

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

AFRANIO GIROLDO DE SANTANA

**USO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA RAÇÃO PARA CAPRINOS:
DESEMPENHO PRODUTIVO E METABÓLICO**

UBERLÂNDIA – MG

2021

AFRANIO GIROLDO DE SANTANA

**USO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA RAÇÃO PARA CAPRINOS:
DESEMPENHO PRODUTIVO E METABÓLICO**

Monografia apresentada a coordenação do curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: Gilberto de Lima Macedo Júnior.

UBERLÂNDIA – MG

2021

AFRANIO GIROLDO DE SANTANA

**USO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA RAÇÃO PARA CAPRINOS:
DESEMPENHO PRODUTIVO E METABÓLICO**

Monografia aprovada como requisito parcial a
obtenção do título de Zootecnista no curso de
graduação em Zootecnia da Universidade
Federal de Uberlândia.

APROVADO EM 03 de Novembro de 2021

Gilberto de Lima Macedo Júnior

(Faculdade de Medicina Veterinária)

Simone Pedro da Silva

(Faculdade de Medicina Veterinária)

Érica Beatriz Schultz

(Universidade Federal de Viçosa)

UBERLÂNDIA – MG

2021

RESUMO

O uso das enzimas exógenas é uma biotecnologia utilizada para otimizar a produção de ruminantes, através da melhora da digestibilidade e degradabilidade ruminal da fibra, do amido e da proteína presentes nos mais diversos alimentos. Objetivou-se avaliar o efeito das enzimas exógenas fornecidas como aditivo em ração para caprinos. Foram utilizados 21 cabritos mestiços $\frac{1}{2}$ Anglo Nubiano x $\frac{1}{2}$ Saanen, com idade média de 2 meses, pesando em média 16,77 kg. Estes animais foram alojados em baias coletivas, distribuídos em quatro tratamentos: CONTROLE (sem nenhuma adição de enzima); AMAIZE[®] (enzima amilolítica); ALLZYME[®] (enzima proteolítica) e FIBROZYME[®] (enzima fibrolíticas). Foram avaliados o consumo de matéria seca (CMS), ganho de peso diário (GMD), comportamento ingestivo, parâmetros biométricos e concentração sanguínea dos metabólitos energéticos (glicose, frutossamina, colesterol, triglicerídeos, VLDL, HDL, LDL, LDL/HDL e CT/HDL), metabólitos hepáticos (GGT, AST) e metabólitos proteicos (ureia, albumina, proteínas totais, ácido úrico e creatinina). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com medidas repetidas ao tempo. As médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de SNK ao nível de significância de 5% e os períodos por análise de regressão dos efeitos lineares e quadráticos à 5% de significância. Os animais, independente do tratamento, apresentaram CMS acima do recomendado. Não houve alteração do comportamento ingestivo com uso de enzimas exógenas ($p>0,05$), no entanto, para os períodos, à medida que avançou a idade dos animais houve redução do tempo total de mastigação ($p<0,05$). Houve aumento linear ($P<0,05$) de todas as medidas biométricas independente do uso de enzimas exógenas, indicando o crescimento muscular até atingir a idade da puberdade, onde posteriormente o crescimento se tornou estável. As enzimas exógenas Amaize[®], Allzyme[®] e Fibrozyme[®], apresentaram resultados positivos no perfil energético desses animais, mantendo elevado os níveis de glicose dos animais e manteve os demais metabólitos dentro dos níveis recomendados. Os metabólitos hepáticos (GGT e AST) demonstraram que não houve distúrbios hepáticos. Quanto aos metabólitos proteicos, a ureia ficou acima do recomendado, indicado falta de sinergismo no rúmen, que se comprova pelos baixos valores de proteínas totais, já para a albumina, ácido úrico e creatinina seus valores estão dentro da faixa recomendada. A utilização das enzimas exógenas não provocou melhora significativa nas variáveis de desempenho, e favoreceu a degradação dos carboidratos, possibilitando maior aporte energético aos animais.

Palavras-chave: consumo, comportamento, fibra, amido, proteína.

Abstract

The use of exogenous enzymes is a biotechnology used to optimize the production of ruminants, by improving the digestibility and ruminal degradability of fiber, starch and protein present in the most diverse foods. The aim of this study was to evaluate the effect of exogenous enzymes provided as an additive to goat feed. Twenty-one crossbred goats $\frac{1}{2}$ Anglo Nubiano x $\frac{1}{2}$ Saanen, with an average age of 2 months, weighing an average of 16.77 kg were used. These animals were housed in collective pens, distributed in four treatments: CONTROL (without any addition of enzyme); AMAIZE® (amylolytic enzyme); ALLZYME® (proteolytic enzyme) and FIBROZYME® (fibrolytic enzyme). Dry matter intake (DMC), daily weight gain (GMD), ingestive behavior, biometric parameters and blood concentration of energy metabolites (glucose, fructosamine, cholesterol, triglycerides, VLDL, HDL, LDL, LDL/HDL and CT) were evaluated /HDL), hepatic metabolites (GGT, AST) and protein metabolites (urea, albumin, total proteins, uric acid and creatinine). The design used was completely randomized with repeated measures over time. The treatment means were evaluated by the SNK test at a significance level of 5% and the periods by regression analysis of linear and quadratic effects at 5% significance. The animals, regardless of the treatment, had above recommended CMS. There was no change in ingestive behavior with the use of exogenous enzymes ($p>0.05$), however, for the periods, as the age of the animals progressed, there was a reduction in the total chewing time ($p<0.05$). There was a linear increase ($P<0.05$) of all biometric measurements regardless of the use of exogenous enzymes, indicating muscle growth until reaching the age of puberty, where later the growth became stable. The exogenous enzymes Amaize®, Allzyme® and Fibrozyme®, showed positive results in the energy profile of these animals, keeping the animals' glucose levels high and keeping the other metabolites within the recommended levels. Hepatic metabolites (GGT and AST) demonstrated that there were no liver disorders. As for protein metabolites, urea was above recommended, indicating a lack of synergism in the rumen, as evidenced by the low values of total protein, whereas for albumin, uric acid and creatinine, their values are within the recommended range. The use of exogenous enzymes did not significantly improve performance variables, and favored the degradation of carbohydrates, enabling greater energy input to the animals.

Keywords: consumption, behavior, fiber, starch, protein.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. HIPÓTESE.....	7
3. OBJETIVO.....	8
4. REVISÃO DE LITERATURA	8
4.1. Enzimas.....	8
4.2. O rúmen como produtor de enzimas.....	9
4.3. Enzimas Exógenas	11
4.3.1. Enzimas Amilolíticas	13
4.3.2. Enzimas Fibrolíticas	14
2.3.3. Pectinases.....	16
2.3.4. Enzimas Proteolíticas	16
2.4. Metabólitos Sanguíneos.....	17
2.5. Biometria Corporal.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÃO	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

Quando se fala de animais ruminantes, o alimento fornecido a eles (que normalmente são forrageiras) deve ser de boa qualidade, pois um dos fatores que mais limita a produtividade dos ruminantes é o baixo aproveitamento dos nutrientes presentes nas forragens, e segundo Neiva (2018), uma forma de se otimizar a digestibilidade e a degradabilidade ruminal das fibras, proteínas e amidos é a utilização de enzimas exógenas. Além de melhorar o desempenho, visa também diminuir os custos da produção, através da redução da quantidade de insumos obtido pela melhora do aproveitamento dos nutrientes da dieta (KRAUSE et. al. 2003, apud NEIVA, 2018).

Pode-se dizer que as principais enzimas exógenas utilizadas em ruminantes são as amilolíticas, fibrolíticas e proteolíticas. As enzimas amilolíticas atuam de forma a aumentar a digestibilidade do amido no ambiente ruminal (NEIVA, 2018), as enzimas fibrolíticas atuam melhorando a degradabilidade da parede celular vegetal, aumentando também o aproveitamento da parte fibrosa do alimento (BEAUCHEMIN et. al., 2004) e as enzimas proteolíticas atuam na quebra da matriz proteica, o que aumenta a ação dos microrganismos ruminais, melhorando a degradabilidade da dieta (MENEZES, 2017).

Dentre as enzimas exógenas citadas acima, a que possui mais estudos sobre seus efeitos são as enzimas fibrolíticas, visto que a digestão da fibra no rúmen é um dos fatores que mais limitam a produção dos animais ruminantes. Também há alguns estudos que avaliam os efeitos das enzimas amilolíticas e proteolíticas em ovinos, tal como no estudo realizado por Neiva (2018), no entanto, poucos trabalhos são encontrados na literatura referentes ao uso de enzimas exógenas em caprinos, seja eles avaliando a forma de aplicação destas enzimas, ou avaliando seus efeitos sobre o desempenho produtivo e metabólico, o que torna necessário mais estudos com esses aditivos para compreender por completo seus efeitos sobre os ruminantes.

2. HIPÓTESE

O uso de enzimas exógenas (amilolíticas, fibrolíticas e proteolíticas) promove melhoras nos parâmetros produtivos e metabólicos de caprinos.

3. OBJETIVO

Este estudo objetivou comparar a utilização de três diferentes tipos de enzimas exógenas (amilolíticas, fibrolíticas e proteolíticas) como aditivos na ração para caprinos, e avaliar seus efeitos sob o consumo, desempenho produtivo (biometria) e metabólitos sanguíneos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Enzimas

As enzimas são moléculas, na sua grande parte proteicas, altamente específicas, capazes de atuar como catalisadores biológicos, ou seja, é uma substância capaz de aumentar a velocidade de uma reação química, o que resulta numa melhora do metabolismo. Cada enzima atua somente sobre um determinado composto, denominado substrato, e o nome da enzima é determinado pelo nome do substrato, com o acréscimo do sufixo “ase”, por exemplo, as amilases atuam sobre o amido, as fosfatases sobre os fosfatos, as proteases sobre as proteínas, e assim por diante (COELHO, 2008).

A relação entre as enzimas e o substrato era explicada através do modelo “chave-fechadura” proposto por Emil Fischer em 1894, onde a enzima apresenta uma região específica, denominada “sítio ativo”, onde o substrato se encaixa graças as suas ligações com as cadeias de aminoácidos laterais do sítio ativo. Neste modelo, a enzima e o substrato são considerados rígidos, ou seja, não apresentam nenhuma elasticidade, o que aumenta ainda mais o fator de especificidade entre a enzima e substrato. No entanto, em 1958, Koshland propôs um novo modelo, denominado “encaixe induzido”, e neste modelo, o substrato consegue induzir uma certa mudança na conformação do sítio ativo, demonstrando que o processo de interação não é tão simples como uma “chave” e uma “fechadura” (SANTOS, 2019).

Independente de qual modelo explique o modo de ação das enzimas, o ponto crucial é que as enzimas são caracterizadas por uma incrível especificidade, já que existe uma forma de enzima para cada tipo de substrato, e graças a essa especificidade existe uma digestão eficaz e completa dos alimentos, o que melhora a biodisponibilidade

e absorção dos nutrientes no trato digestivo, que por fim resulta em economia de energia, a qual se reflete em melhor conversão e ganho de peso dos animais (BARRERA, 2018).

As enzimas se dividem em dois grupos, as endógenas (as que são produzidas pelo próprio organismo), e as exógenas (são obtidas a partir da alimentação). Quanto as enzimas exógenas, a maioria delas é obtida através de fungos, leveduras e bactérias, e são proteínas que cumprem a mesma função de catalisadores biológicos, ou sejam, aceleram as reações químicas do organismo. Sendo assim o seu uso na nutrição animal pode ajudar a reduzir os custos de usos de matérias primas na composição das dietas, pois, pelo efeito de catalisador, o alimento é mais aproveitado, através da melhora da digestibilidade, e o animal apresenta um incremento em sua produção (ROJAS ,2014).

4.2. O rúmen como produtor de enzimas

Os ruminantes são os animais que possuem o sistema digestório mais bem adaptado para o aproveitamento dos alimentos vegetais, e o rúmen, é uma adaptação pré-gástrica muito especializada, capaz de armazenar grande quantidade de material vegetal e também capaz de realizar processamento microbiano sob este alimento (GARCÍA, 2004).

De acordo com Oliveira (2007), o ecossistema ruminal consiste principalmente de bactérias, protozoários e fungos anaeróbicos. A relação simbiótica entre esses microrganismos e o animal é o que torna os ruminantes capazes de aproveitar os alimentos vegetais, o animal fornece o alimento e o rúmen para o crescimento dos microrganismos, e estes suprem o animal com ácidos resultantes da fermentação e com proteína microbiana (OLIVEIRA, 2007).

Segunda García (2004), bactérias, fungos e protozoários que estão presentes na microflora ruminal são responsáveis por produzir um grande volume de enzimas que possuem função de degradar o alimento ingerido, e o acesso destas enzimas no alimento depende da estrutura, composição e também das técnicas de processamento aplicadas neste alimento. A mastigação, salivagem e a ruminação começam a quebrar o alimento, tornando-os mais acessíveis para as enzimas digestivas microbianas. De um modo geral, no rúmen, as enzimas microbianas trabalhando simultaneamente são responsáveis pela digestão dos compostos fibrosos das plantas.

Dentro do rúmen, são diversas as enzimas responsáveis pela atividade enzimática, tais como as que degradam as paredes celulares das plantas (celulases,

xylanases, pectinases, etc.), amilases, proteases, fitases e também algumas que degradam certos tipos de toxinas que algumas plantas possuem, como por exemplo as taninases, e para que a digestão seja eficiente, é necessária uma ação em conjunto com várias enzimas (GARCÍA, 2004).

Entre as bactérias, fungos e protozoários que existem na microflora ruminal, as bactérias são os microrganismos mais ativos na atividade enzimática, tendo assim mais de 20 espécies, com uma população entre 1×10^9 a 10×10^9 de células por grama de conteúdo ruminal (TEIXEIRA, 1991). Usualmente se classifica essas bactérias de acordo com sua atuação no processo fermentativo, e de forma especial, pode-se citar as bactérias celulolíticas, amilolíticas e as proteolíticas (TEIXEIRA, 1991).

