

CHARLINE GODINHO PADILHA

**ANÁLISE DE REGRESSÃO ENTRE OS ÁCIDOS GRAXOS CLA *TRANS*-10,
CIS-12 E C18:1 *TRANS*-10 E O TEOR E PRODUÇÃO DE GORDURA NO
LEITE DE OVELHAS E CABRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dimas Estrasulas de Oliveira

Co-orientador: Prof. Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro

LAGES, SC

2020

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

PADILHA, Charline Godinho
ANÁLISE DE REGRESSÃO ENTRE OS ÁCIDOS
GRAXOS CLA TRANS-10, CIS-12 E C18:1 TRANS-10 E O
TEOR E PRODUÇÃO DE GORDURA NO LEITE DE
OVELHAS E CABRAS / Charline Godinho PADILHA. -- 2020.
94 p.

Orientador: Dimas Estrásulas de Oliveira
Coorientador: Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação , Lages, 2020.

1. Depressão de gordura. 2. Metabolismo mamário. 3.
Ovelhas leiteiras. 4. Cabras leiteiras. I. Oliveira, Dimas
Estrásulas de. II. Ribeiro, Cláudio Vaz Di Mambro. III.
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação . IV.
Título.

CHARLINE GODINHO PADILHA

**ANÁLISE DE REGRESSÃO ENTRE OS ÁCIDOS GRAXOS CLA TRANS-10,
CIS-12 E C18:1 TRANS-10 E O TEOR E PRODUÇÃO DE GORDURA NO
LEITE DE OVELHAS E CABRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

Banca examinadora

Orientador:


Prof. Dr. Dimas Estrelas da Oliveira
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:


Prof. Dr. André Thaler Neto
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:


Dr. Michel Baldin

Dr. Michel Baldin
Milk Group Company

Lages – SC, 17 de fevereiro de 2020

*Dedico, com todo
meu amor e gratidão, aos
meus pais, aos meus
irmãos e a todos os mestres
que tive.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao SER superior por me amparar nessa fase da minha vida e carreira.

Aos meus pais, Rosangela e Dilmar, por todos ensinamentos, incentivos, paciência, dedicação e amor. Aos meus irmãos, Murilo e Luana, por todo carinho, amor e incentivo. Quando eu menos acreditei em mim, vocês sempre estiveram ao meu lado me passando serenidade. Obrigada por confiarem em mim. Isso tudo sempre foi por vocês!

Ao meu parceiro, Flávio, por fazer parte dessa etapa tão importante para mim, agradeço pela paciência e pelo incentivo nos momentos mais difíceis. Dividir minha rotina contigo tornou as coisas mais leves.

Ao meu orientador, professor Dr. Dimas Estrasulas de Oliveira, a quem admiro como profissional, por nunca medir esforços para manter seus valores e ética, e como pessoa pelos momentos de descontração, incentivo e ensinamentos para a vida. Agradeço imensamente pela oportunidade e confiança!

Ao meu co-orientador, professor Dr. Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro, por todos ensinamentos e paciência, e também por toda ajuda disponibilizada. Com certeza sem seu auxílio isso não seria possível.

Ao professor Dr. André Thaler Neto, pela oportunidade de iniciar minha vida acadêmica no programa de Ciência Animal – UDESC.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal – UDESC e aos demais professores aos quais pude ser aluna, por compartilharem de forma altruísta seus conhecimentos.

As colegas do grupo NUTRIGER, Rafaella Horstmann, Georgia C. de Aguiar, Daniella C. Bessani e Rayllana Larsen, por toda amizade, apoio e conhecimento partilhado. Deixo aqui meu agradecimento por dividirem essa etapa comigo e por termos construído uma amizade além da sala de aula.

Aos colegas da Produção Animal, pelos momentos de descontração, por todas as conversas e chimarrão partilhado. Esses momentos fizeram com que as inseguranças e angústias fossem divididas e amenizadas.

À Camila e a Thaniele, por todo o carinho ao me hospedarem em sua casa no período que precisei ficar em Salvador. Agradeço principalmente a Camila por

ser tão gentil e atenciosa, e por ter dividido sua rotina comigo. Serei eternamente grata a vocês!

Aos membros da banca, Dr. André Thaler Neto e Dr. Michel Baldin, por prontamente aceitarem o convite e por toda disponibilidade oferecida.

A Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade da realização do mestrado.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos (este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001).

A todos, agradeço!

“Nada proporciona melhor capacidade de superação e resistência aos problemas e dificuldades em geral do que a consciência de ter uma missão a cumprir na vida.” (Viktor Frankl)

“Os grandes feitos são conseguidos não pela força, mas pela perseverança.”
(Samuel Johnson)

RESUMO

PADILHA, Charline Godinho. Análise de regressão entre os ácidos graxos CLA *trans*-10, *cis*-12 e C18:1 *trans*-10 e o teor e produção de gordura no leite de ovelhas e cabras. p.94. **Dissertação** (Mestre em Ciência Animal – Área: Produção Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Lages, 2020.

Os lipídeos da dieta de ruminantes sofrem dois eventos principais que são, por ordem: a) uma lipólise microbiana para hidrolisar os tri e diglicerídeos da dieta e; b) a adição de íons hidrogênio (biohidrogenação) nos ácidos graxos (AG) livres que possuem uma ou mais duplas ligações, precedida por uma isomerização. Esse processo de biohidrogenação não é completo e sob determinadas condições do ambiente ruminal pode formar alguns AG “*trans*” como intermediários que causam redução na síntese de gordura (síndrome da depressão da gordura do leite - DGL). Dos AG “*trans*” relacionados com esse fenômeno, estão o isômero do ácido linoleico conjugado, CLA *trans*-10, *cis*-12 (CLA) e o isômero C18:1 *trans*-10 (T10). Este estudo teve como objetivos: a) avaliar se os AG CLA e o T10 podem ser utilizados como preditores do teor (%), produção (g) e suas respectivas variações (≠) na gordura do leite de ovelhas e cabras leiteiras, usando análises de regressão linear e não-linear; b) quantificar as taxas de regressão da gordura do leite em função do CLA e o T10 e determinar se há diferença entre cabras e ovelhas; c) verificar qual AG (CLA ou T10) é mais eficiente como preditor da DGL em cada uma das espécies; d) avaliar, através da análise de regressão múltipla, outros AG que podem estar relacionados a esse evento, através de melhora nas estimativas. Foram utilizados dados previamente publicados com cabras e ovelhas, reavaliados por regressões lineares simples, múltiplas e também por modelos de regressão não linear. Os modelos em que se analisou o teor e a variação do teor de gordura demonstraram melhor ajuste de predição nas duas espécies. Nas regressões lineares simples o CLA demonstrou ser um melhor preditor para cabras, ao passo que em ovelhas foi o T10. Não houve diferença na forma como cabras e ovelhas reduzem a gordura do leite em função do CLA, T10 e CLA+T10. Os resultados sugerem que o CLA e T10 podem ser utilizados como preditores, ainda que os modelos de regressões múltiplas demonstrem uma melhor qualidade de ajuste de predição do teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite de ovelhas e cabras.

Palavras-chave: depressão de gordura; metabolismo mamário; ovelhas leiteiras; cabras leiteiras.

ABSTRACT

PADILHA, Charline Godinho. Regression analysis between CLA *trans*-10, *cis*-12 and C18: 1 *trans*-10 fatty acids and milk fat and yield in sheep and goats. p.94. **Dissertation** (Master in Animal Science – Area: Animal Production). Santa Catarina State University. Program in Animal Science. Lages, 2020.

The lipids in the rumen undergo two major events which are, in order: a) a microbial lipolysis to hydrolyze tri and diglycerides and; (b) the addition of hydrogen ions (biohydrogenation) to free fatty acids (FA) having one or more double bonds, preceded by isomerization. However, the process of biohydrogenation under certain conditions of the rumen environment is not complete and may result in some trans FA as intermediates that cause milk fat synthesis (MFD). Trans FA related to this phenomenon include the conjugated linoleic acid isomer CLA *trans*-10, *cis*-12 (CLA) and the C18: 1 *trans*-10 (T10) isomer. The objectives of this study were: a) evaluate whether the CLA and T10 FA can be used as predictors of the content, production and their respective variations in the milk fat of sheep and dairy goats, using regression analyzes linear and non-linear; b) quantify the milk fat regression rates as a function of CLA and T10 and determine if there is a difference between goats and sheep; c) verify which FA (CLA or T10) is more efficient as a predictor of DGL in each species; d) evaluate, through multiple regression analysis, other FA that may be related to this event, through improved estimates. Data from previously published studies were used evaluated by simple, multiple and nonlinear regression models. The fat content and fat content variation demonstrated better prediction adjustment in both species. In simple linear regression, CLA was a better predictor for goats, whereas in sheep it was T10. There was no difference between goats and sheep in reducing milk fat by CLA, T10 and CLA + T10. The results suggest that CLA and T10 can be used as predictors, even though the multiple regression models demonstrate a better quality of predictive adjustment of the content, yield and their respective variations in milk fat of sheep and goats.

Keywords: fat depression; mammary metabolism; dairy sheep; dairy goats.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados utilizados nas análises de relação entre os ácidos graxos (g/100g de AG) e o teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite de cabras.....	43
Tabela 2 - Modelos de regressão linear com melhores ajustes para cabras.....	44
Tabela 3 – Modelos de regressão linear corrigidos para o peso vivo com melhores ajustes para cabras.....	45
Tabela 4 – Modelos de regressão linear corrigidos para o peso vivo comparados com modelos não corrigidos em cabras.....	46
Tabela 5 – Modelos de regressão não linear com melhores ajustes para cabras.....	46
Tabela 6 – Modelos de regressão não linear corrigidos para o peso vivo com melhores ajustes para cabras.....	47
Tabela 7 – Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e o teor de gordura no leite de cabras.....	47
Tabela 8 – Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a produção de gordura do leite de cabras.....	48
Tabela 9 – Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a variação do teor de gordura no leite de cabras.....	49
Tabela 10 – Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a variação da produção de gordura do leite de cabras.....	49

Tabela 11 – Modelos de regressão linear múltipla com melhores ajustes incluindo a produção de leite para a variável dependente Gordura (g) de cabras.....	50
Tabela 12 – Modelos de regressão linear múltipla corrigidos para o peso vivo com melhores ajustes incluindo a produção de leite para a variável dependente Gordura (g) de cabras.....	51
Tabela 13 – Dados utilizados nas análises de relação entre os ácidos graxos (g/100g de AG) e o teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite de ovelhas.....	52
Tabela 14 – Modelos de regressão linear com melhores ajustes para ovelhas.....	53
Tabela 15 – Modelos de regressão linear corrigidos para peso vivo com melhores ajustes para ovelhas.....	53
Tabela 16 – Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e o teor de gordura no leite de ovelhas.....	54
Tabela 17 – Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a produção de gordura do leite de ovelhas.....	55
Tabela 18 – Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a variação do teor de gordura no leite de ovelhas.....	55
Tabela 19 – Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a variação da produção de gordura do leite de ovelhas.....	56

Tabela 21 – Modelos de regressão linear múltipla com melhores ajustes incluindo a produção de leite para a variável dependente Gordura (g) de ovelhas.....57

