



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

**DEFICIÊNCIA DE MACROMINERAIS EM OVINOS NO SEMIÁRIDO DE
PERNAMBUCO**

WILLDER RAFAEL XIMENES CUNHA

RECIFE

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

Deficiência de Macrominerais em Ovinos no Semiárido de Pernambuco

WILLDER RAFAEL XIMENES CUNHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biociência Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biociência Animal.

Orientador: Dr. Fábio de Souza Mendonça
Coorientador: Dr. Valdir Morais de Almeida

RECIFE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C972d Cunha, Willder Rafael Xlmenes
Deficiência de macrominerais em ovinos no Semiárido de Pernambuco / Willder Rafael Xlmenes
Cunha. - 2021.
47 f. : il.
- Orientador: Fabio de Souza Mendonca.
Coorientador: Valdir Morais de Almeida.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em
Bióciência Animal, Recife, 2021.
1. Deficiência mineral. 2. Necropsia. 3. Ovinocultura. 4. Produtividade. 5. Quadro clínico. I. Mendonca,
Fabio de Souza, orient. II. Almeida, Valdir Morais de , coorient. III. Título

CDD 636.089

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

**DEFICIÊNCIA DE MACROMINERAIS EM OVINOS NO SEMIÁRIDO DE
PERNAMBUCO**

Dissertação de Mestrado elaborada por

WILLDER RAFAEL XIMENES CUNHA

Aprovada em 28 de Junho de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fábio de Souza Mendonça
Orientador e Presidente da Banca
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Valdir Morais de Almeida
Coorientador
Departamento de Reprodução Animal
Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Saúde e Tecnologia Rural

Drª Nathalia dos Santos Wicpolt
Pós-Doutoranda
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Wellison Jarles da Silva Diniz
Pós-Doutorando
Department of Animal Sciences
North Dakota State University

A Ele que ilumina cada pensamento meu, que me motiva
e me dá forças para permanecer firme,
por todo o Seu amor, amizade e por todos os cuidados

A Deus pai todo poderoso, dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS por ter me concedido o dom da vida, por todas as conquistas e vitórias, além da força, da coragem e da sabedoria nas horas difíceis.

Aos meus pais (Wilmar Rafael e Marinês Ximenes), por todos os ensinamentos e amor, mesmo pouco tempo juntos, mas o suficiente para me tornar mais encorajado e perseverante na caminhada árdua.

A minha irmã (Willderlânia Ximenes) que sempre me apoiou e acrescentou em ensinamentos com a vida e em trabalhos com sua didática do processo de ensino e aprendizagem, mostrando todo o seu dom pedagógico.

A minha esposa e médica veterinária, Roberta S. B. Gomes Ximenes, que incansavelmente me incentivou e ajudou nessa caminhada.

A todos os familiares e amigos que sempre me apoiaram e incentivaram para que eu pudesse realizar um sonho pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Fábio Mendonça, agradeço por todo o aprendizado científico e por todo o ensinamento humanitário. Seu olhar para seus orientados tem um cuidado e um grande afeto. Obrigado pela amizade e a confiança estabelecida nesse período.

Ao Prof. Dr. Valdir Almeida, responsável por minha apresentação ao professor Fábio e indicação do programa de pós-graduação da UFRPE e posteriormente tornando-se co-orientador. Obrigado por tudo! Tenho imensa gratidão por tê-lo como co-orientador e amigo.

Aos colaboradores da Clínica de Bovinos de Garanhuns (CBG), pois forneceram todo o apoio na realização e acondicionamento das amostras durante todo o experimento.

A todos que fazem o laboratório de diagnóstico animal coordenado pelo professor Fábio Mendonça e a todos do laboratório de doenças nutricionais e metabólicas do centro de pesquisa em caprinos e ovinos, coordenado pelo professor Pierre Castro, ambos localizados na Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo companheirismo e ajuda em todos os âmbitos do meu mestrado.

À UFRPE, por ser uma universidade mãe que apoia e dá suporte. E agradeço também ao PPGBA (Programa de Pós-Graduação em Biociência animal), que está inserido nessa Universidade que nos proporcionou grande aprendizado junto aos

professores e a cada colega que convivi, a Coordenação pelo excelente trabalho e à secretária Jaqueline pela prestação dos serviços.

Obrigado à FACEPE e ao CNPq por fomentar o desenvolvimento deste mestrado.

OBRIGADO!!!

RESUMO

Os minerais desempenham funções essenciais ao metabolismo corpóreo dos animais. Sabe-se que baixos teores séricos de minerais pode ser indicativo de deficiência e mesmo que essa seja leve ou moderada acarreta prejuízos econômicos em decorrência dos impactos negativos na produtividade. Por conhecerem as pastagens brasileiras, vários pesquisadores informam que as mesmas não apresentam em sua composição níveis minerais desejados e conseqüentemente não atendem às necessidades diárias dos ruminantes a pasto. Portanto, há a necessidade de suplementação mineral dos rebanhos. Na região do Nordeste brasileiro, o principal tipo de criação de pequenos ruminantes é o sistema extensivo, o que predispõe a ocorrência de surtos de deficiência de algum tipo de mineral. Sendo assim, o foco da nossa pesquisa buscou caracterizar a ocorrência, os aspectos clínico-epidemiológicos e patológicos das deficiências de alguns minerais, bem como entender suas conseqüências para o rebanho ovino no estado de Pernambuco. Durante o experimento foram coletados soro e saliva de 55 ovelhas em 6 diferentes fazendas da região do agreste e sertão de Pernambuco. Os níveis de Na, K e Cl foram determinados por teste colorimétrico, utilizando kits comerciais em analisador bioquímico semiautomático. As concentrações séricas médias variaram de $131,5 \pm 13,1$ mEq/L a $172,4 \pm 9,3$ mEq/L para Na, $6,28 \pm 1,3$ mEq/L a $13,9 \pm 1,4$ mEq/L para K e $91,6 \pm 54,8$ mEq/L a $113,6 \pm 1,5$ mEq/L para Cl. As concentrações salivares médias variaram de $119,4 \pm 9,5$ mEq/L a $161,8 \pm 15,2$ mEq/L para Na, $10,1 \pm 3,1$ mEq/L a $22,3 \pm 2,3$ mEq/L para K, e a razão Na: K variou de $6,0 \pm 1,3$ mEq/L a $11,8 \pm 4,1$ mEq/L. Esses resultados mostraram que os ovinos criados nas fazendas dessa região apresentam deficiência marginal de sódio. Em uma das fazendas estudadas, ovelhas apresentavam um quadro clínico severo de deficiência de Na. Observou-se que os animais apresentavam apatia, voracidade por sal, polidipsia, poliúria, tosse seca, inapetência, alotriofagia, fraqueza, dificuldade de se levantar e se movimentar, magreza, desidratação e chegando até a morte. Na necropsia, o conteúdo ruminal geralmente apresentava-se de forma compacta, dando a esse conteúdo um aspecto semelhante a argila. Chamando a atenção da pesquisa, quatro ovelhas apresentaram hipertrofia das glândulas adrenais, que ao exame histopatológico, notou-se hipertrofia da zona glomerulosa e perda da arquitetura, causando desorganização dos cordões celulares adrenocorticais.

PALAVRAS-CHAVES: Deficiência mineral; Necropsia; Ovinocultura; Produtividade; Quadro clínico.

ABSTRACT

Minerals play essential roles in the animal metabolism. It is already known that low serum levels can indicate a mineral deficiency and even if this is mild or moderate, it leads to economic losses due to the negative impacts on the productivity. Because they are familiar with Brazilian pastures, several researchers report that the pastures do not present in their composition the desired mineral levels and, consequently, do not meet the daily needs of ruminants on pasture. Therefore, we always see the need for mineral supplementation of herds. In the Northeast region of Brazil, the extensive rearing system is the main type of small ruminant rearing, which predisposes to the occurrence of deficiency outbreaks of some type of mineral. Thus, our research aimed to characterize the occurrence, the clinical-epidemiological and pathological aspects of deficiencies of some minerals, and sought to understand their consequences for the sheep herd in the state of Pernambuco. In our experiment, we collected serum and saliva from 55 ewes in 6 different farms in the agreste and sertão region of Pernambuco. We determined the levels of Na, K and Cl by colorimetric test, using commercial kits in a semi-automatic biochemical analyzer. Mean serum concentrations ranged from 131.5 ± 13.1 mEq/L to 172.4 ± 9.3 mEq/L for Na, 6.28 ± 1.3 mEq/L to 13.9 ± 1.4 mEq/L for K and 91.6 ± 54.8 mEq/L to 113.6 ± 1.5 mEq/L for Cl. Mean salivary concentrations ranged from 119.4 ± 9.5 mEq/L to 161.8 ± 15.2 mEq/L for Na, 10.1 ± 3.1 mEq/L to 22.3 ± 2.3 mEq/L for K, and the Na:K ratio ranged from 6.0 ± 1.3 mEq/L to 11.8 ± 4.1 mEq/L. These results showed that sheep raised on farms in this region are marginally deficient in sodium. In one of the farms studied, the sheep had a severe clinical condition of Na deficiency. The animals showed apathy, voracity for salt, polydipsia, polyuria, dry cough, inappetence, allotriophagy, weakness, difficulty getting up and moving, thinness, dehydration and even death. At necropsy, the rumen content was usually compact, giving this content a clay-like appearance. Drawing the research's attention, four sheep presented adrenal gland hypertrophy, which, on histopathological examination, showed hypertrophy of the glomerulosa zone and loss of architecture, causing disorganization of the adrenocortical cell cords.

KEYWORDS: Mineral deficiency; Necropsy; Sheep farming; Productivity; Clinical condition.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Nutrição mineral	14
2.2 Exigências minerais	15
2.3 Macrominerais	16
2.3.1 Cálcio (Ca)	16
2.3.2 Fósforo (P)	18
2.3.3 Potássio (K)	21
2.3.4 Magnésio (Mg)	22
2.3.5 Enxofre (S)	23
2.3.6 Cloro (Cl)	24
2.3.7 Sódio	24
3. OBJETIVOS	27
3.1 Objetivo geral	27
3.2 Objetivos específicos	27
4. REFERÊNCIAS	28
5. ARTIGO 1	32

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 - Mapa geográfico do Brasil destacando a região Nordeste, o estado de Pernambuco e, em destaque, os municípios estudados.....47

Figura 2 - Hiponatremia em ovelhas. (a) Várias ovelhas exibindo desejo por sal. (b e c) Ovinos apresentando pica, manifestada principalmente por desejo ávido por solo. Observe que há vários buracos nas ravinas. (d) Ovinos apresentando pica, caracterizados pelo gosto pelas paredes das baias em área de confinamento. Observe os buracos no cocho das ovelhas devido ao consumo constante. (e) Ovinos exibindo tosse seca e apresentando perda de condição. (f) Ovelhas emaciadas devido à indigestão vaginal, uma condição associada à deficiência de Na.....47

Figura 3 Hiponatremia em ovelhas. (a) O conteúdo ruminal é impactado, acastanhado, formando massas redondas compostas de grama e argila com aspecto de bolas de argila. (b) Hipertrofia das glândulas supra-renais, que têm aproximadamente o dobro de tamanho. (c) Hipertrofia da glândula adrenal em uma ovelha com depleção de Na. A largura da zona glomerular é expandida e ocupa pelo menos uma proporção dupla do córtex adrenal. Perda da arquitetura e perda dos cordões celulares corticais é observada. HE, obj. 10x. (d) As células da glomerulosa têm forma piramidal, condensadas, com citoplasma hipereosinofílico e contendo núcleos hiper cromáticos, e são revestidas por abundante material fibrilar proteico. HE, obj. 40x.....48

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 - Média e desvio padrão em amostras de soro e saliva de ovinos com deficiência de sódio.....	48
--	----

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem mostrado transformações crescentes no cenário da ovinocultura, o qual tem focado na produção de carne em escala industrial. O último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, apresenta um rebanho ovino com 17.380.581 cabeças. Quando comparado aos rebanhos de 2006 a 2017, observa-se um crescimento de 28,4% no número de propriedades produtoras, movimentando cerca 641 milhões de reais como resultado direto da venda de animais. A região Nordeste detém um rebanho total de 9.857.754 animais, representando 56,7% do rebanho ovino nacional, seguido pelas regiões Sul (4.886.541) e Centro-Oeste (1.268.175). Logo, o Nordeste classifica-se como o maior produtor nacional de ovinos (BRASIL, 2010) e destaca-se pela comercialização de 81,4% dos animais (EMBRAPA, 2018). Apesar desse crescimento, sabe-se que a exploração de ovinos é, em sua grande maioria, de subsistência, a qual mostra-se como fonte de renda sustentável em pequenas propriedades rurais. Devido ao crescimento acelerado do mercado, as exigências quanto aos aspectos nutricionais, sanitários e produtivos do rebanho têm merecido atenção.

