

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

INFLUÊNCIA DE *Saccharomyces cerevisiae* NA
MORFOMETRIA GASTRINTESTINAL, NA PRODUÇÃO DE
LEITE DE CABRAS E NO DESENVOLVIMENTO CORPORAL
DE CABRITOS ATÉ O INÍCIO DA PUBERDADE

Fabiana Cirino dos Santos

Médica Veterinária

Mestre em Medicina Veterinária

Área de concentração: Patologia Animal

Jaboticabal

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

Tese de Doutorado

**INFLUÊNCIA DE *Saccharomyces cerevisiae* NA
MORFOMETRIA GASTRINTESTINAL, NA PRODUÇÃO DE
LEITE DE CABRAS E NO DESENVOLVIMENTO CORPORAL
DE CABRITOS ATÉ O INÍCIO DA PUBERDADE**

Discente: Fabiana Cirino dos Santos

Orientadora: Profa. Dra. Lizandra Amoroso

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Sergio Ferraudo

Tese de doutorado apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias – Unesp, Campus de
Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título
de Doutora em Medicina Veterinária
(Área Patologia Animal).

Jaboticabal

2020

S237i

Santos, Fabiana Cirino dos

Influência de *Saccharomyces cerevisiae* na morfometria gastrointestinal, na produção de leite de cabras e no desenvolvimento corporal de cabritos até o início da puberdade / Fabiana Cirino dos Santos. -- Jaboticabal, 2020

81 f. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Lizandra Amoroso

Coorientador: Antonio Sergio Ferraudo

1. Medicina veterinária. 2. Morfologia (Animais). 3. Prebióticos. 4. Ultrassonografia veterinária. 5. Composição corporal. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

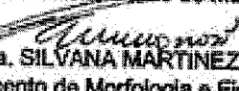
TÍTULO DA TESE: INFLUÊNCIA DE *Saccharomyces cerevisiae* NA MORFOLOGIA GASTROINTESTINAL, NA PRODUÇÃO DE LEITE DE CABRAS E NO DESENVOLVIMENTO CORPORAL DE CABRITOS ATÉ O INÍCIO DA PUBERDADE

AUTORA: FABIANA CIRINO DOS SANTOS

ORIENTADORA: LIZANDRA AMOROSO

COORIENTADOR: ANTONIO SERGIO FERRAUDO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em MEDICINA VETERINÁRIA, área: Patologia Animal pela Comissão Examinadora:

- P. 
Prof. Dra. LIZANDRA AMOROSO
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal
- P. 
Prof. Dra. ADRIANE ELISABETE ANTUNES DE MORAES (VIDEOCONFERÊNCIA)
FCA/UNICAMP / Limeira/SP
- P. 
Dr. BRUNO BIAGIOLI (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal
- P. 
Prof. Dra. CECILIA MARIA COSTA DO AMARAL (VIDEOCONFERÊNCIA)
Centro Universitário Barão de Mauá / Ribeirão Preto/SP
- P. 
Prof. Dra. SILVANA MARTINEZ BARALDI ARTONI (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 11 de maio de 2020

Dados curriculares da autora

Fabiana Cirino dos Santos – nascida em 10 de julho de 1988, em Barbacena, MG. Ingressou no curso de graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, em março de 2007, concluído em janeiro de 2012. Em novembro de 2015 obteve o título de Mestre em Medicina Veterinária (área de concentração: Clínica Médica Veterinária) pelo Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal. Em agosto de 2016 ingressou ao programa de doutorado em Medicina Veterinária (área de concentração: Patologia Animal), na mesma instituição.

“Nós somos o que repetidamente fazemos.
A excelência, então, não é um ato, mas um hábito.”
(Will Durant)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os caprinos envolvidos neste estudo. Todo meu eterno respeito, admiração e carinho.

Dedico aos meus familiares, meus pais Antônio e Ângela, e às minhas irmãs Ana Cláudia e Ana Carolina. O apoio deles, em todos os aspectos, sempre incondicional! Não seria possível passar por este grande desafio sem a acolhida e o amor deles.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Profa. Dra. Lizandra Amoroso, pela acolhida e apoio, pela solicitude, leveza e carinho constantes. Pela confiança e otimismo durante toda a orientação.

Ao Prof. Dr. Antonio Sérgio Ferraud, pelos ensinamentos e grande apoio e ajuda para a realização deste estudo. Pela atenção e simpatia constantes.

À Profa. Dra. Silvana Martinez Baraldi-Artoni pela solicitude e disponibilidade do laboratório para as análises deste estudo.

Ao Prof. Dr. Marcos Antonio Rossi Feliciano pela colaboração técnica e logística.

Ao Dr. Bruno Biagioli e funcionários Juninho e Turquinho do Laboratório de Estudos em Caprinocultura, pela imensa ajuda e recepção dentro do setor, sem eles nada teria sido possível. Minha eterna gratidão.

À Dra. Melina Aparecida Bonato pela parceria junto a empresa ICC Brazil®, que tornou realidade a execução deste projeto.

À Profa. Dra. Izabelle A. M. A. Teixeira e ao Prof. Dr. Kléber Tomás de Resende por disponibilizarem o Laboratório de Estudos em Caprinocultura para a realização do experimento.

À minha parceira de experimento e amiga, Priscila Del Aguila, sem nosso trabalho em conjunto nada teria sido possível.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, aqueles que em algum momento contribuíram para este estudo, de forma solícita e atenciosa. Em especial aos funcionários Sr. Edson, “Marrom”, “Beterraba”, Valter, Rodrigo, Jonathan e Gabriel.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, pela oportunidade, acolhida e apoio na realização deste estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos meus professores da Universidade Federal de Viçosa e da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, aqueles que me inspiraram e ensinaram importantes lições na Medicina Veterinária e também na vida.

Aos amigos que conquistei durante minha estadia em Jaboticabal, em especial Jéssica Oliveira, Beatriz Rodrigues, Manoela Garcia, que são boas amigas, com quem sempre posso contar.

Aos colegas da pós-graduação Aline, Ana, Renata, Víctor, Mariana, Christian, Isabela, Paola, Marcelo, que gentilmente, de maneira colaborativa e profissional nos apoiaram e nos ajudaram durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos estagiários, bolsistas ou voluntários, que foram de grande ajuda no trabalho do dia a dia. Espero que tenham adquirido conhecimento durante essa jornada, são eles Amanda, Ana Beatriz, Andreza, Beatriz, Carolina, Daniel, Fernanda, Gustavo, Isabella, Izabelle, Júlia, Laís, Lincoln, Lucas, Luís, Manoela, Maycon, Natália, Nicole, Pablo, Paula, Pedro Henrique, Vítor, Yasmin e Yumi.

A amiga Raphaela Maria pelo suporte e apoio, mesmo à distância, sempre se fez presente e incentivou o trabalho.

A todos, meus agradecimentos pelo apoio, amizade e compreensão.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a execução desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

A Deus, pela vida, família e amigos. Que continue a me conduzir pelo caminho da retidão e do bem.

Sumário

	Página
Resumo.....	viii
Abstract.....	ix
Lista de abreviaturas.....	x
Lista de tabelas.....	xi
Lista de figuras.....	xiii
Capítulo 1 - Considerações gerais.....	1
1.1 Introdução	1
1.2 Revisão de literatura	3
1.3 Referências.....	12
Capítulo 2 - <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e a ultrassonografia da parede dos órgãos gastrintestinais	15
Resumo.....	15
2.1 Introdução	16
2.1.1 Exame ultrassonográfico de ovinos e caprinos	18
2.2 Material e métodos.....	20
2.3 Resultados e discussão	25
2.4 Conclusão	36
2.5 Referências.....	37
Capítulo 3 – <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e a produção de leite de cabras	40
Resumo.....	40
3.1 Introdução	41
3.2 Material e métodos.....	43
3.3 Resultados e discussão	45
3.4 Conclusão	49
3.5 Referências.....	50
Capítulo 4 – <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e o desenvolvimento corporal de cabritos	51
Resumo.....	51
4.1 Introdução	52
4.1.1 Determinação da composição corporal e o uso da absorciometria de raio-X em duas energias (DXA) em caprinos	55
4.2 Material e métodos.....	57
4.3 Resultados e discussão	61
4.4 Conclusão	75
4.5 Referências.....	77
Capítulo 5 – Considerações Finais	80



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Probióticos no desenvolvimento ósseo em caprinos: do ambiente intrauterino até o final da puberdade", protocolo nº 19.092/16, sob a responsabilidade do Prof.ª Dr.ª Lizandra Amoroso, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 14 de dezembro de 2016.

Vigência do Projeto	02/01/2017 a 31/12/2019
Espécie / Linhagem	Caprinos / Anglo e Saanen
Nº de animais	100
Peso / Idade	3-70 kg
Sexo	Macho e fêmea
Origem	Setor de Caprinocultura da FCAV / Unesp Jaboticabal

Jaboticabal, 14 de dezembro de 2016.


Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes
Vice-Coordenadora – CEUA

reubi
24/12/2016
[Signature]



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

DECLARAÇÃO

Declaramos que o trabalho de pesquisa intitulado "Probióticos no desenvolvimento ósseo em caprinos: do ambiente intrauterino até o final da puberdade", sob orientação da Prof.^a Dr.^a Lizandra Amoroso e Certificado CEUA protocolo nº 19.092/16, aprovado em reunião ordinária em 14 de dezembro de 2016, teve o título alterado para "Prebióticos no desenvolvimento ósseo em caprinos: do ambiente intrauterino até o final da puberdade" com aprovação da alteração em reunião ordinária de 31 de outubro de 2017.

Jaboticabal, 31 de outubro de 2017.

Prof.^a Dr.^a Paola Castro Moraes
Vice-coordenadora – CEUA

Recebi
10/11/2017
[Handwritten signature]

Resumo

A presente pesquisa teve o objetivo de avaliar os efeitos da suplementação com o prebiótico *Saccharomyces cerevisiae* seco hidrolisado (Sc) na morfometria de cabras gestantes e cabritos, na produção do leite de cabras e na composição corporal de cabritos da raça Saanen. No capítulo um, são descritos os mecanismos de ação aos quais os prebióticos atuam no trato gastrointestinal, na saúde do organismo, e também a sua aplicação na suplementação de caprinos. O capítulo dois aborda a influência de *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada na morfometria da parede do trato gastrointestinal de fêmeas gestantes e de cabritos por meio de avaliação ultrassonográfica. Cabras (n=16) foram suplementados com Sc durante a gestação; e os e cabritos (n=15), durante os quatro primeiros meses de vida. Avaliações ultrassonográficas transabdominais com probe linear 7,5 MHz para mensuração das espessuras, em mm, da mucosa do rúmen nas porções dorsal (MCD) e caudal (MCC) do saco dorsocaudal, camada muscular da parede do rúmen nas porções dorsal (MMD) e caudal (MMC) do saco dorsal caudal, parede do duodeno descendente (DUO), parede do intestino delgado na porção jejuno e íleo (JEI) e parede do intestino grosso (IG). Foi realizada a análise de medidas repetidas no tempo pela análise de variância para as medidas encontradas. Foram observadas diferenças significativas ($p<0,05$) para as medidas MMC, JEI e IG entre os grupos suplementados (Trat) e controle (Ctr) das cabras gestantes. Em relação aos cabritos pré púberes, foram encontradas diferenças significativas ($p<0,05$) para as medidas MMC, JEI e IG. A suplementação com Sc foi capaz de promover alterações morfométricas no trato gastrointestinal em determinados momentos da gestação de cabras e do desenvolvimento de cabritos. O capítulo três apresenta os efeitos da suplementação com Sc na produção de leite de cabras suplementadas na gestação e/ou na lactação. Os grupos foram distribuídos em esquema fatorial 2x2 para os períodos de gestação (até 150 dias) e lactação (12 primeiras semanas) em cabras controle (Ctr), cabras que receberam a levedura somente durante a gestação (LevGes), cabras que receberam a levedura somente durante a lactação (LevLac), e cabras que receberam a levedura durante a gestação e a lactação (LevGL). Foram detectadas diferenças significativas ($p<0,10$) para as médias de produção de leite nos grupos entre os grupos Ctr e LevGL nas semanas sete, oito e nove, sendo o LevGL o grupo com as médias superiores. A produção total de leite ao longo das 12 semanas foi maior para os grupos LevGes e LevGL. Para o grupo LevGL a produção se manteve com médias superiores e sem diferença significativa desde a primeira até a 12^a semana de lactação, o que indicou estabilização na média da produção de leite decorrente da suplementação com Sc. O quarto capítulo apresenta a avaliação da composição corporal após adição de Sc na dieta de cabritos descendentes ou não de mães tratadas na gestação. Os cabritos tratados foram suplementados desde nascimento até 128 dias de idade. As progênies foram distribuídas em grupos de cabritas sem Sc, filhas de mães sem Sc (CtrFSem), cabritas com Sc, filhas de mães sem Sc (CtrFLev), cabritas sem Sc, filhas de mães com Sc (TrFSem), cabritas com Sc, filhas de mães com Sc (TrFLev), cabritos sem suplementação com Sc, filhos de mães sem Sc (CtrMSem), cabritos com Sc, filhos de mães sem Sc (CtrMLev), cabritos sem Sc, filhos de mães com Sc (TrMSem), cabritos com Sc e filhos de mães com Sc (TrMLev). Os resultados indicam diferença significativa ($p<0,05$) para as variáveis peso vivo e tecido adiposo para os grupos CtrFLev e CtrMLev, para massa magra + conteúdo mineral do grupo CtrFLev e para densidade mineral óssea no grupo CtrMLev. A suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada promoveu alterações na composição corporal de cabritos Saanen tratados a partir do nascimento.

Palavras-chave: prebióticos, mananoligossacarídeos, ruminantes, saúde gastrointestinal, nutracêuticos

Influence of *Saccharomyces cerevisiae* on gastrointestinal morphology, goat milk production and body development of kids goats to puberty

Abstract - The present study aimed to evaluate the effects of supplementation with dried hydrolyzed prebiotic from *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) on the morphometry of pregnant and kids Saanen goats, on the production of goat milk and on the body composition of Saanen kids' goats. In chapter one, the mechanisms of action to which prebiotics act in the gastrointestinal tract and for the health of the body are described, as well as their application in the supplementation of goats. Chapter two addresses the influence of dried hydrolyzed *Saccharomyces cerevisiae* on the morphometry of the gastrointestinal tract wall of pregnant female goats and kids' goats by ultrasound exam. Female goats (n = 16) were supplemented with Sc during pregnancy; and kids' goats (n = 15), during the first four months of life. Transabdominal ultrasound assessments with a 7.5 MHz linear probe to measure the thickness, in mm, of the rumen mucosa in the dorsal (MCD) and caudal (MCC) portions of the dorsocaudal sac, muscular layer of the rumen wall in the dorsal (MMD) and caudal (MMC) of the dorsocaudal sac, wall of the descending duodenum (DUO), wall of the small intestine in the jejunum and ileum portion (JEI) and wall of the large intestine (IG). The analysis of repeated measures over time was performed by analysis of variance for the values found. Significant differences ($p < 0.05$) were observed for MMC, JEI and IG measurements between the supplemented (Trat) and control (Ctr) groups of pregnant goats. In relation to prepubertal goats, significant differences were found ($p < 0.05$) for the MMC, JEI and IG measurements. Supplementation with Sc was able to promote morphometric changes in the gastrointestinal tract at certain times during the pregnancy of goats and in the development of kids. Chapter three presents the effects of supplementation with Sc on the production of milk from supplemented goats during pregnancy and / or lactation. The groups were distributed in a 2x2 factorial scheme for the periods of gestation (up to 150 days) and lactation (first 12 weeks) in control goats (Ctr), goats that received Sc only during pregnancy (LevGes), goats that received Sc only during lactation (LevLac), and goats that received the Sc during pregnancy and lactation (LevGL). Significant differences ($p < 0.10$) were found for the milk production averages in the groups between the Ctr and LevGL groups at weeks seven, eight and nine, with LevGL being the group with the higher averages. Total milk production over 12 weeks was higher for the LevGes and LevGL groups. For the LevGL group, production remained at higher averages and with no significant difference from the first to the 12th week of lactation, which indicated stabilization in the average milk production resulting from supplementation with Sc. The fourth chapter presents the evaluation of body composition after adding Sc in the diet of goats descended or not from mothers treated during pregnancy. The treated goats were supplemented from birth to 128 days of age. The progenies were distributed in groups of kids without Sc, daughters of mothers without Sc (CtrFSem), kids with Sc, Cows of mothers without Sc (CtrFLev), kids without Sc, daughters of mothers with Sc (TrFSem), kids with Sc, daughters of mothers with Sc (TrFLev), kids without supplementation with Sc, children of mothers without Sc (CtrMSem), kids with Sc, children of mothers without Sc (CtrMLev), kids without Sc, children of mothers with Sc (TrMSem), kids with Sc and children of mothers with Sc (TrMLev). The results indicate a significant difference ($p < 0.05$) for the variables live weight and adipose tissue for the CtrFLev and CtrMLev groups, for lean mass +bone mineral content in the CtrFLev group and for bone mineral density in the CtrMLev group. Supplementation with dry hydrolyzed *Saccharomyces cerevisiae* promoted changes in the body composition of Saanen kids' goats treated from birth.

Keyword: prebiotics, mannan oligosaccharides, ruminants, gastrointestinal health, nutraceuticals

Lista de abreviaturas

Absorciometria de raio-x em duas energias – DXA
Ácidos graxos de cadeia curta – AGCC
Acidose ruminal subaguda – SARA
Contagem de ovos por grama de fezes – OPG
Circunferência do tórax – CTx
Espaço intercostal – EIC
Fator de necrose tumoral α – TNF- α
Fator de transformação do crescimento – TGF β
Fibra em detergente neutro – FDN
Frutoligossacarídeos – FOS
Interferon gama – IFN γ
Interleucina 1 – IL-1
Interleucina 2 – IL-2
Interleucina 6 – IL-6
Interleucina 10 – IL-10
Lipopolissacarídeos – LPS
Matéria seca – MS
Mananoligossacarídeos – MOS
Galactoligossacarídeos – GOS
Padrões moleculares associados a patógenos – PAMPs
Proteína *zonula occludens* 1 – ZO-1
Receptores de reconhecimento de padrões – PRRs
Ressonância magnética – MRI
Ressonância magnética quantitativa – qMR
Saccharomyces cerevisiae – Sc
Trato gastrointestinal – TGI

Lista de tabelas

Página

- Tabela 1** - Composição dos alimentos utilizados na dieta das cabras Saanen a partir do 30º dia de gestação até a parição e dos cabritos Saanen a partir dos 63 dias de idade até os 120 dias.....23
- Tabela 2** – Médias e desvio padrão das mensurações feitas via ultrassonografia transabdominal em 10 momentos ao longo da gestação de 16 cabras Saanen gestantes, sendo divididas em grupo controle (Ctr) e grupo tratado (Trat) com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó ofertada individualmente, diariamente, uma vez ao dia, com início do 30º dia gestacional até o 133º dia de gestação, na dose de 7g/animal/dia.28
- Tabela 3** – Valores do coeficiente de variação (CV) para cada uma das medidas realizadas no trato gastrointestinal das cabras Saanen ao longo da gestação. Foram utilizadas 16 cabras Saanen gestantes, sendo divididas em grupo controle (Ctr) e grupo tratado (Trat) com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó ofertada individualmente, diariamente, uma vez ao dia, com início do 30º dia gestacional até o 133º dia de gestação, na dose de 7g/animal/dia.30
- Tabela 4** – Valores do coeficiente de variação (CV) para as mensurações das espessuras da parede do trato gastrointestinal de cabritos Saanen, obtida via avaliação ultrassonográfica transabdominal em 2 momentos, aos 60 e aos 120 dias de idade. Os animais tratados receberam *Saccharomyces cerevisiae* em solução líquida (5ml/animal/dia) com início no 2º dia de vida até os 60 dias e *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó dos 61 dias de idade até o 133º dia de idade (5g/animal/dia). Suplemento ofertado individualmente, diariamente, uma vez ao dia.....34
- Tabela 5** – Valores de média e desvio padrão das espessuras de órgãos do trato gastrointestinal (mucosa ruminal nas porções dorsal e caudal do saco dorsocaudal e espessura da musculatura ruminal nas porções dorsal e caudal do saco dorsocaudal do rúmen) de cabritos Saanen. Mensuração via ultrassonografia transabdominal aos 60 e aos 120 dias de idade. Os animais tratados receberam *Saccharomyces cerevisiae* em solução líquida (5ml/animal/dia) com início no 2º dia de vida até os 60 dias e *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó do dia 61 até o dia 133 de idade (5g/animal/dia). Suplemento ofertado individualmente, diariamente, uma vez ao dia.34
- Tabela 6** – Valores de média e desvio padrão das espessuras de órgãos do trato gastrointestinal (duodeno, jejuno e íleo; e intestino grosso) de cabritos Saanen. Mensuração via ultrassonografia transabdominal aos 60 e aos 120 dias de idade. Os animais tratados receberam *Saccharomyces cerevisiae* em solução líquida (5ml/animal/dia) com início no 2º dia de vida até os 60 dias e *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó do dia 61 até o dia 133 de idade (5g/animal/dia). Suplemento ofertado individualmente, diariamente, uma vez ao dia.35

Tabela 7 - Composição dos alimentos utilizados na dieta das cabras Saanen a partir do 28º dia de gestação até a parição.....	45
Tabela 8 – Resultados de experimentos em parcelas subdivididas - análise de medidas repetidas no tempo, com delineamento inteiramente casualizado considerando modelo fixo. As médias da produção de leite (litros) de cabras Saanen (n=15) distribuídas ao longo das 12 primeiras semanas de lactação....	47
Tabela 9 – Esquema do manejo alimentar de cabritos Saanen e instalações nas quais foram mantidos durante o período experimental (de 0 até 128 dias de idade)...	59
Tabela 10 – Médias de peso (kg) e massa magra + conteúdo mineral ósseo (g) dos grupos de cabritas Saanen distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, feitas com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores para tecido adiposo obtidos por escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.....	69
Tabela 11 – Médias de tecido adiposo (g) e conteúdo mineral ósseo (g) dos grupos de cabritas Saanen distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, feitas com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores obtidos por escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.. ..	70
Tabela 12 – Médias de densidade mineral óssea (g/cm ²) dos grupos de cabritas Saanen, distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores obtidos a partir da razão entre o conteúdo mineral ósseo (g) e área (cm ²) oriundos do escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.	71
Tabela 13 – Médias de peso (kg) tecido adiposo (g) dos grupos de cabritos Saanen distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, feitas com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores para tecido adiposo obtidos por escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.	72
Tabela 14 – Médias de massa magra + conteúdo mineral ósseo e conteúdo mineral ósseo (g) dos grupos de cabritos Saanen distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, feitas com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores obtidos por escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.	73
Tabela 15 – Médias de densidade mineral óssea (g/cm ²) dos grupos de cabritos Saanen, distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores obtidos a partir da razão entre o conteúdo mineral ósseo (g) e área (cm ²) oriundos do escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.	74

Lista de figuras

Página

Figura 1 - Composição da microbiota ruminal do nascimento até os 2 anos de idade, em ruminantes (pirosequenciamento) (Adaptado de Chaucheyras-Durand e Ossa, 2014).....	2
Figura 2 – Características da microbiota gastrointestinal de bovinos e relações com a saúde do hospedeiro e desempenho (Adaptado de Uyeno et al., 2015).	2
Figura 3 – Esquema da estrutura molecular da parede celular de leveduras (Adaptado de Anwar et al., 2017).....	4
Figura 4 – Mecanismos de ação dos prebióticos dentro do trato gastrointestinal, incluindo fermentação seletiva, competição por nutrientes, aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), aumento da absorção de minerais, redução do pH, melhoria no trânsito intestinal, regulação hormonal, integridade epitelial, imunomodulação, redução da inflamação, das alergias e de infecções. Interferon gama – IFN γ , interleucina 10 - IL10, fator de transformação de crescimento beta - TGF β , peptídeo 1 semelhante a glucagon - GLP1, célula M - célula microfenestrada (enterócitos modificados), célula natural killer - célula NK, peptídeo YY - PYY, célula auxiliar T tipo 1, Célula TH1, célula auxiliar T tipo 2 - Célula TH2, célula T reguladora - célula TReg; proteína <i>zonula occludens</i> 1 – ZO-1 (Adaptado de Sanders et al., 2019).	7
Figura 5 - Representação esquemática da secção transversal do abdome de cabras, com destaque para o rúmen. (A) saco dorsal de rúmen, (B) pilar longitudinal, (C) saco ventral do rúmen, (1) distância entre a linha sagital mediana e a margem dorsal do rúmen, (2) distância entre a linha sagital mediana e o sulco longitudinal do rúmen, (3) distância entre a linha sagital mediana e da margem ventral do rúmen, (4) comprimento do rúmen. (Extraído de Braun et al., 2011a).....	18
Figura 6 - Divisão da região do flanco direito de uma cabra em quatro quadrantes para delimitação de intestino durante o exame ultrassonográfico. (Q1) quadrante craniodorsal, (Q2) quadrante caudodorsal, (Q3) quadrante cranioventral, (Q4) quadrante caudoventral. (Extraído de Braun et al., 2011b).	19
Figura 7 - Esquema do protocolo curto de indução de estro em cabras conforme descrito por Souza et al. (2007).	21
Figura 8 - Delimitação de quadrantes utilizados para a mensuração ultrassonográfica do trato gastrointestinal de cabras Saanen gestantes. As medidas utilizadas são as espessuras (cm) das seguintes estruturas: mucosa do rúmen nas porções dorsal (1) e lateral (2) do saco dorsal caudal, camada muscular da parede do rúmen nas porções dorsal (3) e lateral (4) do saco dorsal caudal, parede do duodeno descendente (5), parede do intestino delgado na porção jejuno ou íleo (6) (não se distingue os dois órgãos na avaliação ultrassonográfica) e parede do intestino grosso (7). (Figura adaptada de Braun et al., 2011b).	25

Figura 9 – Gráficos de caixa (Boxplot) com análise descritiva da espessura da parede do trato gastrointestinal de cabras Saanen gestantes. Grupo controle – caixas brancas, grupo tratado com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada – caixas cinzas. Distribuição ao longo das avaliações (eixo x), para as espessuras em cm mucosa dorsal do rúmen, mucosa caudal do rúmen, camada muscular dorsal do rúmen, camada muscular caudal do rúmen, parede do duodeno, parede do segmento jejuno e íleo e parede do intestino grosso. As siglas C.1, C.2, ... e T.1, T.2, ... são GRUPO/AVALIAÇÃO, sendo C o grupo controle e T o grupo tratado.27

Figura 10 - Imagens ultrassonográficas obtidas no exame transabdominal de cabrito do grupo FSem, aos 60 dias de idade. Na imagem (A) é visibilizada porção da parede dorsal do rúmen, a seta amarela indica camada muscular dorsal do rúmen e a seta cor de rosa aponta para a mucosa dorsal do rúmen. (B) é visibilizada porção da parede caudal do rúmen, a seta amarela indica camada muscular caudal do rúmen e a seta cor de rosa aponta para a mucosa caudal do rúmen. (C) seta amarela indica parede do duodeno corte longitudinal. (D) seta amarela indica parede do segmento jejuno e íleo (porções não são distintas no exame ultrassonográfico), corte longitudinal do órgão. (E) seta amarela aponta parede do intestino grosso, corte longitudinal, observar a sombra feita pelo conteúdo no interior deste órgão – fezes envoltas por gás.31

Figura 11 – Gráficos em barra com análise descritiva da espessura (em mm) da parede do trato gastrointestinal de cabritos Saanen, obtida via avaliação ultrassonográfica transabdominal aos 60 dias de idade e aos 120 dias de idade. Grupos experimentais: cabritas suplementadas com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (FLev), cabritas sem receber a suplementação (FSem), cabritos suplementados com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (MLev) e cabritos sem suplementação (MSem). Distribuição dos grupos, caixas cinzas referentes aos grupos tratados (FLev e MLev) e caixas brancas referentes aos grupos não-tratados (FSem e MSem), aos 60 e 120 dias, para as espessuras em mm de mucosa dorsal do rúmen, mucosa caudal do rúmen, camada muscular dorsal do rúmen e camada muscular caudal do rúmen.32

Figura 12 – Gráficos em barra com análise descritiva da espessura (em mm) da parede do trato gastrointestinal de cabritos Saanen, obtida via avaliação ultrassonográfica transabdominal aos 60 dias de idade e aos 120 dias de idade. Grupos experimentais: cabritas suplementadas com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (FLev), cabritas sem receber a suplementação (FSem), cabritos suplementados com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (MLev) e cabritos sem suplementação (MSem). Distribuição dos grupos, caixas cinzas referentes aos grupos tratados (FLev e MLev) e caixas brancas referentes aos grupos não-tratados (FSem e MSem), aos 60 e 120 dias, para as espessuras em mm de parede do duodeno, parede do segmento jejuno e íleo e parede do intestino grosso.33

Figura 13 – Distribuição dos grupos experimentais de cabras Saanen em esquema fatorial 2x2 para os tratamentos durante a gestação e/ou durante a lactação: (Ctr) cabras controle, (LevLac) cabras que receberam a levedura *Saccharomyces*

cerevisiae (Sc) somente durante a lactação, (LevGes) cabras que receberam a levedura Sc somente durante a gestação e (LevGL) cabras que receberam a levedura Sc durante a gestação e a lactação. Período de tratamento na gestação do 30º dia pós cobertura até o parto e durante a lactação nas 12 primeiras semanas pós parto. ✕ simboliza período sem a suplementação e ● simboliza período com a suplementação.....44

Figura 14 – Médias e desvios-padrão da produção de leite total de cabras Saanen suplementadas com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada da 1ª à 12ª semana de lactação. Ctr - grupo controle, LevLac - cabras suplementadas somente durante a lactação, LevGes - cabras suplementadas somente durante a gestação e LevGL - cabras suplementadas durante a gestação e a lactação. Período de tratamento na gestação do 30º dia pós cobertura até o parto e durante a lactação nas 12 primeiras semanas pós parto.46

Figura 15 – Distribuição das médias de produção de leite (litros) para cada grupo de cabras Saanen suplementadas *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada da 1ª à 12ª semana de lactação. Ctr - grupo controle, LevLac - cabras suplementadas somente durante a lactação, LevGes - cabras suplementadas somente durante a gestação e LevGL - cabras suplementadas durante a gestação e a lactação. Período de tratamento na gestação do 30º dia pós cobertura até o parto e durante a lactação nas 12 primeiras semanas pós parto.....47

Figura 16 – Distribuição dos grupos experimentais de cabritos da raça Saanen suplementados com extrato seco hidrolisado de *Saccharomyces cerevisiae*, desde o início do aleitamento até 128 dias de idade. Grupos: cabritos machos não suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrMLEv), cabritos machos não suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMLEv), cabritas fêmeas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFSem), cabritas fêmeas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFLev), cabritas fêmeas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas fêmeas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).....58

Figura 17 – Distribuição dos escaneamentos de corpo total e respectivas idades (dias) dos animais.....59

Figura 18 – Cabrito anestesiado posicionado para escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si (Arquivo pessoal, 2018).60

Figura 19 – Imagens obtidas após escaneamento de cabrito da raça Saanen em modo corpo total feita no equipamento de absorciometria em raio-x de duas energias Hologic®, por software do aparelho. À esquerda está a distribuição de gordura, massa magra e osso (conteúdo mineral ósseo), de acordo com a escala em cores. Na imagem central, a distribuição de tecidos moles (massa magra) e à direita a distribuição de conteúdo mineral ósseo.....61

Figura 20 – Representação gráfica da evolução das médias dos pesos (kg), massa magra + conteúdo mineral ósseo (g), tecido adiposo (g), percentual de gordura corporal, conteúdo mineral ósseo (g) e densidade mineral óssea (g/cm²). No eixo

x estão distribuídas as 9 avaliações – escaneamentos de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si. O procedimento foi realizado a cada 14 dias, iniciando no 16º dia idade das cabritas Saanen. Grupos: cabritas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFLev), cabritas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).64

Figura 21 – Representação gráfica da evolução das médias de massa magra (g), massa total (g), tecido adiposo (g) e percentual de gordura corporal. No eixo x estão distribuídas as 9 avaliações – escaneamentos de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si. O procedimento foi realizado a cada 14 dias, desde 16 º dia idade dos cabritos Saanen.66

Capítulo 1 - Considerações gerais

1.1 Introdução

Os ruminantes apresentam adaptações morfofisiológicas do sistema digestório que proporcionam digestão especializada, dentre os herbívoros. Devido à presença das câmaras gástricas e o mutualismo entre os ruminantes e os micro-organismos presentes no rúmen, ocorre melhor aproveitamento da energia das fibras vegetais em decorrência da capacidade fermentativa das populações microbianas (Van Soest, 1994; Dehority e Orpin, 1997).

