RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 01/02/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MACROMINERAL REQUIREMENTS IN MALE AND FEMALE SAANEN GOATS

José Mauricio dos Santos Neto
Animal scientist

2016

DISS. / SANTOS NETO J.M. 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MACROMINERAL REQUIREMENTS IN MALE AND FEMALE SAANEN GOATS

José Mauricio dos Santos Neto
Adviser: Prof. Dr. Kléber Tomás de Resende
Co-adviser: Dra. Márcia Helena Machado da Rocha Fernandes

Thesis submitted to Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal as part of the requirements to obtain the Master degree in Animal Science

2016

Santos Neto, José Mauricio dos

S237m Macromineral requirements in male and female Saanen goats / José Mauricio dos Santos Neto. – – Jaboticabal, 2016

xviiii, 43 p.; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016

Orientador: Kléber Tomás de Resende

Coorientadora: Márcia Helena Machado da Rocha Fernandes

Banca examinadora: Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira, Marcos Jácome de Araújo

Bibliografia

1. Abate comparativo. 2. Caprinos Saanen. 3. Equações alométricas. 4. Exigência de macrominerais. 5. Nível de ingestão. 6. Retenção mineral. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.087:636.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MACROMINERAL REQUIREMENTS IN MALE AND FEMALE SAANEN GOATS.

AUTOR: JOSÉ MAURÍCIO DOS SANTOS NETO

ORIENTADOR: KLEBER TOMAS DE RESENDE

COORIENTADOR: MARCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MARCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. MARCOS JÁCOME DE ARAÚJO
Universidade Federal do Piauí / Bom Jesus/PI
Participação por Videoconferência

Izabelle Molina

Profa. Dra. IZABELLE AUXILIADORA M. DE ALMEIDA TEIXEIRA
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Jaboticabal, 01 de fevereiro de 2016

Universidade Estadual Paulista
Câmpus de Jaboticabal
Seção Técnica de Pós-Graduação
CONFERE COM O ORIGINAL
Jaboticabal, 17/02/2016

Seção Técnica de Pós-Graduação UNESP Câmpus de Jaboticabal

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

José Mauricio dos Santos Neto é filho de João Batista do Nascimento Santos e Célia Maria Ferreira Portela. Nasceu em 09/07/1990, na cidade de Areia, Paraíba, Brasil. Iniciou o curso de graduação em Zootecnia em 2009, na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Centro de Ciências Agrárias (CCA). Desenvolveu, sob a orientação do Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros, a monografia intitulada: “Composição tecidual e características qualitativas da carne de cabritos Canindé submetidos à restrição alimentar”. Colou grau no ano de 2013, sendo, naquele momento, agraciado com o prêmio honorífico “Jaime Coelho de Moraes”, láurea que é concedida ao estudante que obteve o melhor desempenho acadêmico dentre os formandos do período. Em 2014 iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNESP - FCAV, Câmpus de Jaboticabal, sob a orientação do Dr. Kléber Tomás de Resende e coorientação da Dra. Márcia Helena Machado da Rocha Fernandes. No ano de 2015 realizou estágio de pesquisa no exterior, por um período de cinco meses, na Texas A&M University, College Station, Texas. Foi aprovado na seleção de doutorado, para ingresso em 2016, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNESP - FCAV, Câmpus de Jaboticabal e no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da USP - Esalq, Câmpus de Piracicaba.

“O homem começa a morrer na idade em que perde seu entusiasmo.”
Balzac

Nunca aja como o porco Napoleão ou como o cavalo Sansão, personagens icônicos do livro: “A revolução dos bichos”, de George Orwell. O primeiro é cruel e o segundo é um tolo.

DEDICO

À memória do meu avô, José Mauricio, e do meu tio, Erivaldo.

À minha adorada avó, Maria das Dores, e às minhas tias: Ana Rita, Andreia e Eliane. Por tudo que as senhoras fazem e vêm fazendo por mim!

À minha querida companheira, Aline Silva, por todo amor e apoio. Você foi essencial nesta minha caminhada!

AGRADECIMENTOS

Ao Pai Celestial, por todas as graças concedidas. Hoje, ao Senhor, eu só peço saúde, pois com o corpo e a mente sãs poderei lutar para atingir os meus objetivos.