A ovinocultura nordestina é caracterizada pela produção de carne, na qual Pernambuco destaca-se com o terceiro maior plantel (13,4%), atrás da Bahia e do Rio Grande do Sul (ambos com 19%) (EMBRAPA 2017). Embora destacando-se como um dos maiores planteis do país, o rebanho pernambucano tem aumentado de forma significativa. Como destacado previamente, ainda caracteriza-se como atividade de subsistência, pois a ovinocultura pernambucana cresce em quantidade mas não obtém avanços com tecnologia nem melhoramento genético adequado. Portanto, produtores sem conhecimentos técnicos e sem acesso a tecnologias e/ou biotecnologias da reprodução fazem com que os seus rebanhos aumentem de forma efetiva apenas em quantidade para que possam ter maiores volumes comercializados em feiras agropecuárias numa tentativa de aumentar sua renda. Além disso, é bastante comum nos modelos de exploração de ovinos no estado de Pernambuco a alta dependência da vegetação nativa, a falta de manejo nutricional, sanitário e assistência técnica (Carvalho; Sousa, 2008).

O manejo nutricional corresponde entre 50 e 80% dos custos de produção e tem impacto positivo e direto nos índices produtivos, reprodutivos e sanitários (Pedreira et al. 2006). Nesse contexto, a dieta deve atender às necessidades de energia, proteína, minerais e vitaminas para o adequado crescimento e produção do animal. No entanto, a falta de planejamento forrageiro torna os produtores reféns da disponibilidade da vegetação nativa, a qual não atende às exigências mínimas requeridas pelo rebanho (Carvalho e Sousa, 2008). Atrelado aos fatores supramencionados, pouca atenção é dedicada ao manejo mineral dos animais pelos produtores.

Os minerais são de grande importância e desempenham funções essenciais ao metabolismo corpóreo dos animais. A deficiência mineral, leve ou moderada, está diretamente relacionada a sérios prejuízos econômicos em decorrência dos impactos na produtividade. É sabido por vários pesquisadores que as pastagens brasileiras não apresentam em sua composição níveis de alguns minerais e conseqüentemente não atendem às necessidades diárias dos ruminantes a pasto (Tokarnia et al. 2000). Logo, torna-se necessária a suplementação mineral do rebanho. Na região Nordeste, a forma extensiva é o principal tipo de criação de pequenos ruminantes, o que predispõe a ocorrência de surtos de deficiência de algum tipo de mineral. Apesar de não ser identificado facilmente pelos profissionais a campo, as deficiências minerais podem levar à redução do apetite, redução e/ou perda de ganho de peso, infertilidade, e diminuição na produção de leite e carne, podendo acarretar em prejuízos significativos a exploração em questão (Johansson, 2008).

Estudos relacionados à deficiência de macrominerais em ovinos no estado de Pernambuco são escassos. Desse modo, o presente estudo objetivou caracterizar a ocorrência, os aspectos clínico-epidemiológicos e patológicos das deficiências de alguns minerais, dessa forma buscou-se entender suas conseqüências para o rebanho ovino no estado de Pernambuco.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Nutrição mineral

À medida que o melhoramento genético e a seleção nos programas de criação de ovinos avançaram, os animais passaram a apresentar maior taxa de crescimento, maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e maior rendimento de carcaça. Consequentemente, as exigências nutricionais tornaram-se mais elevadas e quando não atendidas aumentam a probabilidade das deficiências minerais, por conta do desequilíbrio nutricional e possíveis aparecimento das doenças metabólicas (Medina; Natel, 2010).

Os ovinos podem ser acometidos por desbalanços nutricionais e metabólicos em diferentes fases de desenvolvimento e produção (Contreras; Wittwer; Bohmerwald, 2000). A fim de diminuir esses problemas, a utilização das técnicas ideais para um manejo nutricional com dietas balanceadas é indispensável para diminuir custos com a alimentação e para obter um ajuste na qualidade e quantidade da dieta fornecida, tentando assim atender às necessidades específicas de cada categoria animal (Medina; Natel, 2010).

Com a percepção de que se fazia necessário ter um manejo nutricional adequado e mais específico para a espécie ovina, fez com que chegasse ao mercado os complexos de minerais os quais têm despertado interesse nos pesquisadores e produtores por apresentarem algumas características de destaque como absorção próxima a 100%, alta estabilidade e uma grande biodisponibilidade (Baruselli, 2007). Nesse contexto, a biodisponibilidade mineral é definida como a fração de qualquer nutriente ingerido que tem o potencial para suprir demandas fisiológicas em tecidos alvo (Cozzolino, 2005). Visto que a presença do nutriente no alimento ou dieta ingerida não garante sua utilização pelo organismo, a disponibilidade e função metabólica dos minerais dependem da forma química que os mesmos ocorrem naturalmente no alimento, da quantidade ingerida e da presença de agentes ligantes, além de outros nutrientes, nos alimentos que são ingeridos (Victor, 2017).

Para que os minerais fornecidos sejam bem aproveitados e que as diversas atividades metabólicas do organismo possam acontecer, os minerais precisam ser fornecidos adequadamente na dieta. As quantidades a serem ingeridas variam

segundo as condições fisiológicas dos ruminantes, pois cada categoria tem uma exigência diferente de macro e micronutrientes. Dentre as principais categorias estão: crescimento, lactação, gestação, engorda, produção de lã e manutenção (Sanson; Mombach; Santos, 2010).

Os minerais são classificados em macro e microminerais, sendo as exigências em macrominerais (cálcio, fósforo, sódio, cloro, potássio, magnésio e enxofre) maiores, enquanto que os microminerais ou elementos traço (cobalto, cobre, iodo, ferro, manganês, molibdênio, selênio, zinco, cromo e flúor), são exigidos em minúscula quantidade de miligramas por dia pelo animal (NRC, 2001).

2.2 Exigências minerais

As condições ambientais, condição corporal, raça, espécie, entre outros fatores, influenciam nas exigências nutricionais e mineral de cada animal. Sendo assim, as informações das exigências nutricionais dos pequenos ruminantes variam de acordo com a região onde o animal se encontra. Atender adequadamente às exigências nutricionais de um ovino significa fornecer-lhe diariamente todos os nutrientes necessários, em quantidade, qualidade e proporções adequadas para suprir as suas exigências, por meio de uma dieta balanceada e com o menor custo possível (De Resende et al., 2008). Contudo, os minerais nem sempre são encontrados em quantidades desejáveis nos alimentos, não sendo suficiente para a máxima resposta dos animais, havendo a necessidade de uma suplementação (Peixoto et al., 2005; Tokarnia et al., 2000). Sabe-se que em média, 5% do peso vivo dos animais é constituído de minerais, podendo esta concentração variar de acordo com idade, espécie, raça e do próprio indivíduo (Martin, 1993). Os minerais estão envolvidos em várias vias metabólicas do organismo animal, com funções importantes na reprodução, no crescimento, no metabolismo energético, na função imune entre outras tantas funções fisiológicas, não só para a manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade (Lamb et al., 2008; Wilde, 2006).

De acordo com Tokarnia et al. (2000), os animais de produção consomem dietas que não atendem às suas necessidades em relação aos minerais. Os alimentos podem ser ricos ou pobres em determinados elementos. Sendo assim, os animais estão expostos à deficiências minerais e em sua grande maioria, essa deficiência é proveniente dos solos e por isso diz-se que algumas deficiências estão

ligadas a áreas geográficas. Portanto, animais criados em pastagens provenientes de solos que tenham algum tipo de deficiência mineral e que não recebam nenhum tipo de mineralização, provavelmente apresentarão sintomas de carência de um ou mais minerais (Moreno, 2008). Deve-se assim ter em mente que deficiências leves ou moderadas também podem causar prejuízos econômicos sérios tanto quanto as severas, pois reduzem a produtividade dos animais e constituem obstáculo à melhoria dos rebanhos (Tokarnia et al. 2000).

Estratégias devem ser adotadas para melhor atender as exigências de minerais dos animais que, quando não supridos, poderão causar diversas alterações metabólicas, diretamente relacionadas ao desempenho produtivo desses animais (Pedreira; Berchielli, 2006).

2.3 Macrominerais

Sabendo-se que as funções dos macro e microminerais estão evidenciadas, acredita-se que todo o tipo de deficiência mineral é capaz de produzir alterações na saúde e no metabolismo do animal, conseqüentemente interferindo no desempenho produtivo do rebanho. Quanto aos macrominerais essenciais na produção dos ruminantes pode-se destacar:

2.3.1 Cálcio (Ca)

Esse elemento é o mais abundante no corpo dos animais. Acompanhado do fósforo representam 70% dos minerais do organismo e variações em seus depósitos corporais ao longo dos estádios produtivos e reprodutivos variam no teor de cinzas do corpo animal; 98 a 99% do cálcio presente no corpo encontra-se nos ossos e nos dentes, sendo responsáveis por conferir resistência e dureza a essas partes. Os demais teores do cálcio encontram-se distribuído nas células dos tecidos moles e líquidos extracelulares (NRC, 2007).

Ainda de acordo com o NRC (2007), o Ca é essencial na formação do esqueleto, na transmissão de impulsos nervosos (função neuromuscular), contração muscular, coagulação sanguínea, vasodilatação, vasoconstrição, ativação enzimática, como a lipase, permeabilidade da parede celular, produção de leite e está ligado à eficiência no ganho de peso dos animais. O consumo de Ca abaixo das exigências dos animais pode levar ao enfraquecimento dos ossos, crescimento retardado, baixa produção de leite, além de poder ocasionar hipocalcemia puerperal

em fêmeas no pré-parto e raquitismo em animais jovens. As deficiências de Ca podem ser evitadas com adequada suplementação mineral na dieta, tendo como principais fontes: carbonato de cálcio e fosfato bicálcico (Guedes, 2012).

A deficiência de Ca pode ocorrer em ruminantes quando alimentados de uma dieta em que sua maior parte é composta por concentrados. Desse modo, os animais submetidos a regime de campo dificilmente irão apresentar essa deficiência. Por mais baixo que seja os níveis de Ca nas pastagens, os ruminantes sempre recebem quantidades suficientes de Ca através do pasto. Visto que a maioria das plantas contém maiores concentrações de Ca que de fósforo (P), solos carentes em Ca são menos frequente do que em P. Além disso, os níveis de Ca não diminuem com a maturação das plantas, diferentemente do P (Mendonça Júnior et al., 2011).

Uma das doenças que pode caracterizar a deficiência de cálcio nos animais de produção é a osteodistrofia fibrosa, que é uma enfermidade ocasionada por extensa reabsorção óssea, proliferação de tecidos conectivos fibrosos e insuficiente mineralização dos ossos. Os persistentes elevados níveis de paratormônio (PTH) no plasma é o que caracteriza a patogenia desta doença. Tal condição pode estar relacionada ao hiperparatireoidismo primário ou secundário (Thompson, 2007). O hiperparatireoidismo secundário, do tipo nutricional, normalmente acomete os animais jovens alimentados com dietas que possuem baixos teores de Ca e altos teores de P. Os principais sinais clínicos incluem deformidades e aumento de ossos, aumento de susceptibilidade a fraturas, e distúrbios de locomoção e postura (Radostits et al., 2007). No entanto, essa doença raramente acomete os ovinos (Thompson, 2007).