Nos mamíferos herbívoros a microbiota gastrintestinal é responsável pela digestão e fermentação de polímeros vegetais, os quais não são digeridos por enzimas de mamíferos. A microbiota também é responsável pela síntese de vitaminas, bioconversão de componentes tóxicos em resíduos não tóxicos, estímulo e regulação do sistema imune, manutenção do peristaltismo, integridade da mucosa intestinal, formação de biofilme contra a colonização por patógenos (Chaucheyras-Durand e Durand, 2010) e pode melhorar a absorção de nutrientes (Seo et al., 2010; Stover et al., 2015).

No trato gastrintestinal dos ruminantes o rúmen é o segmento que detém a maior diversidade microbiana com intensa atividade fermentativa. A microbiota ruminal é composta predominantemente por espécies bacterianas, mas também de arqueias metanogênicas, protozoários flagelados e ciliados, fungos e bacteriófagos. A proporção de cada filo se altera desde a colonização, que ocorre durante a gestação, dentro do útero e durante o nascimento, com o desenvolvimento do órgão e do indivíduo, conforme descrito na Figura 1 (Chaucheyras-Durand e Ossa, 2014).

A colonização e o estabelecimento da microbiota intestinal específica do hospedeiro no trato gastrintestinal do neonato são determinantes para o desenvolvimento do sistema imunológico da mucosa, dos órgãos constituintes e da imunidade inata; e afeta ao longo prazo a saúde do animal (Steele et al., 2015).

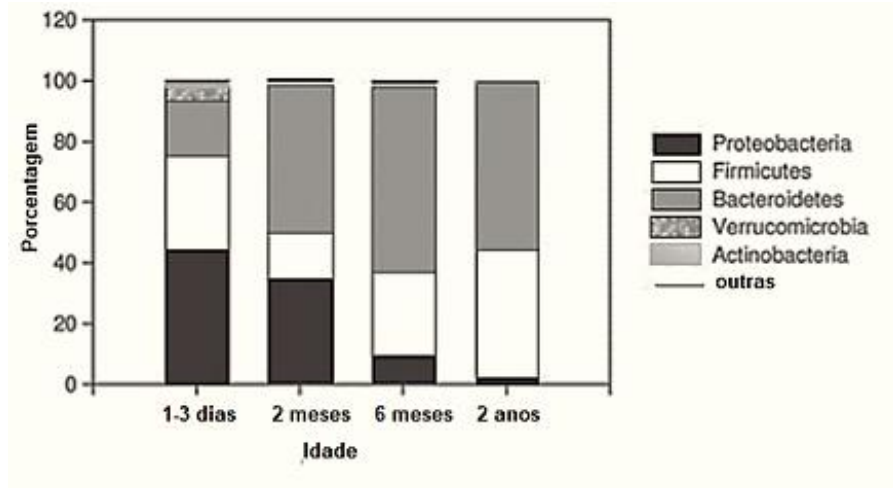


Figura 1 - Composição da microbiota ruminal do nascimento até os 2 anos de idade, em ruminantes (pirosequenciamento) (Adaptado de Chaucheyras-Durand e Ossa, 2014).

O favorecimento da fermentação e do equilíbrio da microbiota ruminal impacta na produtividade e higidez dos ruminantes (Figura 2). Parâmetros fisiológicos de produção média diária de leite total e frações (gordura, proteína e lactose), consumo de matéria seca (MS), consumo residual de MS e taxa de conversão alimentar estão correlacionados com a abundância da microbiota ruminal (Jami et al. 2014).

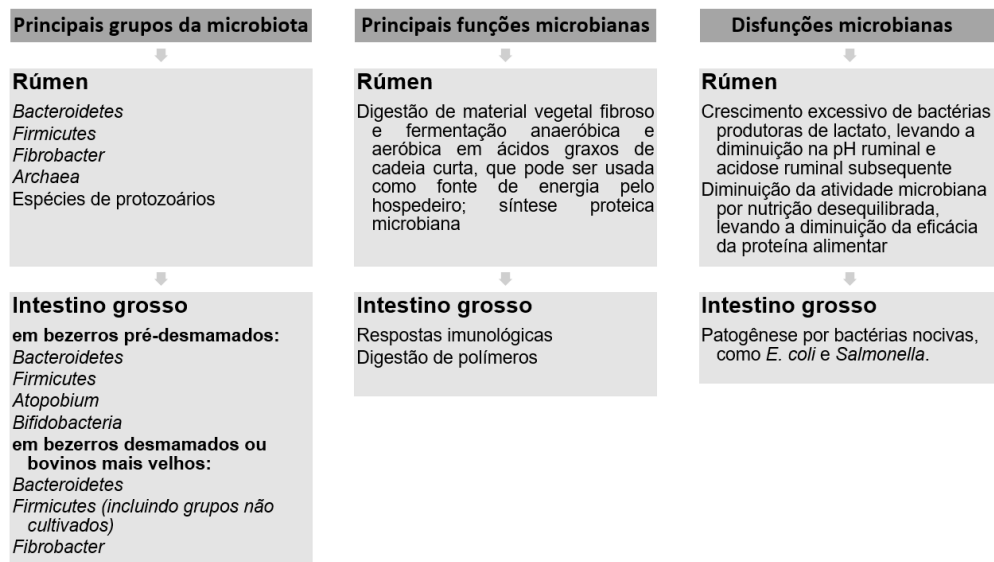


Figura 2 – Características da microbiota gastrointestinal de bovinos e relações com a saúde do hospedeiro e desempenho (Adaptado de Uyeno et al., 2015).

Considerando a oferta balanceada de nutrientes, pode-se ter como ferramenta adicional a inclusão de constituintes com objetivo principal de melhorar a saúde, o que não é facilmente quantificável somente no âmbito de produção de leite ou carne. Em

animais monocavitários, a adição de produtos visando melhoria da saúde intestinal é mais comumente utilizada do que em ruminantes. Existem diversos ingredientes bioativos com aplicações direcionadas à saúde intestinal. Dentre eles existem os probióticos, prebióticos, metabólitos, óleos essenciais e proteínas e gorduras com atividade biológica, todos ingredientes capazes de influenciar a atividade fermentativa da microbiota. No entanto, o número de estudos que examinam seus efeitos e impacto sobre a saúde dos ruminantes permanece limitado (Steele et al., 2015).

O papel da microbiota gastrintestinal na higidez de humanos e animais acarretou enorme interesse científico para investigar a modulação composicional e as ações metabólicas decorrentes (Bindels et al., 2015). Neste sentido, probióticos (cultura de micro-organismos vivos), prebióticos (oligossacarídeos, proteínas ou lipídios com ação nutracêutica) e simbióticos (produto resultante da combinação de ambos) são utilizados na manipulação microbiana.

1.2 Revisão de literatura

A definição de prebiótico atualizada em 2017 diz que o prebiótico é “substrato utilizado seletivamente por micro-organismos hospedeiros que conferem benefício à saúde” (Gibson et al., 2017). Os prebióticos devem induzir processos metabólicos direcionados com benefícios à microbiota do hospedeiro. A classe de prebióticos oligossacarídeos é um meio de manipulação da microbiota gastrintestinal, potencialmente reduzindo a incidência de doenças, em especial, as gastrintestinais (Abu-Tarboush et al. 1996). Oligossacarídeos indigestíveis, como os mananoligossacarídeos (MOS), frutoligossacarídeos (FOS) e galactoligossacarídeos (GOS), foram utilizados em diversos estudos, com resultados positivos na saúde gastrintestinal em humanos, ratos, camundongos, aves e suínos (Rastall e Gibson, 2015).

Os prebióticos fazem parte de estratégia preventiva de manejo na produção animal, visando, por exemplo, redução do uso de antibióticos melhoradores de crescimento (Abu-Tarboush et al. 1996). Outra vantagem é a possibilidade de utilização por longo período de tempo e de maneira preventiva, sem efeitos adversos como a seleção de bactérias resistentes aos antibióticos. A *overdose* de prebióticos,

entretanto, pode gerar quadros de diarreia e flatulência, em especial nos animais monócavitários, entretanto a determinação da quantidade que é considerada excessiva não é claramente descrita na literatura (Markowiak e Śliżewska, 2018).

Prebióticos provenientes de parede celular de leveduras têm como principais constituintes polissacarídeos β -D-glucanas e α -D-mananas (Figura 3) que, entre outras funções, têm a capacidade de modulação do sistema imune de diferentes seres vivos, desde insetos até seres humanos. Isso é possível graças a interação dos componentes com diferentes células imunocompetentes (Medzhitov e Janeway Jr, 2000; Kogan e Kocher, 2007).

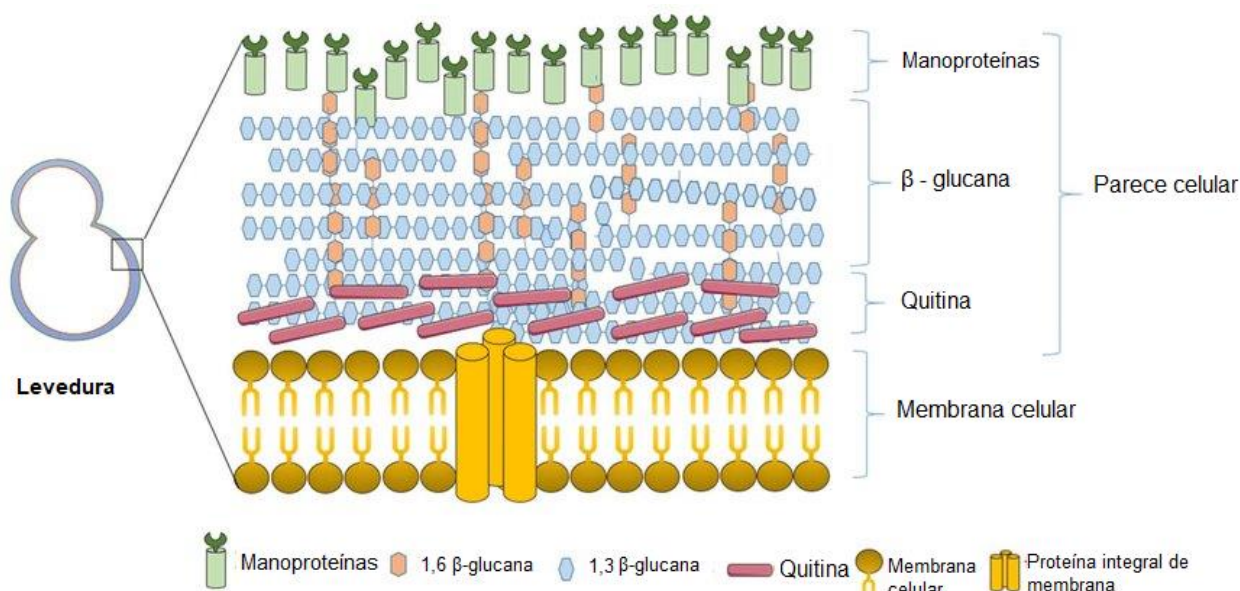


Figura 3 – Esquema da estrutura molecular da parede celular de leveduras (Adaptado de Anwar et al., 2017).

Além da microbiota intestinal, a barreira epitelial do trato gastrointestinal (TGI) desempenha papel essencial na manutenção da saúde do intestino e do hospedeiro, pois separa fisicamente a microbiota presente no lúmen intestinal. A mucosa do TGI contém quase 70% do total de leucócitos e 80% do total de células secretoras de IgA do organismo e interage com os micro-organismos residentes para manter a homeostase (Vighi et al., 2008; Steele et al., 2015).

O aumento de bactérias benéficas no intestino pode influenciar a saúde intestinal através de diferentes mecanismos, como a prevenção da colonização de patógenos entéricos, aumentando capacidade digestiva, diminuição do pH e melhora da imunidade da mucosa (Uyeno et al., 2015). Por exemplo, *Bifidobacterium* protege o hospedeiro contra enteropatógenos pela competição por nutrientes e produzindo acetato (Hsieh et al., 2015). Além disso, também foi demonstrado que o *Bifidobacterium* regula a barreira epitelial intestinal através da modulação de proteínas componentes das “tight junction” ou junção estanque intercelular (TJs) (Ulluwishewa et al., 2011, Hsieh et al., 2015).

Mecanismos de ação dos prebióticos

Os prebióticos agem no trato gastrointestinal e são seletivamente utilizados por micro-organismos na promoção do crescimento bacteriano e na melhoria da atividade de gêneros ou espécies específicos (em especial *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp. (Angelakis, 2017), que estão naturalmente presentes no trato gastrointestinal e são considerados benéficos à saúde. Essas espécies de micro-organismos têm a capacidade de manter o pH gastrointestinal equilibrado, impedindo acidificação excessiva, e de bloquear crescimento de bactérias patogênicas, principalmente por meio do mecanismo de exclusão competitiva (Gibson e Roberfroid, 1995; Patterson e Burkholder, 2003; Playne e Crittenden, 2009, Sanders et al., 2019).

Em mamíferos, o sistema imunológico inato é capaz de reconhecer estruturas chamadas padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs) através de uma variedade de receptores de reconhecimento de padrões (PRRs) na superfície das células. O reconhecimento da parede celular fúngica resulta na captação e morte de fungos invasores por fagócitos e também induz de atividade imune adaptativa. Os principais componentes da parede celular fúngica são detectados por células imunes, e há mais PRRs que detectam fungos específicos PAMPs do que para qualquer outra classe de organismo. Mananas e manoproteínas são reconhecidas pelo receptor de manose receptor Toll-tipo 4 (TLR4), fosfolipomanano por TLR2 e β -manosídeos por galectina-3 β - (1,3). O glucano é reconhecido pela lectina dectina-1 do tipo C (Gow et

al., 2017). Na Figura 4 estão representados mecanismos de ação dos prebióticos no interior do sistema digestório.

A ação imunoestimulante dos β -D-glucanas ocorre via ligação a receptores específicos em monócitos/macrófagos e granulócitos, iniciando uma cascata de eventos imunológicos. Os receptores de β -D-glucana incluem receptor do complemento 3 (CR3), lactosilceramida, receptores de varredura “*scavenger*” e dectina-1. Entre os efeitos desencadeados estão: estímulo na medula óssea de colônias produtoras de monócitos e granulócitos, aumento na produção de anticorpos, aumento da liberação de citocinas, incluindo interleucina 1 (IL-1), interleucina 2 (IL-2), interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral α (TNF- α), produção de prostaglandina E_2 , ativação da via alternativa do complemento e liberação de enzimas lisossomais. Desta forma, estes oligossacarídeos aumentam a resistência às doenças (Kogan e Kocher, 2007).

Os prebióticos atuam, em conjunto com as bactérias, na ativação de células dendríticas, que por sua vez estimulam a atividade de células T na produção de interferon gama (IFN- γ), interleucina 10 (IL-10) e fator de transformação do crescimento beta (TGF β) que possuem atividade antialérgica (Sanders et al., 2019).

As β -D-glucanas e α -D-mananas são capazes de se acoplar às bactérias para impedir a adesão na parede intestinal, e consequente, colonização dos patógenos na superfície do trato gastrointestinal (Ruiz-Herrera, 2012). Bactérias responsivas à ingestão de prebióticos pelos hospedeiros podem influenciar a composição da microbiota por meio da atividade de agentes antimicrobianos (por exemplo, peptídeos) e interações competitivas, permitindo redução de infecções e atuação de bactérias que contém lipopolissacarídeo (LPS) (Sanders et al., 2019).

Os produtos da fermentação bacteriana (principalmente acetato e butirato) são importantes promotores de crescimento e desenvolvimento ruminal. O consumo precoce de concentrado altamente palatável (mistura de grãos) garante rápido desenvolvimento ruminal, além de uma transição menos drástica no momento da desmama, com a retirada do leite e início da dieta exclusivamente sólida. Alimentos fibrosos ou estruturalmente mais grosseiros aumentam a capacidade ruminal e mantem a estrutura das papilas ruminais (Wattiaux, 1996).

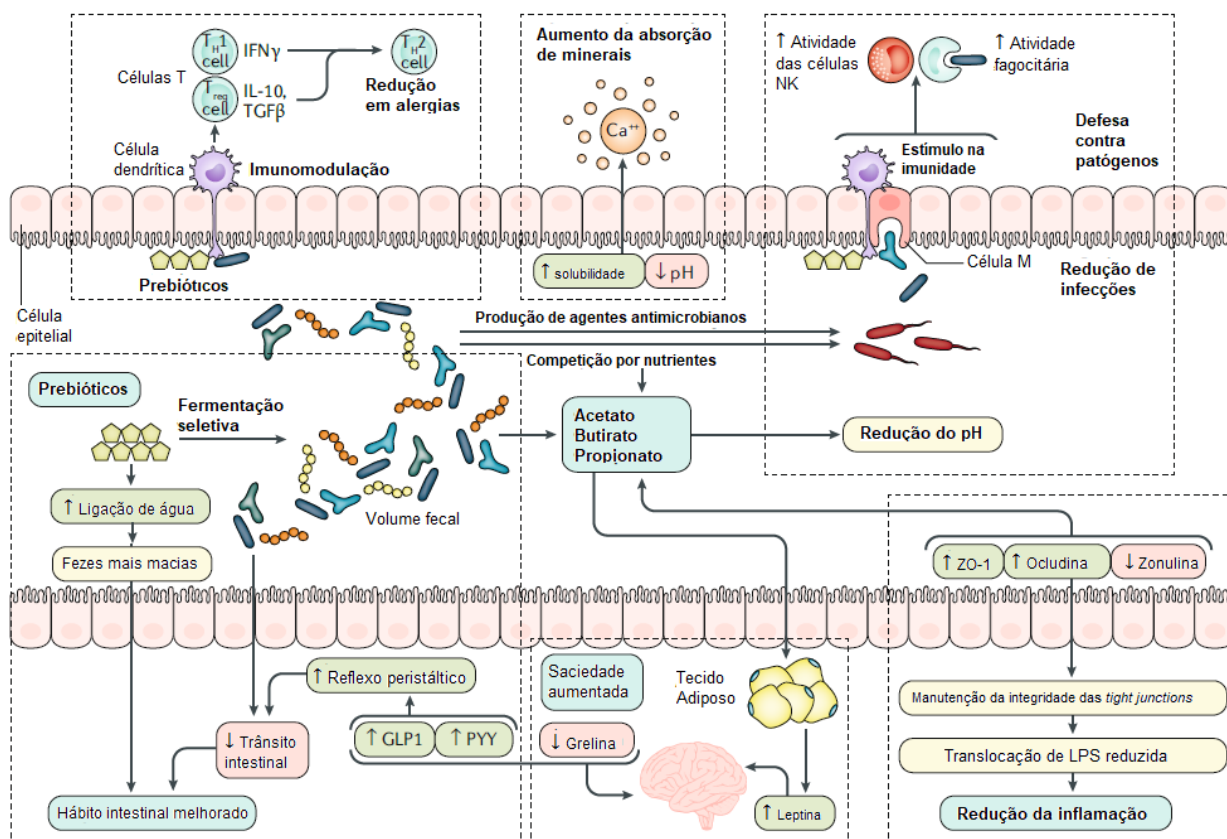


Figura 4 – Mecanismos de ação dos prebióticos dentro do trato gastrointestinal, incluindo fermentação seletiva, competição por nutrientes, aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), aumento da absorção de minerais, redução do pH, melhoria no trânsito intestinal, regulação hormonal, integridade epitelial, imunomodulação, redução da inflamação, das alergias e de infecções. Interferon gama – IFN γ , interleucina 10 - IL10, fator de transformação de crescimento beta - TGF β , peptídeo 1 semelhante a glucagon - GLP1, célula M - célula microfenestrada (enterócitos modificados), célula natural killer - célula NK, peptídeo YY - PYY, célula auxiliar T tipo 1, Célula TH1, célula auxiliar T tipo 2 - Célula TH2, célula T reguladora - célula TReg; proteína zonula occludens 1 – ZO-1 (Adaptado de Sanders et al., 2019).

As alterações na população de micro-organismos promovidas pelos prebióticos estimulam a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), atuando, portanto, no desenvolvimento e na integridade do epitélio ruminal (Bindels et al., 2015; Sanders et al., 2019).

Os ácidos orgânicos produzidos pelo metabolismo bacteriano diminuem o pH intestinal e têm efeitos concomitantes sobre patógenos microbianos e absorção de minerais. Tais bactérias diminuem o pH intestinal ao hidrolisar carboidratos em ácido láctico. Os AGCC possuem atividade antimicrobiana e reduzem o pH intestinal, excluindo, dessa forma, a atividade de patógenos pela redução de enterobactérias

patogênicas, mitigando episódios de diarreia (Bindels et al., 2015; Sanders et al., 2019).

O crescimento das bactérias benéficas altera o volume e a consistência das fezes (por ocorrência de maior ligação de água no bolo fecal) e melhoria dos hábitos intestinais, em especial em humanos que sofrem de constipação intestinal. O aumento da biomassa e dos componentes da parede celular das bactérias influenciam na imunidade (Sanders et al., 2019).

Os produtos metabólicos da interação prebiótico e bactérias do hospedeiro também promovem a integridade epitelial, por aumento da atuação das ocludinas, zonulinas e proteínas *zonula occludens* 1 (ZO-1). Esse efeito ainda desencadeia a redução da translocação dos LPS, diminuindo a reação inflamatória (Sanders et al., 2019).

Além de reduzir a ação dos patógenos, a parede celular das leveduras têm ações antioxidante (Kogan et al., 2005), antitumoral (Khalikova et al., 2005) e regulatória, por atividade dos AGCC que estimulam a atuação da leptina oriunda do tecido adiposo e a saciedade aumentada tem efeito sobre a grelina (Sanders et al., 2019).

***Saccharomyces cerevisiae*, levedura com ação prebiótica, e a relação na produção e saúde animal**

Saccharomyces cerevisiae (Sc) é uma espécie de levedura utilizada por séculos na produção de cerveja, pães e álcool. Nas últimas décadas, leveduras vivas e seus derivados vêm sendo utilizados como suplemento para criações de bovinos de corte e leiteiros, suínos, cordeiros e frangos por promover melhoria do desempenho e benefícios à saúde do animal (Broadway et al., 2015).

Os MOS originam-se dos blocos de manose existentes na parede celular da *Saccharomyces* spp. A *Saccharomyces cerevisiae* é conhecida por sua utilização em indústrias de cervejaria, usinas de etanol e panificação. A parede celular de *Sp* envolve proteínas α -glucanas e manano. O componente essencial da parede celular de levedura são os polímeros de manano com ligações α (1,2) e α (1,6) e, em menor extensão, as cadeias laterais α (1,3) (Kogan e Kocher, 2007).

As enzimas hospedeiras do TGI de mamíferos não possuem capacidade de quebrar tais ligações e, como resultado, os carboidratos (MOS) não têm valor nutritivo direto, sendo necessária a ação da microbiota residente para promover benefícios à saúde gastrointestinal.

Estudos com MOS, FOS, GOS, entre outros, são frequentes em bezerros, vacas leiteiras e novilhos em terminação, entretanto são escassos em outros ruminantes, como ovelhas e cabras (Gaggìa et al., 2010, Di Gioia et al. 2018). Apesar da aplicabilidade dos prebióticos em ruminantes e resultados promissores obtidos em vários estudos, existem limitações associadas com a reprodutibilidade dos dados, pois os resultados são inconsistentes em decorrência de diversas dietas, doses recomendadas, composição química, qualidade do suplemento e desafios sanitários aos quais os animais são submetidos (Uyeno et al. 2015).

Além disso, o processamento do extrato de levedura varia entre as indústrias, o que pode alterar a composição do produto final. O extrato de leveduras também possui teores elevados de nucleotídeos livres, que participam da divisão e crescimento celular, e da síntese de vitaminas do complexo B (Graham e Mc Cracken, 2005).

Para estudar os efeitos da inclusão de prebióticos na dieta de animais é necessário compreender que grande variedade de fatores, como ambiente de crescimento, espécie, raça, idade, dieta e estado fisiológico influenciam os resultados. Deve-se, ainda, atentar-se à ação da microbiota gastrointestinal nativa para analisar o efeito que suplementação prebiótica na dieta proporciona à saúde, fazendo uso, desse modo, de indicadores de saúde intestinal, parâmetros relacionados ao sistema imune e resposta local dos órgãos gastrointestinais (Di Gioia et al. 2018).

Em bovinos, o bezerro pré-desmamado é o que apresenta maior risco entre todas as categorias da espécie na propriedade rural, com distúrbios e doenças que resultem em taxas de morbidade e mortalidade acima de 50% e 10%, respectivamente, enquanto a maioria vem de diarreia (USDA, 2007). O desmame para bezerros é um momento dramático. O estresse da desmama contribui para o desenvolvimento de doenças gastrointestinais e também em decorrência da permeabilidade intestinal repentinamente aumentada (Wood et al., 2005).

Oportunidades para melhorar o desenvolvimento do rúmen e adequar as adaptações intestinais são benéficas na redução dos efeitos deletérios associados à desmama (Steele et al., 2015).

Aumento de permeabilidade intestinal e escores fecais foram observados em bezerros mais jovens (2 semanas de idade) em comparação com animais de quatro semanas (Marquez, 2014), sugerindo maior prevalência de interrupções na função da barreira intestinal em animais mais jovens. Portanto, é importante entender o papel da microbiota intestinal e da barreira epitelial na prevenção da diarreia dos bezerros para melhorar a saúde intestinal e diminuir a mortalidade nesta fase (Steele et al., 2015).

Estudos em suínos mostraram que os produtos derivados de leveduras (levedura viva, parede celular da levedura ou mistura de ambos) favorecem o crescimento e o desempenho ao promover o aumento da ingestão de matéria seca e maior ganho diário de peso. Em ruminantes, a suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* afeta a ingestão de matéria seca, o pH ruminal e a digestibilidade geral dos nutrientes. Os prebióticos podem ser especialmente úteis em momentos de estresse, como parto, aleitamento, desmame, início da lactação e momento de chegada aos confinamentos de terminação (Broadway et al., 2015).

O extrato da parede celular de *Saccharomyces cerevisiae* pode ser usado na proteção de ruminantes expostos cronicamente às aflatoxinas de origem alimentar, onde a suplementação com Sc reduz a absorção de aflatoxinas e aumenta a eliminação do composto tóxico nas fezes, resultado comprovado em ovelhas (Firmin et al., 2011).

A *Saccharomyces cerevisiae* influencia no metabolismo dos AGCC. Tais compostos têm a capacidade de melhorar a eficiência energética e alterar a morfologia das mucosas do trato gastrointestinal (Morrison et al. 2010). Os AGCC, em especial o butirato, estimulam o crescimento e aumento do epitélio ruminal, acarretando no aumento da área de superfície e, consequentemente, da capacidade de absorção (Mentschel et al., 2001; Penner et al., 2011; Steele et al., 2011). Esses ácidos orgânicos atuam também no intestino promovendo melhorias na saúde local e sistêmica. O acetato é usado para gerar energia no tecido muscular, o propionato regula a síntese de colesterol no fígado e o butirato é um combustível importante para a função do colonócito (Gibson et al., 2010).

As alterações na produção de AGCC, no estímulo da atividade da imunidade inata, melhoria da eficiência energética e, em alguns casos, aumento da ingestão de matéria seca, resultam frequentemente em acréscimo na produção de leite em ruminantes (Broadway et al., 2015). A suplementação com *Sc* seca promoveu aumento na produção de leite em vacas (Dobicki et al., 2007; Dias et al., 2018), e em ovelhas (Milewski e Sobiech, 2009; Zabek et al., 2015). A adição à dieta, durante 100 dias de lactação, de leveduras de cerveja desidratada e MOS causaram aumento significativo da produção de leite de 3,0 e 2,2 kg/leite/dia, em comparação com vacas que não receberam esses aditivos (Dobicki et al., 2007).