As bactérias celulolíticas produzem a enzima extracelular celulase, através da hidrólise da celulose, e a maioria das celulases vão estar associadas à células aderidas às partículas fibrosas do conteúdo ruminal (TEIXEIRA, 1991). Para o crescimento das bactérias celulolíticas, os ácidos graxos de cadeia ramificada são necessários (DEHORITY, 1987).

De acordo com Hungate (1966), as espécies celulolíticas produzem principalmente acetato, propionato, butirato, succinato, formato, gás carbônico e hidrogênio, e pode ocorrer de liberar também etanol e lactato. Dehority (1987) e Soest (1982) afirmam que as principais espécies celulolíticas são *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus*, *Bacteroides succinogenes* e *Butyrivibrio fibrisolvens*.

As bactérias amilolíticas são as responsáveis pela degradação do amido, através da enzima amilase, que é fermentada por espécies do gênero bacteroides, dentre essas, *Bacteroides amylophilus* que utiliza o amido, mas não é capaz de utilizar glicose ou outros monossacarídeos (TEIXEIRA, 1991). Outras bactérias, como *Streptococcus bovis* e *Selenomonas ruminantium* fermentam amido e açúcares solúveis produzindo acetato quando os carboidratos são abundantes, ou produzem acetato e propionato quando a concentração de substrato prontamente fermentável decresce (TEIXEIRA, 1991). De acordo com Russel (1988), a formação de acetato e propionato descrita acima é a rota metabólica que maximiza a produção de ATP.

Existem diversas bactérias proteolíticas no rúmen capazes de degradar a proteína, no entanto, existem as essencialmente proteolíticas, que utilizam aminoácidos como fonte de energia primária, tais como a *Bacteroides amylophilus* e *Bacteroides ruminicola* (TEIXEIRA, 1991). A proteína contida no alimento pode ser degradada pelos microrganismos ruminais, liberando amônia e ácidos graxos voláteis, e de acordo com

Teixeira (1991), a excessiva degradação proteica no ambiente ruminal causa redução na retenção de nitrogênio pelo hospedeiro.

4.3. Enzimas Exógenas

Tendo em vista a importância das enzimas endógenas nos processos digestórios, o fornecimento de uma suplementação enzimática aos animais veio como uma nova tecnologia para otimizar a produção destes animais.

A essas enzimas utilizadas de forma suplementar, dá-se o nome de enzimas exógenas, e na nutrição de ruminantes, elas podem ser divididas em três principais categorias, que são: as enzimas fibrolíticas, as amilolíticas e as proteolíticas (SUJANI & SERESINHE, 2015).

Os produtos enzimáticos mais utilizados pela indústria são obtidos principalmente de quatro bactérias (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. plantarum* e *Streptococcus faecium*, spp.) e três fungos (*Aspergillus oryzae*, *Trichoderma reesei* e *Saccharomyces cerevisiae*) (SUJANI & SERESINHE, 2015).

Quanto ao seu modo de ação, as enzimas exógenas podem afetar a utilização do alimento pelos ruminantes de duas formas, sendo a primeira através de sua mistura com o próprio alimento, antes desse ser consumido pelo animal, e o segundo através de um estímulo a digestão no rúmen e também no trato digestivo pós ruminal (Mc Allister et. al.,2001 apud GARCÍA,2004).

Segundo García (2004), os efeitos que são obtidos com a utilização das enzimas exógenas sendo aplicadas antes do consumo, denominado efeito de hidrólise, podem ser bastantes simples, como a liberação carboidratos solúveis mediante uma digestão parcial do alimento, e também podem ser complexos, como a degradação de barreiras que impeçam a digestão microbiana do alimento no rúmen. Morgavi et. al. (2000) afirma que nesta situação, ocorre uma formação de um complexo enzima-substrato, que é muito estável, permitindo que a enzima permaneça mais tempo no rúmen, evitando-se assim perdas de enzimas por solubilização.

Como forma de utilização de enzimas exógenas antes do consumo do animal, pode-se citar o processo de inoculação de silagem com bactérias do gênero *Bacillus subtilis*, de acordo com Basso (2012), este processo de inoculação é capaz de tornar a silagem de milho mais estável associada a menor ocorrência de leveduras e fungos filamentosos, o que é positivo, pois as leveduras é o principal grupo responsável

pela deterioração das silagens após a sua abertura, e se este grupo de microrganismos é reduzido, tem-se efeito positivo sob a temperatura da silagem também, pois a redução da atividade microbiana reduz a produção de calor, causando menos oxidação. Ou seja, a inoculação de *Bacillus subtilis* controla o crescimento de microrganismos deterioradores melhorando a estabilidade aeróbica da silagem de milho, mantendo assim por tempo maior as características nutritivas e sanitárias deste alimento (BASSO, 2012).

Quando a enzima exógena se encontra dentro do rúmen, elas podem atuar diretamente na digestão do alimento, ou podem estimular indiretamente a atividade digestiva através de um efeito de sinergia com os microrganismos ruminais (GARCÍA, 2004). Segundo Morgavi et. al., (2000), esse sinergismo entre as enzimas exógenas e os microrganismos ruminais eleva o efeito hidrolítico total, o que possibilita maior aproveitamento dos nutrientes.

Ainda de acordo com García (2004), as enzimas exógenas podem permanecer ativas em ambientes pós-ruminais, contribuindo mais ainda com a digestão, e isso vai possibilitar uma melhora indireta na absorção dos nutrientes mediante uma diminuição na viscosidade da digesta intestinal, e ainda por cima pode ocorrer a hidrólise de substratos que escaparam da digestão ruminal. As melhoras na digestão e na passagem do alimento, possibilitado pela melhora da viscosidade do quimo na porção inicial do intestino delgado levam a uma melhora na eficiência alimentar, conseqüentemente a uma melhora da taxa de passagem. Mertens et. al. (1994), afirma que uma rápida redução no tamanho de partículas no rúmen e/ou um aumento do consumo do alimento são responsáveis por elevar a taxa de passagem.

Em estudo realizado por Barrera (2018), foi testado em ovinos a utilização de enzimas exógenas, objetivando avaliar seus efeitos sobre consumo voluntário, pH, produção de nitrogênio amoniacal e de ácidos graxos voláteis (AGVs), cinética da degradação ruminal *in situ* e produção de gás *in vitro*. Como resultados, foi constatado que a adição de enzimas exógenas na dieta favoreceu o consumo de alimento e a degradação da fibra, conseqüentemente houve um aumento na taxa de passagem. Observou-se também um aumento do pH, do nitrogênio amoniacal e dos AGVs, o que criou um ambiente ótimo para o desenvolvimento dos microrganismos ruminais. E também foi constatado um aumento na síntese de proteínas microbianas, que acarretou na redução da produção de gás metano no ambiente ruminal.

4.3.1. Enzimas Amilolíticas

Segundo Guandalini (2007), as amilases são as enzimas responsáveis por catalisar a hidrólise do amido e seus derivados, e são divididas em α -amilase, a β -amilase e a amiloglicosidase.

As α -amilases pertencem às classes das endoamilases, ou seja, atuam no interior do substrato, hidrolisando as ligações α -1,4 das cadeias de amilose e amilopectina liberando malto-oligossacarídeos. Quando a α -amilase atua sobre amilose, obtém-se maltose e maltotriose, seguida por outra reação mais lenta responsável por formar glicose e maltose. Quando a α -amilase atua sobre a amilopectina, há a formação de oligossacarídeos com ligações α -1,6, glicose e maltose (GUANDALINI, 2007).

As β -amilases pertencem às classes das exoamilases, ou seja, atuam nas extremidades não redutoras, hidrolisando ligações β -1,4, produzindo assim maltose.

As glucoamilases possuem ação similar à β -amilase, pois também é uma exoamilase que produz β -D-glicose a partir da extremidade não redutora da cadeia da amilose, amilopectina e glicogênio através da hidrólise das ligações glicosídicas α -1,4, gerando bastante glicose. O seu diferencial consiste no fato de que também é capaz de hidrolisar as ligações α -1,6, no entanto a velocidade desta reação é muito menor (GUANDALINI, 2007).

Sendo assim, acredita-se que as α -amilases aumentem a quantidade de oligossacarídeos presentes no ambiente ruminal, melhorando a sua hidrólise pelos microrganismos ruminais, o que aumenta a degradação do amido. Todo este processo acarreta no aumento dos açúcares no ambiente ruminal, e estes açúcares pode ser utilizado pelos microrganismos para a sua multiplicação, aumentando assim a população microbiana, e conseqüentemente a capacidade digestiva (NEIVA, 2018).

O amido é o polissacarídeo de reserva das plantas, sintetizado através da fotossíntese, podendo ser encontrado em tubérculos, sementes e raízes (GUANDALINI, 2007). Quimicamente, ele é um polímero de glicose unido por ligações glicosídicas, que podem ser classificadas em dois tipos: amilose e amilopectina (NEIVA, 2018).

A amilose é um polímero linear que possui aproximadamente 6000 unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4. E a amilopectina é uma estrutura altamente ramificada, constituída por ligações glicosídicas α -1,4, e destas saem ramificações unidas por ligações glicosídicas α -1,6, e a molécula de amilopectina pode

chegar em até 2.000.000 de unidades de glicose (GUANDALINI, 2007). O fato da estrutura da amilopectina ser mais ramificada a torna mais susceptível aos processos digestórios, pois fornece maior acesso microbiano e maior ação enzimática devido à maior área de contato (NEIVA, 2018).

Em estudo realizado por Rojo et al. (2005), foi testado a inclusão de enzimas amilolíticas em rações de borregos constituídas em 70% por grãos de sorgo, e foi obtido um resultado na melhora de ganho de peso em 13,9% em relação aos animais que estavam nas mesmas condições só que sem receber o suplemento. Esta resposta se associou com o incremento da digestão ruminal do amido nos grãos tratados, e vai depender do tempo de vida média em que estas enzimas vão estar presentes no rúmen, já que as proteases ruminais podem inativa-las e hidrolisa-las (ROJO-RUBIO et al., 2007).

O aumento na degradação do amido no ambiente ruminal pode ser vantajoso pelo aumento na produção dos ácidos graxos voláteis, tais como o ácido propiônico, que é o principal precursor do glicogênio, devido ao aumento da multiplicação microbiana (que também eleva a síntese de proteína microbiana). Ou seja, a suplementação com enzimas amilolíticas exógenas pode contribuir com o aumento na digestibilidade do amido no ambiente ruminal, elevando a produção dos ácidos graxos, a população microbiana (por consequência a proteína microbiana) e elevando a capacidade de aproveitamento do próprio amido e de outros polissacarídeos (NEIVA, 2018).

4.3.2. Enzimas Fibrolíticas

Um dos fatores que mais limita a produção dos animais ruminantes é o baixo aproveitamento dos nutrientes que estão presentes na forragem, devido as grandes quantidades de carboidratos fibrosos presentes na parede celular, e como a forragem é o principal alimento destes animais, diversas estratégias passaram a ser estudadas com o objetivo de melhorar a qualidade e digestibilidade da fração fibrosa das forrageiras (SAKITA, 2018).

A utilização das enzimas fibrolíticas exógenas é uma destas estratégias adotadas, e o principal objetivo na sua utilização é aumentar a degradabilidade da parede celular vegetal e assim melhorar o aproveitamento das forrageiras pelos animais (BEAUCHEMIN; COLOMBATTO; MORGAVI, 2004).

A parede celular vegetal é uma estrutura complexa constituída por celulose, hemicelulose, lignina, pectina, proteínas, minerais e açúcares solúveis, e estes

são divididos em solúveis e insolúveis (SAKITA, 2018). A celulose, hemicelulose e lignina são os compostos que estão em maior quantidade nos vegetais, e fazem parte da porção insolúvel (VAN SOEST, 1994).

A celulose é um polissacarídeo composto por unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas do tipo β -1,4, podendo apresentar um grau de polimerização superior a 10.000 unidades. A estrutura linear da cadeia da celulose permite a formação de ligações de hidrogênio entre as cadeias, formando microfibras que possuem em torno de 36 cadeias de celuloses unidas entre si, constituindo uma região bem ordenada, o que a torna de natureza cristalina e de difícil degradação. Mas também há uma região menos ordenada, denominada região amorfa, que possui fácil degradação (JØRGENSEN; KRISTENSEN; FELBY, 2007).

As hemiceluloses são polissacarídeos heterogêneos complexos, composto por xilose e arabinose (pentoses), manose, galactose e glicose (hexoses) e ácidos urônicos, unidos por ligações glicosídicas do tipo β -1,4, podendo apresentar um grau de polimerização de até 200 unidades (JØRGENSEN; KRISTENSEN; FELBY, 2007). As hemiceluloses mais importantes são as xilanas e as glucomanas, sendo a xilana um dos principais componentes da hemicelulose vegetal (SAKITA, 2018).

A lignina é o composto não polissacarídeo mais abundante nos vegetais, formada pela polimerização de unidades de fenilpropano constituída de três monômeros, o álcool *p*-cumárico, álcool coniferílico e álcool sinapílico (JØRGENSEN; KRISTENSEN; FELBY, 2007).

Os carboidratos mais abundantes na dieta dos ruminantes são a celulose e a hemicelulose, e são considerados os polissacarídeos potencialmente degradados no rúmen, degradação esta realizada pelos microrganismos ruminais, que produzem as enzimas necessárias para quebrar estes polissacarídeos, aproveitando assim os nutrientes provenientes das forragens, porém de forma incompleta, ou seja, ocorre a excreção de alguns nutrientes no ambiente, o que limita a produtividade animal (SAKITA, 2018).