Há relatos da ocorrência de osteodistrofia fibrosa em caprinos no Rio Grande do Sul. Em um desses estudos, Bandarra et al., (2011) relatou que os caprinos eram criados em confinamento e foi observada osteodistrofia fibrosa oriunda de uma hiperfosfatemia. Os animais eram alimentados com um concentrado que possuía a relação de Ca:P de 1:6. Observou-se nos animais o aumento bilateral dos maxilares e da mandíbula, ambas eram facilmente cortadas com faca quando submetidas ao corte; diminuição do lúmen da cavidade nasal, decorrente do espessamento dos ossos maxilares, dentes soltos e projetados para a língua e costelas amolecidas e facilmente quebráveis à mão. E dentro do plantel estudado nesse caso, apenas um animal apresentou fraturas incompletas das costelas. No exame histopatológico foi

evidenciado uma acentuada proliferação de tecido conjuntivo mole e irregular, envolvidos por trabéculas osteóides e trabéculas mineralizada e osteoclastos, formando células multinucleadas nas superfícies dos sulcos (Lacunas de Howship) nos ossos maxilares e mandíbula. A radiologia mostrou o aumento da mandíbula e massas de ossos rarefeitos com dentes projetados.

Já o segundo caso, os caprinos acometidos eram fêmeas com níveis séricos de cálcio entre 6,8 e 9,1 mg/dL, sendo os valores entre 8,9 e 11,7 mg/dL como parâmetros de referência. Entre os animais pesquisados, apenas um indivíduo apresentava níveis de cálcio abaixo dos parâmetros aceitáveis. Porém, todos os animais apresentaram desnutrição, mucosas pálidas, atrofia serosa da gordura epicárdica, ausência ou mínima quantidade de tecido adiposo subcutâneo e abdominal. Em necropsia, dois animais apresentaram marcada atrofia da gordura da medula óssea. Dentre as alterações macroscópicas destaca-se a depleção acentuada do osso esponjoso metafisário proximal e moderada no distal. No úmero, observou-se uma leve depleção do osso esponjoso em ambas as epífises; depleção acentuada do osso esponjoso metafisário e diafisário de ambas as extremidades e atrofia gelatinosa da gordura medular do rádio; acentuada depleção do osso esponjoso em ambas as extremidades. Também observou-se osso cortical mais fino e atrofia serosa da gordura medular do fêmur; depleção acentuada do osso esponjoso metafisário e diafisário de ambas as extremidades e atrofia gelatinosa da gordura medular da tíbia e depleção leve a moderada do osso esponjoso da vértebra lombar. Além disso, evidenciou-se diferentes graus de depleção do osso esponjoso e redução na espessura do osso cortical na escápula, mandíbula, crista ilíaca, metacarpos e metatarsos. Microscopicamente identificaram-se degeneração e necrose hepatocelular centrolobular e mediozonal. Apenas três animais apresentaram alterações na medula óssea (Rosa et al., 2013).

2.3.2 Fósforo (P)

O fósforo é um elemento mineral de grande importância para os ruminantes e sua deficiência, em grande maioria, se dá nos animais mantidos em regime de campo (Mendonça et al., 2011). Devido às baixas concentrações desse mineral nas pastagens de regiões tropicais e subtropicais, onde os níveis de fósforo são menores

na matéria seca, têm-se a necessidade de suplementar os solos para poder atender a demanda dos animais (Tokarnia et al., 2010; Correia, 2010).

Pode-se encontrar no mundo todo extensas áreas deficientes neste mineral. Não há dúvida que essa é a deficiência mais comum e também a de maior importância econômica em virtude dos grandes prejuízos que causa aos proprietários de rebanhos e do elevado custo na sua suplementação (Mendonça et al., 2011).

Cerca de 80% do fósforo é encontrado no esqueleto e nos dentes. Os 20% restantes estão distribuídos entre os tecidos moles, concentrando-se nas células vermelhas do sangue, músculos e tecidos nervosos. Além de sua importância no esqueleto, o P também é essencial para a ação dos microrganismos no rúmen (Conrad et al., 1985). De acordo com Cavalheiro e trindade (1992), o fósforo atua na formação e manutenção dos ossos e dentes, no metabolismo dos carboidratos, gorduras e proteínas, no transporte de energia (ATP e ADP), na produção de leite, como componentes das moléculas de ácidos nucleicos (DNA e RNA), importantes na transmissão genética e controle do metabolismo celular, no equilíbrio ácido-base, na formação dos fosfolipídeos e nos sistemas enzimáticos.

Em casos de deficiência, os sinais clínicos não são reconhecidos facilmente, exceto em casos severos quando os animais apresentam ossos fracos, fraqueza generalizada, perda de peso, enrijecimento, queda na produção de leite e apetite depravado. A diminuição nos níveis de P durante a gestação e/ou lactação pode ocasionar baixo desempenho reprodutivo ou ainda deficiência no crescimento das crias (Sykes e Russel, 2000).

No Brasil, a enfermidade é responsável pela baixa produtividade do rebanho de ruminantes, pois representa o elemento de maior custo da mistura mineral, e tornando-se a deficiência mineral mais importante no país (Tokarnia et al., 2010). Em situação de carência excessiva, os animais são capazes de extrair até 30% de fósforo depositado nos ossos, tendo vértebras e costelas como fontes iniciais para realizar essa reabsorção (Barcellos, 1998). A maior parte dos casos de osteoporose em animais de fazenda, é de origem nutricional e pode ser devido a uma nutrição desbalanceada, podendo estar ligada a um nutriente específico ou mais de um, como Ca, P ou Cu (Thompson, 2007).

Para realizar o diagnóstico dessa deficiência pode-se realizar a análise dos níveis séricos do mineral, o qual pode ser afetado por fatores como idade do animal, produção leiteira, estágio de gestação, padrões alimentares e níveis do elemento na dieta (Kaneko et al., 2008; Underwood e Suttle, 2010). O soro sanguíneo apresenta níveis normais no intervalo de 33 – 45 mg/dL de P inorgânico, localizado principalmente no interior das células, sendo que a fração plasmática possui apenas 4,5 – 6,0 mg/dL em animais adultos e 6,0 – 9,0 mg/dL em animais em crescimento (McDowell, 1992).

No Brasil temos relatos de alguns casos de deficiência por fósforo que ocorreram em pequenos ruminantes no sudeste, no sul e no nordeste do país. O caso do sudeste ocorreu de forma experimental no estado de São Paulo. O experimento foi composto por três grupos, todos com caprinos da raça parda alpina criados em regime intensivo, os quais recebiam concentrado e sal mineral para bovinos. Os grupos foram montados da seguinte forma: Grupo 1 – 10 fêmeas jovens com idade de quatro meses; Grupo 2 – 10 fêmeas adultas jovens com idade de 18 meses; Grupo 3 – 10 fêmeas adultas lactantes com idades de 24 a 60 meses. Baseado nesse estudo, obtiveram-se os valores médios de 10,13 mg/dL para o grupo um, 7,49 mg/dL para o grupo dois e 5,90 mg/dL para o grupo 3. (Barioni et al., 2001).

Na região sul do país ocorreu a deficiência de fósforo no estado do Rio Grande do Sul, onde foram encontradas cinco cabras com sinais clínicos de palidez das mucosas oral e ocular, apatia, fraqueza, emagrecimento e dificuldade de locomoção. Macroscopicamente observou-se, principalmente, depleção moderada dos ossos esponjosos epifisários e metafisários. A histopatologia mostrou trabéculas ósseas nas epífises e metáfises dos ossos longos e nas vértebras, degeneração e necrose hepatocelular centrolobular e mediozonal e variável hiperplasia do componente eritróide. Esses sintomas permitiu caracterizar os animais como deficientes em P e com osteoporose (Rosa et al., 2013).

Já na região nordeste tem-se relato no semiárido do Rio Grande do Norte. Foram avaliados 72 bovinos (vacas leiteiras) de 9 propriedades, 50 ovinos e 50 caprinos, SRD, de 5 fazendas distintas localizados na periferia da cidade de Mossoró, animais de ambos os sexos e todos criados de forma semi-extensiva. Observou-se que apenas uma das nove propriedades de bovinos fornecia

suplementação mineral, que era específica para vacas leiteiras. Das 5 propriedades de ovinos, apenas uma fornecia sal mineral específico para a espécie, duas propriedades forneciam pedras de sal enquanto as outras duas não forneciam qualquer suplementação mineral. Com relação as propriedades que criavam caprinos, nenhuma suplementava os animais. Como resultado, foi observado que 39 dos 72 bovinos (54,2%), 11 dos 50 (22%) ovinos e 12 dos 50 caprinos (24%) avaliados apresentaram hipofosfatemia (Duarte et al., 2011).

Ainda no nordeste foi realizado um estudo na região do sertão do Moxotó, estado de Pernambuco. Propriedades com criação de caprinos de forma extensiva foram visitadas e dentre estas identificaram-se dez animais adultos, os quais mostraram-se positivos no teste de fragilidade óssea. Após a seleção dos animais, realizou-se a coleta de sangue para análise dos níveis séricos, biopsia óssea para determinação da porcentagem de cinzas e fragmentos de costelas para análise histológica. Esses animais apresentaram desidratação, hipomotilidade ruminal, fragilidade óssea, pelos opacos, quebradiços e eriçados, mucosas congestionadas e paralisia dos membros pélvicos, que evoluiu para tetraparesia flácida, decúbito esternal prolongado, decúbito lateral permanente e chegando a óbito em média em três dias. Alguns animais realizavam alotriofagia caracterizada pelo ato de roer ossos (osteofagia). Na histopatologia, foi identificada discreta área de reabsorção óssea, maior quantidade de tecido osteóide e maior proliferação de fibras colágenas na matriz óssea. No soro foram observados baixos níveis de P (1,76 mmol/L), e a concentração nos ossos foi de 9,15%. As correlações entre a concentração P no soro com Ca ionizado e a cinzas foram, respectivamente, 0,26 e 0,90 (Barbosa, 2014).

2.3.3 Potássio (K)

É o terceiro elemento mineral mais abundante no corpo dos animais e se faz presente em várias funções fisiológicas como balanço osmótico, equilíbrio ácido-base, envolvendo-se, especificamente, na célula, no metabolismo da água, na absorção de nutrientes e na transmissão de impulsos nervosos, tornando-o essencial à vida. Em conjunto com o sódio, estão presentes nos fluidos e nos tecidos moles do corpo (Conrad et al., 1985).

De forma geral, a deficiência deste mineral é rara nas forrageiras. Porém, suas concentrações podem variar por estar diretamente relacionada com a

disponibilidade do mineral no solo, espécie forrageira e idade da planta (Underwood e Suttle, 1999). Sendo assim, a deficiência de potássio é difícil de acontecer e de ser avaliada em ruminantes a pasto. Apesar de as exigências relacionadas ao potássio se mostrarem de certa forma alta quando comparado a outros minerais, a grande maioria dos alimentos é capaz de suprir a demanda deste mineral (Moraes, 2001).

A contínua degradação dos solos e das pastagens pode favorecer a redução na disponibilidade deste elemento para os animais, possibilitando o aparecimento da deficiência. Quando as pastagens estão maduras, principalmente em áreas de *B. humidicula*, a concentração de potássio diminui bastante e pode chegar a níveis insuficientes para suprir os ruminantes. Situações de estresse, como diarreias, podem aumentar os requisitos de K para bovinos (Moraes, 2001). Mas de acordo com Tokarnia et al. (2000), não há relatos sobre a deficiência de potássio em ruminantes mantidos em regime de pastejo.

A exigência de potássio para ovinos é estimada num intervalo que vai de 0,5 a 0,8% da matéria seca da dieta e parece ser um pouco maior do que esses valores citados para animais sob estresse, pois os mesmos perdem potássio no suor (McDowell, 1999).