Considerando a relevância dos prebióticos na produção e na saúde animal, o objetivo do presente trabalho foi avaliar efeitos produzidos pela suplementação da dieta com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada na morfometria do trato gastrointestinal de cabras Saanen adultas gestantes, na produção de leite de cabras Saanen e no desenvolvimento e composição corporal de cabritos Saanen, desde o período de aleitamento até o início da puberdade.

1.3 Referências

- Abu-Tarboush HM, Al-Saiady MY, Keir El-Din AH (1996) Evaluation of diet containing Lactobacilli on performance, fecal coliform, and Lactobacilli of young milk calves. **Animal Feed Science Technology**, 57:39–49.
- Angelakis E (2017) Weight gain by gut microbiota manipulation in productive animals. **Microbial pathogenesis**, 106: 162-170.
- Anwar MI, Muhammad F, Awais MM, Akhtar M (2017) A review of β -glucans as a growth promoter and antibiotic alternative against enteric pathogens in poultry. **World's Poultry Science Journal**, 73(3):651-661.
- Bindels LB, Delzenne NM, Cani PD, Walter J (2015) Towards a more comprehensive concept for prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, 12:303.
- Broadway PR, Carroll JA, Sanchez NCB (2015) Live yeast and yeast cell wall supplements enhance immune function and performance in food-producing livestock: a review. **Microorganisms** 3(3):417-427.
- Chaucheyras-Durand F, Durand H (2010) Probiotics in animal nutrition and health. **Beneficial microbes** 1:3-9.
- Chaucheyras-Durand F, Ossa F (2014) Review: the rumen microbiome composition, abundance, diversity, and new investigative tools. **The Professional Animal Scientist** 30:1–12.
- Dehority BA, Orpin CG (1997) Development of, and natural fluctuations in rumen microbial populations. In: **The rumen microbial ecosystem**. Springer Netherlands p. 196-245.
- Dias ALG, Freitas JA, Micai B, Azevedo RA, Greco LF, Santos JEP (2018) Effects of supplementing yeast culture to diets differing in starch content on performance and feeding behavior of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 101(1):186-200.
- Di Gioia D, Biavati B (2018) Probiotics and prebiotics in animal health and food safety: conclusive remarks and future perspectives. In: **Probiotics and Prebiotics in Animal Health and Food Safety**. Springer, Cham, 269-273.
- Dobicki A, Preś J, Zachwieja A, Mordak R, Jakus W (2007) Influence of yeast preparations on chosen biochemical blood parameters and the composition of milk. **Medycyna Weterynaryjna** 63:955-959.
- Firmin S, Morgavi DP, Yiannikouris A, Boudra H (2011) Effectiveness of modified yeast cell wall extracts to reduce aflatoxin B1 absorption in dairy ewes. **Journal of dairy science** 94(11):5611-5619.
- Gaggìa F, Mattarelli P, Biavati B (2010) Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. **International Journal of Food Microbiology**, 141:S15-S28.
- Gibson GR, Roberfroid MB (1995) Dietary modulation of the human colonic microbiota. Introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition** 125(6):1401-12.

Gibson GR, Scott KP, Rastall RA, Tuohy KM, Hotchkiss A, Dubert-Ferrandon A, Gareau M, Murphy EF, Saulnier D, Loh G, Macfarlane S, Delzenne N, Ringel Y, Kozianowski G, Dickmann R, Lenoir-Wijnkook I, Walker C, Buddington R (2010) Dietary prebiotics: current status and new definition. **IFIS Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods** 7:1-19.

Gibson GR, Hutkins R, Sanders ME, Prescott SL, Reimer RA, Salminen SJ, Scott K, Stanton C, Swanson KS, Cani PD, Verbeke K, Reid G (2017) The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, 14:491-502.

Gow NA, Latge JP, Munro CA (2017) The fungal cell wall: structure, biosynthesis, and function. In: **The fungal kingdom**, Washington, DC: ASM Press, p. 267-292.

Graham H, Mc Cracken KJ (2005) Yeasts in animal feeds. In: Garnsworthy PC, Wiseman J **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: Nottingham University, p.169-211.

Hsieh CY, Osaka T, Moriyama E, Date Y, Kikuchi J, Tsuneda S (2015) Strengthening of the intestinal epithelial tight junction by *Bifidobacterium bifidum*. **Physiological reports**, 3:3.

Jami E, White BA, Mizrahi I (2014) Potential role of the bovine rumen microbiome in modulating milk composition and feed efficiency. **PLoS One** 9(1):e85423.

Khalikova TA, Zhanaeva SY, Korolenko TA, Kaledin VI, Kogan G (2005) Regulation of activity of cathepsins B, L, and D in murine lymphosarcoma model at a combined treatment with cyclophosphamide and yeast polysaccharide. **Cancer Letters** 223:77–83.

Kogan G, Staško A, Bauerová K, Polovka M, Šoltés L, Brezová V, Navarová J, Mihalová D (2005) Antioxidant properties of yeast (1→3)- β -D-glucan studied by electron paramagnetic resonance spectroscopy and its activity in the adjuvant arthritis. **Carbohydrates and Polymers** 61:18–28.

Kogan G, Kocher A (2007) Role of yeast cell wall polysaccharides in pig nutrition and health protection. **Livestock Science** 109:161-165.

Markowiak P, Śliżewska K (2018) The role of probiotics, prebiotics and symbiotics in animal nutrition. **Gut pathogens** 10.1:21.

Medzhitov R, Janeway Jr C (2000) Innate immunity. **New England Journal of Medicine**, 343(5):338-344.

Milewski S, Sobiech P (2009) Effect of dietary supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* dried yeast on milk yield, blood biochemical and haematological indices in ewes. **Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy** 53:753-758.

Morrison SJ, Dawson S, Carson AF (2010) The effects of mannan oligosaccharide and *Streptococcus faecium* addition to milk replacer on calf health and performance. **Livestock Science**, 131:292–296.

Patterson JA, Burkholder KM (2003) Application of prebiotics and probiotics in poultry production. **Poultry Science** 82(4):627-631.

Playne M, Crittenden R (2009) Galacto-oligosaccharides and Other Products Derived from Lactose. In: Mcsweeney P, Fox P (Eds) **Advanced Dairy Chemistry**. Springer, New York, NY.

Rastall RA, Gibson GR (2015) Recent developments in prebiotics to selectively impact beneficial microbes and promote intestinal health. **Current Opinion in Biotechnology** 32:42–6.

Ruiz-Herrera, J. (2012) Fungal Cell Wall: Structure, Synthesis, and Assembly. CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 2nd ed. 203p.

Sanders ME, Merenstein DJ, Reid G, Gibson GR, Rastall RA (2019) Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: From biology to the clinic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology** 1-12.

Seo JK, Kim SW, Kim MH, Upadhaya SD, Kam DK, Ha JK (2010) Direct-fed microbials for ruminant animals. **Asian-Australian Journal of Animal Science**. 23:1657–1667.

Steele MA, Croom J, Kahler M, AlZahal O, Hook SE, Plaizier K, McBride BW (2011) Bovine rumen epithelium undergoes rapid structural adaptations during grain-induced subacute ruminal acidosis. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology** 300(6):R1515-R1523.

Steele MA, Malmuthuge N, Guan LL (2015) Opportunities to improve gut health in ruminant production systems.

Stover MG, Watson RR, Collier RJ (2015) Pre-and Probiotic Supplementation in Ruminant Livestock Production. In: **Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics: Bioactive Foods in Health Promotion**. Elsevier Inc., p. 25-36.

Uyeno Y, Shigemori S, Shimosato T (2015) Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. **Microbes and environments** ME14176.

Van Soest, PJ (1994) **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, 2nd ed. 476p.

Vighi G, Marcucci F, Sensi L, Di Cara G, Frati F (2008) Allergy and the gastrointestinal system. **Clinical & Experimental Immunology**, 153, 3-6.

Wattiaux MA (1996) Raising dairy heifers. **Dairy essentials - Babcock Institute for International Dairy Research and Development, University of Wisconsin** 30:117-120.

Zabek K, Milewski S, Wojcik R, Siwicki AK (2014) The effects of supplementing diets fed to pregnant and lactating ewes with *Saccharomyces cerevisiae* dried yeast. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences** 38(2):200-206.

Capítulo 2 - *Saccharomyces cerevisiae* e a ultrassonografia da parede dos órgãos gastrintestinais

Resumo

A adição do prebiótico *Saccharomyces cerevisiae* seco hidrolisado (Sc) na dieta de animais de produção promove alterações morfométricas nas paredes de porções dos órgãos do trato gastrintestinal. O presente estudo teve como objetivo determinar alterações morfométricas no trato gastrintestinal de caprinos possam ser detectadas via avaliação ultrassonográfica transabdominal. Cabras (n=16) foram suplementados com Sc durante a gestação e distribuídas em grupo controle - Ctr (n=8) e grupo tratado - Trat (n=8). Avaliações feitas nas semanas 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20 da gestação. Os animais receberam 7 g/animal/dia de Sc. Os cabritos (n=15) divididos em quatro grupos: cabritas suplementadas com Sc (FLev), cabritas não suplementadas (FSem), cabritos recebendo Sc (MLev) e cabritos não suplementados (MSem) durante os quatro primeiros meses de vida. Cabritos receberam 5 g/animal/dia de Sc. Exames realizados aos 60 e 120 dias de idade. As avaliações ultrassonográficas transabdominais foram feitas com probe linear 7,5 MHz para mensuração das espessuras, em mm, da mucosa do rúmen nas porções dorsal (MCD) e caudal (MCC) do saco dorsocaudal, camada muscular da parede do rúmen nas porções dorsal (MMD) e caudal (MMC) do saco dorsal caudal, parede do duodeno descendente (DUO), parede do intestino delgado na porção jejuno e íleo (JEI) e parede do intestino grosso (IG). Foi realizada a análise de medidas repetidas no tempo pela análise de variância para as medidas encontradas. Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para as medidas MMC, JEI e IG entre os grupos suplementados (Trat) e controle (Ctr) das cabras gestantes. Em relação aos cabritos pré púberes, foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) para as medidas MMC, JEI e IG. A suplementação com Sc foi capaz de promover alterações morfométricas no trato gastrintestinal em determinados momentos da gestação de cabras e do desenvolvimento de cabritos até os 120 dias de idade.

Palavras-chave: prebióticos, mananoligossacarídeos, ruminantes, morfometria do sistema digestório, ultrassonografia

2.1 Introdução

O tipo do alimento ingerido e a composição do líquido ruminal podem interferir no comprimento das papilas ruminais e, ainda, modular a morfofisiologia do intestino delgado (Kleessen et al., 2001). Dietas com altos teores de concentrado para touros estabulados (palha de cevada e concentrado peletizado na proporção 28:72) e para touros em pastagem (forragem e concentrado na proporção 25:75 até 17:83) ocasionaram aumento do comprimento e largura das papilas do rúmen, possibilitando a mensuração ultrassonográfica (Zitnan et al., 2003; Černík et al., 2011).

A possibilidade de realizar essas medidas se deve aos AGCC, em especial o butirato (Mentschel et al., 2001), por estimularem o crescimento e o aumento do epitélio ruminal, acarretando em maior área de superfície. Consequentemente ocorre ampliação da capacidade absorptiva, desde que não altere a espessura da camada queratinizada do epitélio ruminal, pois essa reduziria a absorção de nutrientes (Penner et al., 2011; Steele et al., 2011).

O uso de levedura *Saccharomyces cerevisiae* viva, MOS e associação da levedura viva + MOS em dietas com alta inclusão de concentrado para ovelhas reduziu as concentrações de amônia (NH_3) e translocação de lipopolissacarídeo (LPS) para a corrente sanguínea. Nos grupos suplementados com MOS e levedura viva + MOS, foi observada melhora na saúde do epitélio ruminal ao detectar a redução da espessura do estrato córneo, com valores semelhantes aos achados em animais com dieta baseada em forragem. A suplementação promoveu proteção ao epitélio ruminal, diferente das alterações observadas no rúmen do grupo não suplementado (Diaz et al., 2018).

Montanholi et al. (2013) demonstraram que diferenças presentes na eficiência alimentar em bovinos de corte estavam associadas a uma maior celularidade, detectada histomorfometricamente pela contagem dos núcleos das células das criptas intestinais, e não à diferença de tamanho médio das células no duodeno e no íleo. A eficiência alimentar encontrou-se diretamente associada à área e perímetro das criptas. Os benefícios da intensificação do metabolismo das células do epitélio do intestino delgado são maiores do que o custo energético associado ao aumento da atividade, acarretando em melhor eficiência alimentar.

Em estudo realizado com frangos de corte foi observado que, além de se fixar à superfície de bactérias patogênicas impedindo a proliferação e adesão na mucosa intestinal, os MOS também alteram a morfologia da mucosa intestinal pelo aumento do número de células caliciformes. O equilíbrio estabelecido entre bactérias patogênicas e benéficas desencadeou aumento do comprimento das vilosidades e diminuição da profundidade da cripta, promovendo aumento da superfície absorviva (Chacher, et al., 2017).

A alteração da arquitetura intestinal ocasionada pela competição microbiana por nutrientes, que estimula a altura dos vilos e o arrasamento das criptas, promove maior superfície de absorção de nutrientes. A integridade epitelial ocasiona a queda na renovação celular e permite a maturação adequada dos enterócitos, com consequente produção enzimática mais eficiente, atuando na melhoria da saúde e da atividade intestinal (Chacher et al., 2017).

Em bezerros, a suplementação com MOS dissolvido no leite resultou em aumento do comprimento das papilas do rúmen, ainda que não tenham sido detectadas diferenças no consumo de matéria seca. A suplementação por 56 dias não influenciou no desempenho, mas estimulou o desenvolvimento das mucosas ruminal e intestinal, preparando para o período de desmame (Costa et al., 2019).

A ultrassonografia transabdominal é técnica não invasiva que permite a avaliação dos órgãos gastrintestinais, e o uso de equipamentos portáteis facilita o exame de animais a campo (Scott e Sargison, 2010).

Em touros fistulados que receberam altos teores de concentrado na dieta, iniciando com 5% de inclusão de concentrado e com aumento gradativo até 95%, apresentaram aumento da espessura da mucosa ruminal detectável no exame ultrassonográfico transabdominal (Mirmazhari-Anwar et al., 2013).

Em vacas leiteiras, a mensuração ultrassonográfica da espessura da mucosa ruminal foi utilizada para o diagnóstico de SARA, no qual vacas da raça Simental receberam dieta acidogênica (Neubauer et al., 2018).

Em estudo realizado em cabras com paratuberculose, achados ultrassonográficos transabdominais demonstraram espessamento na parede intestinal dos animais doentes. Comparado com o controle ($0,8 \pm 0,4$ mm de espessura), o grupo positivo apresentou espessamento leve ($2,8 \pm 0,2$ mm),

moderado ($4,2 \pm 0,4$ mm) e grave ($6,9 \pm 1,1$ mm) da parede intestinal (Tharwat et al., 2012).

2.1.1 Exame ultrassonográfico de ovinos e caprinos

O rúmen de ovelhas e cabras pode ser detectado sonograficamente no lado esquerdo do abdome, do 7º espaço intercostal (EIC) até a 3ª vértebra lombar. Exame ultrassonográfico com transdutor setorial de 5MHz posicionado no aspecto dorsal do flanco esquerdo de pequenos ruminantes permite a visualização da parede ruminal, a qual aparece como uma faixa ecogênica. O conteúdo ruminal é de difícil detecção, pois aparece como uma sombra hipoeecóica, devido à presença de gases. Sendo assim, o exame do rúmen é eficaz para avaliar a parede do órgão, mas não o seu conteúdo (Kandeel et al., 2009). A Figura 5 mostra regiões do flanco do animal nas quais é possível visualizar o órgão.

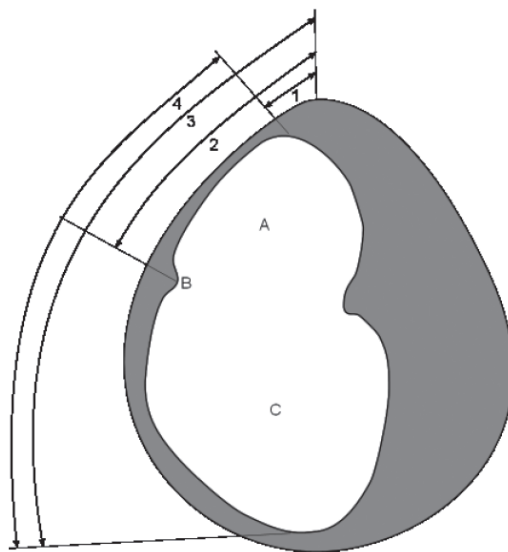


Figura 5 - Representação esquemática da secção transversal do abdome de cabras, com destaque para o rúmen. (A) saco dorsal de rúmen, (B) pilar longitudinal, (C) saco ventral do rúmen, (1) distância entre a linha sagital mediana e a margem dorsal do rúmen, (2) distância entre a linha sagital mediana e o sulco longitudinal do rúmen, (3) distância entre a linha sagital mediana e da margem ventral do rúmen, (4) comprimento do rúmen. (Extraído de Braun et al., 2011a).

A ultrassonografia no exame dos intestinos de ruminantes tem limitações inerentes à técnica. A profundidade da digitalização das estruturas abdominais é menor que aproximadamente 20 cm com um transdutor de 3,5 MHz ou até 30 cm com 2,5 MHz, sendo assim, o tamanho do abdome impede o exame completo em animais

de grande porte. Entretanto, o intestino delgado pode ser visibilizado em grande área na porção ventral do lado direito do abdome de ruminantes, por comumente apresentar pouco ou nenhum gás no lúmen, não existem muitas limitações para a visibilização do órgão (Streeter e Step, 2007).

O duodeno proximal pode ser visibilizado medialmente à vesícula biliar na maioria dos bovinos (Streeter e Step, 2007). Em cabras, a porção proximal do duodeno não pode ser visibilizada, pois está oculta pelo fígado, e a parte ascendente do duodeno não pode ser observada, uma vez que sua distância da parede abdominal excede a profundidade de penetração do transdutor (Braun et al., 2011b).

Em bovinos, a parede do intestino delgado tem dois a três milímetros de espessura. O conteúdo intestinal normal é hipocóico contendo vários pontos hiperecóicos que são propelidos regularmente por ondas peristálticas. Nenhum fluido livre está presente entre as alças intestinais (Scott, 2012).

Em caprinos, a porção descendente do duodeno é visibilizada com mais frequência no quadrante craniodorsal do lado direito do abdome (Figura 6).

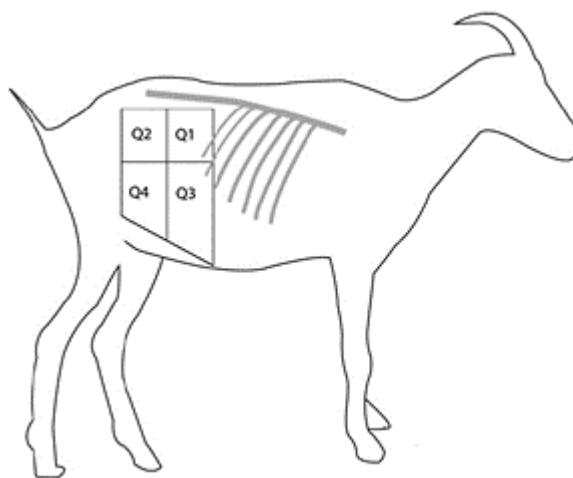


Figura 6 - Divisão da região do flanco direito de uma cabra em quatro quadrantes para delimitação de intestino durante o exame ultrassonográfico. (Q1) quadrante craniodorsal, (Q2) quadrante caudodorsal, (Q3) quadrante cranioventral, (Q4) quadrante caudoventral. (Extraído de Braun et al., 2011b).

O duodeno descendente, em cabras, pode ser diferenciado de outras partes dos intestinos delgado e grosso, assim como nos bovinos, devido à sua localização imediatamente adjacente à parede abdominal e entre as duas camadas do omento maior. Comumente não há gás no lúmen desses segmentos, permitindo a visibilização

da parede intestinal lateral (mais próxima ao transdutor), o conteúdo intestinal e a parede medial (mais distante do transdutor) (Braun et al., 2011b).

Jejuno e íleo compõem a porção mais longa do intestino delgado e, em bovinos, não podem ser diferenciados ultrassonograficamente. O jejuno e íleo são escaneados nos últimos EIC e ao longo da parede abdominal direita (Braun e Marmier, 1995; Braun et al. 1995).

As porções de intestino grosso e ceco geralmente contêm gás, impossibilitando a formação de imagens (Streeter e Step, 2007), o que faz com que somente a parede mais próxima ao transdutor seja visibilizada, e essa aparece como linha espessa hiperecótica e levemente arqueada. Partes da alça proximal do cólon, ceco e alça em espiral do cólon geralmente podem ser visibilizados (Braun et al., 2011b).

Partindo destas evidências, buscou-se avaliar o efeito da suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada nas paredes ruminal e intestinal de cabras Saanen gestantes e cabritos Saanen até o início da puberdade (120 dias). Para a avaliação morfolométrica via exame ultrassonográfico.

2.2 Material e métodos

O projeto de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA, nº 19092/2016.

Preparação pré-experimental

As cabras foram submetidas à avaliação ultrassonográfica prévia dos órgãos reprodutivos. Cabras vazias e com útero sem indícios de alterações patológicas foram incluídas nos grupos experimentais. O estado de saúde foi avaliado por exame clínico geral e exame parasitológico por contagem de ovos por grama de fezes (OPG). Animais foram positivos para *Moniezia* sp. (n=1) e oocistos de *Eimeria* sp. (n=10), e contagens de OPG para *Strongylida* spp. entre 100 e 17100 (n=15) e *Strongyloides* sp. entre 100 e 300 (n=4), sendo portanto, vermifugadas antes da cobertura (Cydectin®, Zoetis, 2,0 mg/kg de Moxidectina). As cabras estavam no final da lactação, e foram submetidas a terapia antimicrobiana intramamária com antibiótico

de longa duração (Mastifin® Vaca Seca, Ourofino, 400mg de Gentamicina), tratamento preconizado na secagem da glândula mamária.

As cabras consideradas híidas foram submetidas ao protocolo curto de indução de estro (Souza et al., 2007). As fêmeas vazias receberam dispositivo intravaginal impregnado (0,33 g) com Progesterona - P4 (CIDR® Ovinos e Caprinos, Pfizer) no Dia 0 (D0). No dia cinco (D5) foram aplicados Cloprostenol (5 mg) (Sincrocio®, Ourofino) e Gonadotrofina coriônica equina (300 UI) (Novormon®, Zoetis), por via intramuscular. No dia seis (D6) o dispositivo intravaginal foi removido.

A monta natural ocorreu nos dias sete e oito (D7 e D8), com uso de bode da raça Saanen (Figura 7). Os animais foram separados em grupos e os protocolos foram feitos nos grupos de animais em escalas, seis cabras por momento, até a obtenção das 16 cabras prenhes.

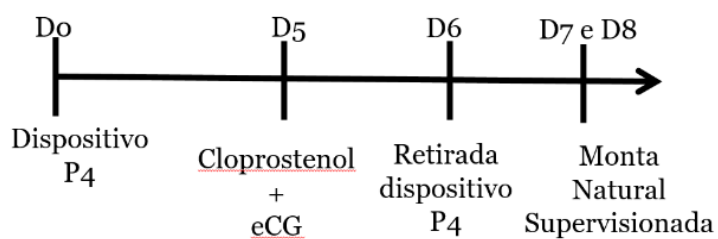


Figura 7 - Esquema do protocolo curto de indução de estro em cabras conforme descrito por Souza et al. (2007).

Vinte e um dias após a cobertura realizou-se exame ultrassonográfico transretal para diagnóstico gestacional. Foram selecionadas 16 cabras Saanen, pluríparas, gestantes para a presente pesquisa. Os animais eram provenientes do Laboratório de Estudo em Caprinocultura da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

Grupos experimentais

As 16 cabras foram distribuídas em dois grupos, seguindo o delineamento inteiramente casualizado. Oito cabras alocadas no grupo controle (Ctr) e oito no grupo tratado (Trat) com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada, produto comercial.

A suplementação na dieta iniciou-se no 30º dia de gestação e seguiu, diariamente uma vez ao dia no período da manhã até o parto, ao redor do 150º dia gestacional. A suplementação durou, portanto, mínimo de 113 e máximo de 124 dias (de acordo com as datas de parição).

Os cabritos (n=15) foram distribuídos em quatro grupos sendo eles: cabritas suplementadas (FLev), cabritas não suplementadas (FSem), cabritos suplementados (MLev) e cabritos não suplementados (MSem).

Instalações cabras gestantes

As 16 cabras foram distribuídas em quatro baias coletivas, com quatro animais em cada. As baias possuíam cocho de madeira ao longo de todo o comprimento, medindo 3,385 m. O piso era dividido em área ripada suspensa (3,385 m X 1,94 m) seguido de área com piso concretado levemente inclinado (3,385 m X 5,30 m). A área dos cochos e do piso ripado possuíam cobertura com telhado. Um bebedouro por baia, nas dimensões 28 cm X 25 cm, com sistema de enchimento por boia. Diariamente as baias eram varridas para remoção das fezes e mensalmente lavadas com água com auxílio de mangueira. Os bebedouros eram esvaziados e o interior limpo com bucha para remoção de eventuais sujidades.

Manejo alimentar das cabras gestantes

A dieta teve oferta de volumoso à vontade ajustado para manter as sobras em torno de 15% até 20% do consumido. A ração foi fornecida em duas refeições diárias (8h e 16h). Dieta constituída por silagem de milho (70% de inclusão) e concentrado à base de farelo de milho, farelo de soja, soja grão moída e farelo de trigo (30% de inclusão). O sal mineral comercial Caprinofós® foi fornecido em cocho à parte 30 g/animal/dia. A composição da dieta está discriminada na Tabela 1.

O suplemento em pó de extrato hidrolisado seco de *Saccharomyces cerevisiae* foi fornecido individualmente em recipientes plásticos às cabras na dose de 7g/animal/dia misturado com cerca de 30 g de concentrado.

Tabela 1 - Composição dos alimentos utilizados na dieta das cabras Saanen a partir do 30º dia de gestação até a parição e dos cabritos Saanen a partir dos 63 dias de idade até os 120 dias.

Ingrediente	Matéria Seca	Matéria Orgânica	Proteína Bruta	FDN	Extrato Etéreo	Energia Bruta (Mcal/Kg MS)	Ca	P
Silagem de milho	31,16	94,34	7,25	53,98	2,83	4,33	0,31	0,19
Farelo de milho (40%)	87,94	97,68	9,04	13,97	4,04	4,28	0,03	0,25
Farelo de trigo (30%)	87,65	93,38	17,14	42,91	3,5	4,3	0,17	0,99
Soja Grão (20%)	90,95	93,95	38,32	19,51	19,18	5,28	0,32	0,53
Farelo de soja (10%)	88,61	92,94	48,75	15,46	1,9	4,48	0,33	0,57
Suplemento mineral e vitamínico*	-	-	-	-	-	-	240,00 g/kg	71,00 g/kg

Fonte: Cqbal 3.0 (cqbal.agropecuaria.ws/). A ingestão de matéria seca estimada de 5% do peso vivo (PV), expressa em kg de matéria seca (MS). A quantidade de MS e matéria orgânica, expressas em porcentagem (%). Os macronutrientes (proteína bruta, fibra em detergente neutro - FDN, extrato etéreo) e macrominerais (Ca e P) expressos em porcentagem (%). Energia Bruta, em Mcal/kg de MS. O PV considerado para os cálculos é de 70kg. *Composição Caprinofós® Tortuga: vitamina A 135.000,00 U.I., vitamina D3 68.000,00 U.I., vitamina E 450,00 U.I., cálcio 240,00 g, fósforo 71,00 g, potássio 28,20 g, enxofre 20,00 g, magnésio 20,00 g, cobre 400,00 mg, cobalto 30,00 mg, cromo 10,00 mg, ferro 250,00 mg, iodo 40,00 mg, manganês 1.350,00 mg, selênio 15,00 mg, zinco 1.700,00 mg e flúor (máx.) 710,00 mg.

Instalações e manejo alimentar dos cabritos lactantes e desmamados

Após o nascimento, separação das mães e colostragem artificial. os animais foram alocados em gaiolas suspensas individuais (1,8m X 50cm) e foram aleitados artificialmente com leite de vaca, em duas refeições diárias, às 8h e às 16h. O volume inicial foi em média 500mL/dia e foi aumentando até a ingestão de 1,5L/dia de leite, sem sobras. Os cabritos tratados receberam, desde o primeiro dia de aleitamento, após finalizada a colostragem, suplementação de Sc seca hidrolisada em suspensão líquida na dose de 5ml/animal/dia, misturados no leite.

Os animais receberam feno e concentrado à vontade, disponíveis em cochos individuais. Aos 60 dias de idade foram desaleitados e mantidos nas gaiolas suspensas para adaptação da dieta sólida com silagem de milho e concentrado. Nos dias 61 e 62 foi ofertada mistura de feno, silagem de milho e concentrado e no dia 63 os animais receberam silagem de milho e concentrado.

Aos 63 dias de idade os cabritos passaram para duas baias coletivas (apriscos), separados em machos e fêmeas. A dieta, que passou a ser inteiramente sólida, teve oferta à vontade, com a mesma composição descrita na Tabela 1. A ração foi fornecida em duas refeições diárias, às 8h e às 16h. O sal mineral comercial Caprinofós® foi fornecido em cocho à parte, média de 5g/cabeça/dia.

Os cabritos desmamados tratados receberam o Sc em pó na dose de 5g/animal/dia. O produto foi ofertado em recipientes plásticos de forma individual, misturados com cerca de 15g de concentrado.

Avaliações ultrassonográficas

As avaliações ultrassonográficas do TGI das cabras iniciaram-se no 28º dia de gestação (semana 4), tendo sido realizadas nas semanas 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20 da prenhez. Os cabritos foram avaliados seguindo o mesmo protocolo realizados com as cabras gestantes, com exceção ao período de avaliação (60 e 120 dias de idade).