São diversos os fatores que contribuem para essa degradação incompleta, tais como o fluxo de saída de alimentos do ambiente ruminal (não permanecendo tempo suficiente para que haja a degradação da fibra), a dificuldade de colonização dos microrganismos na superfície do alimento, a possível quantidade insuficiente de enzimas endógenas necessárias e também o fato do acesso limitado dos microrganismos nas frações de celulose e hemicelulose que possuem ligações químicas com a lignina (SAKITA, 2018).

Sendo assim, a utilização das enzimas fibrolíticas exógenas pode contribuir de diversas formas, podendo facilitar o ataque dos microrganismos ruminais nas partículas dos alimentos, reduzindo o tempo de colonização (“lag time”), assim as enzimas atuam numa forma de pré-tratamento, proporcionando assim uma maior quantidade de monossacarídeos para serem fermentados, e pode também reduzir o grau de polimerização dos polissacarídeos, facilitando a adesão dos microrganismos ao substrato, além de poderem atuar em sinergismo com outros microrganismos e suas enzimas endógenas (SAKITA, 2018).

2.3.3. Pectinases

As pectinas são um grupo de polissacarídeos estritamente associados, solúveis em água quente e que são constituintes das paredes celulares primárias das células vegetais (GARCÍA, 2004). Segundo Neiva (2018), a pectina proporciona estrutura, resistência e firmeza ao tecido celular, e também confere texturas as frutas e vegetais.

Bactérias, leveduras, fungos filamentosos e protozoários são alguns dos microrganismos que são capazes de produzir as pectinases, que são as enzimas responsáveis por quebrar os diversos tipos de pectinas nas plantas (NEIVA, 2018). De acordo com Martos et al. (2013), as pectinases dividem-se em pectinesterase, poligalacturonase, pectinaliase e pectatoliase. A poligalacturonase, pectinaliase e pectatoliase são enzimas capazes de clivar os polímeros entre os monômeros de ácido galacturônico, seja por hidrólise ou por eliminação, reduzindo assim a viscosidade dos líquidos, o que contribui para aumentar a digestão e absorção dos nutrientes (NEIVA, 2018). E como os demais compostos enzimáticos, a pectinase não possui função nutricional na dieta, e sim capacidade de influenciar de forma positiva a digestibilidade de algum alimento (NEIVA, 2018).

2.3.4. Enzimas Proteolíticas

As peptidases, ou proteases, são as enzimas hidrolíticas que clivam ligações peptídicas nas proteínas e nos aminoácidos. Elas podem ser classificadas quanto ao local de atuação, sendo exopeptidases as que clivam ligações peptídicas na

extremidade da cadeia, e endopeptidases as que clivam ligações peptídicas no interior da cadeia polipeptídica (VERMELHO et. al. ,2008).

A taxa de degradação dos carboidratos e proteínas no rúmen influencia o fluxo de proteína de origem microbiana para o intestino, por conta disso o fornecimento de alimento com taxas de degradação equivalentes eleva a síntese de proteínas microbianas e proteína metabolizável no rúmen. Sendo assim, as enzimas devem ser capazes de digerir a matriz proteica e expor os nutrientes para que ocorra a digestão microbiana (NEIVA, 2018).

Fatores como relação volumoso/concentrado, tamanho de partículas (granulometria), quantidade de alimento fornecido, fonte proteica e tempo de retenção no ambiente ruminal influenciam na degradação da proteína no rúmen. A utilização das enzimas proteolíticas visa a quebra da matriz proteica que envolve os alimentos, através da hidrólise das cadeias de polipeptídios que resulta no aumento dos sítios de ação para os microrganismos ruminais, possibilitando assim um aumento da digestibilidade deste alimento (NEIVA, 2018).

Como grande parte dos concentrados usados comercialmente nas dietas de ruminantes possuem bastante cereais, como o milho e sorgo, o incremento de uma enzima proteolítica exógena na mistura do concentrado se torna interessante, pois estes cereais possuem matrizes proteicas que dificultam ou impedem a ação dos microrganismos ruminais e conseqüentemente das enzimas endógenas, o que reflete na redução da degradabilidade destes cereais, acarretando a redução da digestibilidade do amido (MENEZES, 2017). Sendo assim, a utilização das enzimas proteolíticas exógenas vem como uma alternativa que pode ser utilizada para quebrar a matriz proteica que reveste os grânulos de amido destes cereais, tornando este mais acessível aos microrganismos ruminais.

2.4. Metabólitos Sanguíneos

Payne et. al. (1970) definiu metabólitos como uma análise dos componentes hemato-bioquímicos específicos que tem por finalidade avaliar, diagnosticar, e prevenir transtornos metabólicos e também tem por objetivo indicar o balanço nutricional do rebanho.

O sangue é o material utilizado para se determinar as concentrações dos indicadores do estado nutricional ou metabólico, pois ele é facilmente adquirido e possui

grande qualidade de informações (OLIVEIRA, 2018). No entanto a interpretação dos resultados obtidos no perfil bioquímico é complexa devido aos mecanismos que controlam o nível sanguíneo de vários metabolitos e também pela grande variação desses níveis em função de fatores como raça, idade, dieta, stress, manejo, clima e estado fisiológico (GONZÁLEZ, 2003).

De acordo com Oliveira (2018), os perfis metabólicos podem ser divididos em: proteico, energético e mineral. O estudo dos perfis metabólicos proteico pode ser compreendido como a determinação das concentrações séricas de proteínas totais, albuminas, globulinas, hemoglobina, ácido úrico, creatinina e ureia. Como indicadores do metabolismo energético, avalia-se níveis de glicose, β -hidroxibutirato, frutossamina, colesterol, triglicerídeos e ácidos graxos livre. E para o metabolismo mineral avalia-se os níveis de cálcio, fosforo, potássio, magnésio, entre outros.

Em estudo realizado por Neiva (2018), onde foi analisado a inclusão de enzimas exógenas (enzimas fibrolíticas, amilolíticas, proteolíticas e um MIX composto pelas três anteriores) em borregas, foi observado que não houve efeitos sob os metabólicos proteicos em função dos tratamentos, no entanto, alguns valores estão acima dos valores médios citados na literatura, como a albumina. Valores elevados de albumina podem ser causados pela elevada inclusão de proteína na dieta dos animais, e juntando a elevada quantidade com o efeito da enzima proteolítica, haverá maior degradação e absorção da mesma, colaborando com o aumento do status proteico destes animais.

A inclusão das enzimas pode contribuir com o aumento da degradação dos carboidratos solúveis, aumentando a capacidade fermentativa do rúmen e a degradação dos nutrientes, o que contribui com uma elevação na produção de ácidos graxos voláteis, e dentre eles, pode-se citar o ácido propiônico, que é o principal precursor da glicose. O aumento da glicose implica no aumento do metabolismo energético destes animais, contribuindo também com o aumento de outros metabolitos energéticos, como o colesterol, triglicerídeos e frutossamina (NEIVA, 2018).

2.5. Biometria Corporal

A biometria corporal é uma ferramenta que pode ser utilizada em pequenos ruminantes com o objetivo de mensurar a sua produtividade, e juntamente com outros índices zootécnicos forma uma importante base de dados que podem ser utilizados para avaliar o animal e determinar a evolução dos rebanhos (SOUZA et al., 2014).

As medidas biométricas obtidas dos animais possuem alta correlação com as medidas de carcaça e podem ser utilizadas para se estimar as medidas da futura carcaça (SOUZA et al., 2014), conhecer o potencial produtivo do animal, comparar rebanhos e definir padrões raciais (BORGES et. al., 2016).

As medidas biométricas consistem de avaliações do peso do animal, bem como de algumas medidas corporais como: o comprimento corporal, perímetro torácico, perímetro abdominal, altura de garupa e altura de cernelha e largura de peito. Através destas medidas, pode-se obter dados de rendimento de carcaça e capacidade respiratória e digestiva (BORGES et. al., 2016).

A pesagem corporal dos animais pode ser realizada utilizando uma balança própria para pequenos ruminantes, e a morfometria corporal pode ser feita com um auxílio de uma fita métrica, com o animal em pé mantido sob superfície plana (SOUZA et al., 2014).

As medidas também podem ser utilizadas como base para se estimar a exigência nutricional e a maturidade fisiológica do animal. Medidas de altura de cernelha e garupa, quando associadas a outros parâmetros servem como base para avaliar o desempenho animal, mas não deve ser utilizada de forma isolada para estimar o crescimento corporal e a maturidade fisiológica. Medidas de perímetro torácico em caprinos tem o objetivo de estimar a capacidade respiratória e vascular do animal, sendo então relacionada a capacidade produtiva. Logo é interessante caprinos que apresentem peito largo (BORGES et. al.,2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Fazenda Experimental Capim Branco, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais. O período de realização foi de 21 de agosto de 2018 a 14 de novembro de 2018. O protocolo experimental deste trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da UFU sob o número 093/16.

Foram utilizados 21 cabritos mestiços, ½ Anglo Nubiano x ½ Saanen, com idade média de 2 meses, que estavam em manejo de mamada controlada (separados da mãe durante o período das 08:00 horas até às 16:00 horas), alimentados com dieta contendo volumoso (silagem de milho) e concentrado próprio para filhotes. Estes animais foram divididos em quatro baias coletivas (sendo três baias com 5 animais e uma baia com 6 animais), cada baia era destinada a um tratamento avaliado. Essas baias possuíam em torno de 20m² e ficavam localizadas em galpão de alvenaria sob local coberto (telha de barro), providas de comedouro externo, bebedouro, saleiro e piso ripado suspenso. Os animais possuíam acesso livre ao bebedouro e cocho com sal mineral à vontade. Na Tabela 1 encontra-se a composição das enzimas exógenas utilizadas durante o estudo, de acordo com as informações do fabricante.

TABELA 1- Composição das enzimas utilizadas no experimento segundo o fabricante Alltech[®].

Composição	Allzyme [®]	Amaize [®]	Fibrozyme [®]
Pectinase	Min. 4000 u*/g	-	-
Protease	Min. 700 u*/g	-	-
Fitase	Min. 300 u*/g	-	-
Betaglucanase	Min. 200 u*/g	-	-
Xilanase	Min. 100 u*/g	-	Min. 100 XU* ² /g
Celulase	Min. 40 u*/g	-	-
Amilase	Min. 30 u*/g	Min. 600 FAU* ¹ /g	-

* Uma unidade de atividade enzimática equivalente à quantidade de enzima que dextriniza 1 grama de substrato solúvel por minuto, a pH 4,8 e 30°C; *1. Uma unidade de atividade enzimática alfa-amilase equivalente a quantidade de enzima que dextriniza 1 grama de amido solúvel por minuto, a pH 4,8 e 30°C; *2. Uma unidade de atividade enzimática xilanase equivalente à quantidade de enzima que libera 1 micromol de xilose por minuto a partir de xilano a pH 5,3 e 50°C.

A alimentação dos animais do experimento era composta por silagem de milho e por um concentrado farelado (tabela 2), e nesta era misturada a enzima exógena a ser avaliada, ou seja, os tratamentos são constituídos pela inclusão de diferentes enzimas na ração, sendo: Controle (sem adição de enzima), Allzyme[®] (enzima proteolítica), Fibrozyme[®] (enzima fibrolítica) e Amaize[®] (enzima amilolítica). As dosagens a serem utilizadas foram fornecidas pela fabricante (Alltech[®]). Na Tabela 2 observa-se a composição centesimal dos concentrados em função dos tratamentos, a composição do sal mineral e também a composição bromatológica das rações e da silagem, sendo que nas proporções utilizadas ela irá permitir ganho de 200g/dia segundo as recomendações do NRC (2007).

TABELA 2- Composição centesimal dos concentrados experimentais, do sal mineral e composição bromatológica dos concentrados e da silagem.

Ingredientes	Controle	Allzyme [®]	Amaize [®]	Fibrozyme [®]	
	Composição percentual				
Farelo de milho	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	
Farelo de soja	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	
Sal mineral	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	
Ureia	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	
Enzimas*	-	150g	150g	180g	
Adsorvente**	400g	400g	400g	400g	
Composição do Sal Mineral g/Kg					
Cálcio (mín./máx.)	157,00/212,47 g		Magnésio (mín.)	21,60 mg	
Fósforo (mín.)	65,00 g		Zinco (mín.)	3600,00 mg	
Enxofre (mín.)	18,00 g		Cobalto (mín.)	64,80 mg	
Sódio (mín.)	117,00 g		Iodo (mín.)	14,40 mg	
Manganês (mín.)	2160,0 mg		Selênio (mín.)	18,00 mg	
Composição bromatológica dos concentrados e da silagem					
Fração	Silagem	Controle	Allzyme [®]	Fibrozyme [®]	Amaize [®]
MS %	38,40	79,60	78,08	78,00	77,12
PB %	7,36	16,30	18,15	16,53	17,62

*Dados fornecidos pelo fabricante para uma mistura total de 200 kg de concentrado. **O produto utilizado foi o Mycosorb[®], Alltech[®]. MS – Matéria seca; PB – proteína bruta.

O arraçoamento ocorreu todos os dias em dois períodos, às 8 horas e às 16 horas. Toda semana os animais foram pesados para ajuste no fornecimento da ração, reajuste esse realizado de forma a sempre restar aproximadamente 10% de sobras no cocho. A ração ofertada aos animais foi composta de 70% de concentrado e 30% de volumoso (silagem de milho).

O consumo de alimento foi determinado a partir da diferença entre ofertado e as sobras, através de pesagens diárias feitas em balança eletrônica, com precisão de 5 gramas. Todos os dias, no período da manhã, foram coletadas as sobras de alimento de cada baia. E destas sobras, separava-se 500 gramas por baia, que posteriormente eram guardadas em saco plástico. Também no período da manhã, juntamente com a pesagem do primeiro trato, era pesado 500g do ofertado, que também era guardado em saco plástico. Cada saco plástico era marcado com uma data de início e fim de coleta, e o intervalo dessas datas era a duração exata de uma semana, ou seja, para cada saco plástico, devia-se coletar 3,5 quilos de sobras e de ofertado (500 gramas por dia durante sete dias). Isso foi feito para cada baia até o fim do experimento. Os sacos plásticos eram guardados em freezer a -15°C, de forma a sempre conservar as amostras.