Tabela 21 – Modelos de regressão linear múltipla corrigidos para o peso vivo com melhores ajustes incluindo a produção de leite para a variável dependente Gordura (g) de ovelhas.....58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais rotas de biohidrogenação dos ácidos graxos polinsaturados no rúmen.....	26
Figura 2 – Rotas da biohidrogenação ruminal do ácido linoleico – C18:2.....	27
Figura 3. Diagrama de resumo dos modelos lineares simples e não lineares executados.....	39
Figura 4. Diagrama de resumo dos modelos lineares múltiplos executados.....	39
Figura 5 – Relação entre concentração de CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12 no leite e a variação no percentual de gordura (A) e percentual de gordura (B) no leite de ovelhas (●) e cabras (◇).....	59
Figura 6 – Relação entre concentração de CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12 (A), C18:1 <i>trans</i> -10 (B) e somatório de CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12 e C18:1 <i>trans</i> -10 (C) no leite e a variação na produção de gordura no leite de ovelhas (●) e cabras (◇).....	60
Figura 7 – Relação entre concentração de CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12 no leite e a variação no percentual de gordura (A) e o percentual de gordura (B), corrigidos para o peso vivo, no leite de ovelhas (●) e cabras (◇).....	61
Figura 8 – Relação entre concentração de CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12 (A), concentração de C18:1 <i>trans</i> -10 (B) e concentração do somatório de CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12 e C18:1 <i>trans</i> -10 (C) no leite e a variação na produção de gordura, corrigidos para o peso vivo, no leite de ovelhas (●) e cabras (◇).....	61
Figura 9 – Concentração média de CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12, C18:1 <i>trans</i> -10 e somatório de ambos no leite de cabras e ovelhas.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

DEL	Dias em lactação
AG	Ácido (s) graxo (s)
PV	Peso vivo
PL	Produção de leite
CLA	CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12
T10	C18:1 <i>trans</i> -10
CLA+T10	Somatório de CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 e C18:1 <i>trans</i> -10
GORD	Gordura
“y”	Variável dependente
“x”	Variável independente
INTERC	Intercepto
R ²	Coeficiente de determinação
RMSE	Raíz do quadrado médio dos resíduos
AIC	Critério de informação Akaike
VIF	Variance Inflation Factor
CP	Critério preditivo
SCD	Estearoil-CoA dessaturase
ACACA	Acetil-CoA-carboxilase
FASN	Ácido graxo-sintase
LPL	Lipoproteína lipase
AGPAT	Acil glicerol fosfato acil transferase
DGAT	Glicerol diacil acil transferase
GPAT	Glicerol 3-fosfato acil transferase

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Lipídeos na dieta	25
2.2 Síndrome da depressão da gordura do leite	26
2.2.1 Ácido linoleico conjugado.....	27
2.2.2 CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12	28
2.2.3 C18:1 <i>trans</i> -10	28
2.2.4 Ácidos graxos da síntese de novo	28
2.3 Uso de análise de regressão em respostas biológicas.....	30
3. HIPÓTESES	31
4. OBJETIVOS	33
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
5.1 Descrição dos dados.....	35
5.2 Modelos analisados.....	35
5.2.1 Modelos de regressão linear simples.....	35
5.2.2 Modelos de regressão não linear.....	36
5.2.3 Modelos corrigidos para o peso vivo dos animais.....	37
5.2.4 Modelos de regressão múltipla	37
5.2.4.1 Interações	37
5.2.5 Modelos incluindo a produção de leite	38
5.2.5.1 Modelos incluindo outros ácidos graxos.....	38
5.3 Avaliação do efeito da espécie.....	40
5.4 Critérios para considerar o modelo satisfatório	40
6. RESULTADOS	43
6.1 Resultados de cabras.....	43
6.1.1 Descrição do banco de dados das análises simples e não lineares	43
6.1.2 Modelos lineares simples.....	44

6.1.3 Modelos não lineares.....	46
6.1.4 Descrição do banco de dados das análises lineares múltiplas....	47
6.1.5 Modelos múltiplos	50
6.2 Resultados de ovelhas.....	51
6.2.1 Descrição do banco de dados das análises lineares simples e não lineares.....	51
6.2.2 Modelos lineares simples.....	52
6.2.3 Modelos não lineares.....	54
6.2.4 Descrição do banco de dados das análises lineares múltiplas....	54
6.2.5 Modelos múltiplos	57
6.3 Avaliação do efeito da espécie.....	58
6.3.3 Regressão linear simples.....	59
6.3.2 Regressão linear simples corrigida para peso vivo.....	60
7. DISCUSSÃO.....	63
8. CONCLUSÕES.....	73
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

A gordura é responsável pela metade do conteúdo energético do leite, é o componente que mais varia entre espécies e o mais sujeito a alterações em função da dieta. Além disso, sob o ponto de vista da indústria, a gordura tem um papel importante na manutenção das características organolépticas e de produção de derivados lácteos. Já sob o ponto de vista do produtor, pode ter um impacto positivo na renda, tendo em vista que em alguns casos o pagamento é feito também baseado nos sólidos do leite ou então, o produtor é penalizado em função de um menor teor de gordura.

Em algumas situações práticas de alimentação, onde os animais recebem dietas com uma proporção elevada de concentrado altamente fermentável e/ou onde há uma inclusão de óleos vegetais, observa-se uma redução na concentração e/ou produção de gordura sem ocorrer mudanças nos demais constituintes do leite, chamada de Síndrome da Depressão da Gordura do Leite (DGL). A DGL é causada, pelo menos em parte, por AG *“trans”* que são oriundos da biohidrogenação parcial dos AG naturalmente presentes na dieta de ruminantes.

Destes AG intermediários, destaca-se o isômero *trans*-10, *cis*-12 do ácido linoleico conjugado (CLA) e o isômero C18:1 *trans*-10. Entretanto, quando se observa o perfil de AG do leite de animais sob DGL causada pela dieta ou induzida pelo CLA, o percentual do isômero C18:1 *trans*-10 é normalmente mais elevado do que o CLA *trans*-10, *cis*-12, além de ser mais facilmente identificado na análise de cromatografia gasosa, o que pode sugerir utilizá-lo como um “preditor” em equações para estimação do teor e/ou produção de gordura do leite e auxiliar no reconhecimento dos animais em uma situação de DGL.

Assim, uma avaliação através de modelagem estatística com trabalhos previamente publicados pode auxiliar na identificação de qual desses AG pode ser utilizado como um preditor do teor de gordura do leite nessas espécies. Dessa maneira, o presente estudo visou identificar as relações entre o CLA *trans*-10, *cis*-12 e o C18:1 *trans*-10 com o teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite de ovelhas e cabras leiteiras, usando análises de regressão linear e não-linear; verificar qual AG entre o CLA *trans*-10, *cis*-12 ou C18:1 *trans*-10, é mais eficiente como “preditor” da DGL em cada uma das

espécies; comparar as relações obtidas entre as duas espécies, com o intuito de verificar se há diferença na taxa de redução da gordura por ação desses AG e avaliar através da análise de regressão múltipla outros AG que podem estar relacionados a esse evento, buscando tornar mais claro os mecanismos fisiológicos da DGL em cabras e ovelhas.

Além disso, o uso de dados obtidos em estudos prévios sob diferente forma de análise permite nova investigação sem a reutilização de animais, estando assim em consonância com a redução de animais em experimentos, o que tem sido encorajado pelos comitês de ética em experimentação animal. Dessa forma, pelo descrito anteriormente, utilizamos dados de experimentos previamente publicados, com cabras e ovelhas leiteiras, onde através de observações nas quais os animais receberam o CLA *trans*-10, *cis*-12 como uma ferramenta para criar um cenário de depressão de gordura no leite (DGL), e ainda, através de observações de grupos controles (tendo em vista que o CLA *trans*-10, *cis*-12 é também produzido em menores quantidades), investigamos a relação do CLA *trans*-10, *cis*-12 e C18:1 *trans*-10 com o teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite, além de tentar identificar através de modelos de regressão múltipla outros AG envolvidos na DGL.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LIPÍDEOS NA DIETA

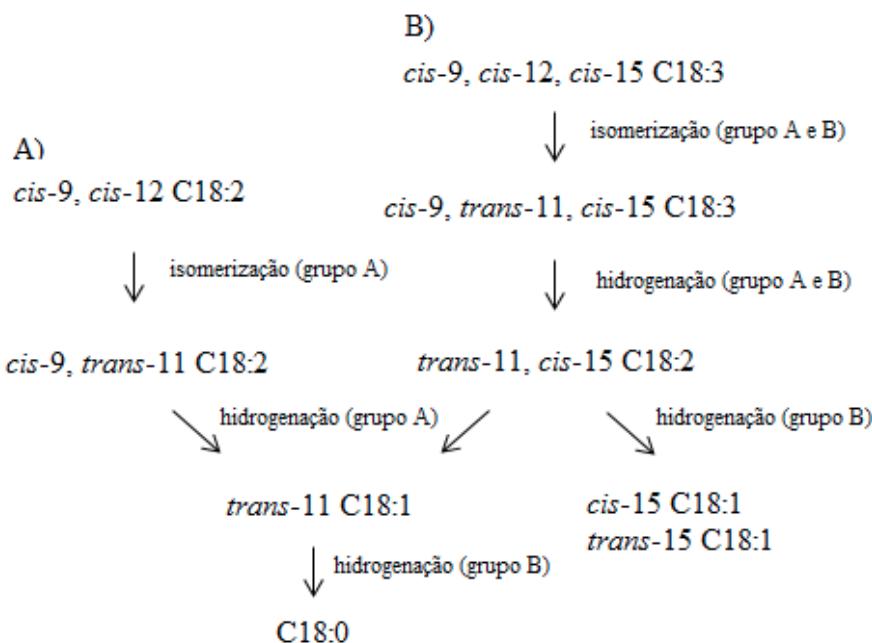
Normalmente a fração lipídica das dietas de ruminantes corresponde à menos de 5% da dieta total (PALMQUIST e JENKINS, 1980) e quando alimentados com dietas típicas (pastagens) ou com a suplementação com concentrados (grãos de cereais, subprodutos de origem vegetal) ingerem gordura principalmente na forma de galactolipídeos e triglicerídeos, respectivamente. Embora os AG fornecidos por essas duas fontes sejam principalmente insaturados (ácido linolênico, C18:3 nas forragens e o ácido linoleico, C18:2 nos grãos e seus subprodutos), a gordura do leite é composta principalmente por AG saturados, predominando os ácidos esteárico (C18:0) e palmítico (C16:0) (JENSEN, 2002), o que demonstra que os lipídeos oriundos da dieta sofrem transformação através do metabolismo ruminal.

Para que esses lipídeos sejam metabolizados é necessário que haja dentro do rúmen, em sequência, dois processos principais: a) lipólise (hidrólise) das ligações do tipo “éster” entre os AG e o glicerol dos triglicerídeos, diglicerídeos e fosfolipídeos, levada a termo pelas lipases microbianas e; b) biohidrogenação (adição de um átomo de H^+ às duplas ligações) pelos microrganismos ruminais (PALMQUIST et al., 2005).

Como os AG não fornecem nutrientes aos microorganismos ruminais, acredita-se que a biohidrogenação ocorra para realizar a remoção de um efeito bacteriostático causado pelos AG insaturados (MAIA et al., 2007, MAIA et al., 2010), em uma tentativa de detoxificação (KEMP et al., 1984).

A biohidrogenação é um processo com várias etapas, envolvendo passos de isomerização e redução, que quando terminado gera AG saturados, formando vários intermediários durante esse processo. Harfoot e Hazlewood (1997) sugeriram uma ordem dos eventos com bases em diversos experimentos e descreveram uma via para a biohidrogenação do ácido linoleico (Figura 1 A) e uma para o ácido linolênico (Figura 1 B):

Figura 1. Principais rotas de biohidrogenação dos ácidos graxos polinsaturados no rúmen (adaptado de Harfoot e Hazlewood, 1997).