Após a tricotomia do lado esquerdo e direito do abdome, na região do flanco, os animais foram examinados em posição ortostática, sem sedação. Utilizou-se o aparelho ultrassonográfico MyLab VET 30 Gold® (Esaote, Genova, Itália) com probe de 7,5 MHz. As diferentes espessuras das paredes das porções do trato gastrintestinal (corte longitudinal) foram obtidas utilizando o sistema de dois cursores incorporados na imagem congelada feito por software do aparelho.

Foram realizadas as mensurações da espessura dos seguintes elementos do trato gastrintestinal: mucosa do rúmen nas porções dorsal (MRD) e caudal (MRC) do saco dorsal caudal, camada muscular total da parede do rúmen nas porções dorsal (MMD) e caudal (MMC) do saco dorsal caudal, parede do duodeno descendente (DUO), parede do intestino delgado na porção jejuno ou íleo (JEI) (não se distinguem os dois órgãos na avaliação ultrassonográfica) e parede do intestino grosso (IG).

A distribuição dos pontos de visualização dos órgãos utilizados para cada medida encontram-se na Figura 8. As imagens coletadas no flanco direito foram: em Q1 de DUO; em Q2 de IG; e em Q3 de JEI. No flanco esquerdo: em Q1 de MCD e MMD; e em Q2, MCC e MMC.

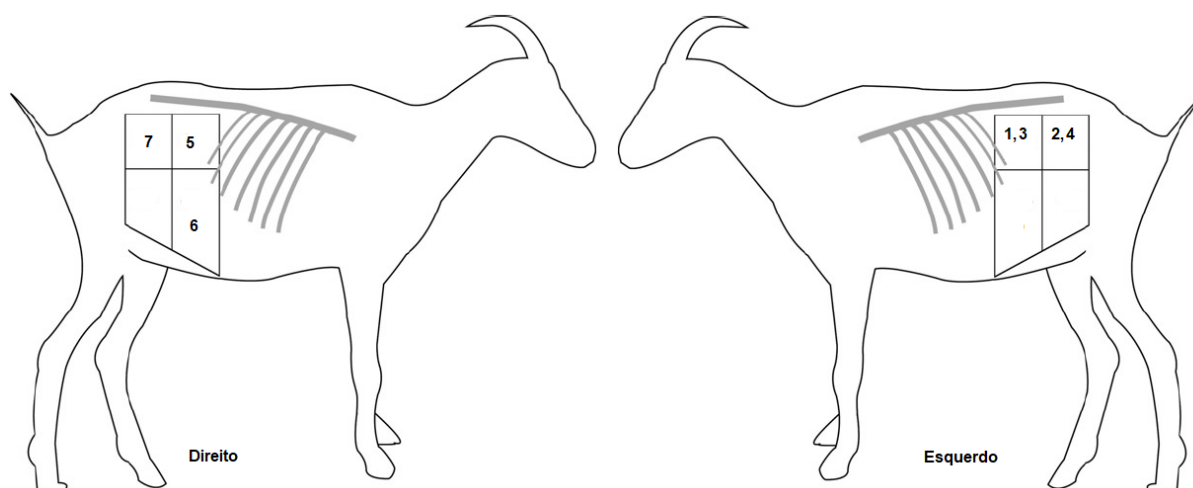


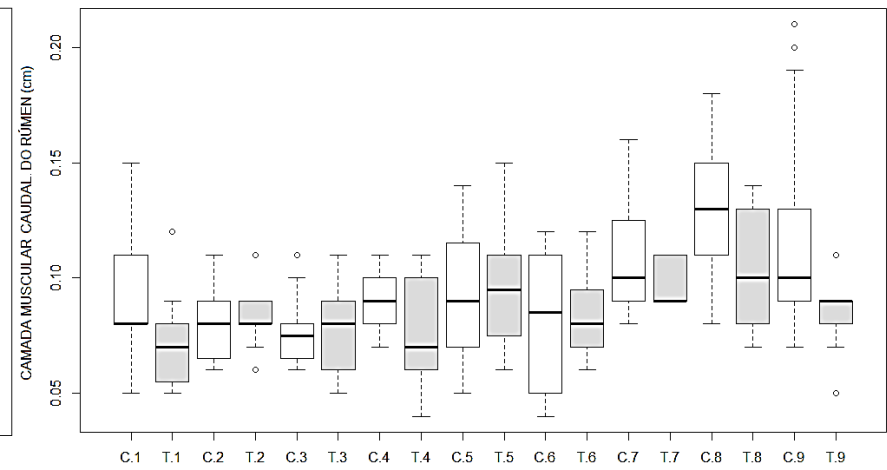
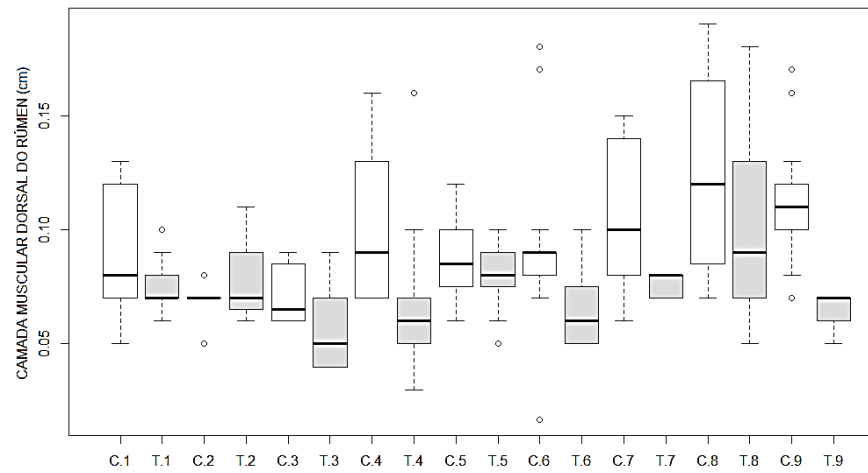
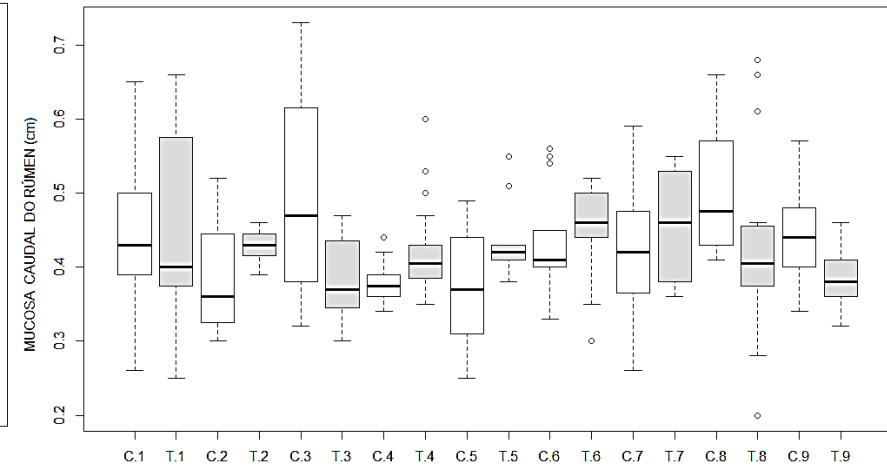
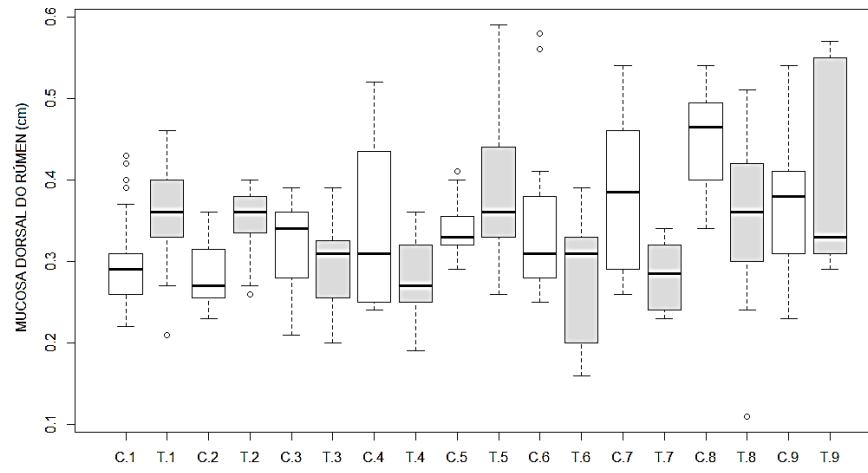
Figura 8 - Delimitação de quadrantes utilizados para a mensuração ultrassonográfica do trato gastrointestinal de cabras Saanen gestantes. As medidas utilizadas são as espessuras (cm) das seguintes estruturas: mucosa do rúmen nas porções dorsal (1) e lateral (2) do saco dorsal caudal, camada muscular da parede do rúmen nas porções dorsal (3) e lateral (4) do saco dorsal caudal, parede do duodeno descendente (5), parede do intestino delgado na porção jejuno ou íleo (6) (não se distingue os dois órgãos na avaliação ultrassonográfica) e parede do intestino grosso (7). (Figura adaptada de Braun et al., 2011b).

Análise estatística

Foi utilizada a análise de parcelas subdivididas (medidas repetidas no tempo) em delineamento completamente randomizado balanceado, considerando um modelo fixo, com intervalo de 95% de confiança. Foi utilizado o software RStudio®, versão 3.6.2., pacote ExpDes. Quando os dados atendiam o critério de distribuição Normal dos resíduos, seguia-se com a análise de variância (ANOVA) para detecção de diferença significativa entre as médias. Na comparação das médias, quando significativamente distintas, foi feito o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.3 Resultados e discussão

Na análise estatística descritiva da distribuição das medidas do TGI (Figura 9) observa-se grande disparidade na distribuição dos dados entre os grupos ao longo das avaliações. Os gráficos de caixa da maior parte do grupo de dados indicaram distância relevante entre os quartis 1 e 3 e medianas deslocadas, o que indica assimetria frequente na distribuição dos dados.



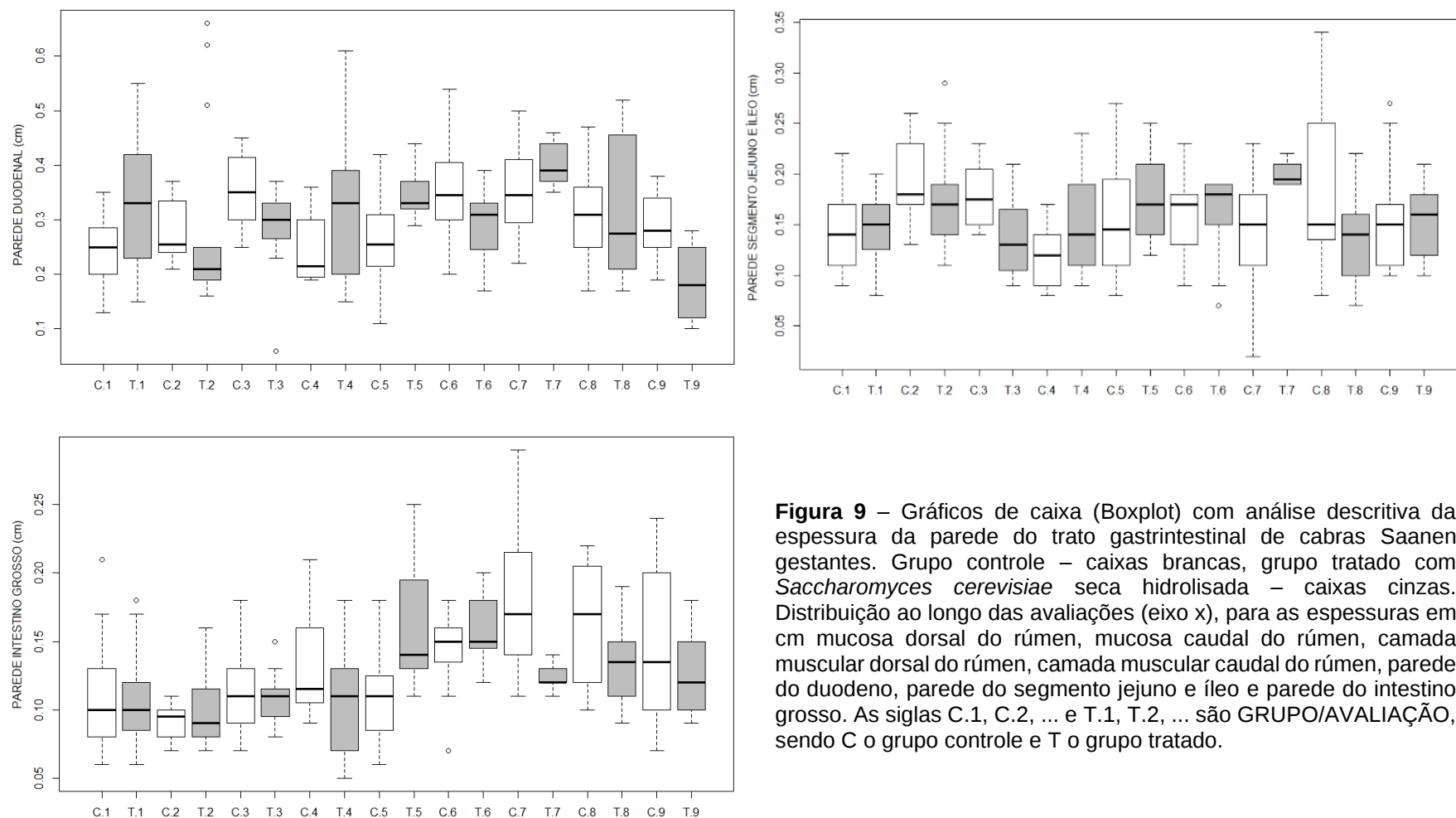


Figura 9 – Gráficos de caixa (Boxplot) com análise descritiva da espessura da parede do trato gastrointestinal de cabras Saanen gestantes. Grupo controle – caixas brancas, grupo tratado com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada – caixas cinzas. Distribuição ao longo das avaliações (eixo x), para as espessuras em cm mucosa dorsal do rúmen, mucosa caudal do rúmen, camada muscular dorsal do rúmen, camada muscular caudal do rúmen, parede do duodeno, parede do segmento jejuno e íleo e parede do intestino grosso. As siglas C.1, C.2, ... e T.1, T.2, ... são GRUPO/AVALIAÇÃO, sendo C o grupo controle e T o grupo tratado.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise estatística. A presença do tratamento promoveu diferença significativa ($p < 0,05$) para os médias das medidas MMC, JEI e IG. O grupo de dados das medidas restantes (MCD, MCC, MMD e DUO) não apresentaram curva dos resíduos que atendessem o critério de Normalidade, segundo o teste de Shapiro-Wilk, impossibilitando a realização do teste ANOVA.

Tabela 2 – Médias e desvio padrão das mensurações feitas via ultrassonografia transabdominal em 10 momentos ao longo da gestação de 16 cabras Saanen gestantes, sendo divididas em grupo controle (Ctr) e grupo tratado (Trat) com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó ofertada individualmente, diariamente, uma vez ao dia, com início do 30º dia gestacional até o 133º dia de gestação, na dose de 7g/animal/dia.

Semana	Tratamento	Musculatura Ruminal - Caudal (mm)*		Jejuno e Íleo (mm)		Intestino Grosso (mm)*	
4	Trat	0,79	± 0,95	1,54	± 0,31	1,08 a	± 0,34
	Ctr	0,72	± 0,16	1,48	± 0,43	0,81 b	± 0,22
5	Trat	0,63 b	± 0,18	1,62	± 0,23	1,08	± 0,22
	Ctr	1,01 a	± 0,28	1,37	± 0,38	1,09	± 0,38
6	Trat	0,84	± 0,15	1,72	± 0,49	1,03	± 0,28
	Ctr	0,93	± 0,17	1,88	± 0,42	0,83	± 0,16
8	Trat	0,79	± 0,18	1,38	± 0,40	1,08	± 0,19
	Ctr	0,77	± 0,16	1,78	± 0,30	1,15	± 0,34
10	Trat	0,77	± 0,21	1,57 a	± 0,51	1,03	± 0,36
	Ctr	0,90	± 0,13	1,18 b	± 0,31	1,34	± 0,44
12	Trat	0,97	± 0,29	1,68	± 0,40	1,69 a	± 0,47
	Ctr	0,95	± 0,28	1,54	± 0,55	1,08 b	± 0,34
14	Trat	0,86	± 0,18	1,59	± 0,40	1,59	± 0,23
	Ctr	0,82	± 0,31	1,63	± 0,38	1,51	± 0,24
16	Trat	0,97	± 0,1	2,00 a	± 0,13	1,23 b	± 0,10
	Ctr	1,08	± 0,23	1,48 b	± 0,49	1,77 a	± 0,48
18	Trat	1,06	± 0,24	1,25	± 0,37	1,34	± 0,28
	Ctr	1,42	± 0,31	2,30	± 2,57	1,80	± 0,46
20	Trat	0,84 b	± 0,17	1,56	± 0,38	1,27	± 0,36
	Ctr	1,17 a	± 0,72	1,41	± 0,67	1,46	± 0,55

* indicam valores de $p < 0,05$. a, b: Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupos: cabras do grupo controle (Ctr) e cabras do grupo tratado (Trat).

A espessura da camada muscular da parede ruminal porção caudal do saco ruminal dorsal caudal o grupo Ctr apresentou média superior ao grupo Trat, significativamente diferentes ($p < 0,05$) nas semanas 5 e 20 de gestação.

As paredes do segmento jejuno e íleo tiveram médias significativamente distintas ($p < 0,05$) entre os grupos nas semanas 10 (JEI Ctr < JEI Trat) e 16 (JEI Ctr > JEI Trat). As espessuras das paredes do intestino grosso apresentaram médias distintas nas semanas 4 e 12 (IG Ctr < IG Trat) e 16 (IG Ctr > IG Trat).

As cabras gestantes tratadas apresentaram diferenças nas médias para as medidas de MMC, JEI e IG. A morfometria da mucosa ruminal e das paredes do duodeno não foram afetadas pelo tratamento de maneira a alterar mensurações ultrassonograficamente detectáveis, dentro das condições do presente trabalho.

O rúmen de cabras tratadas não sofreu alteração na espessura da mucosa ao longo das avaliações. Vacas leiteiras com SARA induzida por dieta com 60% de concentrado apresentaram modificações morfométricas ultrassonograficamente detectáveis na espessura da mucosa ruminal, associadas a queda do pH ruminal (Neubauer et al., 2018).

Segundo Nagaraja et al. (2016), a motilidade retículo-ruminal normal (peristaltismo e antiperistaltismo) proporciona a mistura de conteúdo ruminal, expondo os micro-organismos ao contato com o substrato. Samuelson (2007) relatou que maior movimentação ruminal leva à hipertrofia e à hiperplasia das fibras musculares lisas que compõe o rúmen. A camada muscular do rúmen na porção caudal do saco dorsocaudal das cabras Trat apresentou-se mais espessa do que nas cabras Ctr em dois momentos distintos ao longo da gestação, sendo um inicial e outro mais próximo da data do parto.

Na quinta semana gestacional, os animais estavam no início da suplementação, iniciada na quarta semana, logo tal diferença não pode ser explicada pela ação do prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae*. De acordo com Gibson et al. (2017), os prebióticos podem levar de 7 a 14 dias para surtir efeito no organismo de indivíduos suplementados.

Na Tabela 3 estão descritos os valores variância e coeficiente de variação (CV) para cada uma das medidas realizadas no TGI das cabras gestantes. Espessura da mucosa ruminal porção dorsal do saco dorsocaudal apresentou alto coeficiente de variação (CV = 42,82%). As medidas restantes tiveram CV inferior a 22%.

Tabela 3 – Valores do coeficiente de variação (CV) para cada uma das medidas realizadas no trato gastrointestinal das cabras Saanen ao longo da gestação. Foram utilizadas 16 cabras Saanen gestantes, sendo divididas em grupo controle (Ctr) e grupo tratado (Trat) com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó ofertada individualmente, diariamente, uma vez ao dia, com início do 30º dia gestacional até o 133º dia de gestação, na dose de 7g/animal/dia.

	Mucosa ruminal dorsal	Mucosa ruminal caudal	Camada muscular dorsal do rúmen	Camada muscular caudal do rúmen	Parede do duodeno	Parede do segmento jejuno e íleo	Intestino Grosso
CV (%)	18,11	20,49	42,82	21,15	21,02	21,70	20,62

Maior espessura de mucosa foi observada na parte dorsal do saco ventral e menos evidente nas partes dorsal e ventral do rúmen. Desta forma, os autores sugerem que a avaliação ultrassonográfica do rúmen contribua para o diagnóstico da acidose ruminal subaguda (SARA) (Mirmazhari-Anwar et al., 2013).

Procedeu-se mensuração da espessura da mucosa do rúmen por ultrassonografia transabdominal por quatro dias durante o período inicial (40% inclusão de concentrado) e por 23 dias no período final (60% de inclusão de concentrado). A espessura média da mucosa do rúmen aumentou de $4,7 \pm 0,19$ mm no período inicial e para $5,3 \pm 0,17$ mm no período final, associada à queda do pH médio do retículo de $6,8 \pm 0,01$ para $6,5 \pm 0,01$ (Neubauer et al., 2018).

No último trimestre da gestação de cabras ocorre crescimento acelerado no tamanho do feto, da quantidade de líquido amniótico e do útero como um todo (Hafez e Hafez, 2004). Consequentemente os demais órgãos das cavidades abdominal e pélvica são comprimidos, o que dificulta a visualização das estruturas de interesse do TGI durante as avaliações neste período, como observou-se no presente estudo. A ação de hormônios sexuais que tem suas concentrações sanguíneas fisiologicamente alteradas durante a prenhez afetam diretamente a motilidade gastrointestinal.

Existe escassez de dados de monitoração periódica das alterações gastrointestinais ao longo da prenhez. Tendo em vista a relevância da nutrição de gestantes e sua relação com a nutrição e desenvolvimento dos fetos, torna-se necessário avançar nos estudos focados na morfofisiologia do TGI para determinar além das alterações anatômicas destes órgãos, a capacidade e eficácia do sistema digestório em digerir e absorver os ingredientes das dietas.

As imagens coletadas para avaliação do TGI feita em cabritos Saanen estão Figura 10.

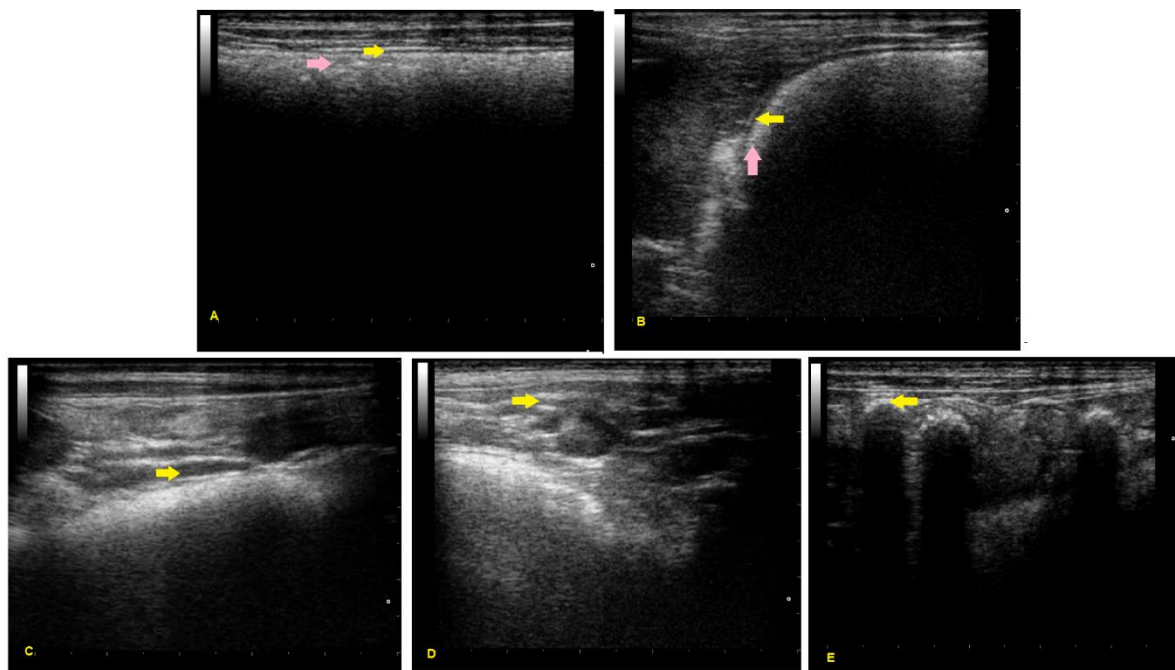


Figura 10 - Imagens ultrassonográficas obtidas no exame transabdominal de cabrito do grupo FSem, aos 60 dias de idade. Na imagem (A) é visibilizada porção da parede dorsal do rúmen, a seta amarela indica camada muscular dorsal do rúmen e a seta cor de rosa aponta para a mucosa dorsal do rúmen. (B) é visibilizada porção da parede caudal do rúmen, a seta amarela indica camada muscular caudal do rúmen e a seta cor de rosa aponta para a mucosa caudal do rúmen. (C) seta amarela indica parede do duodeno corte longitudinal. (D) seta amarela indica parede do segmento jejuno e íleo (porções não são distintas no exame ultrassonográfico), corte longitudinal do órgão. (E) seta amarela aponta parede do intestino grosso, corte longitudinal, observar a sombra feita pelo conteúdo no interior deste órgão – fezes envoltas por gás.

Nas Figuras 11 e 12 estão as análises estatísticas descritivas da distribuição das médias e desvio padrão das medidas do TGI de cabritos Saanen aos 60 e aos 120 dias de idade. A distribuição dos dados é heterogênea e a distância entre os quartis 1 e 3 é bastante variada para cada medida e as medianas estão na sua maior parte deslocadas para próximo dos quartis 1 ou 3, indicando deslocamento da curva de distribuição de dados para esquerda ou direita, o que prejudica a análise de variância, onde o teste F (unicaudal) é utilizado.

Na Tabela 4 estão descritos os coeficientes de variação (CV) para cada uma das mensurações realizadas no TGI dos cabritos Saanen. As medidas obtiveram valores de coeficiente de variação (CV) inferiores a 25%, exceto as medidas de mucosas ruminais dorsal e caudal, CV= 28,14% e 37,02%, respectivamente.

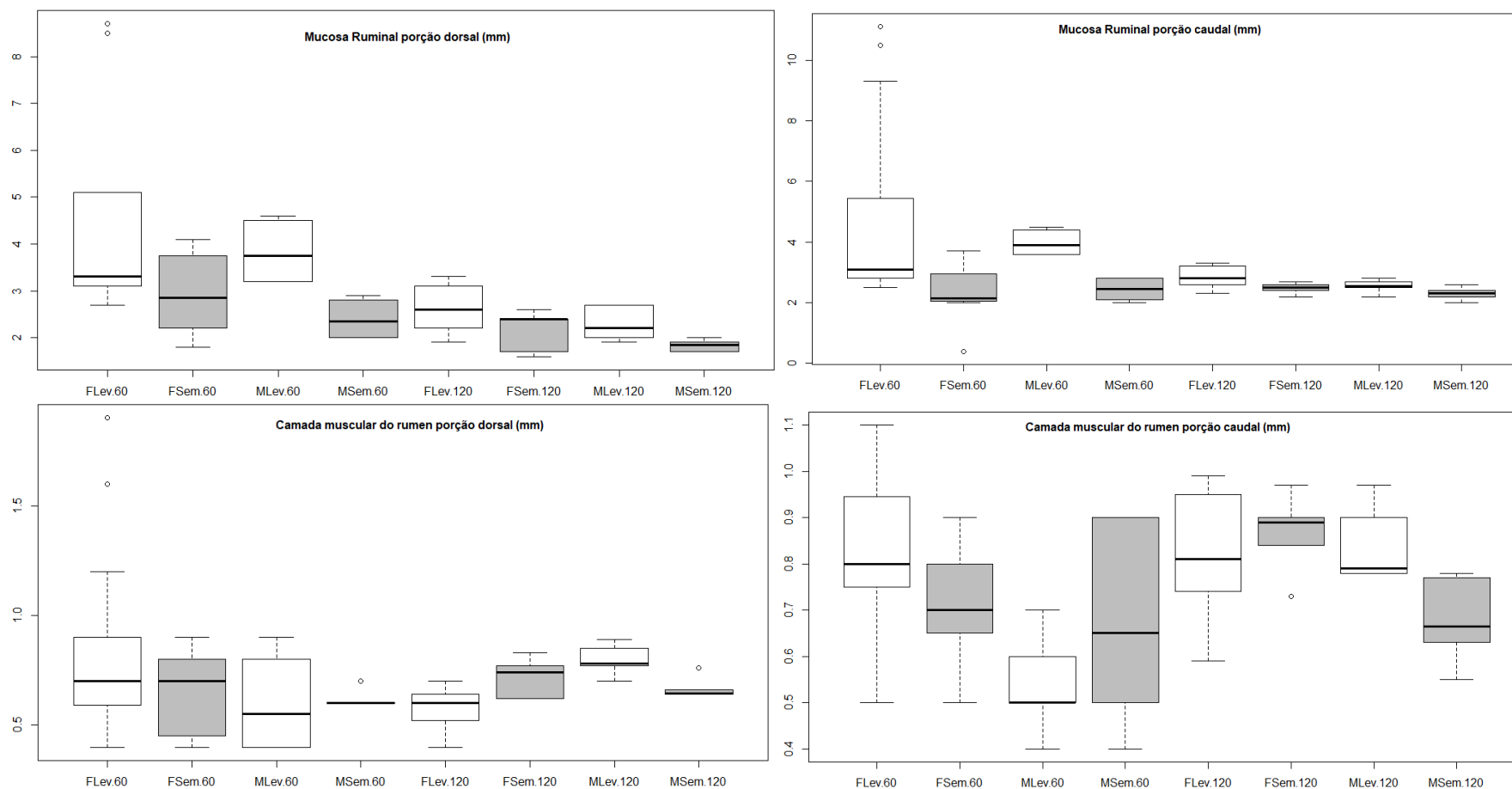


Figura 11 – Gráficos em barra com análise descritiva da espessura (em mm) da parede do trato gastrointestinal de cabritos Saanen, obtida via avaliação ultrassonográfica transabdominal aos 60 dias de idade e aos 120 dias de idade. Grupos experimentais: cabritas suplementadas com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (FLev), cabritas sem receber a suplementação (FSem), cabritos suplementados com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (MLev) e cabritos sem suplementação (MSem). Distribuição dos grupos, caixas cinzas referentes aos grupos tratados (FLev e MLev) e caixas brancas referentes aos grupos não-tratados (FSem e MSem), aos 60 e 120 dias, para as espessuras em mm de mucosa dorsal do rúmen, mucosa caudal do rúmen, camada muscular dorsal do rúmen e camada muscular caudal do rúmen.