Animais com deficiência de potássio apresentam sintomas não específicos, apresentando-se inapetentes, com crescimento retardado, diminuição no consumo de alimento e água, fraqueza muscular, distúrbios nervosos, definhamento, degeneração de órgãos vitais, rigidez e paralisia (McDowell, 1999; Conrad et al., 1985).

2.3.4 Magnésio (Mg)

O magnésio é o quarto elemento mineral que mais se apresenta em abundância no corpo. Encontrado na maioria dos tecidos, 50 a 70% encontram-se nos ossos e 30 a 50% nos fluidos e tecidos moles (Lana, 1992). O elemento em questão atua como constituinte dos ossos e dentes (dentina); ativador (cofator) de aproximadamente 80 reações enzimáticas, transferindo fosfato de alta energia do ADP para o ATP; além de exercer importante papel na atividade neuromuscular e no aumento da gordura e leite (leite contém 0,015% de Mg) (Guedes, 2012).

Em ruminantes, a maioria do Mg adquirido na dieta é absorvido no retículo-rúmen (Thomas; Potter, 1976). De acordo com Guedes (2012), quando em excesso, o principal meio de excreção do magnésio parece ser via urina. No entanto, a

deficiência desse mineral nos ruminantes pode causar anorexia, hiperirritabilidade, contrações musculares anormais e sialorreia.

Para evitar essa deficiência, principalmente em fêmeas em lactação, recomenda-se suplementos contendo o mineral como: óxido, sulfato, carbonato ou cloreto de magnésio. As exigências de magnésio para ovinos adultos são de 0,3 a 1,4g por dia. Ovelhas em lactação tornam-se um pouco mais exigentes e precisa de 2,0 a 2,5g de magnésio por dia (Riet-Correa et al., 2001)

Segundo Riet-Correa et al. (2001) níveis deficientes de magnésio em soro e ossos de bovinos foram encontrados no Pantanal Mato-grossense. Nesse trabalho realizou-se um levantamento das deficiências de cálcio, fósforo e magnésio no solo, nas forrageiras e tecidos animais, em quatro épocas do ano, na sub-região dos Paiaguás, no Pantanal Mato-grossense. Verificou-se que as concentrações de minerais encontradas nos solos, nas forrageiras e nos tecidos dos animais, determinaram com que os animais apresentassem deficiência de P nas quatro épocas estudadas, Ca em uma época e Mg em três outras (Brum et al. 1997).

2.3.5 Enxofre (S)

É um elemento de grande importância na síntese proteica, pois os aminoácidos essenciais cisteína e metionina contêm enxofre, participando também das vitaminas biotina e tiamina, dos polissacarídeos sulfatados incluindo a condroitina que é componente essencial da cartilagem, ossos, tendões e paredes dos vasos, sanguíneos (Barbosa et al., 2009).

As funções básicas do elemento estão relacionadas ao metabolismo das proteínas, carboidratos e gorduras, coagulação do sangue, função endócrina e equilíbrio ácido-base, dos fluídos intra e extracelulares (McDowell, 1999).

De acordo com McDowell (1999), a deficiência de enxofre pode ser caracterizada por: perda de peso, fraqueza geral, lacrimejamento, aspecto emaciado e morte, reduz a síntese microbiana e apresenta subnutrição proteica. A ausência de enxofre na dieta resulta em uma população microbiana ineficiente na utilização do lactato e assim o ácido láctico se acumula no rúmen, no sangue e na urina. Segundo Moraes (2001), o diagnóstico é difícil de ser realizado nos casos de deficiência de enxofre, porém deve-se ter mais atenção aos locais que tem a prática de realizar queimadas, principalmente na parte do Brasil Central, essas queimadas intensificam

as perdas de enxofre por volatilização. Porém, segundo Tokarnia et al. (2000) não se tem conhecimento da deficiência de enxofre em ruminantes mantidos a pasto.

A suplementação com enxofre torna-se importante para ruminantes quando a dieta contém volumoso de baixa qualidade, produzido em solos pobres de enxofre ou volumosos fornecidos com alguma fonte de nitrogênio não-protéico. A concentração máxima tolerável de enxofre em dieta de bovinos tem sido estimada em 0,40% e níveis excedentes a este podem resultar em grave intoxicação (Moraes, 2001).

2.3.6 Cloro (Cl)

O cloro juntamente com o potássio e com o sódio, atuam na manutenção da pressão osmótica e na regulação do equilíbrio ácido-base e controla o metabolismo da água no corpo (Underwood & Suttle, 1999). Sódio e cloro, além de funcionarem como controladores do metabolismo da água, são eletrólitos dos fluídos corporais e estão envolvidos também na utilização de nutrientes e transmissão de impulsos nervosos (McDowell, 1999). Ainda de acordo com McDowell (1999) os sintomas da deficiência do cloro é apetite elevado por sal, depravação do apetite, o animal pode ingerir terra, pedra, madeira e lambar suor dos outros animais.

Mesmo não havendo nenhum relato na literatura sobre deficiência de cloro, sabe-se que ele tem a função de ativação das amilases, é um componente do suco gástrico e do ácido clorídrico para degradação das proteínas no abomaso, além de ser mediador no balanço ácido/básico do sangue. (Perry, 1995).

De acordo com Tokarnia et al. (2000) de uma forma geral, não há necessidade de suplementação de cloro para ruminantes, pois raras são as vezes que se identifica e se suplementam os animais, e quando acontece, são direcionadas para vacas com alta produção de leite. Porém, como a suplementação de sódio se faz através do sal comum (NaCl), não se tem uma preocupação em particular desse mineral.

2.3.7 Sódio

O sódio (Na), é um elemento mineral conhecido e isolado desde 1807 e pode ser considerado um dos minerais mais deficientes na dieta dos animais domésticos

criados a pasto (Cavalheiro; Trindade, 1992). A deficiência por sódio é a carência mineral mais comum em todo o mundo, além de ser a mais importante, depois da deficiência de P. Várias pesquisas apontam que o Sódio (Na) é deficiente nas pastagens em todos os continentes. Quando se fala na necessidade de administrar sal aos animais isto significa fornecer o Na (Tokarnia et al., 2000).

Os animais possuem em torno de 0,20% de sódio, sendo que mais de 50% desse elemento encontra-se distribuído nos fluidos extracelulares. Esse mineral tem a função de manter a pressão osmótica e regular o equilíbrio ácido-base e está envolvido, especificamente, no metabolismo da água, na absorção de nutrientes e na transmissão de impulsos nervosos (Conrad et al., 1985). É o principal cátion do fluido celular e suas concentrações estão distribuídas no corpo do animal de forma que o osso contém 4g de Na/kg, os músculos com 750 mg de Na/kg e os fluidos contém 3,5 g de Na/kg (Silva, 1995).

Os sais de sódio são rapidamente absorvidos através das paredes intestinais. Porém, pode haver alguma absorção no abomaso. O organismo não armazena sódio e quando consumido em excesso é rapidamente excretado pela urina. Entretanto, em situações de carência, o organismo conserva o Na, diminuindo a quantidade excretada pelo leite, fezes e urina. Na saliva, o elemento pode ser substituído pelo potássio a fim de manter as proporções normais nos fluidos (Underwood; Suttle, 1999).

Os animais submetidos a um sistema de pastejo são os mais susceptíveis a deficiência de sódio devido aos baixos teores do mineral nas forragens (McDowell, 1999); além de fêmeas em lactação, devido à excreção de sódio no leite e animais que vivem em regiões de temperatura elevada, onde ocorrem perdas de sódio através da transpiração. Animais com deficiência desse mineral se alimentam menos e posteriormente, observa-se um crescimento mais lento e uma diminuição na produção de leite, carne ou lã. Os animais que apresentam uma necessidade pelo sal comum (cloreto de sódio), são capazes de percorrer longas distâncias para receber o sal; além de lamber madeira, solo, suor de outros animais e a procura pela água é intensa (Guedes, 2012). Em casos de uma deficiência prolongada pode causar: perda de apetite, crescimento retardado, apatia, queda na produção de leite e perda de peso. E em casos mais severos os sintomas podem ser: tremores, falta de coordenação motora, fraqueza e arritmia cardíaca, podendo resultar na morte do

animal (McDowell, 1999). A deficiência de sódio pode ser resolvida facilmente, realizando o fornecimento de sal comum de forma *ad libitum* aos animais e recomenda-se que as rações destinadas a animais em confinamento, contenham 0,25% de sal (Conrad et al, 1985).

De acordo com a literatura, alguns relatos podem ser citados referente à deficiência de sódio em ruminantes. Um dos casos citado por Riet-Correa et al. (2001) relatam a deficiência desse mineral por meio de um experimento com novilhos anelados em pastagens de capim-colonião, no Estado do Mato Grosso, onde havia quatro áreas de pastagens que receberam diferentes níveis de adubação e os animais foram avaliados com relação ao ganho de peso e notou-se que os animais não obtiveram um ganho de peso satisfatório no período seco, mesmo nos tratamentos que havia suplementação mineral. Na avaliação das pastagens, observou-se que as mesmas tinham alta deficiência de sódio, e possivelmente essa deficiência seja comum no resto do país (Sousa et al. 1995).

Outro relato da deficiência de sódio foi de Costa et al. (2003), que trabalharam com cabras dos 100 aos 140 dias de gestação e relataram que a deposição de minerais para gestações com um e dois fetos, representou, respectivamente: 50,7 e 49,4% de sódio. Esses mesmos autores encontraram retenção líquida de Na dos 50 aos 120 dias de gestação onde os teores se elevaram de 0,05 g para 0,18 g, reduzindo-se para 0,13 g aos 140 dias de gestação. Essa redução deve-se, provavelmente, à menor proporção dos fluidos fetais em relação ao útero grávido no final da gestação.

Têm-se relatos que algumas doenças também podem levar à deficiência de sódio nos ruminantes. De acordo com Oosterhuis (1991), observou-se que cordeiros desmamados infectados com nematoides intestinais e abomasais foram diagnosticados com deficiência de sódio. Desse modo, sugeriu-se que as infecções induziram a deficiência pelo aumento do efluxo de sódio para dentro do abomaso, associado também com a inibição da absorção de sódio no intestino de cordeiros com diarreia.

Com o intuito de suprir as exigências do sódio, o NRC (1985) estimou as exigências de Na para ovinos em crescimento com base em ensaios de alimentação, utilizando dados de trabalhos nos quais foram testados diferentes níveis deste

mineral e chegou a valores na faixa de 0,09 a 0,18 % de Na contidos na matéria seca. Já o conselho de pesquisa agrícola - ARC (1980), afirma que as exigências de sódio são mais elevadas em ovinos que em bovinos e em animais jovens do que em animais adultos. Esse comitê indica que os valores de exigência para manutenção de 0,57 g/dia de Na e para ganho de 100 g, 0,12 g/dia de Na para animais de 20kg de peso vivo. De acordo com Lana (1992), as exigências de sódio variam de 0,1 a 0,2% da MS (0,25 a 0,5% do sal comum). Já Grace (1983), estimou que as exigências para ovinos em 700 a 900 ppm de sódio na matéria seca.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Estudar a deficiência dos macrominerais em rebanhos ovinos do agreste e sertão de Pernambuco.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar a deficiência mineral através de níveis séricos e saliva de ovinos dos rebanhos instalados no agreste e sertão pernambucano;

Descrever os aspectos clínico-epidemiológicos relacionados à deficiência de macrominerais em rebanhos ovinos do agreste e sertão de Pernambuco;

Descrever as alterações macroscópicas e microscópicas tissulares de ovinos com alguma deficiência mineral.

