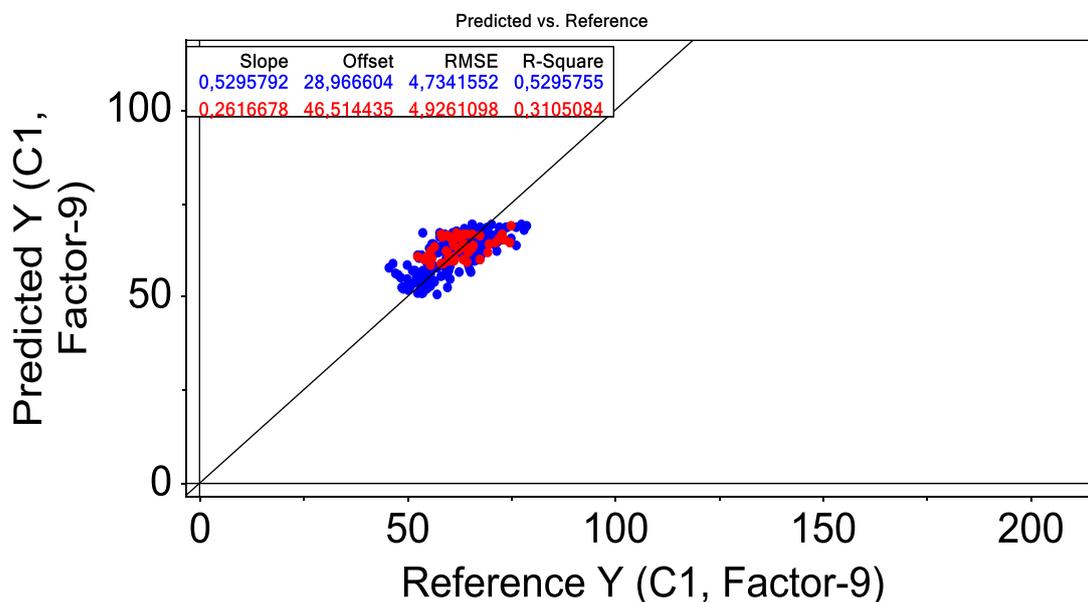
**Anexo 13.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie caprina.



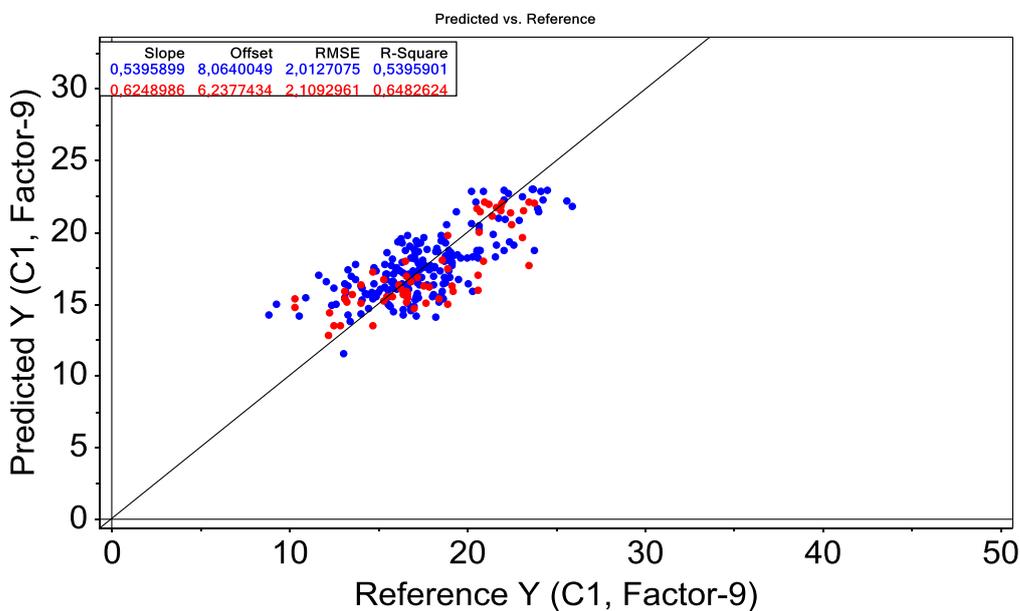
**Anexo 14.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o para o modelo da estação o modelo global da espécie caprina.