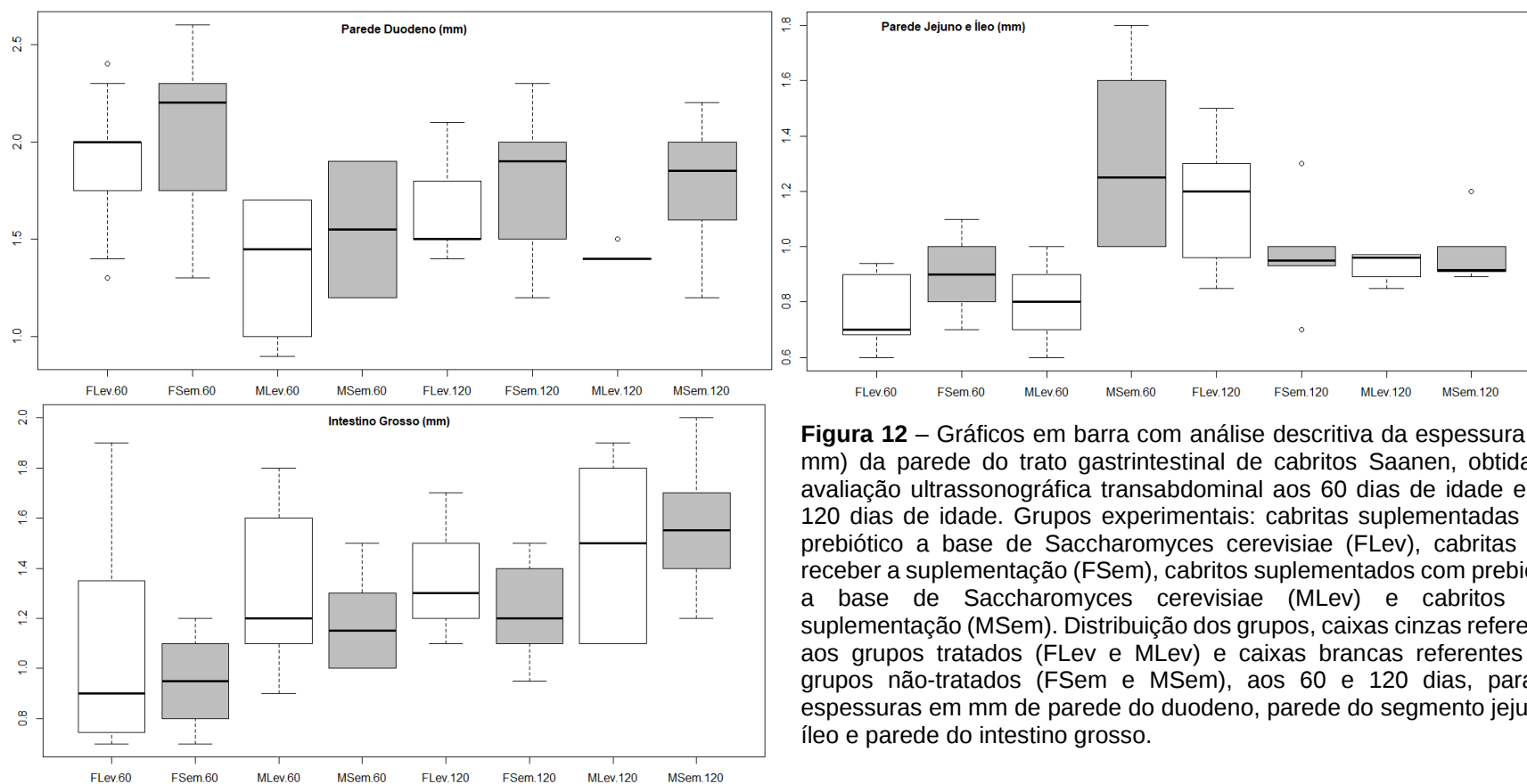


Figura 12 – Gráficos em barra com análise descritiva da espessura (em mm) da parede do trato gastrointestinal de cabritos Saanen, obtida via avaliação ultrassonográfica transabdominal aos 60 dias de idade e aos 120 dias de idade. Grupos experimentais: cabritas suplementadas com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (FLev), cabritas sem receber a suplementação (FSem), cabritos suplementados com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (MLev) e cabritos sem suplementação (MSem). Distribuição dos grupos, caixas cinzas referentes aos grupos tratados (FLev e MLev) e caixas brancas referentes aos grupos não-tratados (FSem e MSem), aos 60 e 120 dias, para as espessuras em mm de parede do duodeno, parede do segmento jejuno e íleo e parede do intestino grosso.

Tabela 4 – Valores do coeficiente de variação (CV) para as mensurações das espessuras da parede do trato gastrointestinal de cabritos Saanen, obtida via avaliação ultrassonográfica transabdominal em 2 momentos, aos 60 e aos 120 dias de idade. Os animais tratados receberam *Saccharomyces cerevisiae* em solução líquida (5ml/animal/dia) com início no 2º dia de vida até os 60 dias e *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó dos 61 dias de idade até o 133º dia de idade (5g/animal/dia). Suplemento ofertado individualmente, diariamente, uma vez ao dia.

	Mucosa ruminal dorsal	Mucosa ruminal caudal	Camada muscular dorsal do rúmen	Camada muscular caudal do rúmen	Parede do duodeno	Parede do segmento jejuno e íleo	Intestino Grosso
CV (%)	28,14	37,02	21,21	13,95	11,32	17,92	16,70

Na Tabela 5 e 6 resultados da análise estatística. Obteve-se diferença significativa ($p < 0,05$) para as medidas da camada muscular caudal do rúmen e da parede do segmento jejuno e íleo.

Tabela 5 – Valores de média e desvio padrão das espessuras de órgãos do trato gastrointestinal (mucosa ruminal nas porções dorsal e caudal do saco dorsocaudal e espessura da musculatura ruminal nas porções dorsal e caudal do saco dorsocaudal do rúmen) de cabritos Saanen. Mensuração via ultrassonografia transabdominal aos 60 e aos 120 dias de idade. Os animais tratados receberam *Saccharomyces cerevisiae* em solução líquida (5ml/animal/dia) com início no 2º dia de vida até os 60 dias e *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó do dia 61 até o dia 133 de idade (5g/animal/dia). Suplemento ofertado individualmente, diariamente, uma vez ao dia.

		Mucosa ruminal dorsal* (mm)		Mucosa ruminal caudal** (mm)		Camada muscular dorsal do rúmen (mm)		Camada muscular caudal do rúmen (mm)				
Grupo	Idade (dias)				Idade (dias)		Idade (dias)		Idade (dias)			
	60		120		60		120		60		120	
	FLev	1,11 B	1,34 A	1,87	1,93	0,76	1,21	4,58 a	2,40			
	(n=5)	± 0,44	± 0,19	± 0,33	± 0,48	± 0,13	± 0,28	± 2,25	± 0,49			
	FSem	0,96 B	1,25 A	2,04	1,76	0,90 B	0,99 A	2,93 ab	2,16			
	(n=4)	± 0,18	± 0,16	± 0,44	± 0,32	± 0,14	± 0,17	± 0,86	± 0,36			
	MLev	1,18 B	1,57 A	1,55	1,78	1,32 B	0,97 A	2,40 Bb	1,83 A			
(n=2)	± 0,19	± 0,27	± 0,35	± 0,36	± 0,34	± 0,12	± 0,44	± 0,12				
MSem	1,30 B	1,48 A	1,37	1,42	0,80	0,93	3,83 ab	2,28				
(n=2)	± 0,33	± 0,36	± 0,38	± 0,04	± 0,15	± 0,05	± 0,65	± 0,37				

* dados utilizados transformados ($\log(x)$). ** os dados não atenderam a normalidade dos resíduos e não foram submetidos a ANOVA. a, b: Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. A, B: Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupos: cabritos suplementadas com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (FLev), cabritos sem receber a suplementação (FSem), cabritos suplementados com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* (MLev) e cabritos sem suplementação (MSem).

Na MMC as médias diferiram significativamente entre os grupos sendo FLev o grupo que apresentou a maior média aos 60 dias de idade. Até os 60 dias os cabritos estão sob dieta baseada principalmente na ingestão de leite, com ingestão *ad libitum* de sólidos. Após esse período, os animais passam para dieta exclusiva de sólidos.

Além da alteração na composição da dieta, neste período inicial de vida, os ruminantes passam por adaptações no TGI características da espécie.

Tabela 6 – Valores de média e desvio padrão das espessuras de órgãos do trato gastrointestinal (duodeno, jejuno e íleo; e intestino grosso) de cabritos Saanen. Mensuração via ultrassonografia transabdominal aos 60 e aos 120 dias de idade. Os animais tratados receberam *Saccharomyces cerevisiae* em solução líquida (5ml/animal/dia) com início no 2º dia de vida até os 60 dias e *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada em pó do dia 61 até o dia 133 de idade (5g/animal/dia). Suplemento ofertado individualmente, diariamente, uma vez ao dia.

Grupo	Parede do duodeno (mm)		Parede do segmento jejuno e íleo (mm)		Intestino Grosso (mm)	
	Idade (dias)		Idade (dias)		Idade (dias)	
	60	120	60	120	60	120
FLev	4,85 B	2,54 A	0,85 b	0,65	0,83 B	0,82 A
(n=5)	± 3,02	± 0,50	± 0,42	± 0,12	± 0,16	± 0,13
FSem	2,37 B	2,43 A	0,64 b	0,79	0,71 B	0,87 A
(n=4)	± 0,85	± 0,17	± 0,18	± 0,16	± 0,13	± 0,07
MLev	2,43	2,30	0,62 b	0,67	0,67 B	0,68 A
(n=2)	± 0,37	± 0,20	± 0,04	± 0,05	± 0,23	± 0,09
MSem	3,98 B	2,55 A	0,60 Ba	0,80 A	0,53 B	0,84 A
(n=2)	± 0,39	± 0,21	± 0,23	± 0,07	± 0,10	± 0,08

* indicam valores de $p < 0,05$. a, b: Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. A, B: Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupos: cabritas suplementadas com a *Saccharomyces cerevisiae* (FLev), cabritas sem receber a suplementação (FSem), cabritos suplementados com a *Saccharomyces cerevisiae* (MLev) e cabritos sem suplementação (MSem).

A espessura de JEI teve médias significativamente diferentes aos 60 dias, sendo a média de MSem maior. Costa et al. (2019) suplementaram bezerros com MOS obtiveram, histomorfometricamente, aumentos significativos na altura das papilas ruminal e também das vilosidades jejunais. Não está comprovado que tais alterações histomorfométricas possam ser detectadas também via exame ultrassonográfico, entretanto, nossos dados demonstram que é possível verificar diferenças morfométricas entre medidas dos órgãos do TGI utilizando o exame ultrassonográfico.

Torna-se relevante que no futuro sejam feitos estudos relacionando valores morfométricos histologicamente e ultrassonograficamente detectáveis de modo a determinar se são compatíveis com a avaliação da suplementação prebiótica.

2.4 Conclusão

A alteração da morfometria das espessuras da camada muscular dorsal do rúmen, camada muscular caudal do rúmen, parede do duodeno e intestino grosso de cabras gestantes após 133 dias de suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada demonstram que o prebiótico tem efeito sobre a morfometria das paredes destes órgãos do trato gastrintestinal.

O acompanhamento das progênies, que não apresentaram alterações de desenvolvimento anatômico e comportamento sugerem que o prebiótico é seguro, podendo ser utilizado na alimentação de ruminantes adultos gestantes.

Em cabritos, a suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada foi capaz de promover alterações morfométricas nos órgãos entre os diferentes grupos tratados, em especial da mucosa ruminal na porção dorsal do asco dorsal caudal, parede do duodeno e parede do intestino grosso.

2.5 Referências

- Braun U, Marmier O (1995) Ultrasonographic examination of the small intestine of cows. **The Veterinary Record** 136.10:239-244.
- Braun U, Marmier O, Pusterla N (1995) Ultrasonographic examination of the small intestine of cows with ileus of the duodenum, jejunum or ileum. **The Veterinary Record** 137:209–15.
- Braun U, Jacquat D, Hässig M (2011a) Ultrasonography of the rumen in 30 Saanen goats. **Schweizer Archiv fur Tierheilkunde** 153(9):393-399.
- Braun U, Steininger K, Tschuor A, Hässig M (2011b). Ultrasonographic examination of the small intestine, large intestine and greater omentum in 30 Saanen goats. **The Veterinary Journal**, 189(3):330-335.
- Černík J, Štercová E, Šterc J, Fictum P, Luňáček J, Halouzka R (2011) The effect of intensive fattening of bulls with a high-concentrate diet on ruminal mucosa—a morphometric study. **Acta Veterinaria Brno** 80(3):275-279.
- Chacher M, Kamran Z, Ahsan U, Ahmad S, Koutoulis K, Din HQU, Cengiz Ö (2017) Use of mannan oligosaccharide in broiler diets: an overview of underlying mechanisms. **World's Poultry Science Journal** 73(4):831-844.
- Costa NA, Pansani AP, de Castro CH, Colugnati DB, Xaxier CH, Guimarães KC, Rabelo LA, Nunes-Souza V, Caixeta LFS, Ferreira RN (2019) Milk restriction or oligosaccharide supplementation in calves improves compensatory gain and digestive tract development without changing hormone levels. **PloS one** 14(3)-e0214626.
- Diaz TG, Branco AF, Jacovaci FA, Jobim CC, Bolson DC, Daniel JLP (2018) Inclusion of live yeast and mannan-oligosaccharides in high grain-based diets for sheep: Ruminal parameters, inflammatory response and rumen morphology. **PloS one** 13(2):e0193313.
- Gibson GR, Hutkins R, Sanders ME, Prescott SL, Reimer RA, Salminen SJ, Scott K, Stanton C, Swanson KS, Cani PD, Verbeke K, Reid G (2017) The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, 14:491-502.
- Hafez ESSE, Hafez B (2004) **Reprodução animal**. Barueri: Manole, 2004. 513p
- Imran S, Tyagi SP, Kumar A, Kumar A, Sharma A, Sharma S (2011) Usefulness and limitation of ultrasonography in the diagnosis of intestinal intussusception in cows. **Veterinary Medicine International**, 2011:1-6.
- Kandeel AE, Omar MSA, Mekkiaw NH, El-Seddawy FD, Gomaa M (2009) Anatomical and ultrasonographic study of the stomach and liver in sheep and goats. **Iraqi Journal of Veterinary Sciences**, 23:181-191.
- Kleessen B, Hartmann L, Blaut M (2001) Oligofructose and long-chain inulin: influence on the gut microbial ecology of rats associated with a human faecal flora. **British Journal of Nutrition** 86:291–300.

Marquez CJ (2014) **Calf intestinal health: assessment and dietary interventions for its improvement**. PhD Thesis. University of Illinois. Urbana-Champaign, USA.

Mentschel J, Leiser R, Mülling C, Pfarrer C, Claus R (2001) Butyric acid stimulates rumen mucosa development in the calf mainly by a reduction of apoptosis. **Archives of Animal Nutrition** 55(2):85-102.

Mirmazhari-Anwar V, Sharifi K, Mirshahi A, Mohri M, Grünberg W (2013) Transabdominal ultrasonography of the ruminal mucosa as a tool to diagnose subacute ruminal acidosis in adult dairy bulls: a pilot study. **Veterinary Quarterly** 33(3):139-147.

Montanholi Y, Fontoura A, Swanson K, Coomber BR, Yamashiro S, Miller S (2013) Small intestine histomorphometry of beef cattle with divergent feed efficiency. **Acta Veterinaria Scandinavica** 55:9–15.

Nagaraja TG (2016) Chapter 2 - Microbiology of the Rumen. In: **Rumenology**, 39–61.

Neubauer V, Humer E, Kröger I, Meißl A, Reisinger N, Zebeli Q (2018) Changes in rumen mucosa thickness measured by transabdominal ultrasound as a noninvasive method to diagnose subacute rumen acidosis in dairy cows. **Journal of dairy science**, 101(3):2650-2654.

Penner GB, Steele MA, Aschenbach JR, McBride BW (2011) Ruminant Nutrition Symposium: Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets1. **Journal of Animal Science** 89(4):1108–1119.

RStudio Team (2015). **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Samuelson DA (2007) **Tratado de histologia veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 527p.

Scott PR, Sargison ND (2010) Ultrasonography as an adjunct to clinical examination in sheep. **Small Ruminant Research** 92:108-119.

Scott, P (2012) Abdominal ultrasonography as an adjunct to clinical examination 2. Cattle. In **Practice** 34:66-72.

Souza JMG, Gomes LM, Monteiro Júnior PLJ, Bruschi JH, Viana JHM, Camargo LSA, Da Fonseca JF (2007) Uso de protocolos curtos para indução de estro em ovelhas Santa Inês. In **Embrapa Caprinos e Ovinos-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 17-215.

Steele MA, Croom J, Kahler M, AlZahal O, Hook SE, Plaizier K, McBride BW (2011) Bovine rumen epithelium undergoes rapid structural adaptations during grain-induced subacute ruminal acidosis. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology** 300(6):R1515-R1523.

Steele MA, Malmuthuge N, Guan LL (2015) **Opportunities to improve gut health in ruminant production systems**.

Streeter RN, Step DL (2007) Diagnostic ultrasonography in ruminants. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, 23:541-574.

Tharwat M, Al-Sobayil F, Hashad M, Buczinski S (2012) Transabdominal ultrasonographic findings in goats with paratuberculosis. **The Canadian Veterinary Journal**, 53:1063-1070.

USDA (2007) Part 1: Reference of dairy cattle health and management practices in the United States, **NAHMS Dairy**. pp. 1–128.

Wood, K. M., S. Palmer, M. A. Steele, J. A. Metcalf and G. B. Penner. 2015. The influence of age and weaning on permeability of the gastrointestinal tract in Holstein bull calves. **Journal of Dairy Science**. In Press. doi: 10.3168/jds.2015-9393.

Zitnan R, Kuhla S, Nurnberg K, Schonhusen U, Ceresnakova Z, Sommer A, Baran M, Greserova G, Voigt J (2003) Influence of the diet on the morphology of ruminal and intestinal mucosa and on intestinal carbohydrase levels in cattle. **Veterinarni Medicina-Praha-** 48(7):177-182.

Capítulo 3 – *Saccharomyces cerevisiae* e a produção de leite de cabras

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi de avaliar os efeitos da suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) na produção de leite de cabras recebendo o Sc na gestação e/ou na lactação. As cabras (n=15) foram distribuídas em quatro grupos em esquema fatorial 2x2 para os períodos de gestação (até 150 dias) e lactação (12 primeiras semanas). As cabras controle (Ctr) receberam a levedura somente durante a gestação, a partir do dia 30 da prenhez (LevGes), cabras que receberam a levedura somente durante a lactação, da parição até a 12^a semana de lactação (LevLac), cabras que receberam a levedura durante a gestação e a lactação, início no 30^o dia de gestação até a 12^a semana de lactação (LevGL). Os animais suplementados receberam 7 g/animal/dia de Sc. Foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,10$) para as médias de produção de leite nos grupos entre os grupos Ctr e LevGL nas semanas sete, oito e nove, sendo o LevGL o grupo com as médias superiores. A produção total de leite ao longo das 12 primeiras semanas foi maior para os grupos LevGes e LevGL. Para o grupo LevGL a produção se manteve com médias superiores e sem diferença significativa desde a primeira até a 12^a semana de lactação, o que indicou estabilização na média da produção de leite decorrente da suplementação com Sc.

Palavras-chave: prebióticos, mananoligossacarídeos, ruminantes, lactação em cabras, Saanen

3.1 Introdução

O tipo de fonte de carboidrato da dieta influencia na quantidade e na proporção de AGCC produzidos no rúmen. As concentrações desses ácidos graxos afetam a produção de leite, a porcentagem de gordura no leite, a eficiência de conversão alimentar e, conseqüentemente, o custo X benefício da dieta. A microbiota ruminal é responsável pela fermentação dos carboidratos e converte 65% em ácido acético, 20% em ácido propiônico e 15% em ácido butírico, quando a dieta contém grande proporção de forragens (Wattiaux e Armentano, 1996).

O suprimento de acetato interfere na produção da gordura do leite, enquanto a quantidade de propionato produzido no rúmen determina o volume produzido decorrente da produção de lactose a partir de glicose, sendo esta oriunda da transformação hepática do propionato em glicose. Os carboidratos não fibrosos presentes nos concentrados propiciam a produção de ácido propiônico que resulta em aumento da produção de propionato, mas diminui a concentração de acetato, e o excesso de concentrado na dieta pode desencadear SARA, prejudicando a formação dos AGCC e alterando a morfologia do epitélio ruminal de modo a prejudicar a absorção desses componentes (Wattiaux e Armentano, 1996; Bindels et al., 2015).

O excesso de propionato pode fazer com que o ruminante em lactação utilize a energia do mesmo para o acúmulo de gordura corporal e não para a produção de leite, o que pode causar problemas metabólicos como obesidade, esteatose hepática e cetose e, ainda, pode causar problemas durante o parto. Sendo assim, as mudanças na produção de AGCC têm relação direta na produção de leite e saúde metabólica (Wattiaux e Armentano, 1996).

Neste sentido a suplementação com prebióticos produzidos a partir de leveduras, que interferem na produção de AGCC e na estabilização do pH ruminal, reduzindo a ocorrência de SARA, tem papel importante nas estratégias de manejo nutricional voltadas para a produção de leite (Bindels et al., 2015; Dias et al., 2018).

Alguns benefícios foram atribuídos à mudança no comportamento de ingestão alimentar. Vacas suplementadas com levedura tiveram aumento da frequência da alimentação, o que contribuiu para a redução da acidez no rúmen. Variações na

fermentabilidade da dieta de ruminantes são comuns, sejam decorrentes de estratégia durante a formulação da ração ou por erros no manejo alimentar (Dias et al., 2018).

A quantidade de MOS ofertada por animal e a duração da suplementação, que deve ser contínua durante o período experimental, parecem interferir diretamente nos resultados obtidos. A microbiota presente no trato gastrointestinal dos animais e os componentes da dieta recebida também podem influenciar no desfecho dos estudos (Di Gioia et al., 2018).

Saccharomyces cerevisiae seca adicionada à dieta de ovelhas em lactação apresentou efeito benéfico na produção de leite, a produção diária aumentou 18,18% no pico da lactação e 15,53% no final da lactação (Milewski e Sobiech, 2009).

Em experimento conduzido com ovelhas gestantes e em lactação suplementadas com 15g/animal/dia de *Saccharomyces cerevisiae* seca, houve aumento da produção média diária de leite. No 28º dia de lactação, a produção de leite de animais do grupo tratado desde o terceiro mês de gestação e do grupo tratado somente durante a lactação aumentou 16,5% e 19%, respectivamente. No 70º dia de lactação, a produção de leite foi 20% maior no grupo tratado durante a lactação (Zabek et al., 2014).

Dias et al., (2018) realizaram um experimento por 14 semanas, que se iniciou aos 42 dias pós parto com vacas que receberam dieta com suplementação com 15g/cabeça/dia de *Saccharomyces cerevisiae* seca. Foi observada melhora da produção de leite, mesmo recebendo níveis diferentes de amido na dieta (23% de amido na matéria seca – baixo teor de amido ou 29% de amido na matéria seca – alto teor de amido). Ainda, a adição da levedura seca preveniu acidose ruminal induzida pelo desafio alimentar.

A suplementação com MOS no pós-parto de vacas leiteiras melhorou a digestibilidade de nutrientes dentro do período experimental de 21 dias, sendo 14 dias para adaptação. Estes produtos têm a habilidade de promover efeitos positivos no processo de digestão, mas não necessariamente ocasionam aumento na produção de leite num período curto de suplementação. Os animais receberam 32 g/animal/dia de MOS (Bagheri et al, 2009).

Vacas Holandesas que receberam 20g/animal/dia de MOS nos primeiros 100 dias de lactação tiveram aumento de 2,2 kg de leite/dia. O aumento na produção de leite foi de aproximadamente 12% (Dobicki et al., 2007).

Vacas Jersey receberam 60g/animal/dia de *Saccharomyces cerevisiae* seca desde 21 dias pré-parto até 140 dias pós-parto. A ingestão de matéria seca foi maior em animais que tiveram acesso ao suplemento, o que levou ao alcance do pico de produção de leite mais rapidamente que as não suplementadas. Entretanto, a produção total de leite de ambos os grupos ao final de 140 dias não diferiu (Dann et al., 2000).

Em estudo feito com vacas Holandesas de alta produção suplementadas com cultura de *Saccharomyces cerevisiae* e MOS (14g/cabeça/dia, durante 90 dias) não foi observada diferença na produção de leite (Da Silva, 2005).

Considerando a literatura abordada anteriormente, sugere-se que a quantidade e a forma de apresentação de MOS, a duração da suplementação, bem como a constituição da microbiota do hospedeiro interferem nos resultados da produção de leite. Desta forma, o presente trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar o efeito de *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada na produção de leite de cabras somente durante a gestação, somente durante a lactação ou durante os dois períodos. A hipótese é de que a provável melhoria na absorção de nutrientes e alteração na produção de AGCC decorrentes da suplementação com o prebiótico leve ao aumento na produção de leite nas cabras lactantes.

3.2 Material e métodos

O projeto de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA, nº 19092/2016.

Vinte cabras gestantes da raça Saanen foram distribuídas em dois grupos experimentais. As cabras foram divididas em um esquema fatorial 2x2 em quatro grupos (Figura 13): cabras não suplementadas (grupo Ctr), cabras suplementadas somente durante a lactação, do pós parto até 12 semanas de lactação (grupo LevLac), cabras suplementadas somente durante a gestação, período do 30º dia de gestação até parição, em torno do 150º dia gestacional (grupo LevGes) e grupo suplementado na gestação e na lactação, a partir do 30º dia de gestação até a 12ª semana de

lactação (grupo LevGL). A suplementação foi feita com extrato seco hidrolisado de *Saccharomyces cerevisiae* na dose de 7g/animal/dia. Durante a lactação as cabras tiveram a produção de leite mensurada.

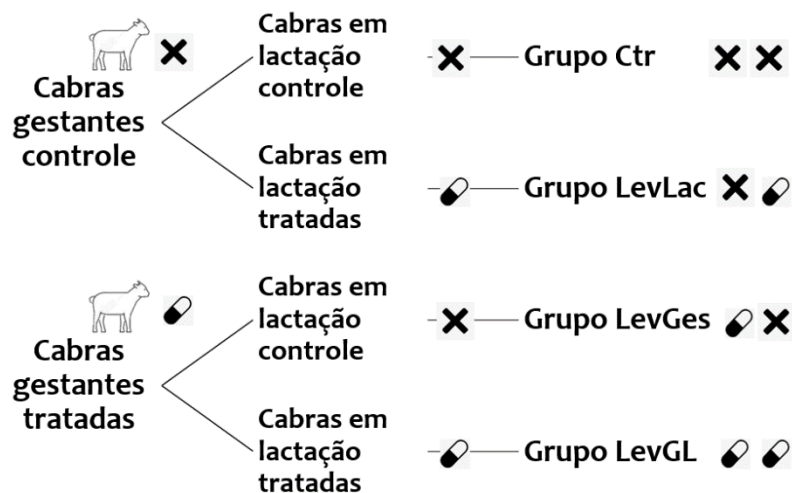


Figura 13 – Distribuição dos grupos experimentais de cabras Saanen em esquema fatorial 2x2 para os tratamentos durante a gestação e/ou durante a lactação: (Ctr) cabras controle, (LevLac) cabras que receberam a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) somente durante a lactação, (LevGes) cabras que receberam a levedura Sc somente durante a gestação e (LevGL) cabras que receberam a levedura Sc durante a gestação e a lactação. Período de tratamento na gestação do 30º dia pós cobertura até o parto e durante a lactação nas 12 primeiras semanas pós parto. X simboliza período sem a suplementação e P simboliza período com a suplementação.

Manejo Alimentar

As cabras foram alimentadas à vontade com volume da ração ajustado para manter as sobras em torno de 15% até 20% do consumido. Para isso foi feita a pesagem das sobras, quando a quantidade de alimento consumida diferia dos 15 até 20% de sobras previstas, seguia o aumento ou redução da oferta total de ração. A composição dos alimentos está descrita na Tabela 7.

A ração foi fornecida em duas refeições diárias, às 8h e às 16h e era composta de silagem de milho (70% de inclusão) e concentrado à base de farelo de milho, farelo de soja, soja grão moída e farelo de trigo (30% de inclusão). O sal mineral foi fornecido em cocho à parte, 30 g/cabeça/dia.

O suplemento em pó à base de *Saccharomyces cerevisiae* foi fornecido aos animais individualmente, no período da manhã, na dose de 7g/animal/dia. O fornecimento foi feito em recipientes plásticos, nos quais o prebiótico era misturado com cerca de 30 g de concentrado.

Tabela 7 - Composição dos alimentos utilizados na dieta das cabras Saanen a partir do 28º dia de gestação até a parição.