De cada amostra dessas de 3,5 quilos, foi feita uma mistura de forma bem homogênea e retirou-se uma amostra de 500 gramas, a qual foi colocada em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C, onde permaneceu por um período de 72 horas, e assim obteve-se dados suficientes para ser realizado a 1ª matéria seca destas amostras.

Posteriormente, essas amostras foram trituradas, em moinho de facas do tipo Willey, em partículas de 1 mm. Logo depois, as amostras foram levadas ao laboratório onde foi realizado a determinação da segunda matéria seca, em estufa de 105°C por 24 horas, o que possibilitou calcular a matéria seca definitiva, através da seguinte fórmula:

$$MSD(\%) = \left(\frac{1^{\circ}MS \times 2^{\circ}MS}{100} \right)$$

Onde MSD é Matéria Seca Definitiva, 1ºMS é a primeira Matéria Seca e 2ºMS é a segunda Matéria Seca.

As medidas biométricas utilizadas para avaliar o crescimento corporal dos animais foram: altura do anterior (AA), altura do posterior (AP), comprimento corporal (CC), circunferência torácica (CT), largura de peito (LP), e circunferência de barril (CB).

De acordo com Oliveira (2018), as medidas biométricas são feitas com o auxílio de uma fita métrica, com o animal calmo e contido em uma superfície plana com uma postura alinhada. Estas medidas foram realizadas quinzenalmente, no período da manhã antes da primeira refeição dos animais, sempre pelo mesmo avaliador, de forma a se obter uniformidade no método de realização. Para obter a AA, foi medido a distância vertical entre o ponto mais alto (no sentido da escápula) e o solo, e para a AP, a distância vertical entre o ponto mais alto (no sentido do osso ílio) e o solo. O CC foi a medida da distância entre a base da cauda (osso ísquio) e a base do pescoço (face lateral da junção escápulo-umeral). A CT foi aferida na parte posterior das escapulas junto às axilas, e a CB é a circunferência da parte inferior às costelas onde se localiza o vazio. E a LP foi a distância entre as faces laterais das articulações escápulo-umerais do lado esquerdo e direito (OLIVEIRA, 2018).

A determinação da condição corporal foi realizada pela atribuição de escore. A avaliação sempre foi conduzida logo após as medidas biométricas, pela mesma pessoa, por conta da subjetividade da análise. A avaliação foi realizada na região lombar, e a mão mimetizou um movimento de pinças, onde foi aplicado pressão constante ao redor e entre as apófises (transversais, articulares e espinhais), seguindo a escala preconizada por Ribeiro (1997), onde 1- muito magra; 2- magra; 3- normal; 4- gorda; 5- muito gorda.

A pesagem dos animais foi feita semanalmente, sempre no mesmo horário, antes do fornecimento do primeiro trato, através do uso de uma balança digital portátil suspensa, com precisão de 2 gramas. O animal foi suspenso com o auxílio de uma cinta e colocado no gancho da balança para a pesagem.

As avaliações de comportamento ingestivo foram realizadas mensalmente, e duravam 24 horas consecutivas, sendo realizada por pessoas capacitadas, divididas em 6 turnos, com 4 horas cada, nesse período, a pessoa responsável observou os animais e anotou em uma prancheta o que o animal está fazendo, numa frequência de 5 minutos. Para facilitar a observação e identificação dos animais, estes tinham toda a região lombar pintada por um bastão marcador de animais, ou seja, dentro de uma baia cada animal recebia uma cor. No período noturno, o ambiente recebeu iluminação artificial, e para isso houve uma adaptação dos animais a essa iluminação por pelo menos 5 dias antes das avaliações. As atividades registradas foram ingestão (quando o animal está ingerindo água ou ração), ruminação e ócio, seguindo o método de JOHNSON e COMBS (1991).

A concentração glicêmica foi mensurada uma vez a cada 21 dias, e a coleta de sangue foi feita nos seguintes horários: às 8 horas (antes da primeira alimentação), às 11 horas, 14 horas, 17 horas e por último às 20 horas. No dia da coleta glicêmica, o trato da tarde (que seria fornecido às 16 horas) foi fornecido somente após a última coleta, ou seja, depois das 20 horas. Para a coleta do sangue, o animal foi contido e puncionou-se a veia jugular com o auxílio de um *vacuntainer* acoplado a um tubo contendo anticoagulante (fluoreto de sódio e EDTA).

A coleta de sangue para a análise dos metabólitos proteicos, energéticos e hepáticos era realizada também a cada 21 dias, no mesmo dia da coleta para análise de concentração glicêmica. Para esta análise, a coleta era realizada somente uma vez no dia, às 8 horas da manhã, antes do primeiro arrazoamento. Foi utilizado tubos sem anticoagulantes seguindo os mesmos procedimentos de coleta citados anteriormente (com o animal contido, foi puncionado a veia jugular com o auxílio de um *vacuntainer*, acoplado a um tubo sem anticoagulante). Após as coletas de sangue, todos os tubos foram centrifugados durante 10 minutos a 4.500 rotações por minuto, e o soro separado em eppendorfs para congelamento. Essas amostras foram analisadas no laboratório de patologia clínica com analisador bioquímico semiautomático (Bioplus 2000), utilizando o kit comercial LabTest®.

Foi analisado ureia, creatinina, albumina e proteínas totais para avaliar o perfil metabólico proteico dos animais. Asparto aminotransferase (AST) e gama glutamil transferase (GGT) para avaliar o perfil hepático. Para avaliar o perfil energético foi mensurado colesterol, triglicerídeos, frutossamina, VLDL (lipoproteína de muito baixa densidade, calculada dividindo-se o valor de triglicerídeos por 5), HDL (lipoproteína de alta densidade), LDL (lipoproteína de baixa densidade, calculada através da fórmula proposta por Friedewald, Levv e Fredrickson (1972): $LDL = \text{colesterol total} - HDL - VLDL$).

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas ao tempo. Para comparar as médias dos tratamentos foi utilizado o teste SNK ao nível de significância de 95%, e para o período estudo de regressão ($P < 0,05$). Para avaliação do consumo de matéria seca em função dos tratamentos foi utilizado dados descritivos (falta de repetição), para o consumo de matéria seca em função do período foi utilizado estudo de regressão, e para avaliações do escore de condição corporal, foi utilizada estatística não paramétrica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 apresentada a seguir temos dados descritivos referentes ao consumo de matéria seca (CMS) dos animais em função dos tratamentos. De acordo com o NRC (1981), para caprinos desta categoria, o consumo de matéria seca ideal seria de 0,51 Kg/MS/dia/animal, sendo assim, todos os tratamentos apresentaram um CMS acima do valor recomendado, indicando que uma dieta de boa qualidade é essencial para um bom desempenho animal.

Como a dieta é constituída por 70% de concentrado (na qual 80% é farelo de milho) e 30% de silagem de milho (que possui em média 25% de amido, de acordo com Valadares Filho, 2006), houve destaque para os tratamentos Amaize[®] e Fibrozyme[®], que apresentaram, respectivamente, um CMS/animal de 0,67kg/dia e 0,66kg/dia, valores esses 31% e 29% acima do recomendado. Devido a característica do tratamento Amaize[®], que é constituído por enzimas amilolíticas, o amido contido no alimento pode ter sido degradado de forma mais eficiente, o que pode ter causado um aumento na produção de ácidos graxos voláteis e conseqüentemente o teor de energia disponível no ambiente ruminal. Uma maior quantidade de energia reflete em uma maior capacidade dos microrganismos em degradar as partículas fibrosas, através da redução do tempo de colonização das partículas fibrosas.

O tratamento Fibrozyme[®] composto de enzimas fibrolíticas, também auxilia na redução do “lag time”, contribuindo assim para uma degradação mais rápida da parede celular vegetal e possibilitando maior aproveitamento do amido contido na porção volumosa da dieta.

Ou seja, estes dois tratamentos podem ter proporcionado uma digestão mais rápida e maior aproveitamento dos nutrientes contido na dieta, e como esta é constituída por 70% de concentrado e apenas 30% de volumoso, pode-se inferir que ocorreu um maior fluxo de nutrientes, que acaba aumentando a taxa de passagem desses animais (MERTENS, et. al., 1994). Segundo Macedo Júnior et al. (2007), a elevação da taxa de passagem provoca um esvaziamento do trato digestório mais rápido, o que permite aos animais a possibilidade de realizar uma nova refeição, justificando assim o maior CMS dos cabritos que receberam os tratamentos de enzimas amilolíticas (Amaize[®]) e de enzimas fibrolíticas (Fibrozyme[®]).

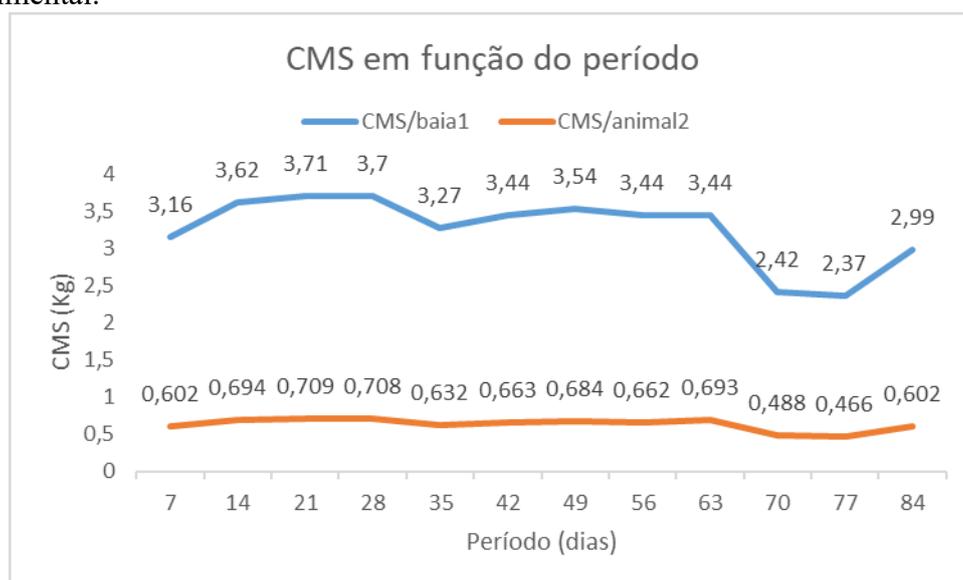
TABELA 3 - Avaliação descritiva do consumo de matéria seca em função dos tratamentos em kg/dia.

Consumo de matéria seca total da baia (kg/dia)				
Tratamento	MG	DP	CV (%)	EPM
Controle	3,26	0,40	12,52	0,11
Amaize [®]	3,22	1,05	32,80	0,30
Allzyme [®]	3,25	0,54	16,60	0,15
Fibrozyme [®]	3,31	0,50	15,29	0,14
Consumo de matéria seca por animal da baia (kg/dia)				
Tratamento	MG	DP	CV (%)	EPM
Controle	0,65	0,08	12,53	0,02
Amaize [®]	0,67	0,17	26,53	0,05
Allzyme [®]	0,54	0,08	16,60	0,02
Fibrozyme [®]	0,66	0,10	15,29	0,02

MG = média geral; DP = desvio padrão; CV (%) = coeficiente de variação; EPM = erro padrão da média.

Na Figura 1, encontra-se os dados referentes ao consumo de matéria seca, das baias e por animal, em função do período do experimento, e ambos apresentaram efeito quadrático sobre o período de avaliação, observando que ao decorrer do experimento houve uma redução do CMS.

FIGURA 1 – Avaliação do consumo de matéria seca (CMS) em função do período experimental.



¹Y:3,273330 + 0,019657X - 0,000341X², R² = 55,82%; ²Y: 0,623347 + 0,003824X - 0,000062X², R² = 46,45%. P baia: 0,0290; MG baia: 3,26; CV baia: 17,70; L baia: 0,0020; Q baia: 0,0420. P animal: 0,0151; MG animal: 0,633; CV animal: 15,91; L animal: 0,0060; Q animal: 0,0360. P = P valor; MG = média geral; CV = coeficiente de variação; L = valor de P para Linear; Q = valor de p para quadrática.

Dentre os fatores que podem ter contribuído com essa redução do consumo, pode-se considerar a possibilidade de que estes animais tenham atingido o seu limite de ingestão de alimentos necessário para atender as suas exigências nutricionais (OLIVEIRA, 2018), e isso pode ser comprovado pelos dados de CMS da Tabela 3, já que estão sempre acima do valor indicado pelo NRC (1981), exceto durante os períodos de 70 e 77 dias, onde foram registrados os menores consumos de matéria seca. Assim, pode-se pressupor que neste período os animais perderam o interesse pelo alimento, devido ao fato de estarem com uma idade média de 4 a 5 meses, o que corresponde com a idade em que se atinge a puberdade (OLIVEIRA,2018). Durante esse período, na execução do experimento, ocorreu aumento da interação sexual entre esses animais, o que pode ter contribuído com a redução do CMS, e de acordo com Azevêdo et. al. (2008) essa interação sexual à puberdade em caprinos é comum, pois nessa idade eles já são capazes de realizar o cortejo característico do macho adulto, a ereção e cópula.