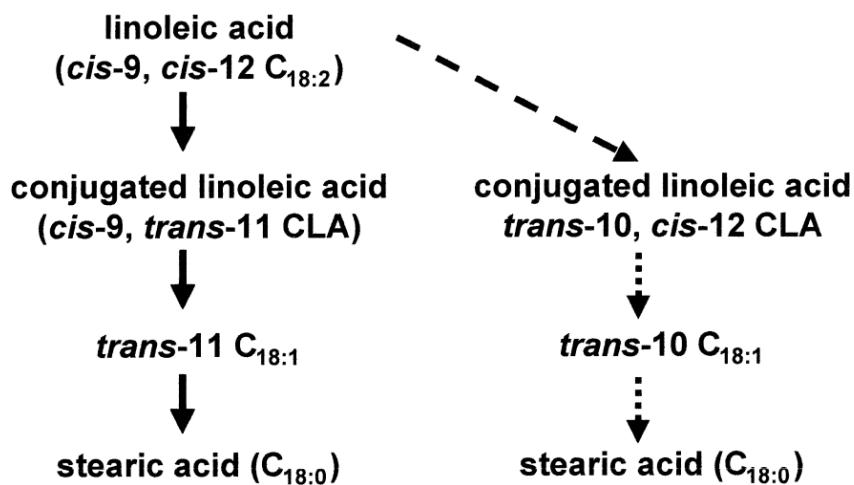
2.2 SÍNDROME DA DEPRESSÃO DE GORDURA DO LEITE

Entre os componentes do leite, a gordura é a fração que sofre maior alteração por influência da dieta (BAUMAN et al., 2006) e essa situação pode ocorrer principalmente com animais submetidos a dietas que utilizam óleos insaturados, alto teor de concentrado, baixa quantidade de fibra ou ambos (BAUMAN e GRIINARI, 2001), o que origina, em alguns casos, a chamada síndrome da depressão da gordura do leite (DGL). Reduções no teor de gordura do leite através dessas dietas em geral ocorrem em poucos dias e, em alguns casos essa diminuição pode chegar a mais de 50%, sem causar alterações significativas nos demais componentes do leite (ROY et al., 2006).

A DGL é causada por alterações no ambiente ruminal que resultam na produção de intermediários da biohidrogenação, dos quais alguns reduzem a síntese de lipídeos na glândula mamária (HARVATINE et al., 2009, SHINGFIELD et al., 2009a), o que faz com que os animais produzam leite com teor de gordura reduzido.

Em situações de DGL, há alterações na rota de biohidrogenação do ácido linoleico (C18:2) (Figura 1 A) levando a formação de diferentes intermediários, mostrados na Figura 2.

Figura 2. Rotas da biohidrogenação ruminal do ácido linoleico - C18:2 (adaptado de Bauman e Griinari, 2001).



Essas alterações estão relacionadas com mudanças na microbiota ruminal e pela capacidade desses microrganismos hidrogenar e se desenvolver em condições específicas de pH (WALLACE et al., 2007). Poucos AG intermediários da biohidrogenação foram relacionados com a inibição da síntese da gordura do leite. Além do CLA *trans*-10, *cis*-12, os isômeros *trans*-9, *cis*-11 e *cis*-10, *trans*-12, e principalmente o AG C18:1 *trans*-10, foram também correlacionados com a redução no teor de gordura do leite (SHINGFIELD et al., 2009b).

2.2.1 Ácido linoleico conjugado

Os AG chamados de ácidos linoleicos conjugados (CLA) se originam de AG poli-insaturados da dieta ou da síntese endógena (isômero *cis*-9, *trans*-11) (PARIZA et al., 2001) e são comumente encontrados em produtos provenientes de ruminantes, sendo o leite o principal produto (BAUMAN et al., 1999).

O CLA compreende um conjunto de isômeros posicionais e geométricos do ácido octadecadienoico, formando duplas ligações conjugadas que variam de 6 e 8 até 12 e 14 carbonos e em cada isômero posicional engloba quatro pares geométricos que são: *cis-trans*; *trans-cis*, *trans-trans* e *cis-cis*, perfazendo 28 isômeros possíveis do CLA (COLLOMB et al., 2006).

2.2.2 CLA *trans*-10 *cis*-12

Em razão a seus efeitos biológicos conhecidos, dois isômeros do CLA são mais estudados. Entre eles estão o CLA *cis*-9, *trans*-11 considerado um agente anticarcinogênico em alguns tipos de câncer (IP et al., 1997) e o CLA *trans*-10, *cis*-12, apontado como responsável por alterar o metabolismo lipídico, através da inibição de enzimas lipogênicas da glândula mamária (BAUMAN et al., 2008) de suínos (SANDRI et al., 2019), ratos (PARK et al., 1997) e ovelhas (TICIANI et al., 2016). Sob o ponto de vista de composição do leite, o efeito do CLA *trans*-10, *cis*-12 sobre a redução no teor e produção de gordura do leite tem sido descrito em bovinos (BAUMGARD et al., 2000), ovinos (OLIVEIRA et al., 2012; BALDIN et al., 2013b) e cabras (BALDIN et al., 2013a; FERNANDES et al., 2014 e BALDIN et al., 2014).

2.2.3 C18:1 *trans*-10

Entre os AG provenientes da alteração na rota de biohidrogenação destaca-se o C18:1 *trans*-10. A presença desse AG no leite de animais com DGL tem sugerido um papel deste intermediário na regulação de síntese da gordura do leite (SHINGFIELD et al., 2007; SHINGFIELD et al., 2010; BAUMAN E GRIINARI, 2001). Shingfield et al., (2010) citaram que o C18:1 *trans*-10 pode ser considerado o principal responsável pelos efeitos inibitórios na síntese da gordura do leite.

2.2.4 Ácidos graxos da síntese de novo

Os AG incorporados no leite são derivados da captação de AG oriundos da alimentação, das reservas corporais ou através da síntese *de novo* pela

glândula mamária. Os estudos sobre os mecanismos moleculares envolvidos na regulação de síntese da gordura do leite forneceram evidências de que a DGL está relacionada, pelo menos em parte, com uma redução na abundância de RNAm para genes lipogênicos que codificam enzimas envolvidas na síntese da gordura do leite (SHINGFIELD et al., 2007).

Os AG presentes no leite de ruminantes diferem daqueles das demais espécies, tendo em vista que possui baixa quantidade de AG insaturados e é composto principalmente por AG de cadeia curta e média (PALMQUIST E MATTOS, 2006). Essa característica do leite de ruminantes acontece devido a produção dos AG acético e butírico no rúmen, os quais quando na glândula mamária originam o β -hidroxibutirato e o acetato (SUTTON, 1985). O acetato deriva do processo de fermentação dos carboidratos da dieta e é considerado a maior fonte de carbonos e o β -hidroxibutirato gera cerca de metade dos quatro carbonos iniciais da síntese *de novo* dos AG em ruminantes (BAUMAN E GRIINARI, 2001).

A DGL causa a redução da secreção dos AG de todas as vias, porém, a redução dos AG oriundos da síntese *de novo* (\leq C14 e parte dos C16) é de maior magnitude (BAUMGARD et al., 2001). A síntese de AG *de novo* ocorre no citoplasma das células epiteliais dos alvéolos da glândula mamária e é descrita como um processo cíclico, onde unidades de acetil são inseridas a uma molécula iniciadora, sendo normalmente o acetil CoA, e em alguns casos o β -hidroxibutirato (BAUMAN & DAVIS, 1974).

A síntese da gordura do leite depende da atividade de diversas enzimas envolvidas na síntese de ácidos graxos, tais como: I) enzimas que atuam na síntese *de novo* (acetil-CoA-carboxilase, ACACA e ácido graxo-sintase, FASN); II) na captação de ácidos graxos (lipoproteína lipase, LPL); III) no transporte de ácidos graxos (proteína de ligação a ácidos graxos) e IV) na dessaturação de ácidos graxos (estearoil CoA dessaturase, SCD) e síntese de triacilgliceróis (acil glicerol fosfato acil transferase, AGPAT, glicerol diacil acil transferase, DGAT e glicerol 3-fosfato acil transferase, GPAT) (SHINGFIELD et al., 2007). Através da ação do CLA *trans*-10, *cis*-12 (HARVATINE e BAUMAN, 2006) e do C18:1 *trans*-10 (KADEGOWDA et al., 2009) a expressão de genes que codificam algumas dessas enzimas é diminuída, resultando, em alguns casos, na síndrome da DGL.

2.3 USO DE ANÁLISE DE REGRESSÃO EM RESPOSTAS BIOLÓGICAS

Existem várias formas possíveis de abordagem estatística em pesquisas biológicas, cada qual atingindo uma finalidade. No caso de análises de regressão a utilização pode ser realizada em diversas áreas de estudo. O principal objetivo desta técnica é obter uma equação que explique satisfatoriamente a relação entre uma variável resposta e uma ou mais variáveis explicativas, possibilitando fazer previsão de valores da variável de interesse. Ou seja, esse tipo de análise busca verificar o quanto uma resposta biológica demonstrada pelo animal influencia em outra e essa pode ser obtida de forma linear ou não linear.

Os modelos escolhidos devem ser justificáveis, tanto logicamente quanto biologicamente. Para Daniel & Wood (1971) dada uma série de modelos biologicamente possíveis, a escolha deve ser feita com base na aplicabilidade e nos critérios estatísticos que demonstram o quanto o modelo é adequado.

3 HIPÓTESES

- a) O CLA *trans*-10, *cis*-12 e o C18:1 *trans*-10 podem ser utilizados para estimar o teor e a produção de gordura do leite em ovelhas e cabras leiteiras com DGL;
- b) Independente do AG utilizado como preditor, a taxa de redução da gordura do leite é maior em ovelhas do que em cabras;
- c) O C18:1 *trans*-10 é melhor preditor do teor de gordura do leite em ovelhas e cabras leiteiras;
- d) Os modelos de regressão múltipla se ajustam melhor para descrever a relação entre os AG e o teor e/ou produção de gordura no leite do que as análises lineares e não lineares.

4 OBJETIVOS

- a) Avaliar se os AG CLA *trans*-10, *cis*-12 e o C18:1 *trans*-10 podem ser utilizados como preditores do teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite de ovelhas e cabras leiteiras com DGL, usando análises de regressão linear e não-linear;
- b) Quantificar as taxas de regressão da gordura do leite em função do CLA *trans*-10, *cis*-12 e o C18:1 *trans*-10 e determinar se há diferença entre cabras e ovelhas;
- c) Verificar qual AG (CLA *trans*-10, *cis*-12 ou C18:1 *trans*-10) é mais eficiente como preditor da DGL em cada uma das espécies;
- d) Avaliar, através da análise de regressão múltipla, outros AG que podem estar relacionados a esse evento, através de melhora nas estimativas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 DESCRIÇÃO DOS DADOS

O banco de dados utilizado foi obtido a partir de trabalhos publicados com cabras (106 observações; Baldin et al., 2013a; Fernandes et al., 2013 e Baldin et al., 2014) e ovelhas (68 observações; Oliveira et al., 2012 e Baldin et al., 2013b), através dos dados brutos de domínio do grupo de estudo em nutrigenômica de ruminantes (Nutriger) - UDESC/CAV.

Os dados utilizados foram:

Para cabras: 1) animais da raça Toggenburg; 2) DEL (dias em lactação) de 72 a 156 dias; 3) média de produção de leite de 1,93 a 3,2 kg/dia; 4) peso vivo de 36,3 a 52,1 kg; 5) dieta baseada no fornecimento de silagem de milho e concentrado composto majoritariamente por milho moído e farelo de soja; 6) tratamentos com e sem fornecimento de CLA e 7) análise de composição e do perfil dos AG do leite e;

Para ovelhas: 1) animais da raça Lacaune; 2) DEL de 30 a 70 dias; 3) média de produção de leite de 1,1 a 3,0 kg/dia; 4) peso vivo de 43,8 a 66,8 kg; 5) dieta baseada em pastagem e no fornecimento de concentrado composto principalmente por milho moído e farelo de soja e; 6) tratamentos com e sem fornecimento de CLA e 7) análise de composição e do perfil dos AG do leite.