4. REFERÊNCIAS

- ARC - AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of farm livestock**. London, 1980. 351 p.
- BANDARRA P.M., Pavarini S.P., Santos A.S., Antoniassi N.A.B., Cruz C.E.F. & Driemeier D. Osteodistrofia fibrosa nutricional em caprinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. V.31, n.10, p.875-878. 2011.
- BARBOSA, F. A.; GRAÇA, D. S.; SILVA JÚNIOR, F. V.; **Deficiências minerais de bovinos em pastagens tropicais**. 2009. Disponível em: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_deficiencias_minerais.htm. Acesso em: 19 Jul 2020
- BARBOSA, F.P. **Deficiência de fósforo em caprinos no semiárido do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco,. Recife, Pernambuco. 2014.
- BARCELLOS, J. et al., **Nutrição mineral em ruminantes**. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 1998. p. 146.
- BARIONI, G.; FONTEQUE, J. H.; PAES, P. R. O.; TAKAHIRA, R. K.; KOHAYAGAWA, A.; LOPES, R. S.; LOPES, S. T. A.; ADALBERTO JOSÉ CROCCI, A. J. Valores séricos de cálcio, fósforo, sódio, potássio e proteínas totais em caprinos fêmeas da raça parda alpina. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.435-438, 2001.
- BARUSELLI; M. S. Suplementos e co-produtos na nutrição de gado de corte. In: BARBOSA, M. A. A., OLIVEIRA, R. L. **Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias**. Salvador: EDUFBA, 2007. p. 15-49.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Brasília, 2010.
- BRUM P.A.R., SOUSA J.C., COMASTRI FILHO J.A., ALMEIDA I.L. Deficiências minerais de bovinos na sub-região dos Paiaguás, no Pantanal Mato-grossense. 1. Cálcio, fósforo e magnésio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 22, p.9-10,ISSN:1039-1049, 1997.
- CARVALHO, D. M.; SOUSA, J. P. Análise da cadeia produtiva da caprino-ovinocultura em Garanhuns. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, XLVI, 2008, Rio Branco. **Anais...** 2008.
- CAVALHEIRO, A. C. L.; TRINDADE, D. S. **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo**. Porto Alegre, Ed. Sagra: DC Luzzatto, 1992. 142p.
- CONRAD, J. H.; McDOWELL, L. R.; ELLIS, G. L. et al. **Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais**. Campo Grande, MS: EMBRAPACNPGC, 1985. 90p.
- CONTRERAS, P.; WITTWER, F.; BOHMWALD, H. Uso dos perfis metabólicos no monitoramento nutricional dos ovinos. In: GONZALEZ, F. H. D. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. 75-88.
- CORREIA, T. A. CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; MIQUELUCCI, D. J.; SOUZA, M. C. **Caracterização de zeólitas do Município de Urupema, SC, e sua**

- capacidade de remoção de Cu+2 de soluções aquosas.** Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 9, n. 1, p. 29-38, 2010.
- COSTA, R. G.; RESENDE, K. T.; RODRIGUES, M. T. et al. Exigências de Minerais para Cabras durante a Gestação: Na, K, Mg, S, Fe e Zn. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.431-436, 2003.
- COZZOLINO, Silvia M. Franciscato. **Biodisponibilidade de nutrientes.** Editora Manole, 878p., 2005.
- De Resende, K. T., De Oliveira Silva, H. G., De Lima, L. D., & De Almeida Teixeira, I. A. M. (2008). Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37(SPECIALISSUE), 161–177. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300019> . Acesso em: 15 de Mar 2020.
- DUARTE, A. L. L.; PIRES, M. L. S.; BARBOSA, R. R.; DIAS, R. V. C.; SOTO-BLANCO, B. Avaliação da deficiência de Fósforo em Ruminantes por meio de Bioquímica Sérica. **Acta Veterinaria Brasilica** v.5, n.4, p.380-384, 2011.
- EMBRAPA. **Análise da PPM 2016: evolução dos rebanhos ovinos e caprinos entre 2007 e 2016.** Boletim do Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos. n. 1. Sobral, CE. Embrapa Caprinos e Ovinos, 2017.
- EMBRAPA. **Novo Censo Agropecuário mostra crescimento de efetivo de caprinos e ovinos no Nordeste.** 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/modelo/busca-de-noticias/-/noticia/36365362/novo-censo-agropecuário-mostra-crescimento-de-efetivo-de-caprinos-e-ovinos-no-nordeste>. Acesso em: 15 Mar 2020.
- GRACE, N. D. Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece-free empty body weight gains in the grazing sheep. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, n.26: p.59–70, 1983.
- GUEDES, L. F; **Composição corporal de minerais em ovelhas gestantes da raça santa inês.** Belo Horizonte: universidade Federal de Minas Gerais, 2012. Dissertação de mestrado.
- HARVEY, J. W. *Hematology procedures.* In: HARVEY, J. W. (eds.) **Veterinary hematology. A diagnostic guide and color atlas.** St. Louis: Elsevier, 2012, p. 11-32.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: 2012.
- JOHANSSON, K. **Salt to ruminants and horses.** 2008. Disponível em: https://stud.epsilon.slu.se/2898/1/Johansson_a_110622.pdf. Acesso em: 15 Mar 2020.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals.** 6th ed. San Diego (CA): Academic Press, 2008, 928 - 932p.
- LAMB, G. C.; et al. Effect of organic or inorganic trace mineral supplementation on follicular response, ovulation, and embryo production in superovulated Angus heifers. **Animal Reproduction Science**, v.106, p.221-231, 2008.
- LANA, R. P.; FONTES, C. A. A.; PERON, A. J. et al. Composição corporal e do ganho de peso e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), de novilhos de cinco grupos raciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.2, p.538-549, 1992.

- MARTIN, L. C. T. **Nutrição mineral de bovinos de corte**. São Paulo: Nobel, 1993. 173 p.
- McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.
- McDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais: enfatizando o Brasil**. 3.ed. Gainesville: Universidade da Flórida, 1999. 93 p.
- MEDINA, I. M.; NATEL, S. A. **O uso de suplementação para diferentes categorias**. Piracicaba: MilkPoint, 2010. Disponível em: <http://www.farmpoint.com.br/o-uso-desuplementacao-para-diferentes-categorias_noticia_54299_3_28_.aspx>. Acesso em: 05 jun 2020.
- MENDONÇA JÚNIOR, A. F.; BRAGA, A. P.; RODRIGUES, A. P. M. S.; SALES, L. E. M.; MESQUITA, H. C. **Minerais: Importância de uso na dieta de ruminantes. Agropecuária Científica No Semi-Árido**, ISSN 1808-6845. 2011.
- MORAES, S. S.; **Principais deficiências minerais em gado de corte**. Embrapa gado de corte, ISSN 1517-3747.2001.
- MORENO, G. M. B. **Importância do sal mineral na nutrição de ovinos**. Milkpoint 2008. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/importancia-do-sal-mineral-na-nutricao-de-ovinos-42611n.aspx>. Acesso em: 05 jun 2020.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of sheep**. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985, 112p.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of small ruminants**: 1 ed. Washington: National Academy Press, 2007, 362p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 381p, 2001.
- OOSTERHUIS, C.W.K. Electrolyte, plasma pepsinogen and total CO₂ changes in lambs with a natural, mixed abomasal and intestinal nematode infection. **Thesis (Tropical animal production and health)** - University of Edinburgh, 59p, 1991.
- PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T. Minerais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006.
- PERRY, T. W. Mineral requeriments of beef cattle. **Beef cattle feeding and nutrition**. 2. ed. New York: Academic Press, p. 36-52. 1995.
- RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C. et al. **Clínica Veterinária - Um tratado de doenças de bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos**. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1737p.
- RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; HINCHCLIFF, K.W.; CONSTABLE, P.D. **Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats**. 10.ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007. 2156p.
- RIET-CORREA, F.; SCHILD, A. L.; MÉNDEZ, M. C.; LEMOS, R. A. A. **Doenças de ruminantes e equinos**. Vol. 2, 2ª ed. São Paulo: Varela, 2001, 573 p.
- ROSA F. B.; GALIZA G. J. N.; LUCENA R. B.; SILVA T. M.; CAPRIOLI R. A.; BARROS C. S. L.; FIGUERA R. A.; KOMMERS G. D. Osteoporose em caprinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, n.4, p.483-489, 2013.
- SOUSA J.C., GOMES R.F.C., SILVA J.M.S., EUCLIDES V.P.B.. Suplementação mineral de novilhos de corte em pastagens adubadas de capim-colonião. **Pesq. Agropec. Bras.** V. 20. p.259-269. 1995.
- SUTTLE, N. **Mineral nutrition of livestock**. 4ª ed. United Kingdom: CABI, 2010.
- SYNKES A. R.; RUSSEL, A. J. F. **Deficiency of mineral macroelements**. In:

Diseases of sheep, 3ª edição. Editores: W.B. Martin, I.D. Aitken. Blackwell Science (Oxford, UK); 2000, 318-331.

- THOMAS, F. M.; POTTER, B. J. The site of magnesium absorption from the ruminant stomach. **British Journal of Nutrition**. 36:37, 1976.
- THOMPSON, K. Bones and Joints, p.1-104. In: MAXIE, M.G. (Ed), Jubb, Kennedy, and Palmer's **Pathology of domestic animals**. Vol.1. 5ª Ed. Philadelphia: Elsevier, 2007.
- TOKARNIA, C. H., DÖBEREINER, J., & PEIXOTO, P. V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 20(3), p. 127–138. 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2000000300007>
- TOKARNIA, C. H.; PEIXOTO, P. V.; BARBOSA, J. D.; BRITO, M. F.; DÖBEREINER, J; SCHILD, A.L. Deficiência de cobre. In: **Deficiências Minerais em Animais de Produção**. Rio de Janeiro: Helianthus, p. 88-102, 2010.
- UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, F. **The Mineral Nutrition of Livestock**, 3rd edn. CAB International, Wallingford, UK., 1999.
- UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 4th ed. New York: CAB International, 2010, 587 p.
- VICTOR, C. G. **Dinâmica das concentrações de macrominerais em cordeiras da raça santa inês em crescimento**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2017. Dissertação de mestrado.
- WILDE, D. Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. **Animal Reproduction Science**, v.96, p.240-249, 2006.

5. ARTIGO 1

Hiponatremia em ovinos da região semiárida do Nordeste do Brasil

Artigo a ser submetido para a revista Tropical Animal Health and Production

Hiponatremia em ovinos da região semiárida do Nordeste do Brasil

Willder R.X. Cunha¹, Givaldo B. Silva Filho¹, Hisadora A.S.C Bom¹, Silvio M.C. Fonseca¹, Nathalia S. Wicpolt¹, Rebeka M. Pontes², Emmanuel F. Oliveira Filho², Pierre C. Soares², Ângela I. Conceição³, Valdir M. Almeida⁴, Fábio S. Mendonça^{1*}

¹Laboratório de Diagnóstico Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel s/n, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brasil.

²Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel s/n, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brasil.

³Clínica de Bovinos de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Bom Pastor, Boa Vista, Garanhuns, PE 55292-270, Brasil.

⁴Hospital Veterinário, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB 58700-000, Brasil.

Autor Correspondente: Fábio S. Mendonça, Laboratório de Diagnóstico Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel s/n, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brasil. fabio.mendonca@ufrpe.br / número do telefone: + 55 81 97119-4183

Wilder R.X. Cunha - <https://orcid.org/0000-0001-5874-1731>

Givaldo B. Silva Filho - <https://orcid.org/0000-0003-4077-4329>

Hisadora A.S.C Bom - <https://orcid.org/0000-0001-8130-621X>

Silvio M.C. Fonseca - <https://orcid.org/0000-0002-8923-4473>

Nathalia S. Wicpolt - <https://orcid.org/0000-0003-1572-192X>

Rebeka M. Pontes - <https://orcid.org/0000-0002-8844-3011>

Emmanuel F. Oliveira Filho - <https://orcid.org/0000-0003-2836-5549>

Pierre C. Soares - <https://orcid.org/0000-0002-5680-3940>

Ângela I. Conceição - <https://orcid.org/0000-0002-0422-4912>

Valdir M. Almeida - <https://orcid.org/0000-0002-5398-6366>

Fábio S. Mendonça - <https://orcid.org/0000-0001-5641-0883>

Abstract

This study aimed to determine Na, K, and Cl serum concentrations, plus the salivary concentrations of Na and K in sheep raised in a semiarid region of Northeastern Brazil, and to report the epidemiology, clinical, and the pathological aspects of an outbreak of hyponatremia in sheep. For this, serum and salivary samples of 55 sheep were collected in six different farms in the region. Na, K, and Cl concentrations were determined by colorimetric test, using commercial kits in a semi-automatic biochemical analyzer. The mean serum concentrations ranged from 131.5 ± 13.1 mEq/L to 172.4 ± 9.3 mEq/L for Na, 6.28 ± 1.3 mEq/L to 13.9 ± 1.4 mEq/L for K, and 91.6 ± 54.8 mEq/L to 113.6 ± 1.5 mEq/L for Cl. The mean salivary concentrations ranged from 119.4 ± 9.5 mEq/L to 161.8 ± 15.2 mEq/L for Na, 10.1 ± 3.1 mEq/L to 22.3 ± 2.3 mEq/L for K, and the ratio Na:K ranged from 6.0 ± 1.3 mEq/L to 11.8 ± 4.1 mEq/L. These results revealed that most sheep raised in the farms in this region are marginally depleted in sodium.