De acordo com Warriss (2000), o consumo de matéria seca do animal tem duas finalidades, que são: a manutenção dos tecidos existentes e o desenvolvimento de novos tecidos. Sendo assim, com o crescimento e desenvolvimento de tecidos acontecendo em um ritmo acelerado, pode-se afirmar que o consumo de matéria seca desses animais nessa fase também deve ser elevado, para que haja energia e nutrientes

adequados para o crescimento muscular, fato esse confirmado ao observar na Figura 1, no intervalo entre os períodos de 14 e 63 dias, onde a média do CMS para esse intervalo se manteve 33% acima do recomendado pelo NRC (1981). E após esse crescimento atingir o ponto máximo, ou ponto de inflexão (BRIDI, 2006), o CMS também tende a diminuir, como observado a partir do período de 70 dias na Figura 1, onde os animais do experimento estão com uma idade média de 130 dias (70 dias de experimento + 60 dias de idade que tinham ao começar o experimento) indicando que esses animais alcançaram a puberdade em uma idade jovem, pois de acordo com Maia (2019), em caprinos a puberdade ocorre por volta de 8 meses (podendo variar de 150 dias até 300 dias). E ao alcançar a puberdade, a taxa de crescimento se torna linear e o ganho de peso se dará pela maior deposição de gordura (BRIDI, 2006).

Na Tabela 4 encontram-se os dados referentes aos parâmetros comportamentais, os quais não apresentaram diferenças estatísticas nos tempos de ingestão, ruminação, ócio e mastigação (somatório dos tempos de ingestão e ruminação) em função das enzimas exógenas. Foi registrado tempo médio gasto pelos animais de 3,31 horas na ingestão, 4,37 horas na ruminação e 16,30 horas no ócio.

TABELA 4 - Tempo em minutos (min) de ingestão (ING), de ruminação (RUM), de ócio (OCIO) e de mastigação (MAST) de acordo com os diferentes tratamentos e período experimental.

Tratamento	ING (min)	RUM (min)	OCIO (min)	MAST (min)
Controle	224,75	260,50	954,75	485,25
Amaize [®]	188,61	258,33	993,05	446,94
Fibrozyme [®]	217,25	243,00	979,75	460,25
Allzyme [®]	166,04	287,91	986,04	453,95
P	0,1915	0,1804	0,7709	0,7709
MG	199,16	262,44	978,40	461,60
Período (dias)	ING ¹ (min)	RUM (min)	OCIO ² (min)	MAST ³ (min)
0	232,38	273,80	933,80	506,19
30	195,00	284,52	960,47	479,52
60	179,25	240,50	1020,25	419,75
90	183,00	254,75	1002,25	419,75
P	0,0142	0,2973	0,0028	0,0028

MG	197,80	263,78	978,41	461,58
CV	22,38	24,75	12,34	26,17

¹Y = 221,991667 - 0,546310x R² = 76,04%; ²Y = 939,432143 + 0,883651x R² = 75,94%; ³Y = 500,567857 - 0,883651x R² = 75,94%

De acordo com Van Soest (1994), a atividade de ruminação dos animais adultos dura em torno de 8 horas por dia, podendo variar entre 4 e 9 horas. O resultado obtido (4,37 horas de ruminação) está bem próximo ao limite inferior proposto por Van Soest (1994), e isto pode estar relacionado ao fato de que estes animais receberam uma dieta que é composta por 70% de concentrado, sendo assim um alimento mais facilmente ingerido e digerido. Essas dietas, com elevado teor de concentrado, de acordo com Mertens (1987), são ricas em carboidratos não fibrosos e rapidamente digeridas no rúmen, e isto acarreta na redução do estímulo a ruminação. A fração volumosa da dieta, constituída por silagem de milho, também contribui para reduzir o tempo gasto na ruminação, já que a fibra fisicamente efetiva da silagem de milho corresponde entre 40% a 50% de sua composição (OWENS, 2010), o que reduz a sua capacidade de manter efetivamente a mastigação (MERTENS, 1997).

Os animais gastaram em média 7,68 horas com a mastigação (que é o somatório das atividades de ingestão e ruminação), e de acordo com Van Soest (1994), esta atividade é essencial para a produção de saliva, a qual atua no tamponamento ruminal, o que evita distúrbios metabólicos, como a acidose, e também proporciona um excelente pH para os microrganismos ruminais e também para as enzimas exógenas atuarem (BARRERA, 2018), assim sendo, no presente experimento não ocorreu nenhum caso de distúrbio ruminal, como acidose ou timpanismo. De acordo com Oliveira (2018), dietas com maior teor de concentrado promovem regulação metabólica do CMS, o que reduz a quantidade de alimento ingerido (como observado na Figura 1), e devido a característica dessas dietas serem de maior solubilidade e fermentabilidade, há também uma redução da ruminação, que acarreta na redução da mastigação total pelo animal, como pode-se observar na Tabela 4.

O tempo de ingestão é um dado importante que pode ser utilizado para explicar o CMS (Tabela 4), no entanto, ambos não apresentaram diferenças estatísticas em relação aos tratamentos. O tempo gasto em ingestão, quando analisado em função do período experimental, segue uma função linear decrescente, atingindo o menor valor durante o período de 60 dias, e este fato corrobora com a redução do CMS neste mesmo período (Figura 1), e também coincide com o maior tempo gasto para a atividade de ócio.

Essa redução linear do tempo de ingestão ao longo do período experimental coincide com o momento que esses animais cessaram suas curvas de crescimento muscular, onde atingiram o ponto de inflexão e alcançaram a puberdade, e através dela ocorreu um aumento na interação social entre os animais da baia, o qual contribuiu com a redução do tempo de ingestão.

Na Tabela 5 encontram-se os dados referentes ao ganho médio diário (GMD) desses animais no período experimental e também o ganho de peso total (GPT) durante todo o experimento.

TABELA 5 - Ganho Médio Diário (GMD) e Ganho de Peso Total (GPT) no período experimental (0 – 90 dias) em função dos tratamentos.

Tratamento	GMD	GPT
Controle	0,169	15,26
Amaize [®]	0,150	13,56
Fibrozyme [®]	0,180	16,28
Allzyme [®]	0,136	12,26
P	0,2256	0,2260
MG	0,158	14,27
CV	22,77	22,77

Não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando que o GMD foi o mesmo independentemente do tratamento utilizado. A média geral para o ganho de peso diário encontrado foi de 0,158 g/dia, o que foi abaixo do estimado durante a formulação da dieta seguindo as recomendações do NRC (2007), que visava um ganho de 200g/animal/dia. Como o ganho calculado pelo NRC é para animais de corte, era de se esperar que os animais desse experimento, que são mestiços leiteiros, desempenhassem menos, devido às características do genótipo desses animais. Os caprinos apresentam uma particularidade em relação aos ovinos, e isso é que seu principal depósito de gordura é a cavidade abdominal, visto que apresentam uma capa de gordura subcutânea muito fina, sendo assim, as vísceras e o abdômen depositam cerca de 50 a 60% da gordura total do corpo desses animais (GRANDE et. al., 2003). Em animais leiteiros isso é mais evidente, pois esses animais geram mais acúmulo de gordura, como reserva energética, em preparação à gestação e produção de leite (LIMA, 2011), o que reduz a velocidade de ganho de peso e aumenta o CMS, como observado na Tabela 3.

De acordo com LU e POTCHOIBA (1988), caprinos mestiços de origem leiteira podem conseguir um GMD em torno de 0,150 g/dia se alimentados com volume de boa qualidade e concentrado, resultados esse muito semelhante ao obtido no presente experimento. GOMES (2008) registrou um GMD de 0,137 g/dia em cabritos mestiços $1/2$ Anglo Nubianos + $1/2$ Alpinos, já SOUZA (2012) registrou um GMD de 0,113 g/dia para cabritos Anglo Nubianos puros. Já MENEZES et al. (2005) encontrou um GMD de 0,230 g/dia para cabritos mestiços $1/2$ Boer + $1/2$ Alpinos, indicando que raças mais especializadas e reconhecidas por suas habilidades de ganho de peso apresentam resultados mais acima da média.

Na Tabela 6 a seguir, encontra-se os valores médios obtidos nas medidas biométricas, de escore de condição corporal e também os pesos médios dos animais. Não houve diferença estatísticas entre os tratamentos para essas medidas.

TABELA 6 - Valores médios relativos as medidas biométricas de Altura Anterior (AA), Altura Posterior (AP), Circunferência Torácica (CT), Circunferência de Barril (CB) e Comprimento Corporal (CC), e também os valores médios da avaliação de escore corporal (ECC) e valores médios do peso dos animais em função dos tratamentos e período experimental.

Tratamento	AA	AP	CT	CB	CC	ECC	Peso
Controle	57,88	60,28	65,17	71,11	58,65	2,87	24,35
Amaize [®]	59,69	62,06	66,57	72,21	59,60	2,90	25,53
Fibrozyme [®]	58,40	60,94	67,00	76,62	59,71	3,15	26,85
Allzyme [®]	58,09	60,35	65,23	73,26	58,30	2,89	24,15
P	0,8092	0,8579	0,8993	0,6820	0,8941	0,4823	0,7621
Período	AA ¹	AP ⁶	CT ²	CB ³	CC ⁴	ECC	Peso ⁵
0	53,04	55,04	57,28	63,90	51,28	2,66 B	16,77
15	55,66	57,85	60,90	68,09	54,80	2,61 B	20,64
30	56,80	59,23	64,90	74,19	56,95	2,97 AB	23,51
45	58,90	61,04	67,23	75,28	61,42	3,04 A	26,43
60	60,47	62,95	69,04	78,33	62,71	3,11 A	28,71
75	62,35	64,60	70,75	79,00	63,95	3,15 A	29,63
90	62,95	65,75	72,05	80,00	64,55	3,10 A	30,95
P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000

MG	58,54	60,86	65,95	74,04	59,02	2,95	25,16
CV	16,61	15,76	19,29	21,05	16,02	xxx	10,91

¹Y = 53,147052 + 0,146944x - 0,000396x² R² = 99,31%; ²Y = 57,290249 + 0,277115x - 0,001277x² R² = 99,77%; ³Y = 63,828798 + 0,363379x - 0,002074x² R² = 98,61%; ⁴Y = 50,310544 + 0,283112x - 0,001351x² R² = 97,26%; ⁵Y = 16,783505 + 0,269513x - 0,001255x² R² = 99,85%; ⁶Y = 55,644643 + 0,117398x R² = 98,99%. Letras maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (estatística não paramétrica)

As medidas de AA, CT, CB, CC e também o peso desses animais, em relação ao período, apresentaram resposta quadrática, comprovando novamente que esses animais estão na sua fase de rápido crescimento, onde possuem um crescimento acentuado no período inicial do experimento até os 75 dias, que corresponde ao momento que esses animais atingiram a idade de puberdade (sendo 130 dias a idade média real desses animais). De acordo com Bridi (2006), a taxa de crescimento é elevada até os animais alcançarem a puberdade, depois essa taxa começa a declinar gradualmente chegando a zero quando o animal atinge o peso corporal adulto.

De acordo com Bridi (2006), o crescimento apresenta características alométricas (cada tecido possui velocidade diferente de crescimento), o primeiro tecido a ser depositado é o tecido nervoso, na sequência vem o tecido ósseo, o muscular e o adiposo por último. No ponto de inflexão da curva do crescimento, que corresponde a puberdade do animal, a taxa de crescimento se torna linear, os hormônios do crescimento são substituídos pelos hormônios da reprodução, e a partir desse momento, o ganho de peso se dá pela maior deposição de gordura.

Em um estudo realizado por Cordeiro (2008), onde foi avaliado as medidas biométricas em cabritos saanen da mesma faixa etária, obteve-se como resultados valores médios de 49,38 cm para AA, 50,97 cm para AP, 54,80 cm para CC e um ECC médio de 2,21. A Tabela 7 a seguir consta os valores biométricos obtidos para a largura de peito, e foi observada interação significativa entre os tratamentos e o período experimental.

TABELA 7 - Interação da Largura de Peito (LP) obtida nos tratamentos em função do período experimental.

Período	Controle ³	Amaize ^{®2}	Fibrozyme ^{®4}	Allzyme ^{®1}
0	18,20	17,60	17,60	17,33
15	17,60	18,00	17,50	16,83
30	18,80	20,40	20,80	19,66
45	19,80	21,40	21,20	20,50
60	20,20	21,40	22,20	20,83
75	20,80	22,00	21,00	21,00
90	22,20	23,00	22,80	21,16
MG		19,98		
CV		20,47		
P		0,0119		

¹Y = 16,678571 + 0,096429x - 0,000803x² R² = 89,23%; ²Y = 17,366667 + 0,098095x - 0,000413x² R² = 94,61%; ³Y = 17,535714 + 0,047143x² R² = 42,25%; ⁴Y = 17,169048 + 0,113333x - 0,000624x² R² = 84,21%

Foi observado novamente uma resposta quadrática, o que indica um rápido crescimento seguido por uma estabilização. De acordo com Freire (2013), a condição sexual influencia medidas como a de comprimento corporal, altura anterior e posterior, largura de peito e de garupa. Em seu trabalho, Freire (2013) observou que para a medida de comprimento corporal e altura anterior e largura de peito, os animais machos inteiros apresentam valores superiores a fêmeas e machos castrados, e para a medida de largura de garupa, as fêmeas foram superiores, desse modo, pode-se inferir que animais machos tendem a apresentar uma largura de peito superior.

A taxa de crescimento dos músculos depende do “turnover” proteico (relação entre metabolismo e catabolismo proteico), e vai ocorrer crescimento quando o incremento anabólico superar as perdas catabólicas (BRIDI, 2006). Sendo assim, ambos os tratamentos contribuíram de forma positiva para um maior “turnover” proteico desses animais, possivelmente devido às características e qualidade da dieta, causando assim um maior crescimento da LP em relação ao período.

Na Tabela 8, encontram-se os níveis de glicose sanguínea (mg/dL) dos animais em função do período experimental, onde pode ser observada uma diferença estatística entre os tratamentos que possuem as enzimas exógenas e o tratamento controle. No entanto, ambos os tratamentos estão dentro dos valores médios indicados por Kaneko et. al. (2008), que são de 50 – 75 mg/dL para caprinos, o que indica que mesmo sem a

utilização das enzimas exógenas, uma dieta de boa qualidade é suficiente para garantir os níveis séricos ideais da glicose.