Todos os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS University Edition (2017) através dos procedimentos MIXED, REG e NLIN.

5.2 MODELOS ANALISADOS

5.2.1 Modelo de regressão simples

Os modelos de regressão linear simples incluíram como variável dependente o teor (%) ou a produção (g/dia) de gordura do leite, e suas respectivas variações (Δ) entre a primeira (valor inicial) e última coleta (valor final) de leite de cada um dos períodos experimentais de cada trabalho. As diferenças (Δ) do teor e produção de gordura foram calculadas através da equação: ((valor inicial-valor final) / valor final) * 100. As variáveis independentes testadas

incluíram a percentagem de CLA *trans*-10, *cis*-12 (CLA), de C18:1 *trans*-10 (T10) e o somatório dos dois (CLA+T10), no leite.

Para as equações lineares avaliadas, os modelos estatísticos foram: a) $y = \beta_0 + \beta_1X + \varepsilon$ utilizado para modelos lineares simples; b) $y = \beta_0 + \beta_1X + \beta_2X^2 + \varepsilon$ para modelos quadráticos e; c) $y = \beta_0 + \beta_1X + \beta_2X^2 + \beta_3X^3 + \varepsilon$ para cúbicos, onde y é o percentual ou produção de gordura e suas variações entre início e fim do período de coletas nos experimentos, x é a concentração de CLA *trans*-10, *cis*-12, C18:1 *trans*-10 ou seu somatório no leite, e o ε representa o erro e os parâmetros β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes de regressão.

Os modelos de regressão linear foram analisados através do PROC MIXED sendo testados como modelo fixo ou misto. No modelo fixo, todos os experimentos foram analisados de forma conjunta, onde pressupõe-se que as todas as unidades amostrais (animais e experimentos) eram relativamente estáveis. Entretanto, a relação entre as variações no teor e na produção de gordura no leite com as variáveis explicativas pode variar de um experimento para outro, tendo em vista que as condições de cada experimento são específicas em termos de homogeneidade dos animais e/ou outras possíveis variações (época do ano, sistema de criação, manejo, entre outros). Para corrigir esse problema, considerou-se cada experimento como efeito aleatório, ou seja, cada experimento foi classificado como um bloco, utilizando a modelagem de efeitos mistos, e assim incluindo simultaneamente os parâmetros fixos e aleatórios na estrutura do modelo.

Os dados encontrados fora dos resíduos “estudentizados” entre ± 3 foram considerados “outliers” e removidos da análise. Os modelos lineares foram avaliados quanto sua exatidão e precisão pelo R^2 (coeficiente de determinação), AIC (critério de informação de Akaike), RMSE (raiz do quadrado médio dos resíduos) e $p < 0,05$. Valores maiores de R^2 e menores de AIC e RMSE indicaram melhores ajustes do modelo.

5.2.2 Modelos de regressão não linear

Os modelos de regressão não linear foram analisados pelo procedimento PROC NLIN. Esse procedimento foi empregado através do modelo estatístico $y = \beta_0 * \exp(\beta_1 * x) + c + \varepsilon$, onde: y é o percentual ou produção de gordura em gramas e

suas variações entre o início e fim do período experimental dos experimentos, x é a concentração de CLA *trans*-10, *cis*-12, C18:1 *trans*-10 ou seu somatório no leite, e “ ϵ ” é o erro da regressão. Já os parâmetros β_0 e β_1 representam, respectivamente, a escala e a taxa do declínio exponencial, sendo “c” a menor assíntota. Os modelos não lineares tiveram como critérios de ajuste os valores do RMSE (raíz do quadrado médio dos resíduos), R^2 e $p<0,05$.

5.2.3 Modelos corrigidos para o peso vivo dos animais

Todos os modelos lineares e não lineares foram testados novamente em função do peso vivo (PV) dos animais, levando em consideração os mesmos critérios para remoção de outliers e de ajuste de modelo citados no item 5.2.1. Nesses modelos, o valor de y foi dividido pelo PV e em seguida analisados conforme os modelos lineares e não lineares descritos anteriormente. Após, comparou-se os critérios de ajuste dos modelos obtidos com os das regressões não corrigidas para essa variável.

5.2.4 Modelos de regressão múltipla

Visando um modelo com melhor ajuste para a predição do teor, produção e suas variações na gordura do leite e ainda pela busca de outros AG possivelmente relacionados a esse evento, utilizou-se a análise de regressão múltipla, a qual descreve relações entre várias variáveis independentes e uma determinada resposta, ou seja, em um modelo de regressão múltipla a variável dependente (y) foi determinada por mais de uma variável independente (x).

5.2.4.1 Interações

Utilizando das mesmas variáveis independentes já comentadas, os modelos foram inicialmente testados em busca de possíveis interações entre algumas variáveis independentes através do PROC MIXED. Nesses modelos, buscou-se verificar uma possível relação entre as variáveis independentes, ou seja, analisar o quanto uma variável influencia a outra e, consequentemente, na resposta das regressões. As interações das variáveis independentes

primeiramente testadas foram: a) CLA e PV; b) T10 e PV e c) CLA e T10. Nesses modelos, além dos critérios estatísticos de ajuste já descritos, foi utilizado através do PROC REG, o critério VIF (Variance Inflation Factor), no qual as variáveis com um valor maior que 10 indicavam multicolinearidade entre as variáveis. Dessa forma, as equações que obtiveram interações com um VIF<10 foram comparadas com as regressões lineares simples significativas realizadas inicialmente, em busca de melhores previsões, utilizando os mesmos parâmetros para avaliar o ajuste dos modelos (R^2 , RMSE e valor de p).

5.2.4.2 Modelos incluindo a produção de leite

Sabendo que a produção de gordura está diretamente relacionada a produção de leite (PL), adicionou-se aos modelos de gordura (g) (corrigidos ou não para o PV) a PL média individual dos animais.

5.2.4.3 Modelos incluindo outros ácidos graxos

Em seguida, tendo em vista que existem vários AG presentes no leite, considerou-se as mesmas variáveis independentes já comentadas nas análises de modelos lineares e não lineares, porém, nas variáveis independentes foram incluídos os AG CLA, T10, C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, vacênico (C18:1 *trans*-11), oleico (C18:1 *cis*-9), linoleico (C18:2 *cis*-9,*cis*-12), linolênico (C18:3 *cis*-9,*cis*-12,*cis*-15), rumênico (CLA *cis*-9,*trans*-11), somatório de AG de cadeia curta (AGCC = C4:0+C6:0+C8:0+C10:0), somatório de AG de cadeia média (AGCM = C12:0+C14:0) e o peso vivo dos animais, através do modelo $y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_pX_p + \varepsilon$.

E como critérios de seleção dos modelos foram considerados os valores de $p<0,05$, CP - critério preditivo conceitual de Mallow's (1973), usado para determinar um modelo que maximiza a variabilidade com o menor número possível de variáveis, R^2 , AIC e RMSE, assim como o VIF, onde todas as variáveis com um valor de VIF maior que 10, foram retirados dos modelos.

Figura 3. Diagrama de resumo dos modelos lineares simples e não lineares executados.

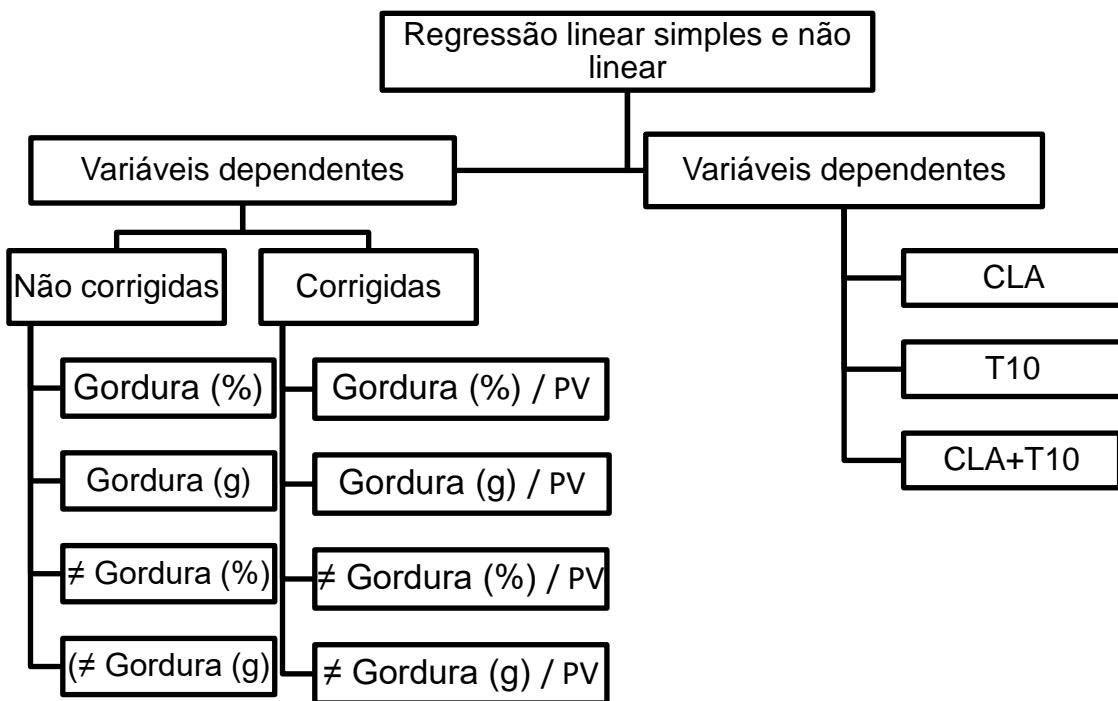
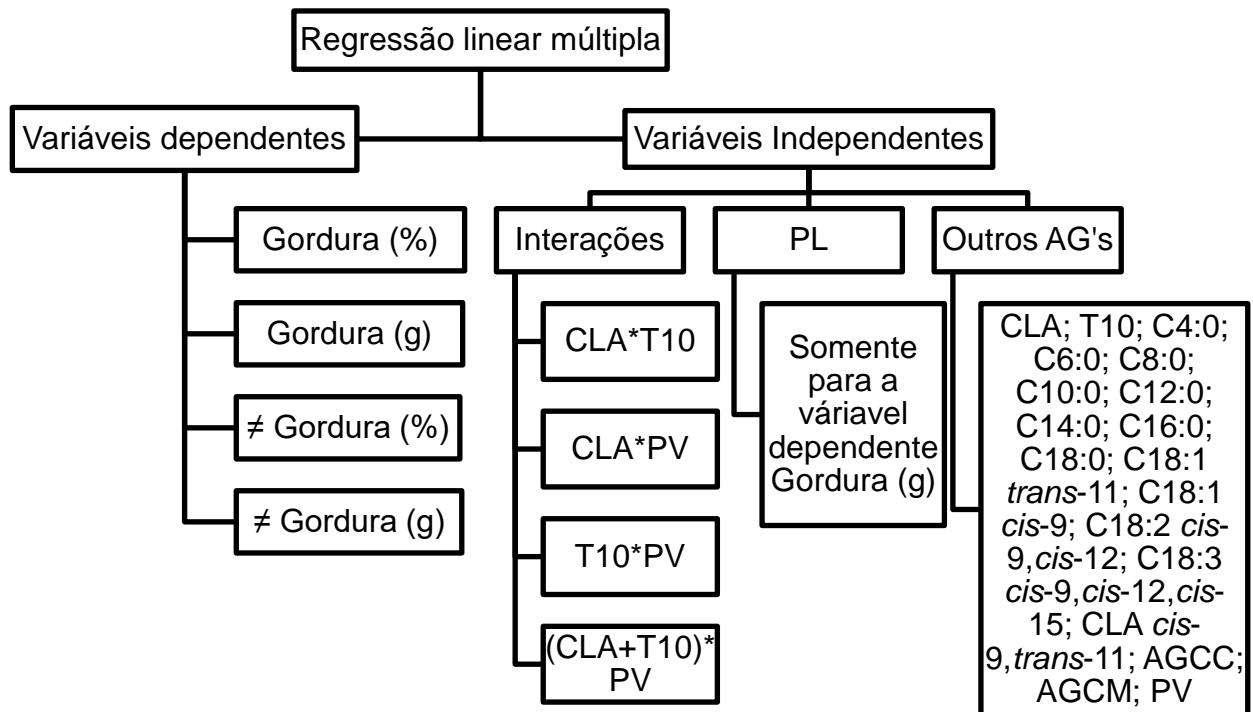


Figura 4. Diagrama de resumo dos modelos lineares múltiplos executados.