Ingrediente	Matéria Seca	Matéria Orgânica	Proteína Bruta	FDN	Extrato Etéreo	Energia Bruta	Ca	P
Silagem de milho	31,16	94,34	7,25	53,98	2,83	4,33	0,31	0,19
Farelo de milho (40%)	87,94	97,68	9,04	13,97	4,04	4,28	0,03	0,25
Farelo de trigo (30%)	87,65	93,38	17,14	42,91	3,5	4,3	0,17	0,99
Soja Grão (20%)	90,95	93,95	38,32	19,51	19,18	5,28	0,32	0,53
Farelo de soja (10%)	88,61	92,94	48,75	15,46	1,9	4,48	0,33	0,57
Suplemento mineral e vitamínico	-	-	-	-	-	-	240,00 g/kg	71,00 g/kg

Fonte: Cqbal 3.0 (cqbal.agropecuaria.ws/). A ingestão de matéria seca estimada de 5% do peso vivo (PV), expressa em kg de matéria seca (MS). A quantidade de MS e matéria orgânica, expressas em porcentagem (%). Os macronutrientes (proteína bruta, fibra em detergente neutro - FDN, extrato etéreo) e macrominerais (Ca e P) expressos em porcentagem (%). Energia Bruta, em Mcal/kg de MS. O PV considerado para os cálculos é de 70kg. *Composição Caprinofós® Tortuga: vitamina A 135.000,00 U.I., vitamina D3 68.000,00 U.I., vitamina E 450,00 U.I., cálcio 240,00 g, fósforo 71,00 g, potássio 28,20 g, enxofre 20,00 g, magnésio 20,00 g, cobre 400,00 mg, cobalto 30,00 mg, cromo 10,00 mg, ferro 250,00 mg, iodo 40,00 mg, manganês 1.350,00 mg, selênio 15,00 mg, zinco 1.700,00 mg e flúor (máx.) 710,00 mg.

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de medidas repetidas no tempo, com delineamento inteiramente casualizado, considerando um modelo fixo, à 20% de probabilidade. Foi utilizado o software RStudio®, versão 3.6.2. Na comparação das médias, quando significativamente distintas, foi feito o teste de Tukey, a 10% de probabilidade.

3.3 Resultados e discussão

Na Figura 14 estão distribuídas as médias da produção de leite, ao total das 12 semanas. As médias dos grupos LevGes e LevGL foram 0,5 litros maiores que às dos grupos Ctr e LevLac, o que configura 22% a mais de litros de leite. As cabras dos grupos LevGes e LevGL produziram total de volume de leite superior leite na média de produção total de leite ao longo do período experimental (12 primeiras semanas de lactação).

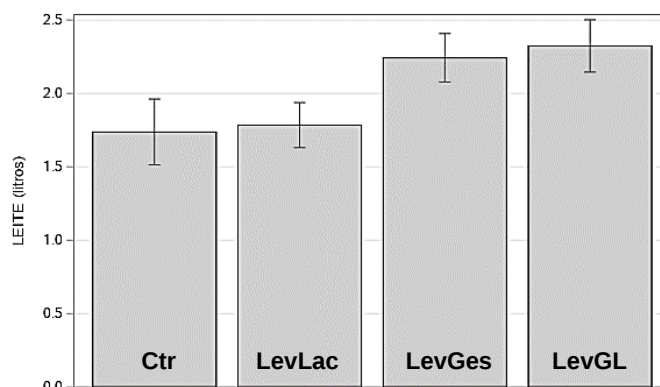


Figura 14 – Médias e desvios-padrão da produção de leite total de cabras Saanen suplementadas com prebiótico a base de *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada da 1ª à 12ª semana de lactação. Ctr - grupo controle, LevLac - cabras suplementadas somente durante a lactação, LevGes - cabras suplementadas somente durante a gestação e LevGL - cabras suplementadas durante a gestação e a lactação. Período de tratamento na gestação do 30º dia pós cobertura até o parto e durante a lactação nas 12 primeiras semanas pós parto.

A distribuição das médias semanais dos litros de leite produzidos está no gráfico da Figura 15. É possível observar que as médias de produção de leite do grupo Ctr e LevLac, foram aritmeticamente inferiores às dos grupos LevGes e LevGL, a partir da terceira semana de lactação (pico de lactação), indicando que os grupos LevGes e LevGL apresentaram tendência de maior produção de leite em comparação com os outros grupos, o que pode ser positivo do ponto de vista financeiro para o produtor de leite de cabra que faz uso da suplementação prebiótica no rebanho.

Neste sentido, Zabek et al. (2014), relataram que ovelhas gestantes e em lactação suplementadas com 15g/cabeça/dia de *Saccharomyces cerevisiae* seca, apresentaram maior produção média de leite, sendo que no 70º dia (décima semana), a produção de leite foi 20% maior.

Quando suplementadas com 20g/animal/dia de MOS durante os primeiros 100 dias de lactação, vacas Holandesas tiveram aumento de aproximadamente 12%, corroborando o aumento de produção de leite em ruminantes suplementados com nutracêutico a base de levedura (Dobicki et al., 2007).

Na Tabela 8 estão os resultados da análise estatística da produção de leite entre os grupos. Os grupos diferiram significativamente ($p < 0,05$) nas semanas um, oito e nove, sendo a média do grupo LevGL maior que do grupo Ctr nas semanas oito e nove. O aumento da produção semanal de leite nos grupos tratados não é uniforme.

Tabela 8 – Resultados de experimentos em parcelas subdivididas - análise de medidas repetidas no tempo, com delineamento inteiramente casualizado considerando modelo fixo. As médias da produção de leite (litros) de cabras Saanen (n=15) distribuídas ao longo das 12 primeiras semanas de lactação.

Grupo	Semanas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ctrl (n=4)	2,16 ^{Aab}	2,15 ^A	2,03 ^{AB}	1,63 ^{AB}	1,78 ^{AB}	1,60 ^{AB}	1,50 ^{ABb}	1,43 ^{ABb}	1,40 ^{Bb}	1,53 ^{AB}	1,50 ^{AB}	1,93 ^{AB}
LevGes (n=4)	1,99 ^{Ab}	2,10 ^A	1,99 ^A	1,86 ^A	1,99 ^A	1,95 ^A	2,00 ^{Aab}	2,14 ^{Aab}	2,10 ^{Aab}	2,23 ^A	2,13 ^A	2,05 ^A
LevLac (n=3)	1,72 ^{Ab}	2,10 ^A	2,00 ^A	1,80 ^A	1,90 ^A	1,68 ^A	1,85 ^{Aab}	1,67 ^{Aab}	2,00 ^{Aab}	1,53 ^A	1,48 ^A	1,42 ^A
LevGL (n=4)	2,88 ^{Aa}	2,81 ^{AB}	2,59 ^{AB}	2,20 ^B	2,60 ^{AB}	2,31 ^{AB}	2,46 ^{ABa}	2,38 ^{ABa}	2,41 ^{ABa}	2,50 ^{AB}	2,30 ^{AB}	2,43 ^{AB}

a, b: Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. A, B: Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupo experimentais: (Ctrl) cabras controle na gestação e na lactação, (LevLac) cabras controle na gestação e tratadas na lactação, (LevGes), cabras tratadas na gestação e controle na lactação, (LevGL) cabras tratadas na gestação e lactação.

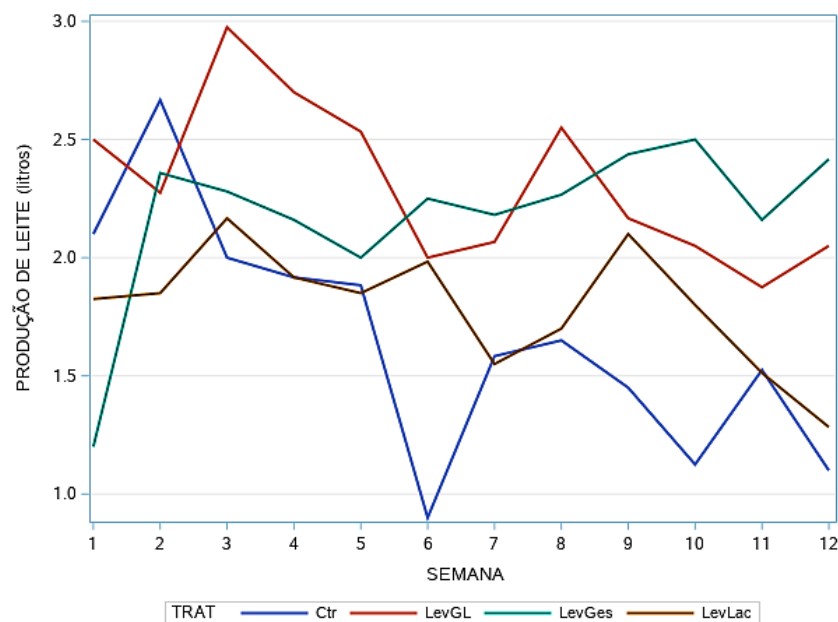


Figura 15 – Distribuição das médias de produção de leite (litros) para cada grupo de cabras Saanen suplementadas *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada da 1ª à 12ª semana de lactação. Ctrl - grupo controle, LevLac - cabras suplementadas somente durante a lactação, LevGes - cabras suplementadas somente durante a gestação e LevGL - cabras suplementadas durante a gestação e a lactação. Período de tratamento na gestação do 30º dia pós cobertura até o parto e durante a lactação nas 12 primeiras semanas pós parto.

Em Dann et al. (2000) a interação Tratamento×Tempo de lactação foi significativa ($p < 0,01$) para a produção de leite de vacas Jersey no período iniciado no dia 1 até o dia 140 de lactação. As vacas receberam 60g/animal/dia de *Saccharomyces cerevisiae* seca.

Observou-se que a produção de leite do grupo LevGL não diferiu significativamente da semana um até a semana 12, com exceção a semana quatro (média de 2,20 litros). A produção média foi de 2,88 litros na semana 1 reduziu para 2,81 litros na semana 2, mantendo-se semelhante ao longo das semanas até atingir 2,43 litros na semana 12.

O grupo Ctr apresentou queda na produção para 2,03 litros na semana três (considerada o momento de pico da lactação em cabras) e manteve-se sem diferenças até a semana 12, com 1,93 litros produzidos em média, excetuando-se a semana 9, quando foram produzidos 1,40 litros em média.

O grupo não suplementado no período gestacional e/ou lactacional (Ctr) não obteve aumento na produção até o pico da lactação, bem como não estabilizou a produção média estatisticamente semelhante a semana de maior produção.

Os grupos LevGes e LevLac obtiveram médias de produção de 1,99 litros e 1,72 litros, respectivamente, na semana um e 2,05 litros e 1,42 litros, respectivamente, na semana 12.

Os resultados obtidos demonstram que a suplementação prebiótica na gestação, na lactação ou em ambos períodos é capaz de manter a produção semanal média de leite mais estável quando se compara com o grupo que não foi suplementado em nenhum momento. Sendo, ainda, a suplementação em ambos períodos (LevGL) o método com melhores resultados produtivos entre os animais mantidos nas condições descritas.

Inferiu-se que a suplementação com Sc durante os períodos gestacionais e lactacionais promovem aumento aritmético das médias semanais de produção leiteira das cabras bem como prolonga o efeito de aumento discreto de produção por período mais longo quando comparado com o grupo Ctr.

3.4 Conclusão

A suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada promoveu aumento numérico de produção de leite nas cabras de maneira não contínua, ao longo das 12 primeiras semanas de lactação, em especial quando fornecida somente durante o período gestacional ou durante o período gestacional e lactacional. Também promoveu estabilização na produção de leite das cabras tratadas nos períodos gestacionais e lactacionais, com médias numéricas de litros de leite produzidos superiores ao grupo não tratado.

3.5 Referências

- Bagheri M, Ghorbani GR, Rahmani HR, Khorvash M, Nili N, Südekum KH (2009) Effect of live yeast and mannan-oligosaccharides on performance of early-lactation Holstein dairy cows. **Asian-Australian Journal of Animal Science** 22(6):812-818.
- Bindels LB, Delzenne NM, Cani PD, Walter J (2015) Towards a more comprehensive concept for prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, 12:303.
- Dann HM, Drackley JK, Mc Coy GC, Hutjens MF, Garrett JE (2000) Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. **Journal of Dairy Science** 83(1):123-127.
- Da Silva MET, Coelho OA, Ostrewsky A (2005) Efeito de um composto de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e parede celular de levedura (MOS) sobre a produção e a sanidade da glândula a mamária de vacas leiteiras de alta produção. **Revista Acadêmica Ciência Animal** 3(3):27-33.
- Dias ALG, Freitas JA, Micai B, Azevedo RA, Greco LF, Santos JEP (2018) Effects of supplementing yeast culture to diets differing in starch content on performance and feeding behavior of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 101(1):186-200.
- Dobicki A, Preś J, Zachwieja A, Mordak R, Jakus W (2007) Influence of yeast preparations on chosen biochemical blood parameters and the composition of milk. **Medycyna Weterynaryjna** 63:955-959.
- Milewski S, Sobiech P (2009) Effect of dietary supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* dried yeast on milk yield, blood biochemical and haematological indices in ewes. **Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy** 53:753-758.
- RStudio Team (2015). **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Wattiaux MA, Armentano LE (1996) Carbohydrate metabolism in dairy cows. **Dairy essentials - Babcock Institute for International Dairy Research and Development**, University of Wisconsin 3:9-12.
- Zabek K, Milewski S, Wojcik R, Siwicki AK (2014) The effects of supplementing diets fed to pregnant and lactating ewes with *Saccharomyces cerevisiae* dried yeast. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences** 38(2):200-206.

Capítulo 4 – *Saccharomyces cerevisiae* e o desenvolvimento corporal de cabritos

Resumo

O presente estudo teve o objetivo de avaliar os efeitos da suplementação com o prebiótico *Saccharomyces cerevisiae* seco hidrolisado (Sc) no desenvolvimento corporal de cabritos. Foi realizada a adição de Sc na dieta de cabritos descendentes ou não de mães tratadas na gestação. Os cabritos foram suplementados desde nascimento até 128 dias de idade. No período de aleitamento os animais suplementados receberam 5 ml/animal/dia de suspensão líquida de Sc e após a desmama passaram a receber 5 g/animal/dia de Sc em pó. As progênes foram distribuídas em grupos de cabritas sem Sc, filhas de mães sem Sc (CtrFSem), cabritas com Sc, filhas de mães sem Sc (CtrFLev), cabritas sem Sc, filhas de mães com Sc (TrFSem), cabritas com Sc, filhas de mães com Sc (TrFLev), cabritos sem suplementação com Sc, filhos de mães sem Sc (CtrMSem), cabritos com Sc, filhos de mães sem Sc (CtrMLev), cabritos sem Sc, filhos de mães com Sc (TrMSem), cabritos com Sc e filhos de mães com Sc (TrMLev). A determinação da composição corporal foi feita por escaneamento de corpo total em equipamento de absorciometria por raio-X em duas energias (DXA). Os animais foram pesados e avaliados pelo DXA a cada 14 dias, início aos 16 dias de idade até os 128 dias de idade. A desmama foi feita aos 60 dias de idade. Os dados obtidos pela avaliação DXA foram: tecido adiposo (g), massa magra (g), Massa magra = conteúdo mineral ósseo (g), conteúdo mineral ósseo (g) e densidade mineral óssea (g/cm²). Os resultados indicam diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis peso vivo e tecido adiposo para os grupos CtrFLev e CtrMLev, para massa magra + conteúdo mineral do grupo CtrFLev e para densidade mineral óssea no grupo CtrMLev. Os resultados indicam diferença estatística ($p < 0,05$) nas variáveis peso vivo (kg), tecido adiposo (g), massa magra + conteúdo mineral ósseo e densidade mineral óssea (g/cm²). A suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada promoveu alterações no peso e na composição corporal de cabritos Saanen tratados a partir do nascimento.

Palavras-chave: prebióticos, mananoligossacarídeos, desempenho, DXA, Saanen

4.1 Introdução

Em caprinos a sequência de crescimento dos diferentes tecidos é caracterizada por crescimento ósseo precoce, o muscular intermediário e o adiposo mais tardio. O tecido ósseo apresenta a menor taxa de crescimento, o tecido muscular é intermediário para machos e precoce para fêmeas e o tecido adiposo tem maior taxa de crescimento, resultando em incremento tardio da deposição de gordura. Os depósitos de gordura subcutânea são formados mais tardiamente. Os caprinos têm como característica o acúmulo proporcionalmente superior de gordura visceral quando comparados com outras espécies de ruminantes (Yáñez, 2002).

O conteúdo de gordura nos pequenos ruminantes, a proporção de gordura é menor nos machos inteiros, intermediária nos castrados e maior nas fêmeas, sendo que estas depositam gordura mais precocemente que os machos (Ferreira et al., 2018).

A suplementação com prebióticos adicionados à dieta comumente afeta a absorção de nutrientes e promove aumento no ganho de peso quando administrada para ruminantes. É benéfica, em especial, para indivíduos jovens por seus efeitos sobre o desenvolvimento do trato gastrointestinal, uma vez que esses substratos contribuem para a formação de uma comunidade intestinal desejável. Isso reflete principalmente no desempenho dos animais quando atingem a idade adulta (Uyeno et al. 2015).

Diferentes tipos de oligossacarídeos têm funcionalidades específicas em jovens ruminantes. A adição de galactosil-lactose ao sucedâneo do leite proporcionou benefícios sobre o crescimento e a saúde de bezerros leiteiros (Quigley III et al., 1997).

Suplementação com oligossacarídeos melhorou o crescimento de bezerros no estágio pré ou pós-desmame e impediu a colonização de patógenos no trato gastrointestinal, contribuindo positivamente para o crescimento e desempenho dessa categoria de animais (Uyeno et al., 2015).

Os prebióticos adicionados à dieta de ruminantes diminuíram a concentração de nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) (Biggs e Hancock, 1998), aumentaram a população de protozoários ciliados no rúmen (Cendrowska et al., 2006), as concentrações de

ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) de proteínas microbianas e estabilizaram o pH ruminal (Li et al., 2007).

Adição diária de 6 g de MOS/bezerro no sucedâneo não gerou aumento no ganho médio de peso, no consumo inicial, na eficiência alimentar ou na largura do quadril em animais com menos de dois meses de idade (Hill et al., 2008).

Em bezerras da raça Holandesa com 15 ± 7 até 43 ± 7 dias de idade, a administração de MOS misturado no leite (5 g/animal/dia) não ocasionou alteração no ganho de peso ao longo dos 28 dias de suplementação (Rabassa et al., 2011).

O uso de 4g/cabeça/dia de MOS adicionado ao sucedâneo na alimentação de bezerras holandesas, por um período de 41 dias, levaram a maior ingestão inicial de sucedâneo durante o período de aleitamento artificial. Bezerros suplementados com MOS apresentaram tendência à maior ingestão de matéria seca após o desmame (Terré et al., 2007).

A presença de oligossacarídeo (5 g/animal/dia) na dieta, por um período de 90 dias, melhorou o ganho de peso diário e a eficiência alimentar em bezerros durante o período pós-desmame, mas não durante o período pré-desmame (Hasunuma et al., 2011).

Em contrapartida, bezerros que receberam dois e quatro g/dia/animal de MOS adicionados ao sucedâneo do leite tiveram peso corporal maior em 56 dias de vida e maior ganho de peso diário, em comparação ao grupo não suplementado. Os maiores valores de ganho de peso diário foram dos animais recebendo quatro g/dia/animal. A melhor taxa de conversão alimentar por quilo de peso vivo foi obtida pelo grupo de bezerros que receberam quatro g/dia/animal quando comparada com os outros dois grupos (sem suplementação e dois g/dia/animal) (Król, 2011).

Novilhos confinados suplementados com 5 g/dia de MOS adicionado à dieta apresentaram aumento no consumo de matéria de seca e no ganho de peso médio diário mesmo sob desafio com lipopolissacarídeos (LPS) (Finck et al., 2014). Também foi observado aumento do ganho de peso médio diário em novilhos confinados desafiados com LPS e suplementados com 2 g/dia de MOS por um período de 50 dias (Lei et al., 2013).

Estudos sobre os efeitos da suplementação prebiótica no crescimento de ruminantes jovens têm resultados conflitantes. Em meta-análise realizada para

avaliação dos efeitos no ganho de peso corporal e eficiência alimentar de bezerros, os animais que receberam o prebiótico adicionado ao sucedâneo ou ao leite integral não aumentaram o ganho de peso e a eficiência alimentar (Di Gioia et al., 2018).

Cordeiros da raça Kamieniec, suplementados com 50 g de *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada adicionada a cada quilograma de concentrado, não apresentaram diferenças no consumo de ração, entretanto o peso corporal foi maior após 30 e 60 dias do experimento, sendo que ao 60º dia a diferença de peso corporal foi estatisticamente significativa (Milewski et al., 2009).

A adição de levedura *Saccharomyces cerevisiae* misturada no concentrado para cordeiros Kamieniec estimulou, a taxa de crescimento e desenvolvimento muscular. A levedura administrada para esses animais aumentou significativamente a taxa de crescimento e as dimensões do músculo *longissimus dorsi* (determinadas por ultrassonografia). As medidas incluíram profundidade, largura, área, espessura da pele e da gordura subcutânea, espessura da gordura sobre a área do “olho” do lombo e foram realizadas caudalmente à última costela, com uso de ultrassom equipado com uma sonda linear de 7,5 MHz (Milewski et al., 2013).

Cordeiros da raça Barki suplementados com 10 g/cabeça/dia de prebiótico contendo 50% MOS e 50% β -glucana adicionado à dieta apresentaram valores de digestibilidade total de nutrientes, digestibilidade de proteína bruta e utilização de nitrogênio superiores aos animais não suplementados. O uso do prebiótico ainda impactou positivamente na ingestão de nutrientes e na taxa de conversão alimentar, promovendo alterações no desenvolvimento corporal (Soliman et al., 2016).

Trinta e seis cordeiros da raça Zell, em aleitamento e recebendo sucedâneo, foram suplementados com prebiótico a partir dos 10 dias de idade, durante 70 dias. O consumo médio de ração e ganho de peso diário dos cordeiros suplementados diferiu entre os tratamentos, sendo maior no grupo recebendo 1,5g de prebiótico + 2g de peptídeo. Houve, ainda, uma diminuição significativa no escore de consistência das fezes, indicando baixo índice de diarreia dentre os animais recebendo apenas 1,5 g de prebiótico (Chashnidel et al., 2019).

4.1.1 Determinação da composição corporal e o uso da absorciometria de raio-X em duas energias (DXA) em caprinos

Existem diversos métodos para avaliar a composição corporal e quantidade de tecido adiposo em humanos e animais. Em humanos, um método amplamente utilizado na clínica para determinar o total de gordura corporal é o teste de índice de massa corpórea (IMC), que utiliza medidas de altura e peso, além de mensuração da circunferência da cintura e da espessura de dobras cutâneas, que configuram de maneira estimada a composição corporal (Kleinert et al., 2018).

Nos animais, também pode-se obter estimativas do peso e composição corporais pela mensuração morfométrica corporal externa. Em cordeiros Thin Tailed valores da circunferência do tórax (CTx) e do percentual de gordura da carcaça e gordura intermuscular tiveram forte valor de correlação, de modo que a equação de regressão pelo CTx teve boa acurácia para estimar tais valores, com pequena variação entre os valores previsto e real (Farah et al., 2017)

Em cabritos da raça Zairibi, a circunferência torácica teve correlação positiva ($r=0,73$) e estatisticamente significativa com o peso total de gordura corporal, sendo possível, portanto, estimar a quantidade de gordura corporal pela mensuração com fita métrica do tórax a campo (Abd-Alla, 2014).

Técnicas que determinam de maneira quantitativa a composição corporal incluem pesagem hidrostática, pletismografia de deslocamento de ar, análise de bioimpedância, absorciometria de raios X de dupla energia (DXA) e a ressonância magnética quantitativa (qMR), que são técnicas precisas para avaliação da composição corporal, sendo algumas delas com enfoque na gordura corporal total, mas todas são mais caras do que a simples morfometria externa (Kleinert et al., 2018).

Por meio da ultrassonografia é possível mensurar a espessura da gordura subcutânea, muscular e intra-abdominal, dependendo da capacidade de penetração das ondas ultrassonográficas. A avaliação precisa da distribuição de gordura corporal pode ser obtida por técnicas como a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética (Fosbøl e Zerahn, 2014).

Na experimentação animal, além das técnicas citadas acima, é possível analisar o material de dissecação *post mortem* ao final do período experimental e

pesá-lo, obtendo, desta forma, a quantidade exata dos componentes, e, ainda, avaliar quimicamente a composição corporal total pela análise da carcaça. Embora comumente utilizado, este método exige a eutanásia do animal e impede a avaliação em estudos longitudinais (Kleinert et al., 2018).

A qMR é uma metodologia precisa e que se compara bem à análise química. O escaneamento é rápido e não requer contenção do animal, evitando o uso de anestesia. Mas, apesar deste método ser efetivo na determinação da quantidade de gordura e de água livre, não é possível obter dados relativos ao conteúdo mineral ósseo (Nixon et al., 2010). A ressonância magnética convencional (MRI) também permite a obtenção das quantidades de água e gordura separadas e, as imagens permitem detectar anatomicamente e distintamente os locais de depósito desses componentes, sendo uma técnica não invasiva, mas que demanda uso de anestesia para contenção dos animais escaneados (James et al., 2009).

A absorciometria em raios-x de duas energias (DXA) é uma abordagem não invasiva e permite obtenção de valores de gordura corporal, massa magra e conteúdo mineral. Representa uma alternativa aos métodos de dissecação e análise química para a determinação da composição corporal de animais. A técnica possui boa aplicabilidade permite o acompanhamento das variações na composição corporal do animal ao longo da vida (Ribeiro, 2019). No entanto, para conduzir o escaneamento DXA dos animais vivos, é necessário submetê-los a procedimento anestésico, de modo a manter o animal posicionado e parado durante o tempo total de escaneamento, que pode durar até 8 minutos, dependendo do equipamento e do comprimento ocupado pelo animal na mesa (Kleinert et al., 2018).

Os dados derivados do DXA foram correlacionados com valores obtidos por meio de análise química de componentes da carcaça em caprinos. A comparação entre o corpo vazio obtido quimicamente e a determinação da composição corporal pelo método DXA com caprinos da raça Saanen *in vivo* demonstrou forte correlação na predição da composição corporal ($R^2 = 0,82$; 0,96 e 0,98 para cinzas, gordura e proteína). O DXA foi eficiente na predição da composição corporal em caprinos (Ribeiro, 2019).

Schultz et al. (2015) determinaram a composição corporal (incluindo densidade mineral óssea) em cordeiros em desenvolvimento em quatro momentos, ao longo de

dois anos, sendo as medidas comparadas com as obtidas em ovelhas adultas. Os níveis considerados adultos de densidade mineral óssea foram atingidos aos 18 meses e a massa magra de indivíduo considerado adulto foi atingida ao final de 2 anos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar, num período longitudinal de 128 dias, os efeitos no desenvolvimento de cabritos da raça Saanen resultantes da suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada adicionada à dieta, sendo os cabritos descendentes de cabras mães que receberam ou não a mesma suplementação, em dose distinta, no período gestacional.

4.2 Material e métodos

O projeto de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA, nº 19092/2016.

Distribuição dos grupos experimentais

Os animais foram distribuídos em grupos seguindo o experimento em parcelas subdivididas com delineamento inteiramente casualizado. A distribuição dos grupos experimentais está esquematizada na Figura 16.

Manejo alimentar

Após o nascimento, separação das mães e colostragem artificial (descritos na Tabela 9), os animais foram alocados em gaiolas suspensas individuais (1,8m X 50cm) e foram aleitados artificialmente com leite de vaca, em duas refeições diárias, às 8h e às 16h. O volume inicial foi em média 500mL/dia e foi aumentando até a ingestão de 1,5L/dia de leite, sem sobras. Os cabritos tratados receberam, desde o primeiro dia de aleitamento, após finalizada a colostragem, suplementação de Sc seca

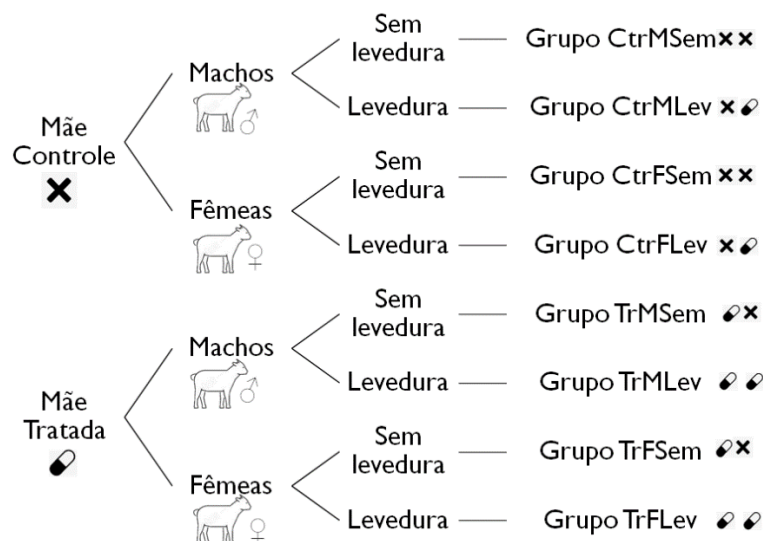


Figura 16 – Distribuição dos grupos experimentais de cabritos da raça Saanen suplementados com extrato seco hidrolisado de *Saccharomyces cerevisiae*, desde o início do aleitamento até 128 dias de idade. Grupos: cabritos machos não suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrMLEv), cabritos machos não suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMLEv), cabritas fêmeas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFSem), cabritas fêmeas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFLev), cabritas fêmeas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas fêmeas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).

hidrolisada em suspensão líquida na dose de 5ml/animal/dia, misturados no leite. Os animais receberam feno e concentrado à vontade, disponíveis em cochos individuais. Aos 60 dias de idade foram desaleitados e mantidos nas gaiolas suspensas para adaptação da dieta sólida com silagem de milho e concentrado. Nos dias 61 e 62 foi ofertada mistura de feno, silagem de milho e concentrado e no dia 63 os animais receberam silagem de milho e concentrado.

Aos 63 dias de idade os cabritos passaram para duas baias coletivas de 5m X 8m (apriscos), separados em machos e fêmeas. A dieta, que passou a ser inteiramente sólida, teve oferta à vontade. A ração foi fornecida em duas refeições diárias, às 8h e às 16h e era composta de silagem de milho (70% de inclusão) e concentrado à base de farelo de milho, farelo de soja, soja grão moída e farelo de trigo (30% de inclusão). O sal mineral comercial Caprinofós® foi fornecido em cocho à parte, média de 5g/cabeça/dia.