À minha avó, Maria das Dores, e às minhas tias, Ana Rita, Andréia e Eliane, pela minha educação, formação moral e por todo o amor dedicado a mim durante todos esses anos. Ao meu pai, João Batista do Nascimento Santos, à minha mãe, Célia Maria Ferreira Portela, às minhas irmãs, Jéssica e Juliane, e ao meu irmão, Erivaldo Junior. Obrigado por todo o amor, apoio e torcida. À minha amada companheira de todas as horas, Aline Silva, por todo o amor e apoio que foram essenciais nesta minha caminhada! Aos meus primos e tios, em especial ao meu "primo-irmão", Donato Feitosa, e ao meu tio, Ricardo Feitosa, pelo imenso amor fraternal.

À UNESP, pela oportunidade de realizar o mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processos nº 2014/07327-8 e 2008/58351-5). Pelas bolsas de estudos que me foram concedidas e pelo fomento de todo o projeto.

À Texas A&M University, pela oportunidade de realizar parte do meu mestrado fora do país.

Ao meu orientador, Dr. Kléber Tomas de Resende, e a minha coorientadora, Dra. Márcia Helena Machado da Rocha Fernandes, por todos os ensinamentos e pelas oportunidades profissionais oferecidas, além da imensa amizade e companheirismo. À Dr. Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira, pelos ensinamentos, principalmente no que diz respeito à organização e ao planejamento das atividades. Ao Dr. Bruno Biagioli, pelas conversas, conselhos e troca de experiências. Ao Dr. Marcos Jácome de Araújo, por ter aceitado participar da banca avaliadora desta dissertação e pelas valorosas contribuições feitas. Também estendo este agradecimento à Dr. Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira.

Aos membros e amigos de equipe: Amélia Katiane de Almeida**,** Ana Rebeca Castro Lima**,** Anaiane Pereira Souza**,** Carla Joice Härter**,** Carolina Isabel Soriano

Oporto, Fernanda Oliveira de Miranda Figueiredo, Julián Andrés Castillo Vargas, Leticia Marra Campos, Marina Elizabeth Barbosa Andrade, Nhayandra Christina Dias e Silva, Paula Fernanda Varella dos Santos, Rafael Fernandes Leite, Raiza Felismino Silveira e Thiago Francisco Ventoso Bompadre. Com vocês eu vivi importantes momentos profissionais e pessoais.

Aos membros do LANA e do Laboratório de Fitopatologia, em especial à Dra. Ana Paula de Oliveira Sader e ao Dr. Marcelo da Costa Ferreira, pela imensa ajuda dada no desenvolvimento das análises laboratoriais. Neste ponto, também sou profundamente grato às estudantes Carolina Isabel Soriano Oporto e Paula Fernanda Varella dos Santos, bem como à Dra. Carla Joice Härter.

Aos meus professores de inglês: Deny Blanes, Heather Pfleger e Aline Araujo Teixeira Monorey. Obrigado por terem contribuído grandemente com o meu aperfeiçoamento neste idioma.

Ao Dr. Luis Orlindo Tedeschi, por ter me recebido como “Student Intern” na Texas A&M University. Ao Dr. Mozart Alves Fonseca, pela grande ajuda que me foi dada assim que cheguei a College Station - Texas. Aos amigos Ely Tavares e Sterling Simms. Conviver com vocês durante o intercâmbio foi extremamente prazeroso, sou muito grato pela amizade que nós construímos. Aos membros do “Laboratory of Ruminant Nutrition” da Texas A&M University. Obrigado pela oportunidade de troca de conhecimentos.

Às minhas queridas amigas, Ana Rebeca Castro Lima e Anaiane Pereira Souza, e ao meu grande amigo, Julián Andrés Castillo Vargas. Obrigado por tudo que passamos juntos. Ao meu amigo e irmão, Wandson Azevedo, pelas conversas descontraídas sobre política e literatura e pelos conselhos sempre coerentes.

Aos meus companheiros de apartamento e grandes amigos: Dilier Olivera, Joel Cabral, Luis Cláudio Mancha, Paulo Alexandre Fernandes, Vinicius Fonseca e Wallace Leite. Morar com vocês em Jaboticabal foi um grande presente que tornou os meus dias mais leves e reduziu a saudade do meu querido Nordeste.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação e sempre acreditaram em mim.