5.3 AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ESPÉCIE

Os modelos significativos tanto em ovelhas como em cabras foram comparados para testar uma possível diferença entre as espécies com o uso de variáveis indicadoras (conhecidas como variáveis “Dummy”).

Na análise de regressão, a variável dependente pode ser influenciada por variáveis quantitativas e qualitativas, e em geral as variáveis quantitativas são facilmente mensuradas em alguma escala o que não ocorre com as variáveis qualitativas, tendo em vista que essas indicam a presença ou a ausência da influência de alguma variável não numérica. Dessa forma, o método utilizado para quantificar uma variável categórica se baseia na construção de variáveis indicadoras que, nesse caso, assumiram os valores 1 ou 0.

Dessa maneira, ao criarmos valores indicadores para cabras ($D=1$) e ovelhas ($D=0$), conseguimos estimar a influência dessas variáveis independentes nominais, nas quais os coeficientes de regressão indicaram a variação entre cada uma das categorias criadas ($D=1$ e $D=0$) independentemente do valor de x , avaliando como cada espécie afeta um determinado modelo de regressão. Os modelos utilizados foram: $y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$, para $D=0$ e $y = \beta_0 + D + \beta_1 XD + \varepsilon$ para $D=1$.

5.4 CRITÉRIOS PARA CONSIDERAR O MODELO SATISFATÓRIO

Alguns termos utilizados na análise de regressão podem ser subjetivos, ou seja, o conceito de melhor modelo ou melhor ajuste pode ser controverso e causar dúvidas, além de não existir concordância no meio científico sobre o que de fato pode ser considerado ideal. Portanto, determinamos alguns critérios específicos para os parâmetros de seleção (R^2 , RMSE e AIC) dos modelos.

O coeficiente de determinação (R^2) permite verificar se o modelo proposto é adequado ou não para descrever o fenômeno. Entretanto Quinino et al. (2012) citaram que o valor de R^2 expõe uma informação preliminar, mas a sua interpretação pode ser equivocada devido ao tamanho amostral (n) e número de regressores (k). Dessa forma, estabeleceu-se um valor mínimo satisfatório para o R^2 , considerando o número de k e n , o qual pode ser obtido através da função BETA.ACUM.INV(1-alfa;k/2;(n-k-1)/2) do Excel (Microsoft® e Excel®).

Considerando que o “n” é o menor número de regressores avaliados foram respectivamente 68 e 1 para ovelhas e 106 e 1 para cabras, obtivemos o R^2 mínimo de 0.057 para regressões de ovelhas e 0.036 para cabras, utilizando um alfa de 0,05. No entanto, ao considerar que o valor de R^2 varia no intervalo de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1, melhor, assumiu-se como minimamente satisfatória as equações com $R^2 > 0,35$. Entretanto, vale ressaltar que R^2 é apenas uma medida de o quanto bem o modelo ajusta os dados, e não necessariamente indica uma relação de causa e efeito, dessa forma mesmo quando um modelo tem um R^2 elevado, é adequado verificar outros critérios.

Ainda, sabendo que o RMSE possui uma unidade (dimensão) igual à dos valores observados e preditos, interpreta-se seu valor como uma medida do desvio médio entre o valor observado e predito. Assim sendo, na busca por um modelo predito mais fidedigno possível, considerou-se que quanto mais próximo de 0 (zero) o valor de RMSE melhor é o modelo.

Assim como no RMSE, a interpretação do AIC (AKAIKE, 1974) é feita pela capacidade que o modelo predito tem de se aproximar do modelo observado, entretanto, o AIC se baseia no número de informações perdidas na representação do modelo; assim, quanto menos informações um modelo perde, maior a sua qualidade, ou seja, quanto menor o valor de AIC do modelo melhor sua relação com os valores observados e consequentemente melhor o ajuste.

6 RESULTADOS

6.1 RESULTADOS EM CABRAS

6.1.1 Descrição do banco de dados das análises lineares simples e não lineares

As estatísticas descritivas para o banco de dados geral de cabras estão descritas na Tabela 1 e foram classificadas de acordo com a variável independente de interesse e o respectivo teor, produção e suas variações na gordura do leite.

Tabela 1. Dados utilizados nas análises de relação entre os ácidos graxos (g/100g de AG) e o teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite de cabras.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
<i>CLA trans-10 cis-12</i>							
Gordura (%)	106	105	1,39	2,86	2,73	5,30	0,89
CLA	106	105	0,00	0,20	0,16	0,63	0,19
Gordura (g/d)	106	106	22,99	61,40	58,41	118,99	20,12
CLA	106	106	0,00	0,20	0,16	0,70	0,19
≠ Gordura (%)	106	102	-42,53	0,58	-2,17	45,14	19,76
CLA	106	102	0,00	0,20	0,16	0,63	0,19
≠ Gordura (g/d)	106	104	-45,86	-2,94	-3,25	48,29	19,47
CLA	106	104	0,00	0,20	0,16	0,70	0,19
<i>C18:1 trans-10</i>							
Gordura (%)	106	106	1,39	2,86	2,72	5,30	0,89
T10	106	106	0,40	0,99	1,10	2,42	0,45
Gordura (g/d)	106	106	22,99	61,4	58,41	118,99	20,12
T10	106	106	0,40	0,99	1,10	2,42	0,45
≠ Gordura (%)	106	104	-47,07	0,75	-2,17	50,23	20,45
T10	106	104	0,40	0,99	0,94	2,42	0,46
≠ Gordura (g/d)	106	105	-56,69	-3,46	-3,34	48,29	20,08
T10	106	105	0,40	0,99	0,93	2,42	0,46
<i>CLA trans-10 cis-12 + C18:1 trans-10</i>							
Gordura (%)	106	106	1,39	2,86	2,72	5,30	0,89
CLA+T10	106	106	0,41	1,19	1,10	2,92	0,63
Gordura (g/d)	106	106	22,99	61,4	58,41	118,99	20,12
CLA+T10	106	106	0,41	1,19	1,10	2,92	0,63
≠ Gordura (%)	106	104	-47,07	0,75	-2,17	50,23	20,45

CLA+T10	106	104	0,41	1,19	1,10	2,92	0,63
≠ Gordura (g/d)	106	105	-56,69	-3,46	-3,34	48,29	19,47
CLA+T10	106	105	0,41	1,19	1,09	2,92	0,63

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão.

6.1.2 Modelos lineares simples

As análises de modelos lineares realizados para cabras demonstraram 33 modelos significativos dos 72 testados, sendo 15 desses com efeito misto. Do total de modelos significativos, somente um teve efeito cúbico, oito tiveram resposta quadrática e os demais foram lineares (Apêndice A). Através dos valores de R^2 e RMSE, os modelos com melhores ajustes foram: 1, 16 e 25 (≠ gordura %), 6, 19 e 28 (gordura %), 21 e 30 (Gordura g) e 12, 23 e 32 (≠ Gordura g). Destes, o modelo que obteve os melhores valores foi o que incluiu a variável dependente gordura (%), com valores de R^2 de 0,75, 0,73 e 0,73 e de RMSE de 0,45, 0,47 e 0,47 para as variáveis independentes CLA, T10 e CLA+T10, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Modelos de regressão linear com melhores ajustes para cabras

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	Q ^c	L ^d	Interc	R ²	RMSE	p ^e
1	≠ Gord (%)	Misto	CLA	238,69	-187,68	20,46	0,59	13,86	<.0001
6	Gord (%)	Misto	CLA	7,18	-6,03	3,53	0,75	0,45	<.0001
12	≠ Gord (g)	Misto	CLA	184,79	-154,74	14,28	0,43	15,03	0,0006
16	≠ Gord (%)	Misto	T10		-30,69	31,15	0,48	15,04	<.0001
19	Gord (%)	Misto	T10		-1,06	3,89	0,73	0,47	<.0001
21	Gord (g)	Misto	T10		-22,29	83,18	0,32	16,77	<.0001
23	≠ Gord (g)	Misto	T10		-27,63	23,92	0,40	15,76	<.0001
25	≠ Gord (%)	Misto	CLA+T10		-22,13	27,17	0,48	14,98	<.0001
28	Gord (%)	Misto	CLA+T10		-0,77	3,76	0,73	0,47	<.0001
30	Gord (g)	Misto	CLA+T10		-16,19	80,47	0,33	16,74	<.0001
32	≠ Gord (g)	Misto	CLA+T10		-20,24	20,75	0,42	15,57	<.0001

^a Variável dependente;

^b Variável independente;

^c Efeito quadrático;

^d Efeito linear;

^e Significância ($P<0,05$).

Ao utilizar o PV dos animais no modelo, o número de equações significativas passou a ser 40, sendo metade com efeito misto, dos quais quatro

modelos tiveram resposta cônica, quatorze quadrática e vinte e quatro lineares (Apêndice B). Os melhores ajustes através dos valores de R^2 e RMSE, foram nos modelos: 1, 18 e 30 (\neq gordura %), 5, 20 e 32 (gordura %) e 13, 28 e 40 (\neq Gordura g). Os modelos da variável dependente gordura (%) obtiveram os melhores ajustes, com os valores de R^2 de 0,55, 0,49 e 0,51 e de RMSE de 0,01 para as variáveis independentes CLA, T10 e CLA+T10, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Modelos de regressão linear corrigidos para o peso vivo com melhores ajustes para cabras.

Modelo	Y/PV ^a	Efeito	X ^b	C ^c	Q ^d	L ^e	Interc	R ²	RMSE	p ^f
1	\neq Gord (%)	Misto	CLA		5,50	-4,38	0,49	0,52	0,33	<.0001
5	Gord (%)	Misto	CLA	-0,77	0,90	-0,31	0,08	0,55	0,01	0,0022
13	\neq Gord (g)	Misto	CLA		4,23	-3,60	0,34	0,44	0,34	0,007
18	\neq Gord (%)	Fixo	T10			-0,71	0,71	0,47	0,35	<.0001
20	Gord (%)	Fixo	T10		0,03	-0,08	0,12	0,49	0,01	0,0002
28	\neq Gord (g)	Fixo	T10			-0,63	0,55	0,42	0,36	<.0001
30	\neq Gord (%)	Fixo	CLA+T10			-0,52	0,63	0,48	0,35	<.0001
32	Gord (%)	Fixo	CLA+T10		0,02	-0,07	0,11	0,51	0,01	<.0001
40	\neq Gord (g)	Fixo	CLA+T10			-0,47	0,43	0,41	0,37	<.0001

^a Variável dependente corrigida para o peso vivo;

^b Variável independente;

^c Efeito cúbico;

^d Efeito quadrático;

^e Efeito linear.

^f Significância ($P<0,05$).