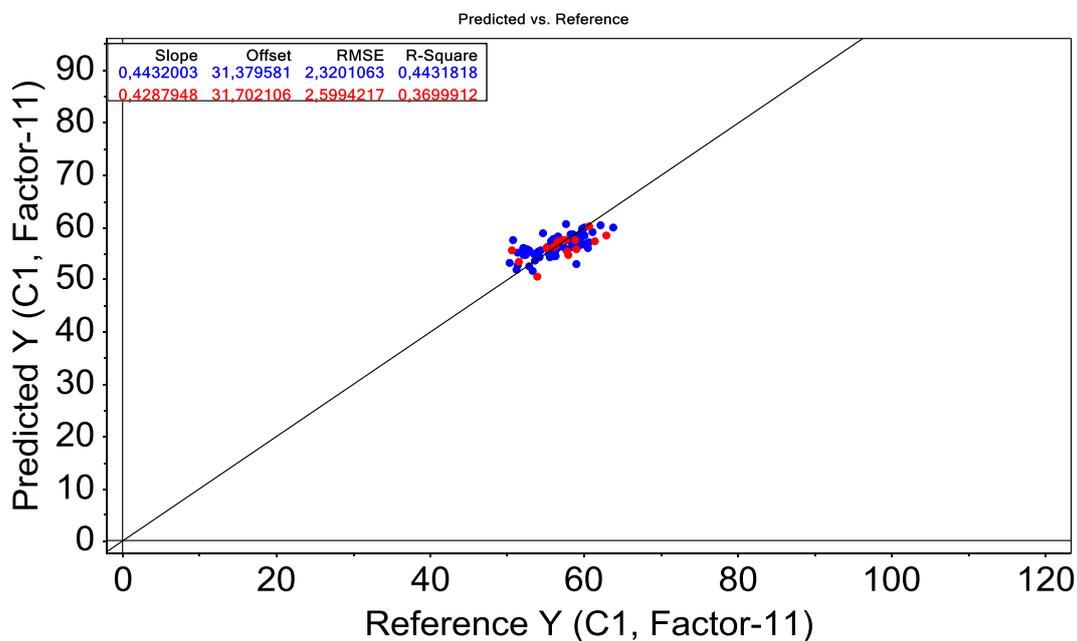
**Anexo 15.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie caprina para o período chuvoso (chuva).



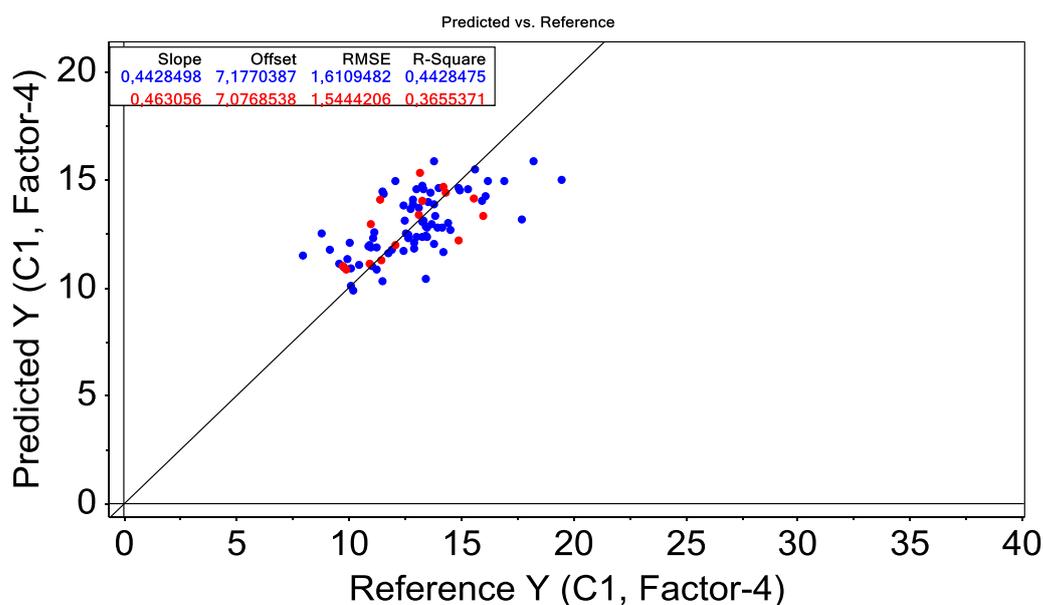
**Anexo 16.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), o para o modelo modelo global da espécie caprina para o período chuvoso (chuva).