TABELA 8 - Interação entre os tratamentos e o período para a avaliação da glicemia dos animais, em mg/dL.

Período	Controle	Amaize ^{®2}	Fibrozyme ^{®3}	Allzyme ^{®1}
0	68,88	74,40	70,85	73,73
21	67,80	71,88	72,68	72,43
42	72,48	75,40	75,12	74,50
63	68,12	69,00	65,48	72,50
84	69,60	73,40	70,64	76,63
P	0,2541	0,0125	0,0365	0,0025
MG	69,38	72,82	70,95	73,96
VR*	50 – 75mg/dL			

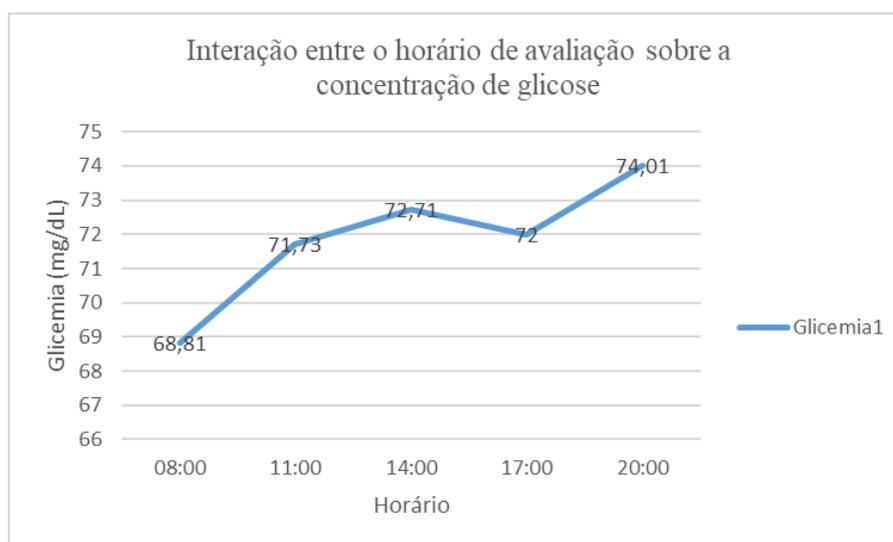
$1Y = 73,177063 - 0,04630x + 0,000610x^2$ $R^2 = 40,33\%$; $2Y = 74,040000 - 0,02133x$ $R^2 = 13,39\%$; $3Y = 71,045361 + 0,098873x - 0,001214x^2$ $R^2 = 31,34\%$ *VR: Valor de Referência, de acordo com Kaneko et. al. (2008).

Ambos os tratamentos que possuem enzimas exógenas promoveram alterações na glicemia, acarretando em diferenças estatísticas em função do período experimental. Durante o período de 63 dias nota-se que os valores de glicemia apresentaram uma redução, que pode ser explicada devido à redução de CMS que ocorreu no mesmo período (Figura 1).

Pode-se dizer que, devido às características e modos de atuação das enzimas exógenas, elas podem ter causado um aumento da degradabilidade e fermentabilidade da dieta, seja através do aumento da degradabilidade da parede celular vegetal (enzima fibrolítica), que pode aumentar o aproveitamento da porção fibrosa da dieta (BEAUCHEMIN et. al., 2004), ou através do aumento da digestibilidade do amido no ambiente ruminal (enzima amilolítica), que pode ter aumentado os níveis de ácido propiônico (NEIVA, 2018), ou ainda através da quebra da matriz proteica (enzima proteolítica), que aumenta a ação dos microrganismos ruminais sobre o amido do milho (MENEZES, 2017). Esses efeitos associados à um maior CMS (Figura 1) de uma dieta que possui 70% de concentrado (onde 80% é farelo de milho) e 30% de silagem de milho, que possui 25% de amido em média (VALADARES FILHO, 2006), podem ser os responsáveis pelos elevados níveis de glicose sérica nos animais observados na Tabela 8.

Na Figura 2 temos a avaliação do horário de coleta, onde observa-se que os animais, mesmo tendo sido alimentados somente as 08:00 horas da manhã, conseguiram manter a glicemia elevada durante todo o período de avaliação. Ao observar o ponto máximo do gráfico gerado pela equação, a concentração máxima de glicose foi de 73,49 mg/dl.

FIGURA 2 – Interação entre o horário de avaliação sobre a concentração de glicose (mg/dL).



$^1Y = 61,913601 + 1,136166x - 0,027856x^2$ $R^2 = 83,59\%$. P: 0,0001; CV: 5,63%; P = P valor; MG = média geral; CV = coeficiente de variação

De acordo com Oliveira (2018), em ruminantes, a glicose plasmática possui como precursor compostos que não são carboidratos, como exemplo, o propionato, que é um ácido graxo volátil (AGV). Sendo assim, um aporte elevado de carboidrato solúvel na dieta aumenta a produção do ácido propiônico, que por sua vez eleva a concentração de glicose no plasma. Assim sendo, pode-se inferir que a utilização de enzimas exógenas, juntamente com uma oferta de alimento de qualidade, resultou em uma maior disponibilidade de carboidratos solúveis no ambiente ruminal, que por sua vez contribuiu por manter o nível de glicose desses animais elevado durante 12 horas com apenas uma refeição, o que é um resultado positivo, evidenciando que essa dieta consegue manter esses animais energeticamente estáveis por um tempo maior.

Na Tabela 9 a seguir temos os valores da Frutosamina em função dos tratamentos e do período experimental. Entre os tratamentos houve diferença estatística, onde o tratamento Fibrozyme foi superior aos demais. De acordo com Cavalcanti (2011), não existem muitos estudos que avaliam a frutosamina dos ruminantes, o que resulta em

poucos valores de referência na literatura, no entanto, em seu estudo ele encontrou um intervalo de 164,68 a 328,88 $\mu\text{mol/L}$ para caprinos.

TABELA 9 – Valores da Frutosamina em função dos tratamentos e do período experimental.

Tratamento	Frutosamina ($\mu\text{mol/L}$)
Controle	151,84 C
Amaize [®]	158,11 BC
Allzyme [®]	167,20 AB
Fibrozyme [®]	171,20 A
P	0,0153
Período	Frutosamina ($\mu\text{mol/L}$)
0	167,09
21	161,47
42	159,52
63	165,42
84	158,98
P	0,0894
P Interação	0,0852
MG	162,43
CV	12,75

Letras maiúsculas na coluna diferem estatisticamente

De acordo com Kaneko et. al. (2008), a frutosamina reflete a glicemia de cerca de uma a três semanas anteriores ao momento da coleta. Como em ruminantes a formação de glicose é secundária (através do metabolismo de ácidos graxos voláteis, como o propionato, no fígado), a possível melhora na degradação da fibra proporcionado no tratamento Fibrozyme[®] pode ter aumentado a liberação de propionato, já que o volumoso da dieta (silagem de milho) possui em média 25% de amido (VALADARES FILHO, 2006), e como a degradação desse amido é mais lenta, ocorre uma maior estabilidade da glicose ao longo do tempo, o que pode justificar o tratamento Fibrozyme[®] ter apresentado os maiores valores para frutosamina. Sendo assim, a adição das enzimas exógenas favoreceu uma maior estabilidade da glicose nos animais, em detrimento do tratamento Controle, que apresentou os menores resultados para frutosamina, evidenciando que esses animais tiveram mais dificuldade em manter a estabilidade da glicose ao longo do tempo.

Na Tabela 10 a seguir estão os metabólitos lipídicos que foram utilizados para a avaliação dos parâmetros bioquímicos, sendo Colesterol, Triglicerídeos e VLDL. De acordo com Kaneko et. al. (2008), os valores de colesterol devem estar entre

80 – 130 mg/dL, e neste estudo, a média encontrada foi de 62,04 mg/dl, valor este 22% abaixo do limite inferior recomendado.

Esse valor abaixo do recomendado pode ter sido causado por um possível valor de extrato etéreo baixo na dieta dos animais, que pode acarretar redução na presença de colesterol no sangue, bem como também pode ter sido causado devido à condição fisiológica desses animais durante grande parte do período experimental, onde estavam em fase de crescimento muscular, na qual ocorre pouca deposição de gordura (BRIDI, 2006). Isto pode ter resultado na grande parte dos lipídeos serem direcionados ao fígado para serem metabolizados, de forma a gerar mais energia para o crescimento e desenvolvimento muscular, ao invés de serem direcionados aos tecidos e gerar acúmulos que podem causar comprometimentos de veias e artérias (OLIVEIRA, 2018). Como o colesterol apresentou uma resposta quadrática em função do período, seus valores vão aumentando no decorrer do experimento, provavelmente em virtude da característica inata de caprinos em depositar gordura intracavitária (principalmente na cavidade abdominal, Grande et. al., 2003) e também do aumento da deposição de tecido adiposo, principalmente após o animal atingir a puberdade (BRIDI, 2006), onde vai ocorrer uma aceleração na deposição desse tecido.

TABELA 10 – Concentração média dos metabólitos lipídicos em função dos tratamentos e do período experimental.

Tratamento	Colesterol (mg/dL)	Triglicerídeos (mg/dL)	VLDL (mg/dL)
Controle	64,96	21,40	4,28
Amaize [®]	55,91	25,08	5,01
Allzyme [®]	64,24	22,79	4,55
Fibrozyme [®]	62,48	22,84	4,56
P	0,6810	0,9354	0,9354
Período	Colesterol ¹ (mg/dL)	Triglicerídeos (mg/dL)	VLDL (mg/dL)
0	54,28	20,95	4,19
21	70,66	20,19	4,03
42	57,33	25,76	5,15
63	66,26	25,26	5,05
84	62,09	23,04	4,60
P	0,0022	0,3888	0,3888
P Interação	0,9946	0,3539	0,3539
MG	62,04	23,00	4,60
CV	17,20	33,47	33,47

$$^1Y = 56,932623 + 0,253721x - 0,001961x^2 \quad R^2 = 22,54\%$$

O triglicerídeo é uma importante fonte de energia para o corpo (BOMFIM, 2012), e seu valor de referência, de acordo com González e Silva (2006) é de

17,6 – 24 mg/dl, e o valor médio geral obtido foi de 23, estando bem próximo do limite superior, indicando que esses animais estão com uma excelente reserva energética. Isso já era um resultado esperado devido ao fato de que a dieta dos animais tem silagem de milho na constituição, e alimentos volumosos são responsáveis pela produção de ácido acético no rúmen, sendo este um dos precursores da síntese da gordura em ruminantes (SIQUEIRA, 2020). A VLDL é uma lipoproteína que transporta os triglicerídeos dos tecidos hepáticos para os tecidos periféricos na corrente sanguínea, e de acordo com Kaneko et. al. (2008) seus valores devem estar entre 3 – 4, ou seja, a média encontrada de 4,60 indica que houve maior capacidade de transporte de triglicerídeos (OLIVEIRA, 2018) e maior mobilização energética, fato esse que ocorreu em virtude dos elevados níveis de glicose desses animais (Tabela 8), que pode ter causado um aumento de ácido propiônico, que por sua vez pode ter sobrecarregado o fígado, obrigando sua exportação através das lipoproteínas e elevando seus níveis séricos.

Na Tabela 11 a seguir, temos os valores da lipoproteína de baixa densidade (LDL) de cada tratamento em função do período experimental. A LDL consiste de uma lipoproteína originária no fígado que é responsável pelo transporte de colesterol deste para os tecidos periféricos, quando ocorre sua predominância, existe a tendência maior de deposição de colesterol nos tecidos, pois eles não conseguem catabolizar o excesso de LDL (SIQUEIRA,2020).

TABELA 11 – Lipoproteína de baixa densidade (LDL), em mg/dL, dos tratamentos em função do período experimental. (MG= 42,57 mg/dL, CV= 19,07%, VR* = 29,4-65,9 mg/dL)

Período	Controle ¹	Amaize [®]	Allzyme [®]	Fibrozyme ^{®2}	P
0	30,68	40,60	43,56	37,84	0,7487
21	55,48	48,44	40,93	42,20	0,6281
42	54,48	47,20	37,26	29,56	0,2294
63	45,64	38,35	43,48	54,00	0,6913
84	50,92	37,20	34,63	40,94	0,5746
P	0,0000	0,1155	0,2595	0,0005	
MG	47,44	42,35	39,97	40,90	

¹Y= 33,179715 + 0,724269x – 0,005719x² R²= 74,45%; ²Y= 38,751680 – 0,088239x – 0,001521x² R²= 17,31%. *Kaneko et. al. (2008).

Ambos os tratamentos apresentaram seus valores dentro da faixa de referência, no entanto houve diferença estatística para os tratamentos Controle e Fibrozyme[®] em função do período, onde o tratamento Controle teve resposta quadrática

crecente, e o tratamento Fibrozyme[®] apresentou resposta quadrática decrescente, ou seja, houve tendência da LDL do tratamento Controle em aumentar e de reduzir no tratamento Fibrozyme[®], indicando que os animais que receberão essa enzima estão reduzindo o transporte de colesterol para os tecidos periféricos e sim metabolizando eles no fígado com a finalidade de gerar energia.

Na Tabela 12 a seguir, temos os valores da lipoproteína de alta densidade (HDL) de cada tratamento em função do período experimental. A HDL é responsável pelo transporte de colesterol dos tecidos extra-hepáticos para o fígado, onde serão metabolizados (OLIVEIRA, 2018).

TABELA 12 – Lipoproteína de alta densidade (HDL), em mg/dL, dos tratamentos em função do período experimental. (MG= 20,74, CV= 17,30%, VR* = 21,7-47,3 mg/dL)

Período	Controle ²	Amaize [®]	Allzyme ^{®1}	Fibrozyme ^{®3}	P
0	21,00	22,00	10,66	15,00	0,2178
21	13,40	20,60	23,16	22,80	0,3718
42	17,00	22,40	22,16	24,40	0,6755
63	22,20	18,50	19,00	24,40	0,7706
84	23,42	19,40	24,00	29,60	0,4529
P	0,0002	0,4242	0,0000	0,0000	
MG	19,40	20,58	19,79	23,24	

¹Y= 12,194356 + 0,313869x - 0,002177x² R²= 67,65%; ²Y= 20,073098 - 0,222620x - 0,002544x² R²= 83,15%; ³Y= 16,840244 + 0,112276x R²= 83,64%. *Kaneko et. al. (2008).