Como a intenção de adicionar o PV nos modelos era verificar uma possível melhora nos valores das métricas estatísticas, comparou-se os modelos melhores ajustados citados na Tabela 2, com os seus respectivos corrigidos para PV. Dessa forma os modelos com PV (Apêndice 2) comparados foram: 1, 17 e 29 (\neq Gordura %), 7, 21 e 33 (gordura %) e 13, 27 e 39 (\neq Gordura g) (Tabela 4). O modelo de gordura (%) também demonstrou melhor resultado para a variável CLA, com R^2 de 0,53 e RMSE de 0,02, já para as variáveis T10 e CLA+T10 o modelo para \neq Gordura % obteve melhor ajuste com R^2 de 0,45 e 0,47 e RMSE de 0,36 e 0,35, respectivamente. Porém, ao se comparar os valores de R^2 e RMSE com os do modelo não corrigido observou-se que o PV não melhora o ajuste.

Tabela 4 – Modelos de regressão linear corrigidos para o peso vivo dos animais comparados com modelos não corrigidos em cabras.

Modelo	Y/PV ^a	Efeito	X ^b	Q ^c	L ^d	Interc.	R ²	RMSE	p ^e
1	≠ Gord (%)	Misto	CLA	5,50	-4,38	0,49	0,52	0,33	<.0001
7	Gord (%)	Misto	CLA	0,23	-0,17	0,08	0,53	0,02	<.0001
13	≠ Gord (g)	Misto	CLA	4,23	-3,60	0,34	0,44	0,34	0,007
17	≠ Gord (%)	Misto	T10		-0,72	0,73	0,45	0,36	<.0001
21	Gord (%)	Misto	T10		-0,02	0,08	0,23	0,02	<.0001
27	≠ Gord (g)	Misto	T10		-0,65	0,57	0,38	0,37	<.0001
29	≠ Gord (%)	Misto	CLA+T10		-0,52	0,64	0,47	0,35	<.0001
33	Gord (%)	Misto	CLA+T10		-0,01	0,08	0,24	0,02	<.0001
39	≠ Gord (g)	Misto	CLA+T10		-0,48	0,50	0,40	0,36	<.0001

^a Variável dependente corrigida para peso vivo;

^b Variável independente;

^c Efeito quadrático;

^d Efeito linear;

^e Significância (P<0,05).

6.1.3 Modelos não lineares

Os modelos não lineares foram também testados acrescentando ou não o PV dos animais nas equações e todos (24) tiveram significância (p<0,05) (Apêndice C). Os modelos não lineares com melhores ajustes foram os modelos 1 e 10, sendo esses ≠ Gordura (%), Gordura (%) e ≠ Gordura (g), para CLA, nos quais os valores do RMSE foram respectivamente 13,83, 0,69 e 15,23, e de R² foram respectivamente 0,52, 0,41 e 0,40 (Tabela 5). Já os modelos corrigidos para PV (Apêndice D) com melhores ajustes obtiveram valores de RMSE de 0,33 e 0,35 e de R² de 0,51 e 0,41 para ≠ Gordura (%) e ≠ Gordura (g), respectivamente (Tabela 6) quando se avaliou o CLA. E para a variável Gordura (%) o CLA+T10 obteve melhor ajuste, com R² de 0,35 e RMSE de 0,02. Somente o modelo de Gordura (%) para CLA+T10 demonstrou valor de R² maior para a equação corrigida para PV.

Tabela 5 – Modelos de regressão não linear com melhores ajustes para cabras.

Modelo	Y ^a	X ^b	a ^c	b ^d	c ^e	R ²	RMSE	p ^f
1	≠ Gordura (%)	CLA	38,18	-9,13	-14,68	0,52	13,83	<.0001
4	Gordura (%)	CLA	1,54	-11,95	2,31	0,41	0,69	<.0001
10	≠ Gordura (g)	CLA	33,60	-6,91	-18,20	0,40	15,23	<.0001

^a Variável dependente corrigida para peso vivo;

^b Variável independente;

^c Escala;

^d Taxa do declínio exponencial;

^e Constante da menor assíntota.

^f Significância ($P < 0,05$).

Tabela 6 – Modelos de regressão não linear corrigidos para o peso vivo com melhores ajustes para cabras.

Modelo	Y/PV ^a	X ^b	a ^c	b ^d	c ^e	R ²	RMSE	p ^f
1	≠ Gordura (%)	CLA	0,90	-8,56	-0,35	0,51	0,33	<.0001
6	Gordura (%)	CLA+T10	0,10	-2,41	0,05	0,35	0,02	<.0001
10	≠ Gordura (g)	CLA	0,80	-6,58	-0,43	0,41	0,35	<.0001

^a Variável dependente corrigida para peso vivo;

^b Variável independente;

^c Escala;

^d Taxa do declínio exponencial;

^e Constante da menor assíntota.

^f Significância ($P < 0,05$).

6.1.4 Descrição do banco de dados das análises lineares múltiplas

As estatísticas descritivas para o banco de dados geral de cabras obtidos nas análises de regressão múltipla estão descritas nas Tabelas 7, 8, 9 e 10, conforme a variável dependente de interesse.

Tabela 7. Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e o teor de gordura no leite de cabras.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
Gordura (%)	106	92	1,39	2,73	2,68	5,10	0,76
CLA	106	92	0,00	0,22	0,19	0,70	0,19
T10	106	92	0,40	1,01	1,02	2,02	0,43
CLA+T10	106	92	0,43	1,23	1,21	2,72	0,61
PV (kg)	106	92	32,90	45,03	42,80	69,00	7,70
C4:0	106	92	1,99	2,86	2,85	3,53	0,31
C6:0	106	92	1,20	2,19	2,19	3,17	0,41
C8:0	106	92	0,96	2,16	2,16	3,86	0,58
C10:0	106	92	3,17	7,09	7,12	11,61	1,82
C12:0	106	92	1,87	3,16	3,06	5,81	0,75
C14:0	106	92	6,35	8,80	8,63	11,17	0,92
C16:0	106	92	18,31	24,48	24,32	33,50	3,96

C18:0	106	92	7,80	16,09	15,28	26,71	4,27
C18:1 <i>trans</i> -11	106	92	0,39	1,99	1,91	3,93	0,75
C18:1 <i>cis</i> -9	106	92	0,90	17,03	17,08	25,47	2,87
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	106	92	0,16	2,61	2,60	3,61	0,41
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	106	92	0,10	0,16	0,15	0,60	0,06
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	106	92	0,04	0,73	0,70	1,91	0,25
AGCC ^c	106	92	7,71	14,30	14,58	21,16	2,79
AGCM ^d	106	92	8,53	11,97	11,95	15,68	1,29

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão;

^c Somatório dos ácidos graxos de cadeia curta;

^d Somatório dos ácidos graxos de cadeia média.

Tabela 8. Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a produção de gordura do leite de cabras.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
Gordura (g/d)	106	92	22,99	59,84	57,79	97,20	18,26
CLA	106	92	0,00	0,22	0,19	0,70	0,19
T10	106	92	0,40	1,02	1,00	2,42	0,45
CLA+T10	106	92	0,43	1,24	1,21	2,92	0,63
PV (kg)	106	92	32,90	45,02	42,80	70,00	7,81
C4:0	106	92	2,07	2,86	2,84	3,53	0,30
C6:0	106	92	1,20	2,17	2,18	3,17	0,41
C8:0	106	92	0,96	2,14	2,13	3,86	0,58
C10:0	106	92	3,17	7,00	7,02	11,22	1,80
C12:0	106	92	1,87	3,11	2,99	5,81	0,70
C14:0	106	92	6,35	8,76	8,62	11,17	0,88
C16:0	106	92	18,31	24,52	24,33	32,24	3,92
C18:0	106	92	8,54	16,19	15,35	26,71	4,13
C18:1 <i>trans</i> -11	106	92	0,39	1,99	1,91	3,93	0,73
C18:1 <i>cis</i> -9	106	92	0,90	17,14	17,10	25,47	2,87
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	106	92	0,16	2,60	2,59	3,61	0,42
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	106	92	0,10	0,16	0,15	0,60	0,06
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	106	92	0,04	0,72	0,70	1,91	0,23
AGCC ^c	106	92	7,71	14,17	14,19	21,16	2,76
AGCM ^d	106	92	8,53	11,87	11,93	14,72	1,19

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão;

^c Somatório dos ácidos graxos de cadeia curta;

^d Somatório dos ácidos graxos de cadeia média.

Tabela 9. Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a variação do teor de gordura no leite de cabras.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
≠ Gordura (%)	106	89	-41,37	0,89	-2,00	42,44	18,13
CLA	106	89	0,00	0,22	0,20	0,63	0,19
T10	106	89	0,40	1,02	1,04	2,42	0,45
CLA+T10	106	89	0,41	1,24	1,21	2,92	0,62
PV (kg)	106	89	32,90	45,22	43,00	70,00	7,55
C4:0	106	89	2,07	2,86	2,83	3,53	0,30
C6:0	106	89	1,20	2,20	2,19	3,17	0,41
C8:0	106	89	0,96	2,19	2,16	3,86	0,59
C10:0	106	89	3,17	7,18	7,13	11,30	1,86
C12:0	106	89	1,94	3,18	3,07	5,81	0,72
C14:0	106	89	6,35	8,79	8,62	11,17	0,92
C16:0	106	89	18,31	24,34	24,23	33,50	2,95
C18:0	106	89	7,80	16,20	15,70	26,71	4,23
C18:1 <i>trans</i> -11	106	89	0,39	2,02	1,92	3,81	0,73
C18:1 <i>cis</i> -9	106	89	0,90	16,99	17,08	25,47	2,88
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	106	89	0,16	2,58	2,56	3,61	0,41
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	106	89	0,10	0,16	0,15	0,60	0,06
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	106	89	0,04	0,73	0,70	1,91	0,25
AGCC ^c	106	89	7,71	14,44	14,62	21,16	2,81
AGCM ^d	106	89	8,53	11,97	11,95	15,68	1,28

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão;

^c Somatório dos ácidos graxos de cadeia curta;

^d Somatório dos ácidos graxos de cadeia média.

Tabela 10. Dados utilizados na análise de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a variação da produção de gordura do leite de cabras.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
≠ Gordura (g/d)	106	90	-45,86	-3,35	-3,34	34,26	17,05
CLA	106	90	0,01	0,21	0,18	0,63	0,19
T10	106	90	0,40	1,02	1,04	2,42	0,45
CLA+T10	106	90	0,43	1,23	1,21	2,92	0,63
PV (kg)	106	90	32,90	45,13	43,00	70,00	7,71
C4:0	106	90	2,07	2,87	2,83	3,53	0,30
C6:0	106	90	1,20	2,21	2,22	3,17	0,40
C8:0	106	90	0,96	2,21	2,18	3,86	0,58
C10:0	106	90	3,17	7,23	7,14	11,30	1,86
C12:0	106	90	1,94	3,21	3,18	5,81	0,73
C14:0	106	90	6,35	8,75	8,61	11,15	0,87
C16:0	106	90	18,31	24,26	24,20	33,50	2,89

C18:0	106	90	7,80	16,12	15,33	26,71	4,21
C18:1 <i>trans</i> -11	106	90	0,39	2,02	1,92	3,81	0,70
C18:1 <i>cis</i> -9	106	90	0,90	16,97	16,98	25,47	2,77
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	106	90	0,16	2,60	2,60	3,61	0,43
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	106	90	0,10	0,16	0,15	0,60	0,06
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	106	90	0,04	0,73	0,70	1,91	0,24
AGCC ^c	106	90	7,71	14,51	14,62	21,16	2,80
AGCM ^d	106	90	8,53	11,96	12,01	15,68	1,27

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão;

^c Somatório dos ácidos graxos de cadeia curta;

^d Somatório dos ácidos graxos de cadeia média.