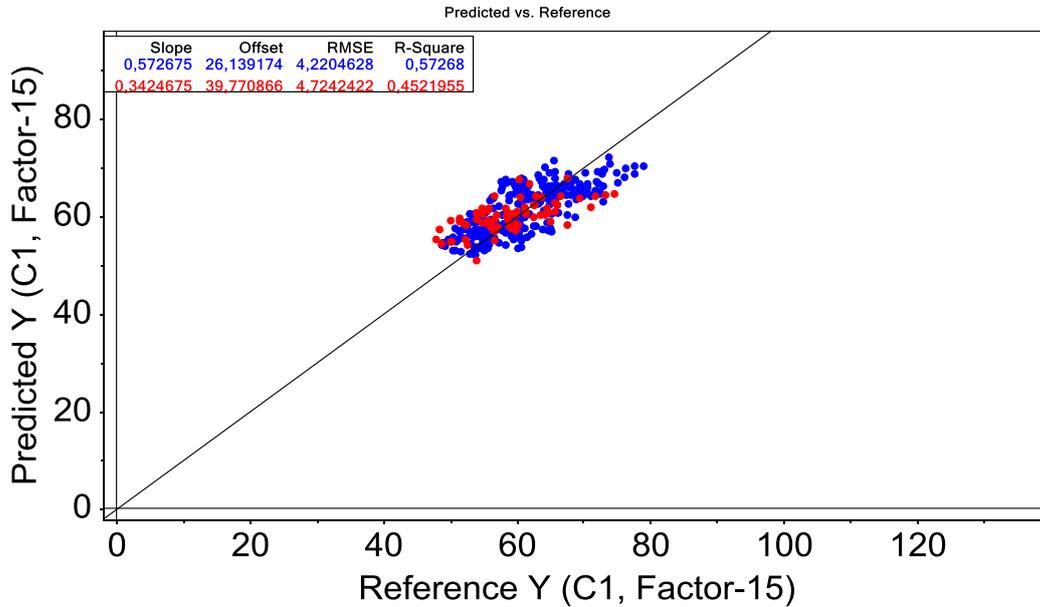
**Anexo 17.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie caprina para o período seco (Seca).