Apenas o tratamento Fibrozyme[®] apresentou seus valores dentro do intervalo recomendado. Houve diferença estatística para os tratamentos Allzyme[®], Controle e Fibrozyme[®], onde Allzyme[®] e Controle apresentaram um efeito quadrático e Fibrozyme[®] apresentou uma linear positiva, ou seja, seus valores tendem a aumentar no decorrer do período, indicando que houve mobilização de colesterol para o fígado, onde será metabolizado e transformado em energia, o que é uma resposta positiva.

Sendo assim, o tratamento Fibrozyme[®], por meio da ação das enzimas fibrolíticas, que é aumentar a degradabilidade da parede celular vegetal e assim melhorar o aproveitamento da porção volumosa da dieta (BEAUCHEMIN, et. al., 2004), foi capaz de apresentar uma redução do LDL (Tabela 11) e aumento do HDL, evidenciando sua capacidade de fornecer um aporte energético adequado e eficiente à esses animais, que pode ser comprovado pelos valores de frutamina (Tabela 9), o que gerou resultados positivos também no GMD desses animais (Tabela 5), pois esse tratamento foi o que apresentou os maiores valores entre os tratamentos (embora não tenha tido diferença

estatística) e que ficou mais próximo da recomendação do NRC (1981) de 200g/animal, sendo apenas 10% inferior, com um GMD de 0,180/g/animal.

Na Tabela 13 a seguir, temos a relação LDL/HDL dos tratamentos em função do período experimental, sendo que é indicado uma relação baixa, uma vez que valores elevados indicam maior concentração de LDL, que pode acabar resultando em maior risco de doenças devido a deposição de colesterol nos tecidos (SIQUEIRA,2020).

TABELA 13 – Relação LDL/HDL dos tratamentos em função do período experimental. (MG= 2,45, CV= 41,81%)

Período	Controle ²	Amaize [®]	Allzyme ^{®1}	Fibrozyme ^{®3}	P
0	1,61B	1,83B	6,05A	3,47AB	0,0491
21	4,32	2,34	2,34	1,88	0,4923
42	4,07	2,04	1,67	1,17	0,3588
63	2,12	2,03	2,45	2,24	0,99
84	2,12	1,90	1,40	1,54	0,9693
P	0,0001	0,9477	0,0000	0,0100	

¹Y= 5,756689 – 0,115021x + 0,000759x² R²= 87,73%; ²Y= 1,855194 + 0,092019x – 0,000899x² R²=81,89%; ³Y= 3,382305 – 0,058556x + 0,000428x² R²= 77,74%. Letras maiúsculas na linha diferem estatisticamente (estatística não paramétrica).

No período inicial do experimento, a relação LDL/HDL do tratamento Allzyme[®] estava muito elevada, mostrando que seus valores de HDL estavam muito baixos e o LDL muito alto, como se pode observar nas Tabelas 12 e 11 respectivamente, sendo assim pode-se inferir que os animais deste tratamento apresentaram maior deposição de colesterol nos tecidos. Houve diferença estatística para os tratamentos Allzyme[®], Controle e Fibrozyme[®] em função do período experimental, e ambos apresentam redução da relação LDL/HDL em função do tempo, indicando assim um melhor carreamento de colesterol para o fígado para que ocorra metabolismo desse.

Na Tabela 14 a seguir, temos os dados da relação Colesterol (CT) /HDL dos tratamentos em função do período experimental. A relação CT/HDL é inversamente ligada a quantidade de HDL no sangue, ou seja, quanto mais baixa a relação, maior a quantidade de HDL circulante e melhor é o carreamento do colesterol para o fígado, sendo assim desejáveis valores baixos para essa relação (SIQUEIRA,2020).

TABELA 14 – Relação CT/HDL dos tratamentos em função do período experimental. (MG= 3,69, CV= 29,76%)

Período	Controle ²	Amaize	Allzyme ¹	Fibrozyme ³	P
0	2,85B	3,04B	7,63A	4,80AB	0,0457
21	5,58	3,58	3,56	3,06	0,5250
42	5,44	3,36	2,84	2,40	0,3665
63	3,31	3,26	3,84	3,44	0,9888
84	3,27	3,17	2,58	2,42	0,9515
P	0,0001	0,9511	0,0000	0,0064	

¹Y= 7,302070 – 0,125590x + 0,000836x² R²= 86,06%; ²Y= 3,0732011 + 0,0096587x – 0,000949x² R²=83,42%; ³Y= 4,669130 – 0,057837x + 0,000393x² R²= 74,27%. Letras maiúsculas na linha diferem estatisticamente (estatística não paramétrica)

Observa-se diferença estatística para os tratamentos Allzyme[®], Controle e Fibrozyme[®], e percebe-se com o decorrer do tempo que a relação tende a reduzir, indicando que com o crescimento e maior demanda energética desses animais houve aumento na capacidade de transporte de ácidos graxos para o fígado, para serem metabolizados e gerar energia.

Na Tabela 15 a seguir temos os valores referentes aos metabólitos utilizados para avaliação da função hepática, que são a Gama Glutamiltransferase (GGT) e Asparto Aminotransferase (AST).

TABELA 15 – Concentração média dos metabólitos hepáticos Gama Glutamiltransferase (GGT) e Asparto Aminotransferase (AST) em função dos tratamentos e do período experimental.

Tratamento	GGT (U/L ⁻¹)	AST (U/L ⁻¹)
Controle	86,95	62,48
Amaize [®]	77,38	67,91
Allzyme [®]	82,35	69,41
Fibrozyme [®]	90,46	74,12
P	0,6179	0,2017
Período	GGT ¹ (U/L ⁻¹)	AST (U/L ⁻¹)
0	67,73	63,09
21	72,05	67,76
42	92,16	69,33
63	99,86	74,63
84	91,06	68,38
P	0,0000	0,0798
P Interação	0,1560	0,4152
MG	84,28	68,52
CV	12,82	15,83

¹Y= 64,828093 + 0,550114x - 0,002456x² R² = 84,80%

A GGT é uma enzima associada ao metabolismo do glutation, que pode ser encontrada na membrana celular (BARINI, 2007), e seus valores podem indicar se há ocorrência de injúrias no tecido hepático (SIQUEIRA, 2020). A GGT apresentou uma resposta quadrática crescente, indicando que seus valores estão tendo um aumento linear positivo, que é consequência da dieta, onde há um grande consumo de carboidratos altamente fermentescíveis provenientes do concentrado, e após fermentação e absorção ruminal vão ser metabolizados no fígado, o que aumenta a atividade hepática, e por sua vez os valores de GGT, isso, aliado com o fato da relação LDL/HDL (Tabela 13) e CT/HDL (Tabela 14) reduzirem ao longo do tempo (indicando mais colesterol sendo carregado para o fígado e mais atividade hepática), pode explicar o porquê do valor médio encontrado estar 50% acima dos valores de referência, que são de 20 – 56 U/L⁻¹, de acordo com Kaneko et. al. (2008).

Já para a AST, que é uma enzima citoplasmática e mitocondrial, presente em vários tecidos como fígado, músculos esquelético e cardíaco (SIQUEIRA,2020), o seu valor médio encontrado no presente estudo foi de 68,52 U/L⁻¹, o qual está 59% abaixo do recomendado por Kaneko et. al. (2008), que é de 167 – 513 U/L⁻¹. No entanto o maior problema da AST é quando seus valores estão acima do recomendado, onde pode acarretar quadros de lesão hepato-celular secundária, oriundo da mobilização excessiva de lipídeos (Santos et. al., 2015), ou seja, no presente experimento não houve casos de lesão hepática.

Na Tabela 16 a seguir encontra-se os dados referentes aos metabólitos proteicos, que são a ureia, albumina e proteínas totais. Houve diferença estatística para a Ureia, onde observa-se uma linear decrescente em decorrer do período experimental, e seu valor médio encontrado foi de 49,64 mg/dl, sendo este 15,98% acima do valor superior recomendado por Kaneko et. al. (2008), que é de 21,40 – 42,80. A concentração sanguínea da ureia é um indicador sensível e imediato que possui relação direta com o aporte proteico da ração (KANEKO ET. AL.,2008). Para que ocorra a síntese de proteína microbiana, é necessário um sinergismo entre a amônia (oriunda da proteína que chega ao rúmen) e os carboidratos na dieta (SIQUEIRA, 2020), caso o sinergismo não ocorra, a amônia é absorvida pela parede ruminal e transportada até o fígado, onde é transformada em ureia, e posteriormente eliminada, causando assim um prejuízo energético no animal. Ou seja, os valores de ureia encontrado no presente experimento, estando acima do recomendado, indicam um escape de amônia do ambiente ruminal, pela possível falta de sinergismo na degradação ruminal de carboidratos e proteínas, no entanto esse escape de

amônia foi reduzindo ao longo do período experimental, já que os valores de ureia apresentam uma linear decrescente.

TABELA 16 – Concentração média dos metabólitos proteicos avaliados, Ureia, Albumina e Proteínas totais, em função dos tratamentos e do período experimental.

Tratamento	Ureia (mg/dL)	Albumina (g/dL)	Proteínas Totais (g/dL)
Controle	51,32	3,76	5,61
Amaize [®]	49,76	3,77	5,64
Allzyme [®]	48,51	3,79	5,66
Fibrozyme [®]	49,16	3,89	5,69
P	0,9330	0,8396	0,9917
Período	Ureia ¹ (mg/dL)	Albumina ² (g/dL)	Proteínas Totais ³ (g/dL)
0	53,14	3,74	5,42
21	51,30	3,79	5,51
42	49,51	3,76	5,43
63	47,69	4,01	6,19
84	46,78	3,73	5,76
P	0,0253	0,0431	0,0062
P Interação	0,0750	0,3347	0,0796
MG	49,64	3,80	5,65
CV	13,09	7,06	10,29

$${}^1Y = 53,149542 - 0,06026x \quad R^2 = 45,61\%; \quad {}^2Y = 3,735157 + 0,002941x - 0,000019x^2 \quad R^2 = 16,58\%; \quad {}^3Y = 5,360430 + 0,005355x \quad R^2 = 49,89\%.$$

A albumina, ao contrário da ureia, é um indicador a longo prazo do estado proteico, e de acordo com Kaneko et. al. (2008), seus valores devem estar entre 2,70 – 3,90 g/dl, e a média encontrada neste estudo foi de 3,80, estando dentro do recomendado, e como ela apresentou uma resposta quadrática em função do período, pode-se dizer que seus valores aumentaram no decorrer do tempo, indicando que estes animais estão aproveitando bem o aporte proteico da dieta.

Para as proteínas totais, o valor médio encontrado foi de 5,65 g/dl, valor este abaixo da recomendação de Kaneko et. al. (2008), que é de 6,40 – 7,00 g/dl, isso ocorreu pela falta de sinergismo na degradação ruminal de carboidratos e proteínas, acarretando no escape da amônia (que pode ser confirmada pelos altos níveis de ureia), causando assim a redução da formação de proteínas totais.

Na Tabela 17 a seguir observa-se os dados do Ácido Úrico dos tratamentos em função do período experimental. De acordo com Oliveira (2018), o ácido úrico é diretamente relacionado à síntese proteica microbiana pelos microrganismos ruminais, sendo assim, quanto maior a concentração desse metabólito, maior é a síntese

microbiana e conseqüentemente maior o uso da amônia ruminal, diminuindo o escape dela, promovendo assim redução da quantidade de ureia no fígado e conseqüentemente a concentração da ureia no plasma.

TABELA 17 – Concentração do Ácido Úrico dos tratamentos em função do período experimental. (MG= 0,40, CV= 32,66%, VR* = 0-1,90 mg/dL)

Período	Controle ³	Amaize ^{®2}	Allzyme ^{®1}	Fibrozyme ^{®4}	P
0	0,30	0,26	0,33	0,50	0,5613
21	0,56	0,36	0,51	0,32	0,4655
42	0,40	0,34	0,68	0,32	0,1473
63	0,30	0,60	0,30	0,26	0,2977
84	0,46	0,32	0,53	0,46	0,6628
P	0,0140	0,0060	0,0000	0,0280	
MG	0,40	0,37	0,47	0,37	

¹Y= 0,345315 + 0,008043x - 0,00070x² R²= 33,59%; ²Y= 0,286068 + 0,001577x R²= 26,87%; ³Y= 0,353933 + 0,003552x - 0,00032x² R²= 13,44%; ⁴Y= 0,502688 - 0,007812x - 0,00067x² R²= 75,42%. *Kaneko et. al. (2008).

Houve diferença estatística entre os tratamentos, nos quais foi observado efeito quadrático para a Allzyme[®] e Fibrozyme[®] e efeito linear positivo para o tratamento Amaize[®] e Controle. Ou seja, com o decorrer do experimento, os valores do ácido úrico tendem a aumentar, o que deveria indicar a redução dos valores da ureia, fato este que pode ser comprovado ao analisar a Tabela 16, onde a ureia apresenta uma linear negativa, ou seja, seus valores reduzem com o decorrer do experimento.