O suplemento em pó à base de *Saccharomyces cerevisiae* foi fornecido diretamente aos animais, individualmente. Os cabritos desmamados tratados

receberam o Sc seca hidrolisada em pó na dose de 5g/animal/dia. O produto foi ofertado em recipientes plásticos de forma individual, misturados com cerca de 15g de concentrado.

Tabela 9 – Esquema do manejo alimentar de cabritos Saanen e instalações nas quais foram mantidos durante o período experimental (de 0 até 128 dias de idade).

Nascimento	Separação da mãe imediata pós parto
Colostragem (0h até 24h)	Artificial em mamadeiras
	Volume ofertado 20% do peso vivo, distribuídas em 3 mamadas
	Animais em gaiolas suspensas individuais
Aleitamento em dois períodos (1º até 45º dia)	Fornecimento de feno e concentrado à vontade
	Animais em gaiolas suspensas individuais
	Animais tratados receberam o prebiótico líquido, misturado ao leite, 5ml/animal/dia, no período da manhã
Aleitamento em um período (46º até 60º dia)	Fornecimento de feno e concentrado à vontade
	Animais em gaiolas suspensas individuais
	Animais tratados receberam o prebiótico líquido, misturado ao leite, 5ml/animal/dia, no período da manhã
Silagem de milho e concentrado (61º até 128º dias)	Período do 61º ao 63º dias, animais em gaiolas individuais, dieta sólida
	A partir do 64º dia, animais em aprisco, em grupo, pista de alimentação
	Animais tratados receberam o prebiótico em pó, individualmente, 5g/animal/dia, ofertados pela manhã em recipientes plásticos misturados com 30 g de concentrado

Determinação da densidade mineral óssea e composição corporal

A cada 14 dias, desde 16º dia até 128 dias de idade, um total de 9 momentos, os cabritos foram submetidos ao escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si, conforme descrito na Figura 17. O aparelho utiliza fonte de raios-X para criar dois pulsos alternados diferentes de 100 kVp/140 kVp.



Figura 17 – Distribuição dos escaneamentos de corpo total e respectivas idades (dias) dos animais.

O procedimento é iniciado pela calibração prévia do aparelho com um *phantom* (modelo similar às vértebras, fornecido pelo fabricante). Após jejum alimentar de oito

horas e jejum hídrico de duas horas, os animais receberam sedação e indução anestésica com uso de Cloridrato de Xilazina 2% - Anasedan®, Ceva© (0,2mg/kg) e Cetamina 10% - Cetamin®, Syntec© (4 mg/kg para animais até 10 kg e 6mg/kg para animais acima de 10kg).

Após os cabritos atingirem o plano anestésico adequado caracterizado pelo decúbito lateral, redução das frequências cardíacas, respiratórias e queda de temperatura, foram posicionados em decúbito ventral, com membros torácicos estendidos cranialmente e membros pélvicos flexionados na altura do joelho e calcanhares estendidos caudalmente, com a cabeça e pescoço apoiados sobre suporte inerte de travesseiro de espuma viscoelástica amarrado com barbantes e escorados com pedaços de papel, para, desta forma, manter o animal posicionado durante o escaneamento e evitar sobreposição das imagens das estruturas corporais, conforme mostra a Figura 18.



Figura 18 – Cabrito anestesiado posicionado para escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si (Arquivo pessoal, 2018).

A área de escaneamento foi determinada medindo o comprimento ocupado pelo animal na mesa, com auxílio de régua comum milimetrada, e utilizado como entrada no *software* que acompanha o equipamento para escaneamento de corpo

inteiro. Foram mensurados os valores da densidade mineral óssea - BMD (g/cm^2), o conteúdo mineral ósseo - BMC (g), a massa magra (g e %) e tecido adiposo corporal (g e %).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de medidas repetidas no tempo, com delineamento inteiramente casualizado, considerando um modelo fixo. Foi utilizado o software RStudio®, versão 3.6.2. Na comparação das médias, quando significativamente distintas, foi feito o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.3 Resultados e discussão

As imagens obtidas após escaneamento no equipamento DXA Hologic® estão na Figura 19.

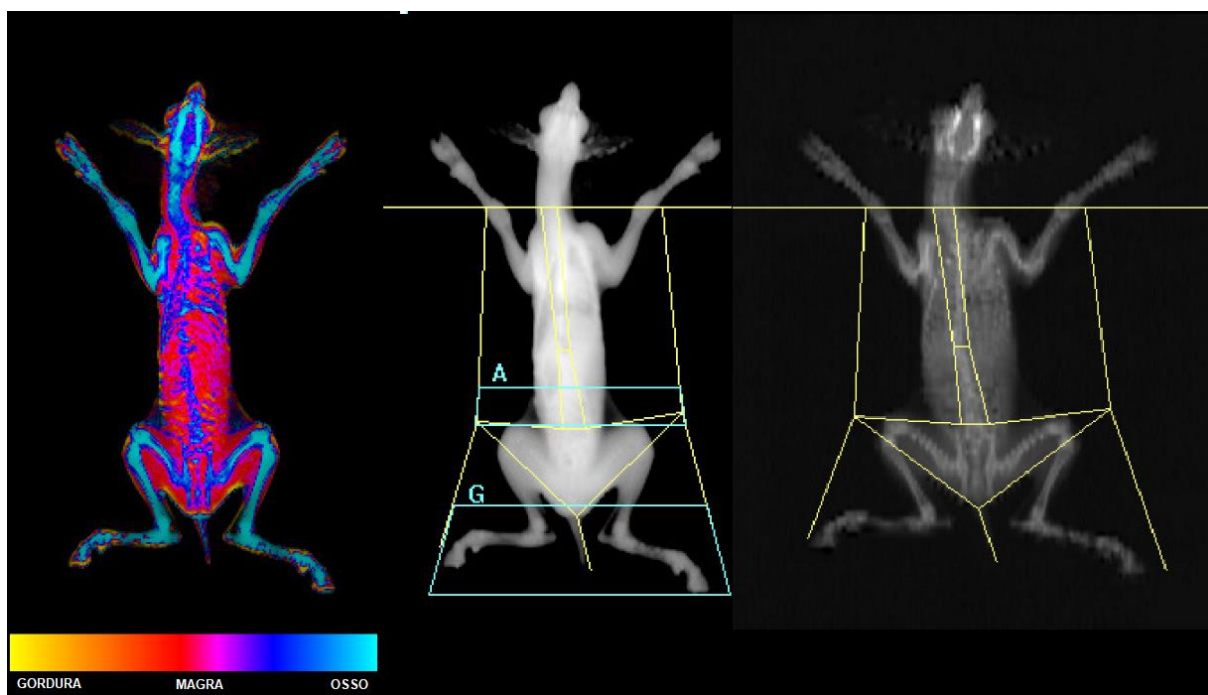


Figura 19 – Imagens obtidas após escaneamento de cabrito da raça Saanen em modo corpo total feita no equipamento de absorciometria em raio-x de duas energias Hologic®, por software do aparelho. À esquerda está a distribuição de gordura, massa magra e osso (conteúdo mineral ósseo), de acordo com a escala em cores. Na imagem central, a distribuição de tecidos moles (massa magra) e à direita a distribuição de conteúdo mineral ósseo.

Na Figura 20 (dados relativos aos grupos de cabritos) e Figura 21 (dados relativos aos grupos de cabritos) estão distribuídas as evoluções das médias de peso (kg), massa magra + conteúdo mineral ósseo (g), tecido adiposo (g), percentual de gordura corporal (%), conteúdo mineral ósseo (g) e densidade mineral óssea (g/cm²), ao longo das nove avaliações: escaneamentos de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si. O procedimento foi realizado a cada 14 dias, iniciando no 16º dia idade dos cabritos e cabritas Saanen.

É possível observar na distribuição das médias ao longo do tempo feitas na estatística descritiva (Figura 20 e 21) que até a quinta avaliação os valores médios para cada uma das variáveis são muito semelhantes entre os grupos.

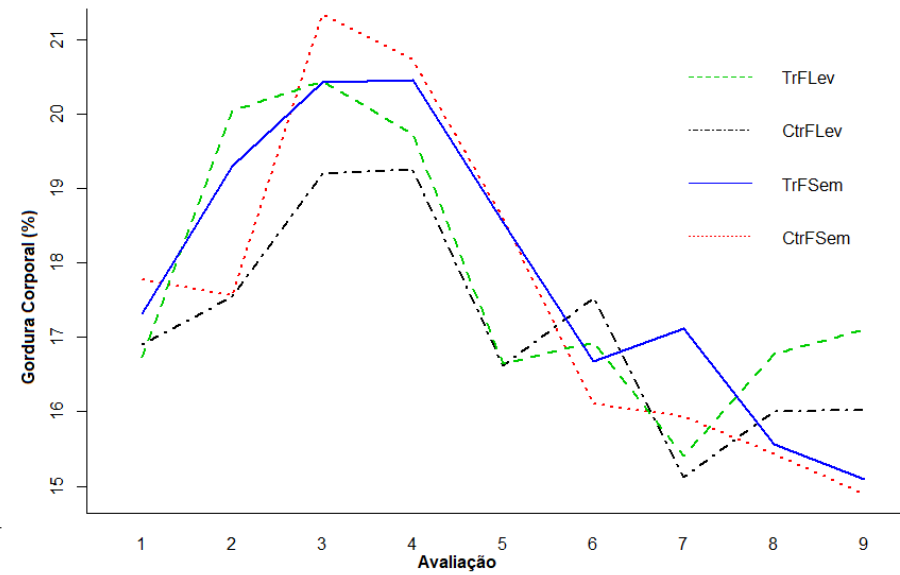
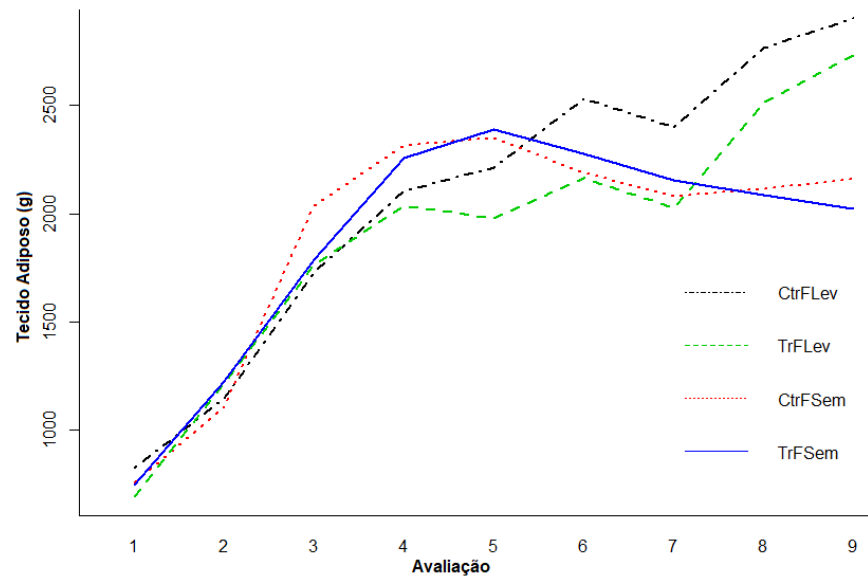
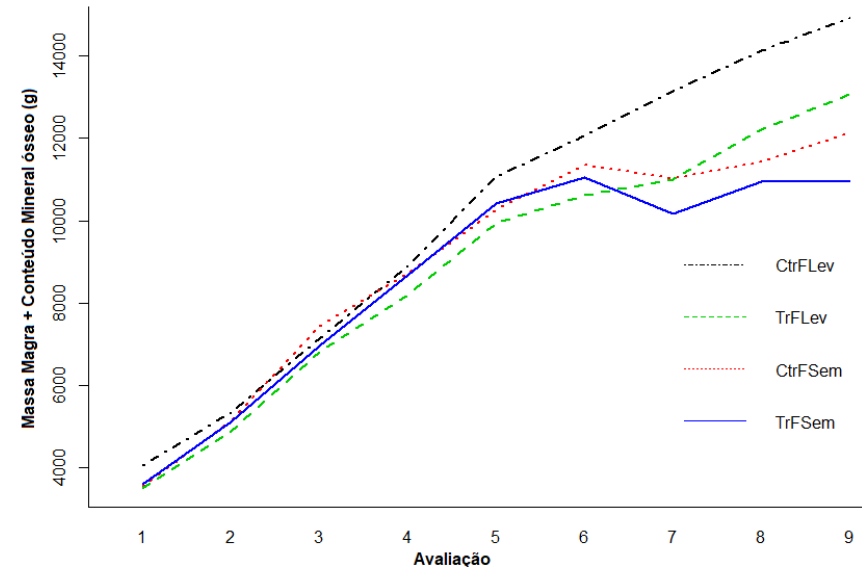
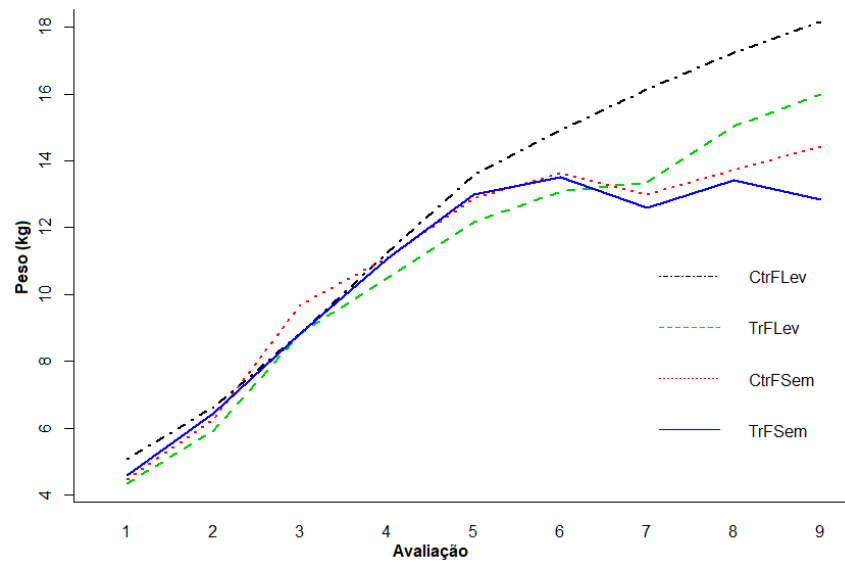
Por volta da quinta avaliação (72 dias de idade) os cabritos foram concluíram o processo da desmama, recebendo a partir daí dieta exclusivamente sólida. É relevante ressaltar, portanto, que a dieta baseada no consumo de leite, alimento rico em proteínas e gorduras, permitiu desenvolvimento corporal muito similar entre todos os grupos estudados, independentemente de tratamento ou sexo.

Na avaliação de cordeiros da raça Zell em aleitamento e recebendo sucedâneo suplementado com prebiótico a partir dos 10 dias de idade até os 80 dias, a taxa de conversão alimentar e o peso corporal não apresentaram diferenças entre os tratamentos (Chashnidel et al., 2019).

Qualquer possível efeito benéfico da suplementação com Sc seca hidrolisada no desenvolvimento e na composição corporal de cabritos pode ser consequência, dentre outros fatores, da formação de comunidade intestinal desejável e que é observado quando os animais estão mais velhos, conforme relatado por Uyeno et al. (2015).

Após a desmama, os animais foram dispostos em baias coletivas, sendo sujeitos aos efeitos comportamentais de competição por consumo de alimentos. O interesse individual de consumo também teve papel relevante e o estresse associado a mudança da dieta influenciou neste quadro.

Na distribuição das médias do percentual de gordura corporal observou-se que os grupos de fêmeas obtiveram percentuais de gordura superior aos grupos de machos. O mesmo comportamento da evolução do percentual de gordura foi



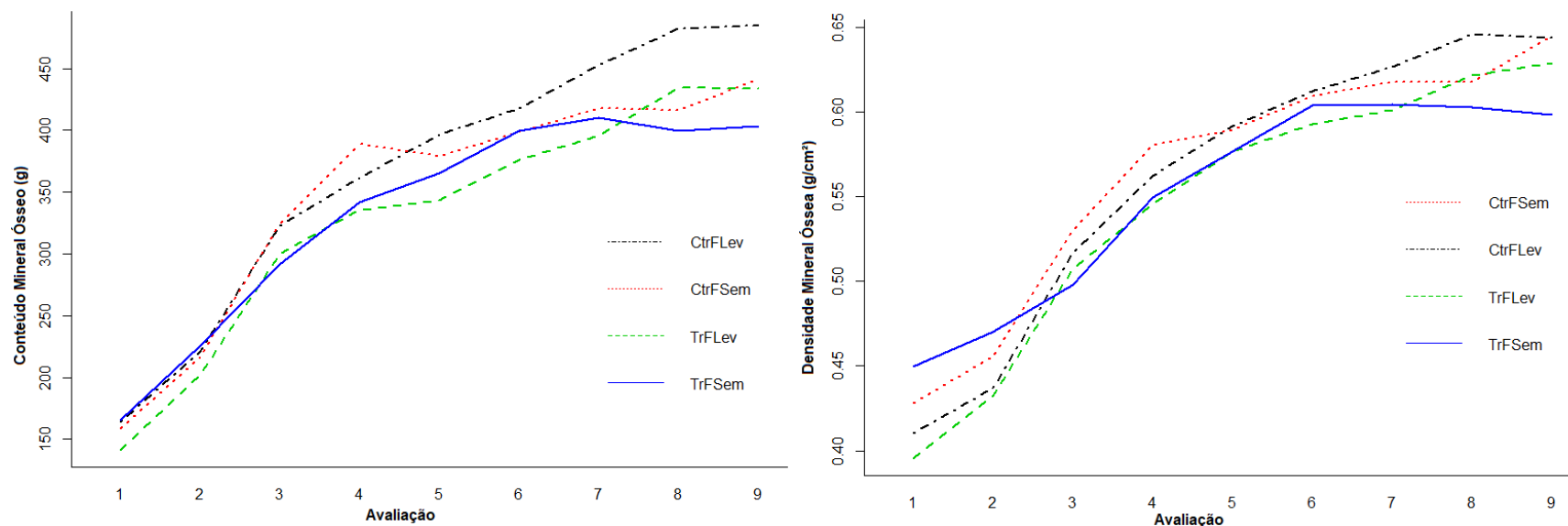
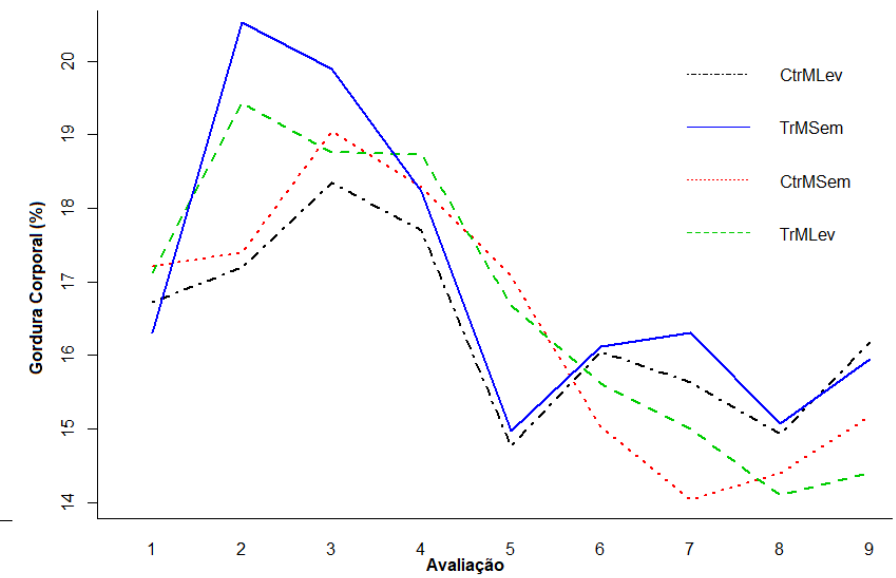
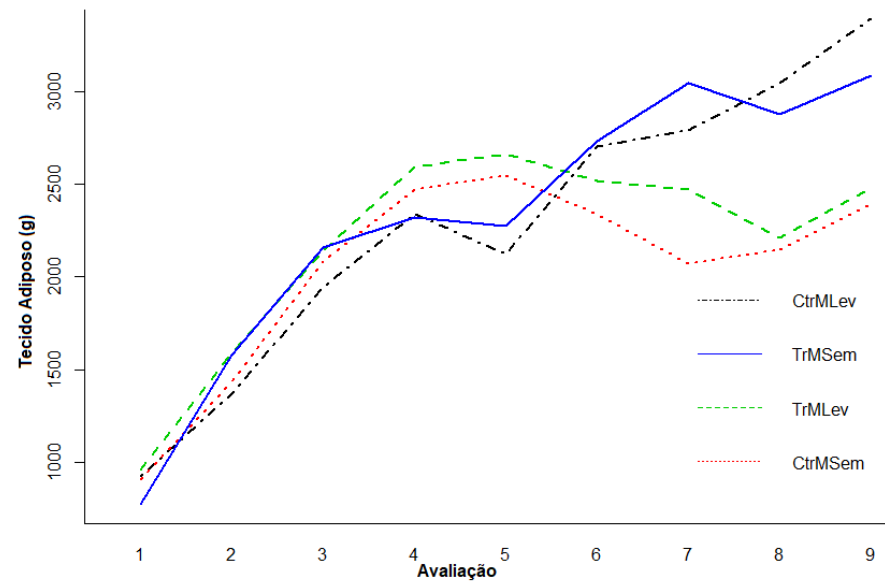
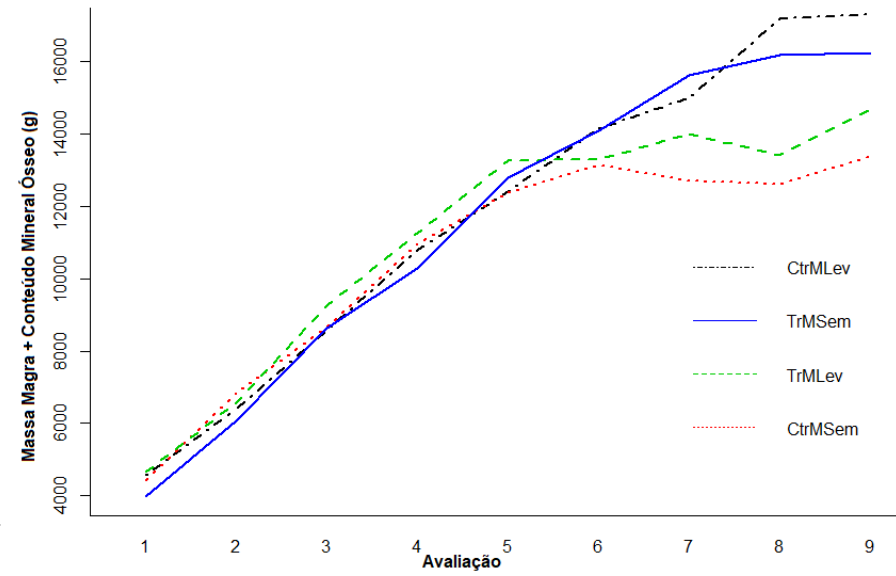
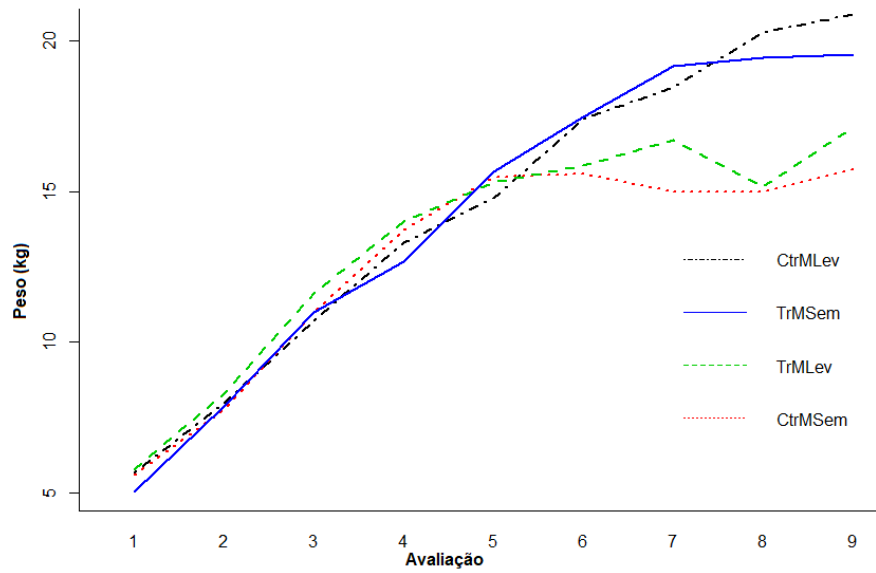


Figura 20 – Representação gráfica da evolução das médias dos pesos (kg), massa magra + conteúdo mineral ósseo (g), tecido adiposo (g), percentual de gordura corporal, conteúdo mineral ósseo (g) e densidade mineral óssea (g/cm²). No eixo x estão distribuídas as 9 avaliações – escaneamentos de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si. O procedimento foi realizado a cada 14 dias, iniciando no 16º dia idade das cabritas Saanen. Grupos: cabritas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFLev), cabritas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).



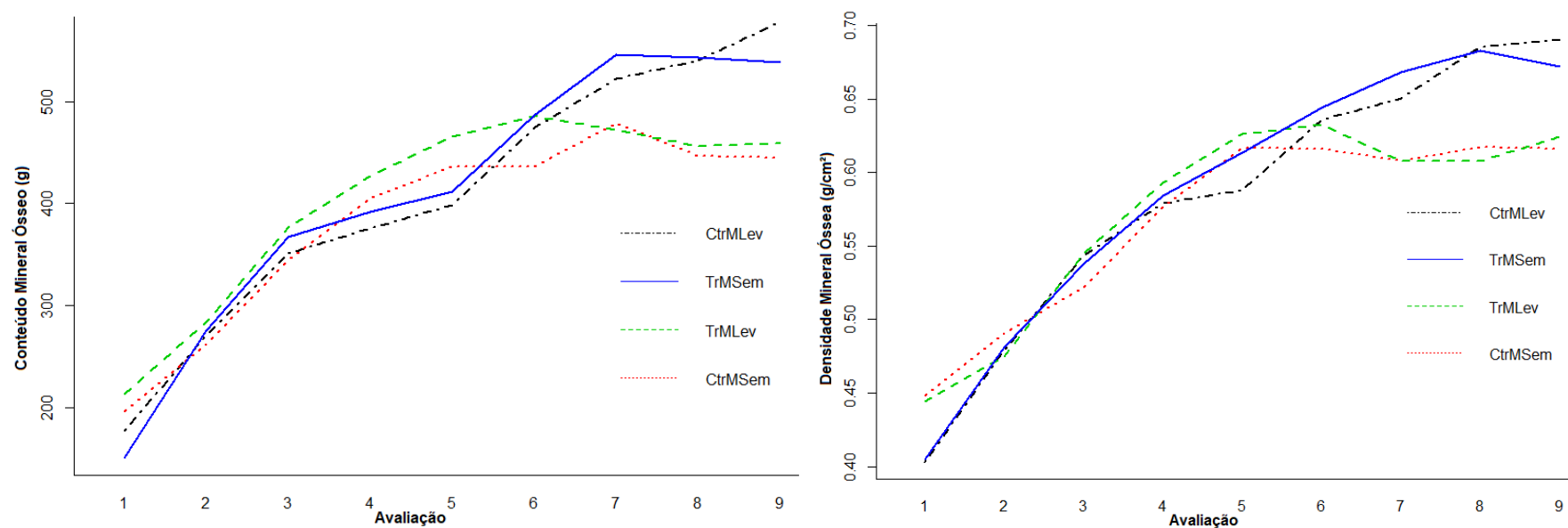


Figura 21 – Representação gráfica da evolução das médias de massa magra (g), massa total (g), tecido adiposo (g) e percentual de gordura corporal. No eixo x estão distribuídas as 9 avaliações – escaneamentos de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si. O procedimento foi realizado a cada 14 dias, desde 16^o dia idade dos cabritos Saanen.

por Guerra (2019) e é fisiologicamente pertinente devido a ação dos hormônios estrogênicos sobre a deposição de gordura corporal (Ignacio et al., 2009).

Com o avanço das avaliações, o percentual de gordura diminuiu por volta de 4% dentre os grupos avaliados a partir da quinta avaliação, que marcou o fim do período de aleitamento. Dentro do período de aleitamento a dieta principalmente líquida, a base de leite cru, promoveu maior deposição de gordura bruta no corpo dos cabritos, conforme observaram Guevara et al. (2018).

Na Tabela 10 estão distribuídos os resultados da análise de parcelas subdivididas para medidas repetidas no tempo para as variáveis peso vivo (kg) e tecido adiposo (g). Na Tabela 11 estão os resultados para massa magra + conteúdo mineral ósseo (g) e conteúdo mineral ósseo (g) e na Tabela 12 estão os resultados para densidade mineral óssea (g/cm²). As Tabelas 10, 11 e 12 contêm os resultados para os grupos de cabritas.

No presente trabalho, durante o período de aleitamento, não foram detectadas diferenças entre os pesos (da primeira até a quinta avaliação), assim como foi observado em bezerras no estudo de Hasunuma et al. (2011). O uso de 4g/cabeça/dia de MOS adicionado ao sucedâneo na alimentação de bezerras holandesas, por um período de 41 dias, não interferiu no peso corporal entre o grupo tratado e o grupo controle (Terré et al., 2007).

A partir da sétima avaliação foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para o peso vivo entre os grupos de fêmeas e de machos. O grupo TrFSem teve média inferior ao CtrFLev. Nas avaliações oito e nove o grupo CtrFLev manteve a média superior ao grupo TrFSem e também ao grupo CtrFSem. Assim como observou-se no presente trabalho, Soliman et al. (2016) observaram melhoria de desempenho em cordeiros Barki quando suplementados com 10g/animal/dia com prebiótico a base de manano e β -glucano oriundos de extrato de levedura.

O tecido adiposo do grupo CtrFLev apresentou média maior que o grupo TrFSem na sétima avaliação, e maior que os grupos TrFSem e CtrFSem nas avaliações oito e nove.

No tecido não gordura (massa magra + conteúdo mineral ósseo) as médias diferiram na avaliação nove sendo do grupo CtrFLev a maior média, diferindo do TrFSem, com a menor média.