Muito obrigado!

SUMMARY

RESUMO....xiiiiii
ABSTRACT.... xiviv
LIST OF ABBREVIATIONS....xv
LIST OF TABLES....xviivii
LIST OF FIGURE....xviiiviii
CHAPTER 1 – GENERAL CONSIDERATIONS....1
1. INTRODUCTION....1
2. LITERATURE REVIEW....2
2.1. Macromineral requirements....2
2.2. Ca and P....3
2.3. Mg....5
2.4 Na and K....7
3. LITERATURE CITED....9
CHAPTER 2 – Net macromineral requirements in male and female Saanen goats....13
INTRODUCTION....15
MATERIAL AND METHODS....16
Animal Care.... 16
General Procedures.... 16
Exp. 1: Net Macromineral Requirements for Maintenance.... 19
Exp. 2: Net Macromineral Requirements for Growth.... 21
Statistical Analysis.... 22
RESULTS....24
Exp. 1: Net Macromineral Requirements for Maintenance.... 24
Body Composition of Baseline Animals.. 24
Animal Performance, Body Composition, and Macromineral Retention in Tissues According to Level of Intake.. 25
Net Macromineral Requirements for Maintenance.... 30
Exp. 2: Net Macromineral Requirements for Growth.... 32
Net Macromineral Requirements for Growth..... 32
DISCUSSION....35
LITERATURE CITED....39
CHAPTER 3 – IMPLICATIONS....43

THESIS STRUCTURE

This thesis is organized in three chapters:

-Chapter 1 is a literature review of the effects of sex on the net macromineral requirements of goats. The format of this chapter is according to the guidelines of the Graduate Program in Animal Science of the UNESP Jaboticabal Campus.

-Chapter 2 is an evaluation of the effects of sex on the net macromineral requirements of goats. The format of this chapter is according to the guidelines of the Journal of Animal Science (JAS), except for letter style and table positions.

-Chapter 3 describes the main implications of this study.

EXIGÊNCIAS DE MACROMINERAIS EM CAPRINOS SAANEN DE DIFERENTES CATEGORIAS SEXUAIS

RESUMO – Objetivou-se determinar as exigências de Ca, P, Mg, K e Na em machos inteiros, machos castrados e fêmeas da raça Saanen. Foram realizados dois experimentos: um para determinar as exigências líquidas para mantença (Exp. 1) e outro para determinar as exigências líquidas para crescimento (Exp. 2). Setenta e cinco caprinos (26 machos inteiros, 25 machos castrados e 24 fêmeas) foram utilizados para determinar as exigências líquidas para mantença. Desses, 21 caprinos (8 machos inteiros, 7 machos castrados e 6 fêmeas) foram abatidos com peso médio de 16,6 ± 0,40 kg e foram utilizados como grupo referência para estimar a composição corporal inicial. Os 54 caprinos restantes (18 machos inteiros, 18 machos castrados e 18 fêmeas) foram alocados em seis blocos ao acaso, no quais foram incluídos três caprinos do mesmo sexo distribuídos em um dos três níveis de alimentação: *ad libitum* e ingestão de 75% ou 50% em relação aos animais alimentados *ad libitum*. Quando os animais alimentados *ad libitum* atingiram 30 kg de PC foram abatidos juntamente com os outros caprinos do mesmo grupo. Os dados das categorias sexuais e dos níveis de alimentação foram analisados em parcelas subdivididas. A parcela principal foi composta pelas três categorias sexuais e as subparcelas pelos três níveis de alimentação. Os requerimentos líquidos para mantença não diferiram entre as categorias sexuais (P > 0.05), resultando em valores de: 35,4 mg de Ca; 24,7 mg de P; 2,5 mg de Mg; 5,0 mg de K e 3,3 mg de Na/kg PC·d. As exigências líquidas para crescimento foram obtidas a partir de 58 caprinos (20 machos inteiros, 20 machos castrados e 18 fêmeas) com peso inicial de 15,8 ± 0,11 kg de PC alimentados *ad libitum*. Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado e alocados em três pesos ao abate: 16,6 ± 0,40 kg de PC; 23,1 ± 1,33 kg de PC; e 31,2 ± 0,58 kg de PC. Os dados utilizados para determinar as exigências líquidas para crescimento foram analisados em um esquema fatorial 3 × 3 (categorias sexuais × níveis de alimentação). As exigências líquidos de Ca, P e Mg para crescimento foram similares entre machos inteiros, machos castrados e fêmeas (P > 0.05). Houve efeito da categoria sexual sobre as exigências líquidas de K e Na para crescimento (P < 0,05). As exigências líquidas de K (g/kg de PC ganho) para crescimento foram superiores nos machos inteiros, sendo verificado um aumento de aproximadamente 16% conforme o PC aumentou de 15 para 30 kg de PC. Já nas fêmeas e nos machos castrados, para a mesma faixa de peso, observou-se redução nos requerimentos líquidos de K para crescimento em aproximadamente 11%. Machos inteiros aumentaram os requerimentos líquidos de Na para crescimento em 9,5%, enquanto as fêmeas diminuíram em 22%. Em caprinos Saanen dos 15 aos 30 kg de PC, a categoria sexual afeta as exigências de líquidas de K e Na para crescimento, mas não influencia as exigências líquidas para mantença.