Key Words: Mineral deficiency, hyponatremia, hypokalemia, hypochloremia, ruminants.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar as concentrações séricas de Na, K e Cl, além das concentrações salivares de Na e K em ovinos criados em região semiárida do Nordeste do Brasil, e relatar a epidemiologia, os aspectos clínicos e patológicos de um surto de hiponatremia em ovelha. Para isso, amostras de soro e saliva de 55 ovelhas foram coletadas em seis diferentes fazendas da região. As concentrações de Na, K e Cl foram determinadas por teste colorimétrico, utilizando kits comerciais em analisador bioquímico semiautomático. As concentrações séricas médias variaram de $131,5 \pm 13,1$ mEq / L a $172,4 \pm 9,3$ mEq / L para Na, $6,28 \pm 1,3$ mEq / L a $13,9 \pm 1,4$ mEq / L para K e $91,6 \pm 54,8$ mEq / L a $113,6 \pm 1,5$ mEq / L para Cl. As concentrações salivares médias variaram de $119,4 \pm 9,5$ mEq / L a $161,8 \pm 15,2$ mEq / L para Na, $10,1 \pm 3,1$ mEq / L a $22,3 \pm 2,3$ mEq / L para K, e a razão Na: K variou de $6,0 \pm 1,3$ mEq / L a $11,8 \pm 4,1$ mEq / L. Esses resultados revelaram que a maioria dos ovinos criados nas fazendas desta região são marginalmente deficientes em sódio.

Palavras-chave: Deficiência mineral, hiponatremia, hipocalemia, hipocloremia, ruminantes.

Introdução

Os minerais são nutrientes inorgânicos que desempenham três tipos de funções essenciais para o organismo dos animais: participam como componentes estruturais dos tecidos corporais; atuam nos tecidos e fluidos corporais como eletrólitos para manter o equilíbrio ácido-básico, pressão osmótica e permeabilidade das membranas celulares e equilíbrio osmótico; e funcionam como ativadores de

processos enzimáticos ou como membros da estrutura de metaloenzimas ou vitaminas. Para realizar essas funções, o organismo necessita de certas quantidades de cada mineral essencial. Concentrações de minerais abaixo dos requisitos exigidos para cada espécie podem alterar a dinâmica metabólica e comprometer diversas atividades orgânicas (Riet-Correa et al. 2007; Soetan et al. 2010; Suttle 2010).

Dentre os principais minerais considerados essenciais para a saúde animal, o Na se destaca por ser o principal cátion extracelular e, em combinação com o Cl, mantém a pressão osmótica, regula o equilíbrio ácido-base e controla o metabolismo da água no corpo (Russell & Roussel 2007; Sykes 2007; Suttle 2010; Tokarnia et al. 2010). O metabolismo do Na é facilmente perturbado em ruminantes quando o suprimento de sal mineral é interrompido ou não é fornecido, o que causa hiponatremia (Tokarnia et al. 2000; Russell & Roussel 2007; Sykes 2007; Tokarnia et al. 2010).

A hiponatremia é caracterizada por uma demanda acentuada de sal, perda ou menor ganho de peso, crescimento mais lento, diminuição da produção de carne e leite e alotriofagia, com tendência dos animais a ingerir solo ou madeira e lambar o suor de outros animais, e quando ovelhas e cabras estão confinados, é comum vê-los lambendo as paredes (Riet-Correa et al. 2007; Tokarnia et al. 2010). A hiponatremia também ocorre com a perda excessiva de fluidos ricos em Na, como diarreia, insuficiência renal ou obstrução ou ruptura do trato urinário (Russell & Roussel 2007). Outros fatores, incluindo lactação, crescimento rápido, sudorese excessiva em climas tropicais e pastagens fertilizadas com excesso de K favorecem a deficiência de Na (Riet-Correa et al. 2007; Tokarnia et al. 2010). Os distúrbios nos quais o Na é perdido tendem a produzir hipocalemia e hipocloremia (Russell 2007). Hiponatremia, hipocalemia e hipocloremia são achados frequentes encontrados em doenças gastrointestinais obstrutivas, incluindo abomaso deslocado, indigestão vaginal, vôlvo de abomaso, intussuscepção e torção cecal (Russell et al. 2007).

As espécies de ruminantes alimentadas com gramíneas tropicais podem apresentar hiponatremia, visto que essas gramíneas geralmente apresentam baixos níveis de Na (Suttle 2010). Em diferentes regiões do Brasil, a maioria das pastagens são consideradas deficientes em Na ao longo do ano (Tokarnia et al. 1999; Tokarnia et al. 2000; Tokarnia et al. 2010; Conti et al. 2015). Porém, apesar de ser a segunda

deficiência mineral mais comum no mundo, atrás apenas da deficiência de P (Tokarnia et al. 2010), a deficiência de Na em pequenos ruminantes é pouco compreendida e o conhecimento dessa condição é escasso, principalmente em ovinos. Portanto, objetivamos aqui determinar as concentrações séricas de Na, K e Cl, além das concentrações salivares de Na e K em ovinos criados em uma região semiárida do Nordeste do Brasil e relatar a epidemiologia, os aspectos clínicos e patológicos de um surto de hiponatremia grave em ovelhas ocorrido nesta região.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no semiárido pernambucano nos municípios de Limoeiro (Fazenda 1), Custódia (Fazenda 2), São José do Egito (Fazenda 3), Sertânia (Fazenda 4), Venturosa (Fazenda 5) e Belo Jardim (Fazenda 6), no período de seca (Fig. 1). O clima nesta região é semiárido, com altas temperaturas médias e chuvas escassas e irregularmente distribuídas ao longo do ano. O bioma característico dessa região é a Caatinga brasileira, que é composta predominantemente por vegetação xerofítica, lenhosa, espinhosa e caducifolia. As propriedades investigadas eram de pequeno a médio porte, cuja principal fonte de renda é a agricultura familiar. O manejo adotado é semiextensivo, e a suplementação proteica e mineral quase não foi fornecida, com exceção da fazenda 6, onde ração comercial peletizada contendo milho integral moído, farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo e vitamina A, vitamina D3 e vitamina E suplemento foram fornecidos.

Para realização das visitas técnicas, dez ovelhas adultas foram escolhidas aleatoriamente dentro de cada rebanho. Essas ovelhas foram avaliadas clinicamente de acordo com Radostits (2002) e amostras de sangue foram coletadas por punção venosa da jugular em tubos de silicone com e sem anticoagulante. O hematócrito foi realizado para determinação do hematócrito pela técnica de microhematócrito. O nível de hemoglobina foi avaliado pelo método da cianometahemoglobina e a contagem de hemácias (hemácias) foi avaliada em câmara de Neubauer. Para determinar o nível de proteína plasmática, amostras de sangue foram coletadas com EDTA a 10%, aquecidas a 57 °C por 3 minutos, centrifugadas e analisadas por refração. Para a obtenção do soro, as amostras de sangue sem anticoagulante

permaneceram em repouso em temperatura ambiente para retração do coágulo e, a seguir, centrifugadas por 15 minutos a 500 xg. As amostras de soro foram armazenadas em tubos Eppendorf a – 20 °C para posterior análise mineral.

As amostras de saliva foram obtidas por sucção de saliva mista da cavidade oral na região lateral dos dentes molares inferiores, utilizando uma cânula plástica de 30 cm acoplada a um aspirador clínico (aspira max, Omron Healthcare Brasil Indústria e Commerce of Medical Products LTDA). Entre cada coleta, a cânula era lavada com água destilada e a seringa trocada por uma nova para evitar contaminação com saliva. Após a amostragem, cada amostra de saliva foi colocada em um tubo Falcon estéril de 15 mL, acondicionada em caixas de poliestireno com gelo reciclável, na chegada ao laboratório foram centrifugadas a 2.000 rpm por 10 minutos para separação e remoção dos resíduos, e posteriormente pipetadas e colocados em microtubos Eppendorf de 2 mL e congelados a – 80 °C até o processamento.

As concentrações séricas e salivares de Na, K e Cl foram realizadas em analisador bioquímico automatizado (Labmax 240®), com kits comerciais da Labtest®. A relação Na: K foi obtida dividindo o valor do cálcio total pelo valor do fósforo. Esses dados foram avaliados segundo medidas de tendência central (média, mediana, amplitude, valores mínimo e máximo e desvio padrão).

Além disso, o conteúdo ruminal de ovelhas selecionadas foi coletado usando um tubo gástrico e usado para avaliar o pH, cor, odor, aparência, flotação-sedimentação, redução do azul de metileno e atividade do protozoário. Cinco ovelhas foram necropsiadas após apresentarem sinais clínicos graves de deficiência de sódio e morte espontânea. Os seguintes tecidos foram coletados e fixados em formalina tamponada neutra a 10%, pH 7,2, por 24 h: cérebro, medula espinhal, pulmão, coração, fígado, pâncreas, rim, adrenal, tireóide, baço, rúmen, retículo, omaso e abomaso. Todas as amostras foram processadas rotineiramente para a produção de seções de hematoxilina e eosina (H&E) de 4 µm de espessura.

Resultados

As concentrações séricas médias de Na, K e Cl e as concentrações salivares de Na, K e a razão Na: K em ovelhas de diferentes fazendas estão resumidas na

Tabela 1. As concentrações séricas de Na, K e Cl permaneceram entre os intervalos normais em ovelhas das fazendas 1 a 5. Os ovinos da fazenda 6 apresentaram valores séricos de Na de $131,5 \pm 13,1$, enquanto o K permaneceu dentro dos valores normais. Os valores de Na na saliva dos ovinos de todas as fazendas ficaram abaixo dos valores de referência e atingiram um valor menor de $119,5 \pm 9,5$ mEq / L nos ovinos da fazenda 6. Nesta fazenda, os valores médios de K também ficaram abaixo do valor de referência. A proporção Na: K na saliva dos ovinos das fazendas 1 a 6 manteve-se abaixo dos valores de referência.

Nenhum sinal clínico de deficiência de Na foi observado em ovelhas das fazendas 1 a 5. Sinais clínicos inespecíficos consistindo de mucosa pálida, inapetência leve, aparência abatida por causa de uma pelagem áspera e ganância de sal foram notados de maneira geral. Nenhuma mudança significativa foi observada nos parâmetros hematológicos ou no fluido ruminal em ovelhas das fazendas 1 a 5.

Na fazenda 6, um surto de deficiência de Na foi acompanhado, afetando 42 de um total de 212 ovelhas. A morbidade foi de 19,81% (42/212), a mortalidade foi de 3,30% (7/212) e a letalidade foi de 16,6% (7/42). O quadro clínico foi variável ao longo deste grupo, variando de alterações leves a graves. Trinta e nove ovelhas (92,8%; 39/42) apresentaram sinais clínicos leves a moderados que consistiam em aparência abatida por causa de uma pelagem áspera, desejo por sal (Fig. 2a) e pica, que se manifestou principalmente por desejo ávido por solo (Fig. 2b e 2c) e as paredes das baias (Fig. 2d). Outras manifestações incluíram polidipsia, poliúria, tosse seca e inapetência (Fig. 2e). Três ovelhas (7,14%; 3/42) apresentaram fraqueza e dificuldade de levantar e movimentar-se e as ovelhas apresentavam emagrecimento grave por indigestão vagal (Fig. 2f). À medida que a deficiência progredia, entre 4-7 semanas após a observação dos primeiros sinais clínicos, cinco ovelhas tornaram-se emaciadas, desidratadas e morreram repentinamente. Durante a inspeção do fornecimento de minerais, notou-se que o produtor não estava fornecendo sal mineral adequado para este grupo de ovelhas (ou seja, fornecimento intermitente, quantidade inadequada para o número de animais ou o sal mineral permaneceu úmido por muito tempo).