6.1.5 Modelos múltiplos

Alguns modelos simples testados para a variável dependente Gordura (g), apesar de demonstrarem significância ($p<0,05$), não obtiveram valores de RMSE e R^2 satisfatórios ($R^2>0,35$) ou esses valores foram significativamente inferiores aos demais modelos (Apêndices 1 e 2). Dessa forma, procurando um melhor ajuste, adicionou-se aos modelos corrigidos ou não para o PV (Apêndices E e F) a produção média de leite dos animais. Nesses modelos, os valores dos critérios de ajuste foram melhores (Tabela 11 e 12), sendo semelhantes aos valores obtidos nos demais modelos simples citados anteriormente [(Gordura (%), ≠ Gordura (%), ≠ Gordura (g)].

Diferente das equações até aqui comentadas, a equação incluindo o T10 e CLA+T10 obtiveram melhores ajustes, com R^2 de 0,76 e RMSE de aproximadamente 10 (Tabela 11), já para o modelo que corrige a variável dependente para PV, a variável CLA+T10 demonstrou R^2 de 0,65 e RMSE 0,31 (Tabela 12).

Tabela 11 – Modelos de regressão linear múltipla com melhores ajustes incluindo a produção de leite para a variável dependente Gordura (g) de cabras.

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	PROD ^c	X	Interc.	R ²	RMSE	p ^f
1	Gord (g)	Misto	CLA	28,40	-48,83	8,59	0,73	10,69	<.0001
3		Fixo	T10	28,58	-22,07	19,98	0,76	10,08	<.0001
5		Misto	CLA+T10	28,52	-15,93	17,31	0,76	10,05	<.0001

^a Variável dependente;

^b Variável independente;

^c Produção de leite;

^d Significância ($P<0,05$).

Tabela 12 – Modelos de regressão linear múltipla corrigidos para o peso vivo com melhores ajustes incluindo a produção de leite para a variável dependente Gordura (g) de cabras.

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	PROD ^c	X ²	X	Interc.	R ²	RMSE	p ^f
1	Gord (g)	Misto	CLA	0,59		-1,04	0,30	0,57	0,33	<.0001
3		Fixo	T10	0,59		-0,48	0,55	0,60	0,32	<.0001
5		Fixo	T10	0,60	0,44	-1,45	0,99	0,64	0,31	<.0001
7		Misto	CLA+T10	0,61	0,30	-1,14	0,87	0,65	0,31	<.0001
9		Misto	CLA+T10	0,59		-0,34	0,49	0,60	0,32	<.0001

^a Variável dependente;

^b Variável independente;

^c Produção de leite;

^d Significância ($P<0,05$).

As interações entre variáveis independentes primeiramente testadas (CLA e PV; T10 e PV e CLA e T10) não melhoraram os critérios de ajuste do modelo (R^2 , RMSE e AIC), uma vez que os modelos que não demonstraram multicolinearidade não obtiveram RMSE e R^2 melhores que os modelos testados sem interações.

Já os modelos de regressão múltipla incluindo os AG, e escolhidos através do critério CP foram:

- a) ≠ Gordura (%) = C4:0, C6:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, vacênico, oleico, linolênico e rumênico ($P<0.0001$, R^2 0,82 e RMSE 8,23)
- b) Gordura (%) = C10:0, C16:0, T10, vacênico, oleico, linoleico e linolênico com ($P<0.0001$, R^2 0,87 e RMSE 0,28);
- c) Gordura (g) = C4:0, C6:0, vacênico e rumênico com ($P<0.0001$, R^2 0,68 e RMSE 10,56);
- d) ≠ Gordura (g) = AGCM, C4:0, C6:0, C16:0, C18:0, vacênico, oleico e linolênico com ($P<0.0001$, R^2 0,77 e RMSE 8,43).

6.2 RESULTADOS EM OVELHAS

6.2.1 Descrição do banco de dados das análises lineares simples e não lineares

As estatísticas descritivas para o banco de dados geral de ovelhas estão descritas na Tabela 13 e foram classificadas de acordo com a variável independente de interesse e os respectivos teores, produção e suas variações na gordura do leite.

Tabela 13. Dados utilizados nas análises de relação entre os ácidos graxos (g/100g de AG) e o teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite de ovelhas.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
CLA <i>trans</i>-10 <i>cis</i>-12							
Gordura (%)	68	67	2,92	4,73	4,69	6,79	1,00
CLA	68	67	0,03	0,17	0,15	0,42	0,11
Gordura (g/d)	68	65	41,51	78,63	75,23	130,73	22,09
CLA	68	65	0,03	0,17	0,15	0,42	0,11
≠ Gordura (%)	68	67	-52,67	-24,76	-25,25	26,98	18,92
CLA	68	67	0,03	0,17	0,15	0,42	0,11
≠ Gordura (g/d)	68	64	-52,49	-20,38	-22,67	18,26	18,51
CLA	68	64	0,03	0,17	0,12	0,42	0,11
C18:1 <i>trans</i>-10							
Gordura (%)	68	68	2,92	4,75	4,69	6,79	1,00
T10	68	68	0,18	0,59	0,49	1,51	0,32
Gordura (g/d)	68	66	41,51	78,55	74,96	130,73	22,02
T10	68	66	0,18	0,59	0,49	1,51	0,32
≠ Gordura (%)	68	64	-52,67	-23,89	-24,72	26,98	19,53
T10	68	64	0,18	0,56	0,47	1,32	0,30
≠ Gordura (g/d)	68	65	-52,49	-21,79	-22,92	18,26	18,66
T10	68	65	0,18	0,57	0,47	1,51	0,32
CLA <i>trans</i>-10 <i>cis</i>-12 + C18:1 <i>trans</i>-10							
Gordura (%)	68	68	2,92	4,75	4,69	6,79	1,00
CLA+T10	68	68	0,24	0,76	0,72	1,69	0,41
Gordura (g/d)	68	67	41,51	79,57	75,23	146,83	23,39
CLA+T10	68	67	0,24	0,76	0,66	1,69	0,41
≠ Gordura (%)	68	68	-52,67	-24,1	-25,17	26,98	19,30
CLA+T10	68	68	0,24	0,76	0,72	1,69	0,41
≠ Gordura (g/d)	68	65	-52,49	-21,79	-22,92	18,26	18,66
CLA+T10	68	65	0,24	0,74	0,63	1,69	0,40

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão.

6.2.2 Modelos lineares simples

De todos os modelos testados (72), somente quatorze foram significativos, dos quais dois tiveram resposta cúbica, dois resposta quadrática e os demais lineares. Do total de modelos, oito foram significativos por meio do modelo misto (Apêndice G).

Através dos valores de R^2 e RMSE, os modelos com melhores ajustes foram: 1 (\neq Gordura %) para a variável independente CLA, o qual obteve significância através de modelo linear misto, com valores de R^2 de 0,42 e de RMSE de 17,9 e 7 (\neq Gordura %) para a variável independente T10, por meio de modelo cúbico misto, com R^2 de 0,53 e RMSE 17,8 (Tabela 14).

Tabela 14 – Modelos de regressão linear com melhores ajustes para ovelhas.

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	C ^c	Q ^d	L ^e	Interc.	R ²	RMSE	p ^f
1	\neq Gord (%)	Misto	CLA			-46,91	-13,22	0,42	17,9	0,0051
7	\neq Gord (%)	Misto	T10	303,87	-523,3	244,35	-49,78	0,53	17,8	0,0037

^a Variável dependente;

^b Variável independente;

^c Efeito cúbico;

^d Efeito quadrático;

^e Efeito linear.

^f Significância ($P<0,05$).

Ao corrigir os modelos para o PV, o número de equações significativas ($p<0,05$) passou a ser treze, sendo duas com respostas cúbica, uma com resposta quadrática e dez lineares, e dessas, 7 foram significativas através do modelo misto (Apêndice H). As melhores equações se mantiveram as mesmas (1 e 7), porém o R^2 e o RMSE passaram a ser, respectivamente 0,39 e 0,35 quando “x” foi o CLA e 0,53 e 0,27 para T10 (Tabela 15). Os valores das métricas estatísticas nos modelos corrigidos demonstraram o mesmo ou um pior ajuste.

Tabela 15 – Modelos de regressão linear corrigidos para peso vivo com melhores ajustes para ovelhas.

Modelo	Y/PV ^a	Efeito	X ^b	C ^c	Q ^d	L ^e	Interc.	R ²	RMSE	p ^f
1	\neq Gord (%)	Misto	CLA			-0,84	-0,25	0,39	0,35	0,0106
7	\neq Gord (%)	Misto	T10	6,41	-11,30	5,46	-1,07	0,53	0,27	0,0019

^a Variável dependente;

^b Variável independente;

^c Efeito cúbico;

^d Efeito quadrático;

^e Efeito linear.

^f Significância ($P<0,05$).

6.2.3 Modelos não lineares

Os modelos não lineares foram testados acrescentando ou não o PV dos animais e somente seis modelos do total de vinte e quatro testados tiveram significância ($p<0,05$) (Apêndice I), porém não atenderem os critérios descritos no item 5.4.

6.2.4 Descrição do banco de dados das análises lineares múltiplas

As estatísticas descritivas para o banco de dados geral de ovelhas obtidos nas análises de regressão múltipla estão descritas nas Tabelas 16, 17, 18 e 19, de acordo com a variável dependente de interesse.

Tabela 16. Resumo dos dados utilizados nas análises de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e o teor de gordura do leite de ovelhas.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
Gordura (%)	68	56	2,92	4,71	4,67	6,35	0,96
CLA	68	56	0,03	0,16	0,12	0,42	0,11
T10	68	56	0,18	0,57	0,48	1,32	0,31
CLA+T10	68	56	0,24	0,73	0,63	1,69	0,41
PV (kg)	68	56	43,80	53,45	52,65	66,80	5,25
C4:0	68	56	1,27	5,26	3,58	9,48	2,44
C6:0	68	56	0,50	2,15	2,28	3,13	0,60
C8:0	68	56	0,46	1,84	1,90	2,81	0,61
C10:0	68	56	1,79	5,68	5,18	9,74	2,04
C12:0	68	56	1,34	3,83	3,66	6,38	1,01
C14:0	68	56	5,28	10,47	10,61	12,21	1,21
C16:0	68	56	20,67	23,93	23,75	30,00	1,83
C18:0	68	56	8,01	13,37	12,47	20,13	3,24
C18:1 <i>trans</i> -11	68	56	0,98	2,30	2,26	4,01	0,75
C18:1 <i>cis</i> -9	68	56	12,69	16,16	16,26	19,73	1,95
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	68	56	1,31	1,94	1,92	2,94	0,31
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	68	56	0,19	0,47	0,48	0,82	0,12
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	68	56	0,50	1,00	0,99	1,71	0,23
AGCC ^c	68	56	4,02	14,94	15,68	20,73	3,81

AGCM ^d	68	56	6,62	14,30	14,54	18,58	2,00
-------------------	----	----	------	-------	-------	-------	------

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão;

^c Somatório dos ácidos graxos de cadeia curta;

^d Somatório dos ácidos graxos de cadeia média.