Na Tabela 18 a seguir observa-se os dados para a Creatinina dos tratamentos em função do período experimental. A creatinina plasmática é oriunda, quase em sua totalidade, do catabolismo da creatina presente no tecido muscular, sendo sua concentração plasmática proporcional à massa e atividade muscular (GONZÁLEZ e SILVA, 2006). Níveis altos de creatina plasmática também podem apontar casos de deficiência na funcionalidade renal, já que a excreção de creatinina é realizada apenas via renal, assim o animal apresentaria quadros de desidratação, insuficiência renal ou atividade muscular intensa e prolongada (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

TABELA 18 – Concentração da Creatinina dos tratamentos em função do período experimental. (MG= 1,04, CV= 41,49%, VR* = 1-1,10 mg/dL)

Período	Controle ¹	Amaize [®]	Allzyme [®]	Fibrozyme ^{®2}	P
0	0,87	0,91	0,85	0,85	0,9987
21	0,85	0,79	0,84	0,83	0,9983
42	0,75	0,80	1,38	1,43	0,1445
63	1,59	0,72	1,31	1,31	0,1975
84	0,97AB	0,61B	1,23AB	1,76A	0,0383
P	0,0265	0,8695	0,0895	0,0050	
MG	1,00	0,76	1,12	1,23	

¹Y= 0,790122 + 0,003872x R²= 24,79%; ²Y= 0,769976 + 0,008239x R²= 80,18%. Letras maiúsculas na linha diferem estatisticamente (estatística não paramétrica). *Kaneko et. al. (2008).

Foi observado diferença estatística para os tratamentos Controle e Fibrozyme[®], onde foi apresentado uma função linear positiva, indicando o aumento da creatinina ao longo do período experimental. Pode-se inferir que devido ao fato desses animais estarem em fase de crescimento, irá ocorrer maior atividade muscular desses animais, o que causa o aumento dos níveis de creatinina. Na fase final do experimento observa-se também que houve diferença estatística entre os tratamentos, com o Fibrozyme[®] sendo superior aos demais, indicando sua intensa atividade muscular, provavelmente por causa de seu maior GMD (Tabela 5) e de sua maior estabilidade energética (Tabela 9). Associando esse aporte energético com o fato desses animais estarem na puberdade, ocorreu mais interações entre os animais, o que gerou também mais atividade muscular, juntamente com uma redução do interesse do animal pela água e também pelo alimento, como observado na Figura 1, onde o consumo de alimento na fase final do experimento foi reduzido.

5. CONCLUSÃO

As enzimas exógenas mostraram-se capazes de manter o CMS dos cabritos acima dos valores recomendados, e não apresentaram efeitos deletérios quanto ao ganho médio diário, ao comportamento ingestivo e nem sobre a biometria dos animais. A utilização das enzimas exógenas Amaize[®], Allzyme[®] e Fibrozyme[®] demonstram ser eficazes no aporte energético dos cabritos, com destaque para a enzima exógena Fibrozyme[®] (que apresentou o maior GMD e o maior aporte e estabilidade energética), e o uso das enzimas exógenas não apresentou efeitos negativos sobre o metabolismo hepático. No entanto, devido à característica das enzimas exógenas de acelerar a degradação dos carboidratos, ocorreu uma falta de sinergismo na degradação ruminal dos

carboidratos e proteínas, acarretando em escape da amônia do ambiente ruminal, o que comprometeu alguns metabólitos proteicos, como ureia e proteínas totais, no entanto isso não resultou em resultados negativos para os animais, visto que estes não apresentaram distúrbios metabólicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVÊDO, Danielle Maria Machado Ribeiro et al. **Comportamento sexual de ovinos e caprinos machos: uma revisão**. Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2008.

BARINI, Anúzia Cristina; BRITO, Luíz Augusto Batista; FIORAVANTI, Maria Clorinda. **BIOQUÍMICA SÉRICA DE BOVINOS (BOS TAURUS) DA RAÇA CURRALEIRO (PROJETO DE PESQUISA)**. 2007.

BASSO, Fernanda Carvalho, et al. **Características da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com " Bacillus subtilis"**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 2012, 13.4.

BEAUCHEMIN, K. A. et al. **Mode of action of exogenous cell wall degrading enzymes for ruminants**. Canadian Journal of Animal Science, v. 84, n. 1, p. 13-22, 2004.

BOMFIM, Gabriela Facholi. **Desempenho de cabritas Saanen submetidas a diferentes níveis de energia na dieta: perfil metabólico e hormonal**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BORGES, Gisele Daiane Silveira; DE PAULO MACEDO, Vicente; HILL, João Ari Gualberto. **Importância das medidas de desempenho e biometria corporal em pequenos ruminantes lactentes**. In: PAULUS, Dalva; PARIS, Wagner. **Técnicas de manejo agropecuário sustentável**. Curitiba: Ed. UTFPR, 2016. 329 p.

BRIDI, A. M. **Crescimento e desenvolvimento do tecido muscular**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina-PR. 2006.

CAMPOS, R.; GONZÁLEZ, F.; COLDEBELLA, A.; LACERDA, L. **Indicadores do metabolismo energético no pós-parto de vacas leiteiras de alta produção e sua relação com a composição do leite**. *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, n. 2, p. 241-249. 2007.

CAVALCANTI, M.C.A., BATISTA, A.M.V., GUIM, A., LIRA, M.A. RIBEIRO, V.L. & RIBEIRO NETO, A.C. **Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos 12 alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elfante (*Opuntia* sp.)**. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 30(2): 173-179. 2008

COELHO, Maria Alice Zarur; SALGADO, Andrea Medeiros; RIBEIRO, Bernardo Dias. **Tecnologia enzimática**. Editora EPUB, 2008.

CORDEIRO, Juliana Costa et al. **Desempenho de caprinos Saanen, na recria, alimentados com dieta contendo bandinha de feijão**. 2008.

DEHORITY, B. A. **Rúmen microbiology**. Wooster: ohio state university, 239p. 1987.

FREIRE, Moaceli de Magalhães et al. **Efeito da restrição alimentar e condição sexual no rendimento e qualidade da carne caprina**. 2013.

FRIEDEWALD, W. T.; Levv, R. I.; Fredrickson, D. S. 1972. **Estimation of the concentration of low-density lipoprotein in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge**. *Clin Chem*, 18: 499-502.

GARCÍA, Eliel González. **Utilización de enzimas fibrolíticas em cabras lecheras. Evaluación de su actividad y características fermentativas *in vitro***. 2004. 146 f. Dissertação (Departament de Ciència Animal i dels Aliments) – Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 2004.

GUANDALINI, N. C. **Estudo da produção de enzimas amilolíticas pelo fungo *Metarhiziumanisopliae* utilizando resíduos amiláceos como substrato.** Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

GONZÁLEZ, F. H. D., SCHEFFER, J. F. S. **Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional.** Anais do I Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil. Porto Alegre: Grafica da Universidade Federal de Rio Grande do Sul. 2003. 16 p.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Perfil Bioquímico no Exercício. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

GRANDE, P. A.; ALCALDE, C. L.; MACEDO, F. A. F.; YAMAMOTO, S. M.; MARTINS, E. N. **Desempenho e características de carcaça de cabritos da raça Saanen recebendo rações com farelo de glúten de milho e/ou farelo de soja.** Acta Scientiarum Animal Sciences, v. 25, n. 2, p. 315-321, 2003.

HUNGATE, R.E. **The Rumen And Its Microbs.** New York: Academic Press, 533p. 1966.

JOHNSON, T.R.; COMBS, D.K. **Effects of prepartum diet, inert rumen bulkm and dietary polythylene glicol on dry matter intake of lactating dairy cows.** Journal of Dairy Science, v. 74, n.3, p.933-944, 1991.

JØRGENSEN, Henning; KRISTENSEN, Jan Bach; FELBY, Claus. **Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: challenges and opportunities.** Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v. 1, n. 2, p. 119-134, 2007.

KANEKO, Jiro Jerry; HARVEY, John W.; BRUSS, Michael L. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals.** Academic press, 2008.

KRAUSE, D. O. et al. Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics. FEMS Microbiol Rev, v. 27, n. 5, p. 663-93, Dec

2003 *apud* NEIVA, Máira Costa. Avaliação de enzimas exógenas na nutrição de ovinos. 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

MAIA, M. da S.; NOGUEIRA, D. M. **Manejo reprodutivo de caprinos e ovinos em regiões Tropicais**. Embrapa Semiárido-Documentos (INFOTECA-E), 2019.

MARTOS, M. et al. **Production of Pectinolytic Enzymes by the Yeast *Wickerhamomyces anomalus* Isolated from Citrus Fruits Peels**. 2013. 435154.

McALLISTER, T.A.; HRISTOV, A.N.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. and CLANG, K.Jr. 2001. **Enzymes in ruminants diets**. In: Bedford, M., Partridge, G. (Eds.), *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CABI Publishing, Oxon, UK *apud* GARCÍA, Eliel González. **Utilización de enzimas fibrolíticas em cabras lecheras. Evaluación de su actividad y características fermentativas *in vitro***. 2004. 146 f. Dissertação (Departament de Ciència Animal i dels Aliments) – Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 2004.

MENEZES, J. J. L.; GONÇALVES, H. C.; WECHSLER, F. S.; RIBEIRO, M. S.; RODRIGUES, L.; FELISBERTO, N. R. A; MEDEIROS, B. B.; SOBRINHO, T. L. P.; GIASSETI, A.P.; CANIZARES, G. I. L.; ROSA, G. T.; FERNANDES, S.; MAESTA, S. A. **Características de desempenho e medidas biométricas de caprinos de diferentes grupos raciais e idades ao abate**. In. 42ª REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2005. Goiânia, Anais...Goiânia: SBZ, 2005.

MENEZES, Jakilane Jacque Leal de et al. **Desempenho e medidas biométricas de caprinos de diferentes grupos raciais**. Revista Brasileira de Zootecnia, p. 635-642, 2007.

MERTENS, D. R. **Regulation of forage intake**. In: National Conference on Forage Quality. Evaluation and Utilization, 1994. Anais... Lincoln: University of Nebraska. p. 450-493, 1994.

MORGAVI, D. P. et al. **Synergy between ruminal fibrolytic enzymes and enzymes from *Trichoderma longibrachiatum***. Journal of Dairy Science, v. 83, n. 6, p. 1310-1321, 2000.

MOURAD, M.; FEHR, P.; HERVIER, J. **Notacion de l'état corpore: a vos stylos**. La chevre. Small Ruminant Research, v.175, p.39-42, 1989.

NEIVA, Maíra Costa. **Avaliação de enzimas exógenas na nutrição de ovinos**. 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1232>

OLIVEIRA, Juliana Silva de; Moura Zanine, Anderson de; Santos, Edson Mauro. **Diversidade microbiana no ecossistema ruminal**. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. VIII, núm. 6, junio, 2007, pp. 1-12.

OLIVEIRA, Karla Alves et al. **Ração extrusada com diferentes relações volumoso: concentrado para ovinos em crescimento**. 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

OWENS, Fred. **Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients**. II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte. http://www.simcorte.com/index/Palestras/6_simcorte/simcorte4. PDF.(Accessed October 10, 2012.), 2010.

PAYNE, J. M; DEW, S. M; MANSTON, R; FAULKS, M. **The use of metabolic profile test in dairy herds**. The Veterinary Record. v. 87, p. 150-158, 1970.

ROJO-RUBIO, Rolando, et al. **Enzimas amilolíticas exógenas en la alimentación de rumiantes**. Universidad y Ciencia, 2007, 23.2: 173-182.

ROJO, R. et al. **Effects of exogenous amylases from *Bacillus licheniformis* and *Aspergillus niger* on ruminal starch digestion and lamb performance**. Animal Feed Science and Technology, v. 123-124, p. 655-665, 2005/12/07/ 2005.

RUSSEL, A. J. F.; DONEY, J. M.; GUNN, R. G. **Subjective assessment of body fat in live sheep**. Journal Agricultural Science, v. 72, p. 451-454, 1969.

SAKITA, Gabriel Zanuto. **Produção de gases, fermentação ruminal e desempenho de ovinos suplementados com enzimas fibrolíticas**. 2018. 141 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2018.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **"Teoria do encaixe induzido"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/teoria-encaixe-induzido.htm>. Acesso em 23 de outubro de 2019.

SANTOS, R. P.; Sousa, L. F.; Sousa, J. T. L.; Andrade, M. E. B.; Macedo, Júnior, G. L.; Silva, S. P. 2015. **Parâmetros sanguíneos de cordeiros em crescimento filhos de ovelhas suplementadas com níveis crescentes de propilenoglicol**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 10: 473-478.

SIQUEIRA, Marco Túlio Santos et al. **Suplementação nutricional para ovelhas em final de gestação: parâmetros nutricionais e metabólicos**. Caderno de Ciências Agrárias, v. 12, p. 1-9, 2020.

SOEST, P.J. Van. **Nutritional ecology of the ruminant**. Corvallis: O e B Books, 374p. 1982.

SOUZA, D. S. et al. **Desenvolvimento corporal e relação entre biometria e peso de cordeiros lactantes da raça Santa Inês criados na Amazônia**. Arq. bras. med. vet. zootec, p. 1787-1794, 2014.

SUJANI, S.; SERESINHE, R. T. **Exogenous enzymes in ruminant nutrition: A review**. Asian Journal of Animal Sciences, v. 9, n. 3, p. 85-99, 2015.

TEIXEIRA, JÚLIO CÉSAR. **Nutrição dos Ruminante**, Lavras, MG: ESAL/ FAEPE, 1991.

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

VALADARES FILHO, S. de C. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. UFV, 2006.

VERMELHO, Alane Beatriz et al. **Enzimas proteolíticas: Aplicações biotecnológicas**. Enzimas em biotecnologia-Produção, aplicações e mercado, p. 273-287, 2008.

VIEIRA, S. L. **Oportunidade para o uso de enzimas em dietas vegetarianas**. IV Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Chapecó-SC. 91-5 2003.

VITIĆ, J.; STEVANOVIĆ, J. Comparative studies of the serum lipoproteins and lipids in some domestic, laboratory and wild animals. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 106, n. 1, p. 223-229, 1993.

WARRISS, P. D. et al. **The chemical composition and structure of meat**. Meat science: An introductory text, p. 37-67, 2000.