A análise hematológica revelou um aumento de 60% a 65% do hematócrito em cinco ovelhas examinadas. Nenhuma outra alteração foi observada. Os

resultados da análise do fluido ruminal revelaram uma diminuição na atividade de redução do azul de metileno e a densidade e motilidade dos protozoários foram diminuídas em 70-80% em cinco ovelhas avaliadas. Em dois deles, a cor do líquido ruminal era acastanhada. Nenhuma outra alteração foi observada.

Na necropsia, o conteúdo ruminal era geralmente impactado, acastanhado, formando massas redondas compostas por grama, argila ou areia, às vezes dando ao conteúdo um aspecto de “bolinhas de argila” (Fig. 3a). Em duas ovelhas o conteúdo foi impactado, mas tinha uma cor verde e continha um conteúdo de areia acinzentado. Quatro em cada cinco ovelhas apresentavam glândulas supra-renais aumentadas (Fig.3b), geralmente com o dobro do tamanho, e na superfície de corte estavam inchadas e com bordas grossas. Em duas ovelhas, os lobos cranioventrais dos pulmões eram vermelho-escuros focalmente, condensados e tinham uma aparência brilhante. Nenhuma outra lesão grave foi observada. Histopatologicamente, as principais alterações foram observadas no córtex da glândula adrenal, principalmente no córtex. A largura da zona glomerular foi expandida e ocupou pelo menos uma proporção dupla do córtex. Além disso, houve perda da arquitetura, perda de cordões celulares corticais e acúmulo de RBC entre os sobreviventes da estrutura de suporte fibrovascular (Fig. 3c). Essas mesmas alterações foram observadas na zona fasciculada. As células corticais adjacentes em ambas as zonas eram de forma piramidal, condensadas, com citoplasma hipereosinofílico e contendo núcleos hipercromáticos, e revestidas por abundante material fibrilar proteico. As células epiteliais da zona dos fasciculados tinham aparência semelhante, mas eram maiores e mais claras que as células da glomerulosa. As células da zona reticulada tinham forma semelhante à da zona glomerulosa e também eram condensadas, com citoplasma hipereosinofílico e núcleos hipercromáticos. Nenhuma alteração foi observada nas células da zona medular (Fig. 3d).

Discussão

O diagnóstico de hiponatremia aqui descrito foi baseado em achados epidemiológicos e clínicos e confirmado pela determinação de Na salivar baixo em ovelhas de quatro fazendas (1, 2, 3 e 6) e relações baixas de Na: K na saliva, que

variaram de 6,0 - 11,8 mEq / L em ovinos de todas as fazendas. Essas taxas indicam níveis marginais de deficiência de Na em todas as ovelhas examinadas. Quando a concentração de Na é de aproximadamente 160 mEq / L e a concentração de K é de 10 mEq / L (relação Na: K = 20), com dieta normal e reposição adequada de Na, as ovelhas permaneceram em boas condições indefinidamente (Denton 1956, Suttle 2007). Valores entre 4,0 e 10,0 mEq / L indicam deficiência marginal de Na, enquanto valores menores que 4,0 mEq / L indicam deficiência. No entanto, as proporções de Na e K em ovelhas com depleção de Na podem variar em uma enorme escala, entre 40,0 - 114 mEq / L para Na e de 7,8 - 16 mEq / L para K (Denton 1956), também atingindo proporções negativas, como proporções como 0,4 - 0,5 (Sykes 2007, Suttle 2010). Além disso, relações estreitas de Na: K da saliva (menos de 10: 1) podem estar associadas a respostas de produção ao Na suplementar, porque em animais debilitados, o córtex adrenal responde rapidamente com aumento da secreção de aldosterona, que atua diretamente na glândula salivar parótida, causando uma redução no Na e elevação da concentração de K na saliva (Morris 1980). Talvez por esse motivo, encontramos níveis mais elevados de K salivar nas ovelhas das fazendas 1-5.

A concentração de Na no plasma sanguíneo não é considerada um índice útil de inadequação de Na e recomenda-se cautela na interpretação da análise de pastagens de animais porque a concentração de Na na forragem pode exibir variação sazonal marcante (Morris 1980). Em bovinos com deficiência crônica de Na pouca ou nenhuma alteração é geralmente encontrada na concentração sérica de Na, mesmo em animais gravemente afetados. Aqui, as amostras de Na sérico em ovelhas das fazendas 1 a 5 permaneceram dentro dos valores normais, enquanto apenas as ovelhas da fazenda 6 tiveram valores baixos. Os K séricos médios foram superiores a 8 mEq/L, que é superior à referência utilizada, entre 24-6,5 mEq/L. No entanto, os animais não mostraram sinais de hipercalemia. Por essas razões, a razão Na: K salivar e a histologia adrenal são os índices mais sensíveis de inadequação de Na (Morris 1980, Suttle 2010) e a indicação mais segura de privação de Na continua sendo uma resposta positiva no apetite, aparência e produtividade à suplementação de sal (Sykes 2010). Outros achados laboratoriais na deficiência de Na incluem baixos níveis nas concentrações urinária, ruminal e fecal de Na, um aumento concomitante nas concentrações ruminais e fecais de K e um

aumento na concentração sérica de aldosterona (Olson et al. 1989). No entanto, essas análises não foram realizadas em nosso estudo.

A maioria das ovelhas das fazendas 1 - 5 não apresentou sinais clínicos semelhantes à deficiência de Na, enquanto as ovelhas da fazenda 6 apresentaram quadro clínico grave. Neste último caso, a deficiência afetou principalmente ovelhas prenhes ou em lactação, um fator bem conhecido que precipita a deficiência de Na (Michell et al. 1988, Sykes 2007, Suttle 2010, Tokarnia et al. 2010), enquanto os grupos restantes foram formados por ovelhas de corte, que eram mais jovens e não ficavam muito tempo nas fazendas porque eram rapidamente enviadas ao abatedouro. Por outro lado, os ovinos da fazenda 6 apresentaram deficiência crônica, pois o sal mineral não estava sendo fornecido e o clima da região é semiárido. Quando uma ou mais dessas condições se aplicam continuamente por longos períodos, a privação é inevitável (Suttle 2010).

O sinal mais óbvio de depleção de Na, um desejo por sal, não fornece um diagnóstico definitivo porque alguns indivíduos saudáveis comem sal avidamente (Denton 1982) e o desejo por sal é uma característica de outros distúrbios, como a privação de fósforo. Outras manifestações de privação de Na, como polidipsia e poliúria (Whitlock et al. 1975), também são inespecíficas, e deve-se confiar em critérios bioquímicos, como a proporção salivar de Na para K.

Conforme demonstrado aqui, a deficiência de Na crônica em ovinos, demonstrou resultar no aumento da zona glomerulosa em várias espécies, como de ratos (Wardlaw e Pike, 1963), coelhos e cangurus (Myers 1967; Blair West et al. 1968) e bovinos (Morris e Gartner 1975). Porém, além disso, descrevemos aqui alterações nas células glomerulosa e fasciculada. Essas alterações provavelmente estão relacionadas ao hiperaldosteronismo induzido por baixos níveis crônicos de Na. Nesta situação, as células da zona glomerulosa aparecem como pequenas e marcadamente coradas com eosina devido à presença de mitocôndrias, enquanto as células fasciculadas aparecem como células grandes e leves devido à grande abundância de gotas lipídicas, enquanto as células da zona reticulada são semelhantes à da glomerulosa como células cinza-escuras (Gioco et al. 2015).

A agricultura nas regiões semiáridas é praticada em escala limitada devido às chuvas escassas e incertas e à falta de água para irrigação, deixando a maioria dessas regiões para ser usada como pastagem. No entanto, devido à crescente taxa

de degradação das pastagens e instabilidade econômica, a alimentação do gado geralmente enfrenta sérias dificuldades relacionadas ao fornecimento quantitativo e qualitativo de nutrientes e minerais e isso é exacerbado pelo aumento contínuo dos preços dos alimentos (Salem 2010). Especialmente no Nordeste do Brasil, ruminantes criados sob essas condições estão geralmente pastando em pastagens degradadas e não recebem fornecimento mineral adequado. Esta é a principal causa da ocorrência de deficiências minerais na pecuária da região.

O manejo do suprimento mineral para ovinos na região estudada é tão desequilibrado que o fornecimento de complementos para manutenção e produção é necessário. Em relação à concentração de Na na dieta de ovinos, recomenda-se um consumo diário de 0,7-0,9 g de Na e, em geral, um fornecimento dietético de NaCl no nível de 0,25% -0,5% é considerado adequado para ruminantes (Riet-Correa et al. 2007). Para ovelhas em lactação no pasto, um sal solto ou em bloco deve estar continuamente disponível. Em geral, isso costuma ser suficiente, mas é necessário lembrar que a forma física do sal afeta o consumo voluntário. Ovelhas a pasto consomem significativamente mais solto do que o sal em bloco, mas a ingestão de sal em bloco ainda é suficiente para atender às necessidades de Na da lactação.

Agradecimentos: Agradecemos aos produtores que apoiaram nossa equipe durante a coleta de dados em suas propriedades.

Contribuição dos autores: Conceituação: F.M., P.S., V.A; Coleta de amostras W.C., G.S.F., H.B., S.F.; metodologia: F.M., P.S., N.W., R.P., E.O.F., A.C.; análise formal: V.A., F.M., P.S., N.W., R.P., E.O.F., A.C.; curadoria de dados: F.M. e P.S.; redação - preparação do rascunho original: W.C., G.S.F., H.B., S.F., F.M.; redação — revisão e edição: W.C., G.S.F., H.B., S.F., P.S., N.W., R.P., E.O.F., A.C. e F.M. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Financiamento - Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código Financeiro 001, e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo 304804 / 2018-5.

Disponibilidade de dados: Os conjuntos de dados gerados e analisados durante o estudo atual estão disponíveis junto ao autor correspondente mediante solicitação razoável.

Declarações

Declaração de conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Aprovação ética: As amostras utilizadas neste estudo foram coletadas de ovinos domésticos de acordo com a prática veterinária comum como parte da investigação veterinária de rotina no Brasil, de acordo com a lei 5.517, de 23 de outubro de 1968. O consentimento verbal foi obtido dos proprietários das ovelhas antes da amostragem suas ovelhas e todos os dados foram documentados no registro do Laboratório de Diagnóstico Animal.

Legenda das imagens

Fig. 1. Mapa geográfico do Brasil destacando a região Nordeste, o estado de Pernambuco e, em destaque, os municípios estudados.

Fig. 2. Hiponatremia em ovelhas. (a) Várias ovelhas exibindo desejo por sal. (b e c) Ovinos apresentando pica, manifestada principalmente por desejo ávido por solo. Observe que há vários buracos nas ravinas. (d) Ovinos apresentando pica, caracterizados pelo gosto pelas paredes das baias em área de confinamento. Observe os buracos no cocho das ovelhas devido ao consumo constante. (e) Ovinos exibindo tosse seca e apresentando perda de condição. (f) Ovelhas emaciadas devido à indigestão vagal, uma condição associada à deficiência de Na.