Palavras chave: abate comparativo, caprinos Saanen, equações alométricas, exigência de macrominerais, nível de ingestão, retenção mineral

MACROMINERAL REQUIREMENTS IN MALE AND FEMALE SAANEN GOATS

ABSTRACT – Our study estimated Ca, P, Mg, K, and Na requirements of intact male, castrated male, and female Saanen goats. Two experiments were performed: one to determine the net macromineral requirements for maintenance (Exp. 1), and another to determine net macromineral requirements for growth (Exp. 2). In Exp. 1, 75 goats (26 intact males, 25 castrated males, and 24 females) with initial BW (iBW) of 15.76 ± 0.10 kg were used. These animals were divided in two groups: baseline animals and pair-fed animals. Twenty-one goats (8 intact males, 7 castrated males, and 6 females) were slaughtered at the beginning of the experiment (16.6 ± 0.40 kg BW) to be used as the baseline group. The 54 remaining goats (18 intact males, 18 castrated males, and 18 females) were pair-fed in 6 blocks of 3 goats per sex. The goats within each block were then randomly allocated to one of 3 different levels of intake: ad libitum, restricted-fed to 75% of the ad libitum intake, and restricted-fed to 50% of ad libitum intake. When the animal fed ad libitum reached 31.2 ± 0.58 kg BW, it and the other goats from the same block were slaughtered. The effects of sex and level of intake were evaluated in a split-plot design, where sex was the main plot observation and level of intake was the sub-plot. Daily net macromineral requirements for maintenance did not differ among the sexes ($P > 0.05$), and the average values obtained were 35.4 mg Ca, 24.7 mg P, 2.5 mg Mg, 5.0 mg K, and 3.30 mg Na per kg BW. The net requirements for growth in Exp. 2 were obtained using 58 goats (20 intact males, 20 castrated males, and 18 females) with 15.8 ± 0.11 kg iBW, all fed ad libitum. These animals were assigned in a completely randomized design and allocated in three slaughter weight groups: 16.6 ± 0.40, 23.1 ± 1.33, and 31.2 ± 0.58 kg BW. The net Ca, P, and Mg requirements for growth were similar among the sexes ($P > 0.05$). There was a sex effect on net K and Na requirements for growth ($P < 0.05$). The net K requirements for growth (g/kg ADG) of intact males was greater and increased approximately 16%, whereas females and castrated males decreased approximately 11% as BW increased from 15 to 30 kg BW. The net Na requirements for growth increased 9.5% for intact males and decreased 22% for females when the goats grew from 15 to 30 kg BW. Sex thus affects net K and Na requirements for growth, but it does not affect net macromineral requirements for maintenance in Saanen goats.