Nas cabritas o conteúdo mineral ósseo e a densidade mineral óssea não diferiram significativamente entre os grupos ao longo das nove avaliações.

As médias de peso dos cabritos diferiram a partir da avaliação sete. O grupo TrMSem teve média superior ao grupo CtrMSem na avaliação sete. Na avaliação oito, as médias superiores pertenceram aos grupos TrMSem e CtrMLEv, sendo a inferior referente ao grupo CtrMSem. Assim como observado por Soliman et al. (2016), estudo no qual cordeiros suplementados obtiveram médias de ganhos de peso significativamente superiores, bem como ocorreu com o grupo CtrMLEv no presente estudo na avaliação nove, onde a média de peso foi maior no grupo CtrMLEv e a menor no grupo CtrMSem.

As médias de tecido adiposo nos machos apresentaram-se diferentes entre os grupos CtrMLEv (média superior) e TrMSem e CtrMSem (médias inferiores) nas avaliações oito e nove.

Os valores de massa magra + conteúdo mineral ósseo e do conteúdo mineral ósseo nos machos não apresentou distribuição normal dos resíduos, impossibilitando a ANOVA para estes grupos de dados. Na tabela 14 dispõe-se valores absolutos das medias encontradas para essas variáveis.

A média da densidade mineral óssea nos cabritos diferiu na avaliação oito, sendo do grupo CtrMLEv a maior média e do TrMLEv a menor.

Durante o período experimental ocorreu um surto de diarreia de origem infecciosa que levou a perda de peso entre os animais e afetou em particular as fêmeas dos grupos TrFSem e TrFLev, portanto, dentro dessas circunstâncias, não se pode inferir que o resultado inferior do desempenho destes grupos esteja relacionado com a suplementação com Sc.

Na Tabela 14 estão as médias dos valores de massa magra + conteúdo mineral ósseo (g), que constituem o tecido não gordura, e conteúdo mineral ósseo (g) obtidos durante o período experimental. Diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas somente a partir da oitava avaliação. O grupo CtrMLEv apresentou as maiores médias nas avaliações 8 e 9, embora diferiram estatisticamente somente ao TrFSem.

Na Tabela 15 está descrita média e desvio padrão da densidade mineral óssea (g/cm^2) dos cabritos.

Tabela 10 – Médias de peso (kg) e massa magra + conteúdo mineral ósseo (g) dos grupos de cabritas Saanen distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, feitas com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores para tecido adiposo obtidos por escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.

PESO VIVO (kg)											
GRUPO	Avaliação										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
TrFLev	4,356 F	5,933 F	8,844 E	10,478 DE	12,167 CD	13,089 BC	13,363 BCab	15,044 Aab	16 Aab		
(n=9)	0,951	0,889	1,878	1,475	1,609	2,059	1,845	2,15	2,346		
TrFSem	4,58 D	6,44 D	8,83 C	11,07 BC	12,978 AB	13,522 A	12,588 Ab	13,433 Ab	12,844 Ab		
(n=10)	0,802	1,056	1,161	1,435	1,287	2,978	2,815	3,068	3,706		
CtrFLev	5,075 F	6,625 EF	8,85 DE	11,25 CD	13,575 BC	14,925 AB	16,15 ABa	17,25 ABa	18,15 Aa		
(n=4)	0,914	1,775	2,074	2,288	2,893	2,425	2,946	3,472	3,717		
CtrFSem	4,46 D	6,26 D	9,7 C	11,1 BC	12,88 ABC	13,64 AB	12,98 ABab	13,74 Ab	14,42 Ab		
(n=5)	1,011	1,686	2,33	1,819	2,315	1,866	1,886	2,593	2,622		
valor p	0,016	0	0	0	0	0	0	0	0		

MASSA MAGRA E CONTEÚDO MINERAL ÓSSEO (g)											
GRUPO	Avaliação										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
TrFLev	3496,811 F	4867,944 F	6788,133 E	8197,6 DE	9947,167 CD	10609,54 BC	11012,35 BCab	12225,66 ABab	13069,23 Aab		
(n=9)	779,4	1027,111	919,466	989,956	1372,114	1851,279	1496,77	1606,43	1731,767		
TrFSem	3596,54 D	5113,05 D	6943,33 C	8675,29 B	10412,47 A	11063,19 A	10176,74 ABb	10937,9 Ab	10957,12 Ab		
(n=10)	697,223	913,034	928,099	1002,195	904,638	2104,879	2246,206	2195,77	2535,042		
CtrFLev	4041,95 G	5326,975 FG	7122,6 EF	8905,525 DE	11065,38 CD	12062,93 BC	13151,88 ABCa	14145,3 ABa	14915,65 Aa		
(n=4)	703,901	1198,352	1796,499	2033,156	2324,244	2103,493	1817,996	2337,777	2713,385		
CtrFSem	3541,04 E	5134,16 DE	7426,767 CD	8727,72 BC	10262,44 AB	11364,16 AB	11016,46 Aab	11427,56 Ab	12131 Ab		
(n=5)	858,122	1206,131	1833,519	1389,546	1881,13	1456,73	1722,629	2055,826	2095,881		
valor p	0,011	0	0	0	0	0	0	0	0		

*a, b: Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. A, B, C, D, E, F, G: Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupos: cabritas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFLev), cabritas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).

Tabela 11 – Médias de tecido adiposo (g) e conteúdo mineral ósseo (g) dos grupos de cabritas Saanen distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, feitas com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores obtidos por escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si..

TECIDO ADIPOSEO (g)												
GRUPO	Avaliação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
TrFLev	962,6 E	1589,8 DE	2138,48 CD	2595,2 BC	2659,82 BC	2518,56 ABC	2471,56 BC	2211,82 AB	2475,52 Aab			
(n=9)	115,784	219,835	232,172	386,869	430,421	817,509	470,404	644,57	531,39			
TrFSem	750,74 C	1225,76 BC	1787,78 AB	2258,6 A	2389,322 A	2278,744 A	2155,575 A	2084,733 A	2022,789 Ab			
(n=10)	144,264	279,542	312,665	538,251	431,119	789,161	738,346	764,103	806,026			
CtrFLev	824,475 C	1150,325 C	1729,725 BC	2104,075 AB	2215,075 AB	2531,475 AB	2399,175 AB	2766,85 A	2899,95 Aa			
(n=4)	158,622	416,764	572,395	393,011	516,724	472,154	793,118	978,904	893,048			
CtrFSem	759,26 B	1108,64 B	2038,167 A	2313,52 A	2347,3 A	2190,32 A	2080,52 A	2115 A	2159,52 Aab			
(n=5)	162,102	354,634	635,373	646,493	517,005	424,974	345,959	564,204	619,89			
valor p	0,238	0,002	0	0	0	0	0	0	0			

CONTEÚDO MINERAL ÓSSEO (g)												
GRUPO	Avaliação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
TrFLev	141,463 G	201,841 F	299,89 E	335,64 D	343,00 CD	375,646 BC	395,665 AB	434,603 AB	433,787 A			
(n=9)	39,186	53,3	47,872	64,00	61,27	60,658	53,682	43,896	52,713			
TrFSem	165,645 G	225,835 F	291,596 E	342,122 D	365,198 CD	399,876 BC	410,311 AB	399,841 AB	403,45 A			
(n=10)	35,857	47,924	50,587	58,279	49,233	61,853	65,117	50,849	55,417			
CtrFLev	163,79 G	221,038 F	323,095 E	361,423 D	396,425 CD	417,553 BC	452,888 AB	482,158 AB	484,508 A			
(n=4)	62,843	85,017	75,048	55,567	68,278	56,217	84,708	53,228	63,361			
CtrFSem	158,716 G	216,258 F	324,573 E	388,614 D	378,938 CD	398,646 BC	418,192 AB	415,928 AB	441,5 A			
(n=5)	43,398	73,732	89,688	51,122	50,254	37,559	47,013	57,043	93,212			
valor p	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05			

*a, b: Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. A, B, C, D, E, F, G: Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupos: cabritas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFLev), cabritas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).

Tabela 12 – Médias de densidade mineral óssea (g/cm²) dos grupos de cabritas Saanen, distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores obtidos a partir da razão entre o conteúdo mineral ósseo (g) e área (cm²) oriundos do escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.

DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (g/cm ²)													
GRUPO	Avaliação												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
TrFLev	0,396	0,432	0,507	0,546	0,577	0,593	0,601	0,622	0,629				
(n=9)	0,055	0,051	0,023	0,043	0,037	0,036	0,042	0,032	0,034				
TrFSem	0,450	0,470	0,498	0,550	0,577	0,604	0,605	0,603	0,598				
(n=10)	0,025	0,028	0,030	0,026	0,027	0,043	0,051	0,033	0,038				
CtrFLev	0,410	0,437	0,517	0,562	0,592	0,613	0,627	0,646	0,644				
(n=4)	0,075	0,085	0,041	0,048	0,061	0,025	0,034	0,010	0,026				
CtrFSem	0,428	0,456	0,530	0,581	0,589	0,610	0,618	0,618	0,645				
(n=5)	0,428	0,456	0,530	0,581	0,589	0,610	0,618	0,618	0,645				
valor p	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05				

*A, B, C, D: Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey (p<0,05); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupos: cabritas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFLev), cabritas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).

Na Tabela 13 estão distribuídos os resultados da análise de parcelas subdivididas para medidas repetidas no tempo, entre os grupos de cabritos, para as variáveis peso vivo (kg) e tecido adiposo (g). Na Tabela 14 estão as médias dos valores de massa magra + conteúdo mineral ósseo (g), que constituem o tecido não gordura, e conteúdo mineral ósseo (g) obtidos durante o período experimental. Na Tabela 15 estão descritos as médias e os desvios padrão dos valores de densidade mineral óssea (g/cm²).

Tabela 13 – Médias de peso (kg) tecido adiposo (g) dos grupos de cabritos Saanen distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, feitas com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores para tecido adiposo obtidos por escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.

PESO VIVO (kg)																		
GRUPO	Avaliação																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
TrMLEv	5,780	D	8,280	D	11,620	C	14,000	BC	15,320	AB	15,880	AB	16,720	Aab	15,180	ABb	17,140	Abc
(n=5)	0,471		0,634		1,026		1,093		1,866		2,859		3,293		4,165		3,436	
TrMSem	5,050	E	7,875	E	11,000	D	12,675	CD	15,650	BC	17,475	AB	19,175	Aa	19,450	Aa	19,550	Aab
(n=4)	0,545		1,100		1,347		1,537		2,001		1,387		1,626		1,133		1,475	
CtrMLEv	5,675	G	7,975	FG	10,700	EF	13,325	DE	14,800	CD	17,425	BC	18,475	ABab	20,300	ABa	20,875	Aa
(n=4)	0,885		1,931		2,317		2,141		2,499		2,651		3,220		3,222		3,327	
CtrMSem	5,586	C	7,757	C	11,000	B	13,729	A	15,471	A	15,586	A	14,986	Ab	14,986	Ab	15,729	Ac
(n=7)	1,276		1,209		2,058		2,355		1,992		2,509		2,241		1,936		1,272	
valor p	0,016		0,00136		3,00E-06		0		0		0		2,70E-05		5,20E-05		2,20E-05	

TECIDO ADIPOSEO (g)																		
GRUPO	Avaliação																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
TrMLEv	962,600	C	1589,800	BC	2138,480	AB	2595,200	A	2659,820	A	2518,560	A	2471,560	A	2211,820	ABb	2475,520	Ab
(n=5)	115,784		219,835		232,172		386,869		430,421		817,509		470,404		644,570		531,390	
TrMSem	778,450	E	1579,000	D	2158,850	CD	2318,775	BC	2272,300	CD	2729,700	ABC	3045,525	AB	2877,075	ABCab	3081,575	Aab
(n=4)	105,277		354,943		490,687		611,103		496,407		499,572		397,732		312,811		290,761	
CtrMLEv	926,100	F	1373,025	EF	1942,550	DE	2338,425	BCD	2122,650	CD	2700,625	ABC	2787,975	ABC	3043,975	ABa	3389,575	Aa
(n=4)	225,903		486,294		523,043		595,695		243,180		379,867		540,356		660,643		913,950	
CtrMSem	907,614	B	1433,243	B	2083,786	A	2472,629	A	2547,700	A	2339,214	A	2072,271	A	2144,700	Ab	2396,743	Ab
(n=7)	195,259		363,872		659,728		575,206		424,419		499,883		306,614		435,872		416,201	
valor p	0,09067		0,00723		2,30E-05		0		0		0,000299		0,09617		0,021136		0,004674	

*a, b: Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. A, B, C, D, E, F: Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupos: cabritos machos não suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrlSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrlLEV), cabritos machos não suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMLEv).

Tabela 14 – Médias de massa magra + conteúdo mineral ósseo e conteúdo mineral ósseo (g) dos grupos de cabritos Saanen distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, feitas com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores obtidos por escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.

MASSA MAGRA E CONTEÚDO MINERAL ÓSSEO (g)									
GRUPO	Avaliação								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TrMLEv	4666,640	6562,500	9242,180	11251,700	13257,360	13283,180	14006,660	13422,920	14692,700
(n=5)	254,600	370,989	831,608	847,519	1229,739	2078,451	2304,413	3399,753	3001,934
TrMSem	3995,000	6074,325	8625,850	10275,575	12780,125	14084,675	15622,925	16187,025	16235,375
(n=4)	430,999	799,020	977,704	796,384	1347,968	1022,903	1087,093	363,239	1174,027
CtrMLEv	4561,450	6412,425	8581,925	10774,725	12405,700	14136,775	15004,775	17196,200	17294,300
(n=4)	569,937	1462,883	1853,439	1734,125	2270,610	2074,337	2537,400	2637,291	2440,851
CtrMSem	4423,514	6830,614	8662,557	10972,529	12379,871	13156,529	12714,371	12629,543	13369,457
(n=7)	1044,996	1685,513	1451,023	1684,546	1470,950	2005,535	1873,066	1596,849	1376,633
CONTEÚDO MINERAL ÓSSEO (g)									
GRUPO	Avaliação								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TrMLEv	212,788	283,842	376,418	427,102	465,650	485,102	472,550	456,462	459,334
(n=5)	35,174	40,761	51,635	51,505	35,476	86,463	83,957	109,943	109,997
TrMSem	151,053	275,293	367,205	391,823	412,018	486,448	545,915	543,020	538,808
(n=4)	36,119	43,346	64,384	56,995	66,524	69,456	41,070	37,578	23,432
CtrMLEv	177,483	270,333	351,080	376,090	398,523	474,373	522,473	540,203	578,023
(n=4)	73,925	95,740	54,077	38,488	37,346	72,378	64,187	79,747	79,435
CtrMSem	196,029	262,544	344,611	405,187	436,640	436,280	479,061	446,907	444,664
(n=7)	59,160	51,501	63,928	69,120	67,151	73,838	158,399	95,169	54,724

Grupos: cabritos machos não suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrMLEv), cabritos machos não suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMLEv), cabritas fêmeas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFSem), cabritas fêmeas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrFLev), cabritas fêmeas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas fêmeas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).

Tabela 15 – Médias de densidade mineral óssea (g/cm²) dos grupos de cabritos Saanen, distribuídas ao longo das avaliações de 1 até 9, com intervalo de 14 dias entre as avaliações, sendo a primeira avaliação aos 16 dias de idade e a última aos 128 dias de idade. Valores obtidos a partir da razão entre o conteúdo mineral ósseo (g) e área (cm²) oriundos do escaneamento de corpo total no aparelho de absorciometria por raios-X em duas energias (DXA) Hologic® Discovery Si.

DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (g/cm ²)																
GRUPO	Avaliação															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
TrMLev	0,444	C	0,475	C	0,545	B	0,593	AB	0,626	A	0,633	A	0,608	A	0,608	Ab
(n=5)	0,039		0,054		0,034		0,028		0,017		0,047		0,035		0,056	
TrMSem	0,405	F	0,481	E	0,538	DE	0,584	CD	0,613	BC	0,644	ABC	0,668	AB	0,683	Aab
(n=4)	0,054		0,032		0,046		0,054		0,046		0,057		0,029		0,024	
CtrlMLev	0,403	F	0,479	E	0,543	DE	0,579	CD	0,588	BCD	0,636	ABC	0,651	AB	0,686	Aa
(n=4)	0,071		0,081		0,056		0,034		0,028		0,024		0,038		0,040	
CtrlMSem	0,448	C	0,491	BC	0,522	B	0,577	A	0,617	A	0,616	A	0,607	A	0,617	Aab
(n=7)	0,039		0,036		0,038		0,039		0,044		0,048		0,055		0,059	
valor p	0,011		0		0		0		0		0		0		0	

*a, b: Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. A, B, C, D, E, F: Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$); letras iguais não diferem entre si significativamente. Grupos experimentais: cabritos machos não suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrlMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães não suplementadas (CtrlMLev), cabritos machos não suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMSem), cabritos machos suplementados, filhos de mães suplementadas (TrMLev), cabritas fêmeas não suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrlFSem), cabritas fêmeas suplementadas, filhas de mães não suplementadas (CtrlFLev), cabritas fêmeas não suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFSem), cabritas fêmeas suplementadas, filhas de mães suplementadas (TrFLev).

Não foram encontrados estudos de avaliações longitudinais, como a do presente estudo, para avaliação da composição corporal de cabritos tratados com nutracêuticos. Isso corrobora a relevância e originalidade do presente trabalho. No estudo de Schultz et al. (2015) foi determinada a composição corporal (incluindo densidade mineral óssea) de cordeiros em desenvolvimento ao longo de dois anos, sendo as medidas comparadas com as obtidas em ovelhas adultas, onde o objetivo foi determinar os momentos em que cada componente da composição corporal se tornam maduros.

No presente estudo ocorreu um surto de diarreia próxima as avaliações seis e sete que afetou em especial os grupos TrFSem e TrFLev, bem como o grupo TrMLEv. O impacto da doença incluiu perda de peso corporal decorrente da alta frequência de evacuação de fezes líquidas e também da redução do consumo de matéria seca.

A perda de peso afetou ainda valores de tecido adiposo e massa magra para os grupos de cabritas e cabritos, e pode ter afetado também os valores de conteúdo mineral ósseo e densidade mineral óssea nas fêmeas; e nos machos possivelmente interferiu nas análises de densidade mineral óssea.

Levando em consideração o sexo dos grupos, existe variação fisiológica responsável por distinção entre os valores de densidade mineral óssea resultante da ação dos hormônios androgênicos (Ignacio et al., 2009).

Apesar disso, grupos tratados desde o nascimento, sejam de cabritas ou cabritos (CtrFLev e CtrMLEv), apresentaram médias frequentemente e significativamente superiores aos grupos que não receberam a suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* em nenhum momento da vida, sendo esses os grupos CtrFSem e CtrMSem, para a maior parte das variáveis, conforme observamos na presente pesquisa.

4.4 Conclusão

A suplementação de cabritos Saanen com *Saccharomyces cerevisiae* seca hidrolisada do nascimento até os quatro meses de idade, promove alterações benéficas no peso, quantidade de tecido adiposo de cabritas e cabritos, na quantidade de massa magra em cabritas e na densidade mineral óssea de cabritos. A

suplementação das cabritas e cabritos apenas no período fetal (via suplementação materna) não é capaz de surtir efeitos duradores nos valores de composição corporal e óssea nas progênies após o nascimento.

4.5 Referências

- Abd-Alla MS (2014) A comparative study on body measurements and carcass characteristics in Egyptian sheep and goats. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, 9:292-301.
- Biggs DR, Hancock KR (1998) In vitro digestion of bacterial and plant fructans and effects on ammonia accumulation in cow and sheep rumen fluids. **The Journal of General and Applied Microbiology** 44:167-171.
- Cendrowska MC, Kaspruwicz A, Michalowski T (2006) Preliminary assessment of the capability of the rumen bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*, to utilize fructose polymers for growth. **Journal of Animal and Feed Sciences** 15:11-14.
- Chashnidel Y, Yansari AT, Kazemifard M, Bahari M. (2019) The Effects of Different Levels of Prebiotic and Peptide Supplementations on Growth Performance, Apparent Digestibility Nutrients and Fecal Score in Suckling Zill Lambs. **Research on Animal Production (Scientific and Research)** 10(23):53-64.
- Di Gioia D, Biavati B (2018) Probiotics and prebiotics in animal health and food safety: conclusive remarks and future perspectives. In: **Probiotics and Prebiotics in Animal Health and Food Safety**. Springer, Cham, 269-273.
- Farah N, Pradhipta H, Ari P, Vita R, Nadlirotun L, Endang P, Sutaryo S, Agung P (2017) Regression Models for Estimating Fat Carcass Percentage Using Chest Measurement in Thin Tailed Lambs. In: **Proceedings The 2nd International Conference on Animals Nutrition and Environment**, 1-4 November 2017, Thailand, 2:553-556.
- Ferreira JMS, Gois GC, dos Santos Pessoa RM, da Silva AAF, de Lima CAB, Campos FS, Vicente SLA, Matias AGS, Nogueira GHMSMF, Santos RN (2018) Características de carcaça e qualidade da carne de caprinos de diferentes genótipos. **PUBVET**, 12:131.
- Finck D, Ribeiro F, Burdick N, Parr S, Carroll J, Young T, Bernhard BC, Corley JR, Estefan AG, Rathmann RJ Johnson BJ (2014) Yeast supplementation alters the performance and health status of receiving cattle. **The Professional Animal Scientist** 30:333–341.
- Fosbøl MØ, Zerah B (2014) Contemporary methods of body composition measurement. **Clinical Physiology and Functional Imaging** 35(2):81-97.
- Guerra LDO (2019) **Rendimentos dos não constituintes de carcaça de caprinos e ovinos e custos de produção de pratos regionais**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- Guevara CE, Rodrigues MT, Vieira RAM, da Silva MC, Lima MC, Herrera DH (2018) Modelos não lineares para descrever o consumo, deposição de nutrientes no corpo e crescimento de cabritos Saanen x Alpina. **Archivos de zootecnia**, 67(257):41-53.
- Hasunuma T, Kawashima K, Nakayama H, Murakami T, Kanagawa H, Ishii T, Akiyama K, Yasuda K, Terada F, Kushibiki, S. (2011) Effect of cellooligosaccharide or synbiotic

feeding on growth performance, fecal condition and hormone concentrations in Holstein calves. **Animal Science Journal**, 82(4):543-548.

Hill TM, Bateman II HG, Aldrich JM, Schlotterbeck RL (2008) Oligosaccharides for dairy calves. **The Professional Animal Scientist**, 24(5):460-464.

Ignacio DL, Frankenfeld TG, Fortunato RS, Vaisman M, Werneck-de-Castro JPS, Carvalho DP (2009) Regulação da massa corpórea pelo estrogênio e pela atividade física. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, 53(3):310-317.

James JR, Hertel JL, Babsky AM, Hekmatyar SK, Heiman ML, Jackson CV, Bansal N (2009) Fat and water 1H MRI to investigate effects of leptin in obese mice. **Obesity** 17:2089–2093.

Kleinert M, Clemmensen C, Hofmann SM, Moore MC, Renner S, Woods SC, Huypens P, Beckers J, Angelis MH, Schürmann A, Bakhti M, Klingenspor M, Heiman M, Cherrington AD, Ristow M, Lickert H, Wolf E, Havel PJ, Müller TD, Tschöp MH (2018) Animal models of obesity and diabetes mellitus. **Nature Reviews Endocrinology** 14(3): 140–162.

Król, B (2011) Effect of mannanoligosaccharides, inulin and yeast nucleotides added to calf milk replacers on rumen microflora, level of serum immunoglobulin and health condition of calves. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities** 14(2):18.

Lei CL, Dong GZ, Jin L, Zhang S, Zhou J (2013) Effects of dietary supplementation of montmorillonite and east cell wall on lipopolysaccharide adsorption, nutrient digestibility and growth performance in beef cattle **Livestock Science** 158:57-63.

Li GH, Liu B, Qu MR, Zhang XF, Liu GB, Gao M, Zhang AZ (2007) Effects of soybean oligosaccharides infusion in different parts of the gastrointestinal tract on several immune indices in sheep. **Chinese Journal of Animal Science** 19:1-7.

Milewski S, Brzostowski H, Tanski Z, Zaleska B, Zabek K, Kosinnska K (2009) Effect of yeast preparations *Saccharomyces cerevisiae* on meat performance traits and blood hematological indices in sucking lambs. **Medycyna Weterynaryjna** 65:51-54.

Milewski S, Wójcik R, Zaleska B, Małaczewska J, Tański Z, Siwicki AK (2013) Effect of *Saccharomyces cerevisiae* dried yeast on the meat performance traits and selected indicators of humoral immunity in lambs. **Acta Veterinaria Brno** 82(2):147-151.

Nixon JP, Zhang M, Wang C, Kuskowski MA, Novak CM, Levine JA, Billington CJ, Kotz CM (2010) Evaluation of a quantitative magnetic resonance imaging system for whole body composition analysis in rodents. **Obesity** 18:1652–1659.

Quigley III JD, Drewry JJ, Murray LM, Ivey SJ (1997) Body weight gain, feed efficiency, and fecal scores of dairy calves in response to galactosyl-lactose or antibiotics in milk replacers. **Journal of Dairy Science** 80(8):1751-1754.

Rabassa VR, Roos TB, Schwegler E, Schmitt E, Antunes MM, Lopes MS, Montagner P, Del Pino FAB, Ribeiro CLG, Corrêa MN (2011) Efeito da suplementação com mananoligossacarídeo sobre parâmetros clínicos e ganho de peso vivo de bezerras. **Semina: Ciências Agrárias** 32(4):1547-1555.

Ribeiro PR (2019) **Determinação da composição corporal de caprinos da raça Saanen pelo método de absorptometria de raios-X de dupla energia (DXA)**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 64f.

RStudio Team (2015). **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Schultz CG, Dier J, Kuchel TR, Moore RJ, Chatterton BE (2015) Serial dxa bone and soft tissue estimations in growing sheep. **British Journal of Medicine and Medical Research** 10(11):1-9.

Soliman SM, El-Shinnawy AM, El-Morsy AM (2016) Effect of Probiotic or Prebiotic Supplementation on the Productive Performance of Barki Lambs. **Journal of Animal and Poultry Production** 7(10):369-346.

Terré M, Calvo MA, Adelantado C, Kocher A, Bach A (2007) Effects of mannan oligosaccharides on performance and microorganism fecal counts of calves following an enhanced-growth feeding program. **Animal Feed Science and Technology** 137(1-2):115-125.

Uyeno Y, Shigemori S, Shimosato T (2015) Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. **Microbes Environment** 30(2):126–132.

Yáñez EA (2002) **Desenvolvimento relativo dos tecidos e características da carcaça de cabritos Saanen, com diferentes pesos e níveis nutricionais**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2002. 85 f.

Capítulo 5 – Considerações Finais

Os animais utilizados neste estudo foram mantidos em regime similar ao de fazendas de caprinos no país, com intuito de analisar a aplicabilidade na realidade da cadeia produtiva. Desta forma, desafios sanitários estiveram presentes, bem como padrões comportamentais de disputa e relação de dominância entre os animais, que foram mantidos em grupos ao longo do experimento, com exceção do período de aleitamento artificial dos cabritos, no qual os animais foram mantidos em gaiolas individuais suspensas.

Dentre os desafios da experimentação com caprinos está a prevalência do vírus da artrite-encefalite caprina, CAEV, que estava presente no rebanho e também é prevalente em muitas fazendas de caprinos ao redor de todo o mundo. Parte das cabras usadas neste trabalho são soropositivas. Apesar dos prejuízos que presença do vírus no rebanho pode causar, apenas uma cabra apresentou a manifestação clínica da doença, com episódio de artrite. Foi necessária a intervenção cirúrgica para terminação da gestação. Duas cabritas nasceram de cesariana e, por serem prematuras, foram excluídas do experimento.

De maneira geral, produtos à base de leveduras melhoram resposta imune e a saúde durante eventos estressantes devido sua ação imunomoduladora e modificação da resposta biológica, mitigando, portanto, efeitos negativos decorrentes da ação de patógenos e morbidade de doenças. Em parte, por melhora geral na saúde gastrointestinal e modificação da composição da microflora, esses suplementos também influenciaram o metabolismo de animais de produção. Tais mudanças metabólicas levaram a melhoria na produção, no desempenho e no crescimento. É importante ressaltar que a literatura é carente de dados relativos tanto ao desenvolvimento corporal quanto a composição corporal de ruminantes suplementados com prebiótico de *Saccharomyces cerevisiae*, mesmo em meio a evidências da influência da suplementação sobre a absorção de nutrientes. Como foi apresentado na revisão bibliográfica do presente trabalho, muitos autores avaliam o ganho de peso total, mas não quantificam as proporções de massa magra, gordura e conteúdo mineral.

Os prebióticos representam uma classe de suplementos naturais que podem substituir a necessidade do uso de antibióticos e tratamentos de doenças. A

combinação destes fatores tem a habilidade de melhorar a saúde e bem-estar dos animais, o que pode gerar impacto na rentabilidade.

A saúde intestinal se tornou um tópico popular na pecuária, mas o ruminante gado são os menos desenvolvidos no sentido de pesquisa científica e comercial aplicação e proporcionar a maior oportunidade de crescimento na aplicação da indústria. O afluxo recente de pesquisas nutricionais que investigam como os ingredientes podem influenciar a saúde intestinal representa uma mudança na abordagem da nutrição de ruminantes, que tem sido historicamente enraizada em descobertas quantitativas. A fim de discutir adequada e apropriadamente o intestino saúde, dois princípios importantes devem ser considerados: microbiota e a integridade da barreira o TGI.

Existem várias oportunidades em diferentes estágios da vida e pontos diferentes dentro do sistema de produção (aleitamento, recria, reprodução, produção) para melhorar a saúde intestinal e o desempenho produtivo dos ruminantes. A amplitude das tecnologias nutricionais, atualmente já comuns em espécies animais monocavitárias, mas com menor número de estudos consistentes testados em ruminantes, oferece oportunidade para o desenvolvimento e aplicação em animais pluricavitários. Desta forma, com a manipulação da morfofisiologia do TGI e a melhoria do sistema imune, partindo de uma dieta balanceada, será possível promover o aprimoramento da produção de caprinos e ruminantes em geral.