Fig. 3. Hiponatremia em ovelhas. (a) O conteúdo ruminal é impactado, acastanhado, formando massas redondas compostas de grama e argila com aspecto de bolas de argila. (b) Hipertrofia das glândulas supra-renais, que têm aproximadamente o dobro de tamanho. (c) Hipertrofia da glândula adrenal em uma ovelha com depleção de Na. A largura da zona glomerular é expandida e ocupa pelo menos uma proporção dupla do córtex adrenal. Perda da arquitetura e perda dos cordões celulares corticais é observada. HE, obj. 10x. (d) As células da glomerulosa têm forma piramidal, condensadas, com citoplasma hipereosinofílico e contendo núcleos hipercromáticos, e são revestidas por abundante material fibrilar proteico. HE, obj. 40x.

Referências

- Blair-West, J.R., Coghlan J.P., Denton, D.A., Nelson, J.F., Elsplet Orchard, Scoggins, B.A., R.D., Wright, R.D., Meyers, K., Junqueira, C.L. (1968). Physiological, morphological and behavioural adaptation to a sodium deficient environment by wild native Australian and introduced species of animals. *Nature*, 217, 922–928. <https://doi.org/10.1038/217922a0>
- Conti, R.M.C., Zanetti, M.A., Saran Netto, A., Rodrigues, P.H.M., Pacheco, J.C.G., Garrine, C.M.L.P., Yoshikawa, C.Y.C. (2015). Effects of organic and inorganic copper and sulphur supplementation on blood biochemical parameters in sheep. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 35, 875-881. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2015001100001>
- Denton D.A. 1956. The effect of Na⁺ depletion on the Na⁺:K⁺ ration of the parotid saliva of the sheep. *The Journal of Physiology*, 131(13), 516-525. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1956.sp005479>
- Gioco, F., Seccia, T. M., Gomez-Sanchez, E. P., Rossi, G. P., & Gomez-Sanchez, C. E. (2015). Adrenal Histopathology in Primary Aldosteronism. *Hypertension*, 66(4), 724–730. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.05873>
- Michell, A.R., Moss, P., Hill, R., Vincent, I. C., Noakes, D.E. (1988). The effect of pregnancy and sodium intake on water and electrolyte balance in sheep. *British Veterinary Journal*, 144(2), 147–157. [https://doi.org/doi.org/10.1016/0007-1935\(88\)90047-4](https://doi.org/doi.org/10.1016/0007-1935(88)90047-4)
- Morris, J.G. (1980). Assessment of Sodium Requirements of Grazing Beef Cattle: a Review. *Journal of Animal Science*, 50(1), 145–152. <https://doi.org/10.2527/jas1980.501145x>
- Morris, J.G. and Gartner R.J.W. (1975). The effect of potassium on the sodium requirements of growing steers with and without alpha-tocopherol supplementation. *British Journal of Nutrition*, 34(1), 1-14. <https://doi.org/10.1017/s0007114575000050304>
- Myers, K. (1967). Morphological changes in the adrenal glands of wild rabbits. *Nature*, 213, 147-150. <https://doi.org/10.1038/213147a0>
- Olson, W.G., Link, K,R,J., Otterby, D.E., Stevens J.B. (1989). Assessment of sodium deficiency and polyuria/polydipsia in dairy cows. *The Bovine Practitioner*, 24, 123-133
- Radostits O.M., Gay C.C., Blood D.C., Hinchcliff, K.W. (2000). *Veterinary Medicine*, 9th edn, W.B. Saunders, London, pp. 1819–1822.
- Riet-Correa F. 2007. Deficiência de cobre, p.239-248. In: Riet-Correa, Schild A.L., Lemos R.A.A. & Borges J.R. (Eds), *Doenças de Ruminantes e Eqüinos*. 3ª ed. Pallotti, Santa Maria.
- Russell K.E. and Roussel, A.J. (2007). Evaluation of the Ruminant Serum Chemistry Profile. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(3), 403–426. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.07.003>

- Salem, H.B. (2010). Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 337-347. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300037>
- Soet K.O., Olaiya C.O., Oyewole, O.E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200-222. <https://doi.org/10.5897/AJFS.9000287>
- Suttle, N. (2010). Sodium and chloride. In: Suttle N. *Mineral Nutrition of Livestock*, 4th Edition, London, UK, pp. 182-205.
- Sykes, A.R. (2007). Deficiency of mineral macro-elements. In: Aitken I.D. *Diseases of sheep*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, pp. 374-375.
- Tokarnia, C.H., Peixoto, P.V., Barbosa, J.D., Brito, M.F., Döbereiner J. (2010). *Deficiências Minerais em Animais de Produção*. Ed.Helianthus, Rio de Janeiro.
- Tokarnia, C.H., Döbereiner J., Peixoto P.V. (2000). Mineral deficiencies in farm animals, mainly cattle in pasturelands. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 20(3), 127-138. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2000000300007>
- Tokarnia, C.H., Döbereiner, J., Moraes, S.S., Peixoto, P.V. (1999). Mineral deficiencies and imbalances in cattle and sheep a review of Brazilian studies made between 1987 and 1998. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 19(2), 47-62. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X1999000200001>
- Wardlaw, J.M. and Pike, R. L. (1963). Some effects of high and low sodium intake during pregnancy in the rat. IV Granulation of renal juxtaglomerular cells and zona glomerulosa width. *The Journal of Nutrition*, 80(4), 355-364. <https://doi.org/10.1093/jn/80.4.355>

Figura 1.

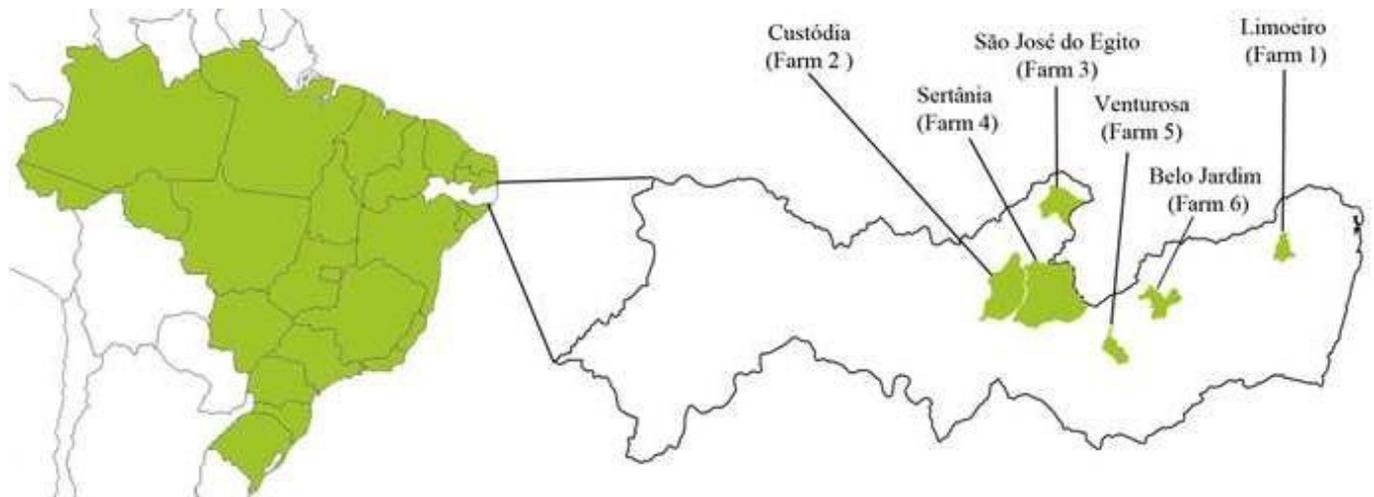


Figura 2.



Figura 3.

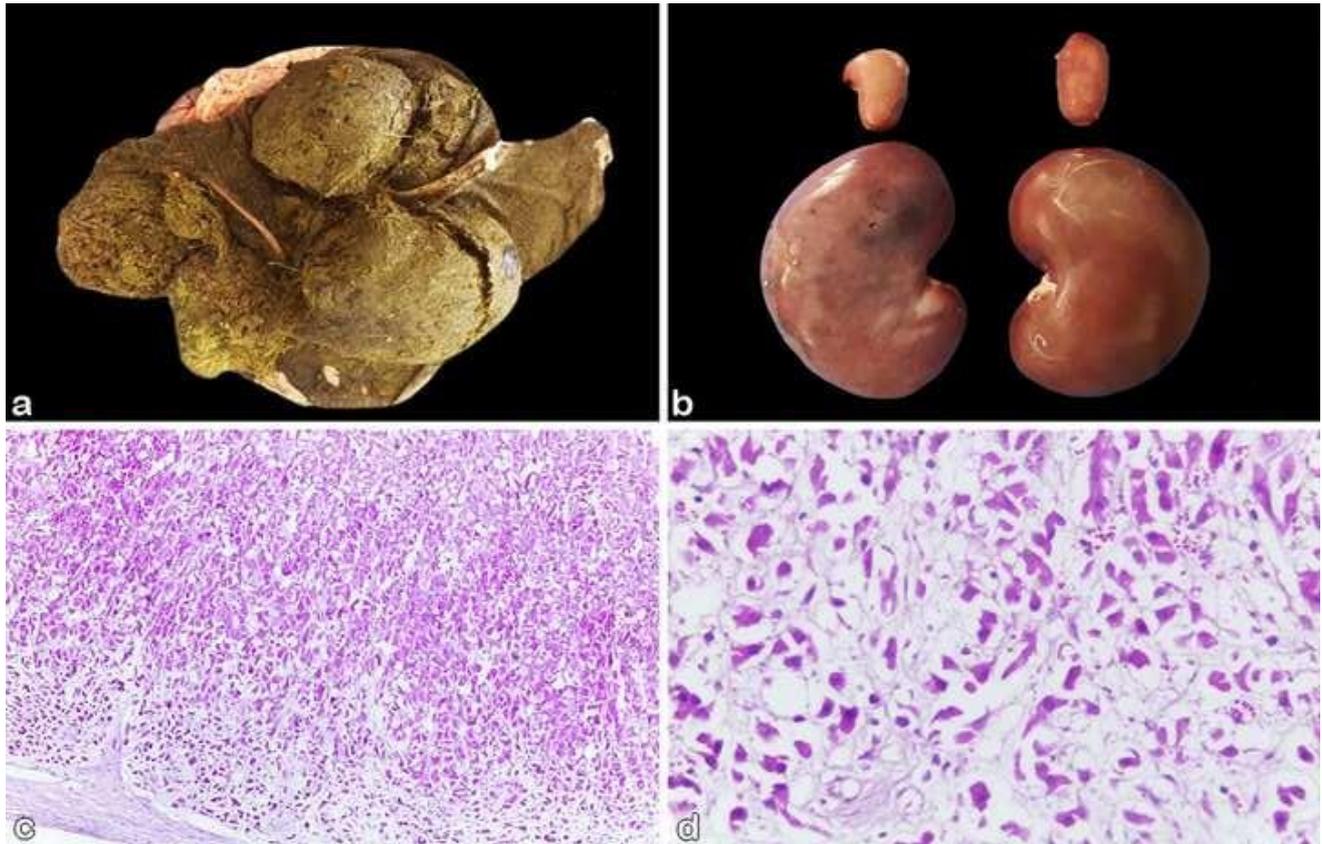


Tabela 1. Média e desvio padrão em amostras de soro e saliva de ovinos com deficiência de sódio.

Minerais (mEq/L)	Fazendas						Valores de Referência
	1	2	3	4	5	6	
Soro							
Na	156.8±4.5	172.4±9.3	170.2±8.4	165.4±8.8	181.5±16.5	131.5±13.1	145-152
K	8.02±0.7	8.2±0.6	12.26±1.3	13.9±1.4	15.5±1.6	6.28±1.3	4-6.5
Cl	107.2±1.2	91.6±54.8	103.6±31.2	112.5±3.0	113.6±1.5	-	102-113
Saliva							
Na	145.2±23.5	129.1±22.4	142.7±28.7	161.8±15.2	163.6±2.4	119.4 ±9.5	~160
K	19.5±19.5	22.3±2.3	19.9±1.8	21.8±1.7	22.6±2.5	10.1 ±3.1	~10
Na:K	7.5±1.6	6.0±1.3	7.2±1.9	7.5±1.2	7.3±1.4	11.8 ±4.1	~ 20:1