Keywords: comparative slaughter, Saanen goats, allometric equations, macromineral requirements, level of intake, mineral retention

LIST OF ABBREVIATIONS

ADF	Acid detergent acid
ADG	Average daily gain
ADP	Adenosina difosfato
AMP	Adenosina monofosfato
ATP	Adenosina trifosfato
BL	baseline
BW	Body weight
Ca	Calcium
Cl	Chlorine
Co	Cobalt
CP	Crude protein
Cu	Copper
d	Day
df	Degree of freedom
DM	Dry matter
DMI	Dry matter intake
EBW	Empty body weight
EWG	Empty body weight gain
fBW	Final body weight
Fe	Ferrum
GE	Gross energy
HCl	Hydrochloric acid
I	Iodine
iBW	Inicial body weight
K	Potassium
Mg	Magnesium
Mn	Manganese
Na	Sodium
NaCl	Sodium chlorine

NDF	Neutral detergent acid
P	Phosphorus
RMSE	Root mean square error
S	Sulfur
Se	Selenium
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Zn	Zinc

LIST OF TABLES

CHAPTER 1. GENERAL CONSIDERATIONS

Table 1. Net Ca and P requirements for growth of intact male, castrated male and female Saanen goats from 5 to 15 kg BW and from 30 to 45 kg BW 5
Table 2. Net Mg requirements for growth of intact male, castrated male and female Saanen goats from 15 to 30 BW and from 30 to 45 kg BW 6
Table 3. Net K and Na requirements for growth of intact male, castrated male and female Saanen goats from 15 to 30 BW and from 30 to 45 kg BW 8

CHAPTER 2. NET MACROMINERAL REQUIREMENTS IN MALE AND FEMALE SAANEN GOATS

Table 1. Water, ingredient and chemical composition of the diet 18
Table 2. Body composition of baseline intact male, castrated male and female Saanen goats 24
Table 3. Performance and body composition of intact male, castrated male and female Saanen goats subjected to different levels of intake 27
Table 4. Dry matter and macromineral intake of intact male, castrated male and female Saanen goats subjected to different levels of intake 28
Table 5. Regression equations to estimate the net macromineral requirements for maintenance of intact male, castrated male and female Saanen goats from 15 to 30 kg BW.. 31
Table 6. Allometric equations to estimate the macromineral body composition of intact male, castrated male and female Saanen goats from 15 to 30 kg BW 33
Table 7. Gain macromineral composition (g/kg EWG) and net macromineral requirements for growth (g/kg ADG) of intact male, castrated male, and female Saanen goats from 15 to 30 kg BW 34

LIST OF FIGURE

CHAPTER 2. NET MACROMINERAL REQUIREMENTS IN MALE AND FEMALE SAANEN GOATS

Figure 1. Body macromineral retention in tissues of intact male, castrated male and female Saanen goats fed ad libitum (AL) and restricted to 75% or 50% of the AL intake.........29

CHAPTER 1 – GENERAL CONSIDERATIONS

1. INTRODUCTION

The goat was one of the first domesticated animals in the world with a strong presence in all sectors of ancient societies, including religion, economy, nutrition, and tradition. Nowadays, goats are still important animals in many regions of the world, especially in developing countries, where the demand for food products increases with population growth and associated needs (BOYAZOGLU et al., 2005).

A better understanding of the nutritional requirements of goats, especially in terms of minerals, is crucial for improving production (MCDOWELL, 1999). Minerals are essential for the physiological function, since they are structural components of body tissues and participate in acid-base balance, osmotic pressure, cellular permeability, and several energy reactions as enzymatic cofactors. Minerals are classified in two categories, according to consumption requirements: microminerals, or trace elements, which are required in amounts less than 100 ppm; and macrominerals, which are required in amounts higher than 100 ppm. In animal nutrition, macrominerals are calcium (Ca), phosphorous (P), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), chlorine (Cl), and sulfur (S) (MCDOWELL, 1992; NRC, 2007; SUTTLE, 2010).

The macromineral requirements for goats are mainly based on data from sheep and cattle (CSIRO, 2007; NRC, 2007; AFRC, 1998). However, goats have metabolic and adaptation features that differ from other ruminant species (VAN SOEST, 1994). Therefore, more studies are needed to better understand the factors that affect macromineral requirements in goats. Sex can be one of these factors, because it is involved in animal physiology and metabolism and has effects on growth, body composition, and productive and reproductive functions.

Previous studies evaluated the effect of sex on macromineral requirements of Saanen goats (COSTA, 2013; MENDONÇA, 2013), but not all the related factors, whereas other studies did not compare the sexes (ARAÚJO et al., 2010; GOMES et al., 2011; FERNANDES et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2015).

The objectives of this chapter were thus to present the main factors related to the effect of sex on macromineral requirements of goats and review the most recent related studies.