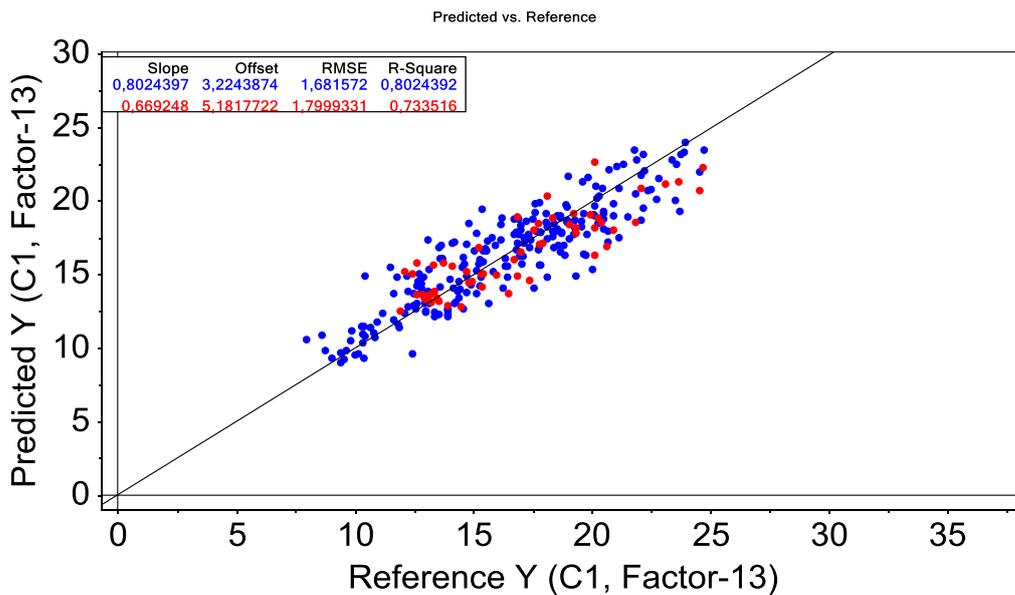
**Anexo 18.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da proteína bruta (PB), para o modelo global da espécie caprina para o período seco (Seca).



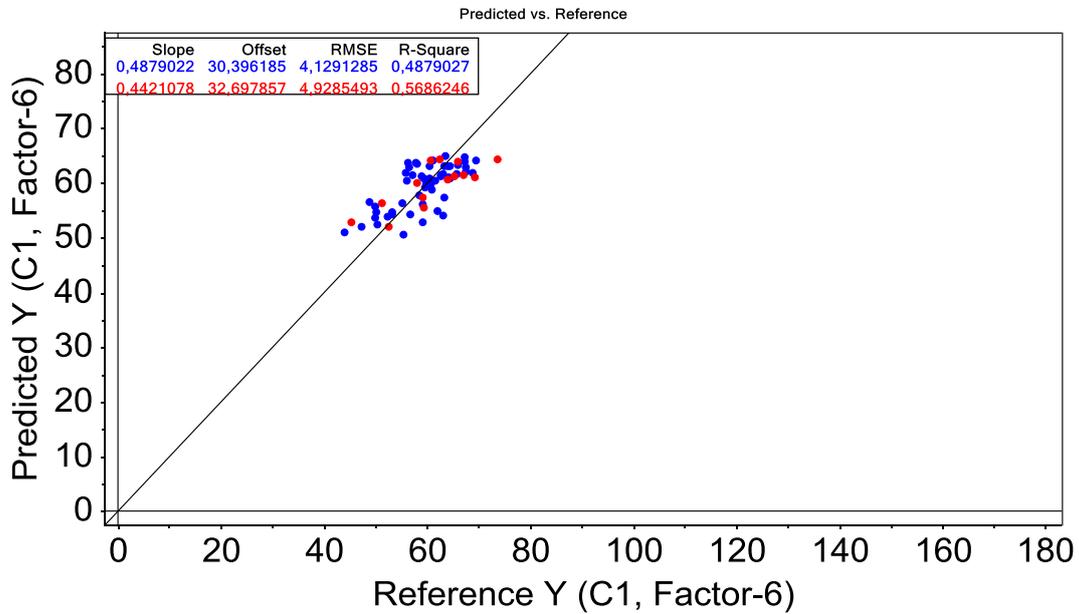
**Anexo 19.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie ovina no período chuvoso (Chuva).



**Anexo 20.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie ovina para o período chuvoso (Chuva).



**Anexo 21.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie ovina no período seco (Seca).



**Anexo 22.** Gráfico de do modelo de calibração e validação da digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), para o modelo global da espécie ovina para o período chuvoso (Chuva).