Tabela 17. Resumo dos dados utilizados nas análises de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a produção de gordura no leite de ovelhas.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
Gordura (g/d)	68	61	41,51	74,83	72,24	122,48	18,80
CLA	68	61	0,03	0,16	0,09	0,68	0,13
T10	68	61	0,18	0,51	0,45	1,51	0,28
CLA+T10	68	61	0,24	0,67	0,58	1,60	0,36
PV (kg)	68	61	43,80	53,47	52,65	66,80	5,51
C4:0	68	61	1,27	5,40	3,71	9,48	2,46
C6:0	68	61	0,50	2,17	2,30	3,13	0,58
C8:0	68	61	0,46	1,87	1,98	2,81	0,59
C10:0	68	61	1,79	5,77	5,58	9,74	2,02
C12:0	68	61	1,34	3,86	3,66	6,38	1,02
C14:0	68	61	5,28	10,46	10,57	13,44	1,22
C16:0	68	61	20,67	24,03	23,76	30,00	1,89
C18:0	68	61	4,90	13,18	12,53	20,13	3,47
C18:1 <i>trans</i> -11	68	61	0,98	2,22	2,19	4,01	0,74
C18:1 <i>cis</i> -9	68	61	11,67	16,11	16,26	19,73	1,96
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	68	61	1,31	1,94	1,92	3,47	0,37
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	68	61	0,19	0,47	0,45	0,82	0,12
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	68	61	0,50	0,99	0,97	2,04	0,26
AGCC ^c	68	61	4,02	15,04	15,64	20,73	3,65
AGCM ^d	68	61	6,62	14,32	14,57	18,58	2,00

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão;

^c Somatório dos ácidos graxos de cadeia curta;

^d Somatório dos ácidos graxos de cadeia média.

Tabela 18. Resumo dos dados utilizados nas análises de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a variação no teor de gordura do leite de ovelhas.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
≠ Gordura (%)	68	54	-52,67	-26,34	-25,45	20,04	16,93
CLA	68	54	0,03	0,18	0,18	0,42	0,11
T10	68	54	0,18	0,62	0,58	1,51	0,35
CLA+T10	68	54	0,24	0,79	0,79	1,69	0,44

PV (kg)	68	54	43,80	53,94	52,95	66,80	5,32
C4:0	68	54	1,27	4,95	3,53	9,20	2,36
C6:0	68	54	0,50	2,08	2,11	3,05	0,58
C8:0	68	54	0,46	1,79	1,65	2,81	0,61
C10:0	68	54	1,79	5,63	5,02	9,74	2,09
C12:0	68	54	1,34	3,85	3,66	6,38	1,07
C14:0	68	54	5,28	10,45	10,46	12,21	1,25
C16:0	68	54	20,67	23,71	23,47	30,00	1,80
C18:0	68	54	4,90	13,35	12,53	20,13	3,49
C18:1 <i>trans</i> -11	68	54	0,98	2,29	2,22	4,01	0,77
C18:1 <i>cis</i> -9	68	54	11,67	16,10	16,33	19,73	2,00
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	68	54	1,31	1,98	1,95	3,47	0,37
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	68	54	0,19	0,47	0,48	0,82	0,12
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	68	54	0,50	0,99	0,98	1,71	0,23
AGCC ^c	68	54	4,02	14,45	15,44	19,99	3,69
AGCM ^d	68	54	6,62	14,30	14,54	18,58	2,08

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão;

^c Somatório dos ácidos graxos de cadeia curta;

^d Somatório dos ácidos graxos de cadeia média.

Tabela 19. Resumo dos dados utilizados nas análises de regressão múltipla entre os ácidos graxos (g/100g de AG), peso vivo (PV) e a variação na produção de gordura no leite de ovelhas.

Variável	N total	N ^a	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	DP ^b
≠ Gordura (g/d)	68	56	-52,49	-22,39	-23,27	16,36	17,49
CLA	68	56	0,03	0,18	0,15	0,68	0,13
T10	68	56	0,18	0,57	0,48	1,51	0,31
CLA+T10	68	56	0,24	0,75	0,65	1,69	0,40
PV (kg)	68	56	43,80	53,59	52,85	66,80	4,93
C4:0	68	56	1,27	5,23	3,65	9,48	2,42
C6:0	68	56	0,50	2,14	2,25	3,13	0,60
C8:0	68	56	0,46	1,84	1,90	2,77	0,60
C10:0	68	56	1,79	5,65	5,37	9,54	2,02
C12:0	68	56	1,34	3,81	3,67	6,29	1,01
C14:0	68	56	5,28	10,37	10,41	13,44	1,23
C16:0	68	56	20,67	23,89	23,68	30,00	1,96
C18:0	68	56	4,90	13,36	12,71	20,13	3,41
C18:1 <i>trans</i> -11	68	56	0,98	2,25	2,18	4,01	0,74
C18:1 <i>cis</i> -9	68	56	11,67	16,19	16,41	19,73	2,03
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	68	56	1,31	1,95	1,92	3,47	0,38
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	68	56	0,19	0,47	0,49	0,82	0,13
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	68	56	0,50	1,00	0,97	2,04	0,26

AGCC ^c	68	56	4,02	14,86	15,59	20,73	3,74
AGCM ^d	68	56	6,62	14,18	14,47	18,25	2,01

^a Número de observações utilizadas após remoção dos outliers;

^b Desvio padrão;

^c Somatório dos ácidos graxos de cadeia curta;

^d Somatório dos ácidos graxos de cadeia média.

6.2.5 Modelos múltiplos

Os modelos com “y” Gordura (%), Gordura (g) e ≠ Gordura (g) não obtiveram valores de R^2 satisfatórios ($>0,35$). Dessa maneira, assim como realizado nas equações de cabras, adicionou-se a variável produção de leite nos modelos com a variável dependente Gordura (g), corrigidos ou não para PV (Apêndices K e L), e dessa forma, através do valor do R^2 e RMSE, os modelos com melhores ajustes são os indicados nas Tabelas 20 e 21. Para esse modelo a variável independente CLA+T10 demonstrou maior poder explicativo nos modelos não corrigidos para PV (R^2 0,47 e RMSE de aproximadamente 17). Já nos corrigidos para PV a variável CLA obteve melhor valor de R^2 e RMSE (0,46 e 0,35, respectivamente). Diferentemente de todos os modelos citados até aqui, as equações não demonstraram diferenças nos valores obtidos entre efeito misto e fixo.

Tabela 20 – Modelos de regressão linear múltipla com melhores ajustes incluindo a produção de leite para a variável dependente Gordura (g) de ovelhas.

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	PROD ^c	X	Interc.	R ²	RMSE	p ^f
1	Gord (g)	Misto	CLA	41,29	-43,03	16,69	0,45	16,78	<.0001
2		Fixo	CLA	41,29	-43,03	16,69	0,45	16,64	<.0001
3		Misto	T10	39,67	-2,69	13,85	0,41	17,36	<.0001
4		Fixo	T10	39,67	-2,69	13,85	0,41	17,22	<.0001
5		Misto	CLA+T10	42,32	-5,25	12,19	0,47	17,42	<.0001
6		Fixo	CLA+T10	42,32	-5,25	12,19	0,47	17,29	<.0001

^a Variável dependente;

^b Variável independente;

^c Produção de leite;

^d Significância ($P<0,05$).

Tabela 21 – Modelos de regressão linear múltipla corrigidos para o peso vivo com melhores ajustes incluindo a produção de leite para a variável dependente Gordura (g) de ovelhas.

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	PROD ^c	X	Interc	R ²	RMSE	p ^f
1	Gord (g)	Misto	CLA	0,79	-1,05	0,32	0,46	0,35	<.0001
2		Fixo	CLA	0,79	-1,05	0,32	0,44	0,34	<.0001
3		Misto	T10	0,74	-0,10	0,29	0,37	0,36	<.0001
4		Fixo	T10	0,74	-0,10	0,29	0,37	0,35	<.0001
5		Misto	CLA+T10	0,80	-0,14	0,25	0,44	0,36	<.0001
6		Fixo	CLA+T10	0,80	-0,14	0,25	0,43	0,36	<.0001

^a Variável dependente;

^b Variável independente;

^c Produção de leite;

^d Significância (P<0,05).

Assim como em cabras, as interações primeiramente testadas não melhoraram as previsões, ou seja, os modelos que não demonstraram multicolinearidade não obtiveram RMSE e R² melhores.

E os modelos de regressão múltipla incluindo os AG, escolhidos através do critério CP, foram os apresentados a seguir:

- a) ≠ Gordura (%) = C4:0, C16:0, vacênico, linolênico, rumênico e CLA (P<0.0001, R² 0,89 e RMSE 5,91);
- b) Gordura (%) = C4:0, C16:0, vacênico, linolênico, CLA, PV e T10² (P<0.0001, R² 0,81 e RMSE 0,45);
- c) Gordura (g) = C:6, C16:0, CLA² (P<0.0001, R² 0,42 e RMSE 14,37);
- d) ≠ Gordura (g) = C16:0, vacênico, linoleico, PV, CLA² e T10² (P<0.0001, R² 0,78 e RMSE 8,61).

6.3 AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ESPÉCIE

As análises de comparações de modelos foram realizadas nas equações lineares simples significativas nas duas espécies. Os modelos testados foram: a) variável independente CLA para variável dependente ≠ Gordura (%), Gordura (%) e ≠ Gordura (g); b) variável independente T10 para variável dependente ≠ Gordura (g) e c) variável independente CLA+T10 para variável dependente ≠ Gordura (g). Já para os modelos corrigidos para PV a variável Dummy foi testada para "y" sendo ≠ Gordura (%), Gordura (%) e ≠ Gordura (g) para a variável independente CLA, ≠ Gordura (g) para a variável independente T10 e ≠ Gordura (g) para a variável independente CLA+T10.

6.3.1 Regressão linear simples

Em todas as equações, os valores do teor e produção de gordura e suas respectivas variações reduziram conforme houve um aumento na presença do CLA, do T10 ou de CLA+T10 no leite. Além disso, em todos os modelos comparados ouve efeito de espécie ($p<0,05$) para o intercepto. No entanto, não houve diferença no efeito espécie para os coeficientes angulares de CLA (Figura 5-A-B e 6-A), T10 (Figura 6-B) e CLA+T10 (Figura 6-C).

Figura 5 – Relação entre concentração de CLA *trans*-10 *cis*-12 no leite e a variação no percentual de gordura (A) e percentual de gordura (B) no leite de ovelhas (●) e cabras (◇).

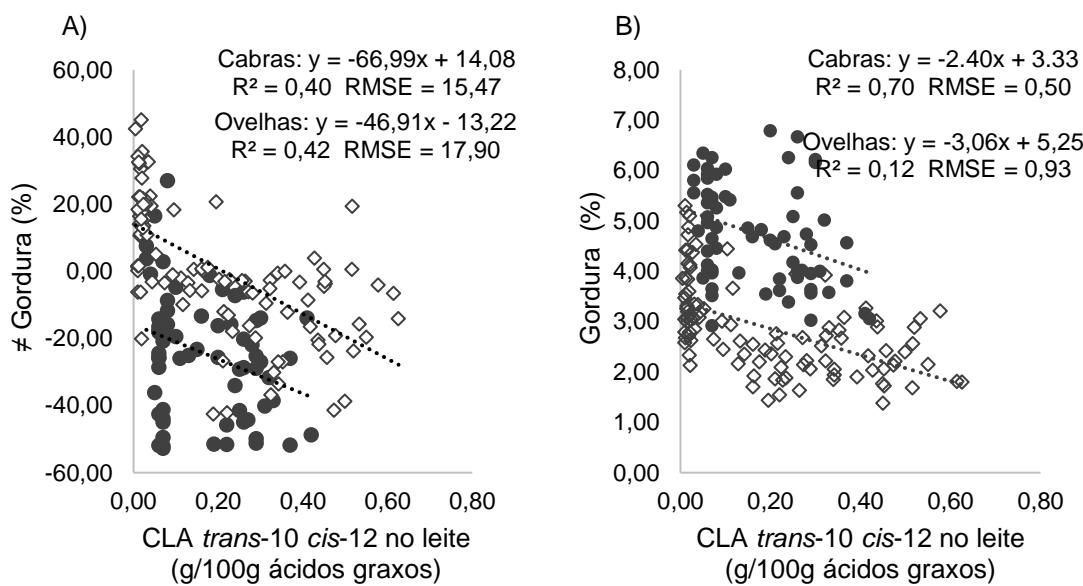
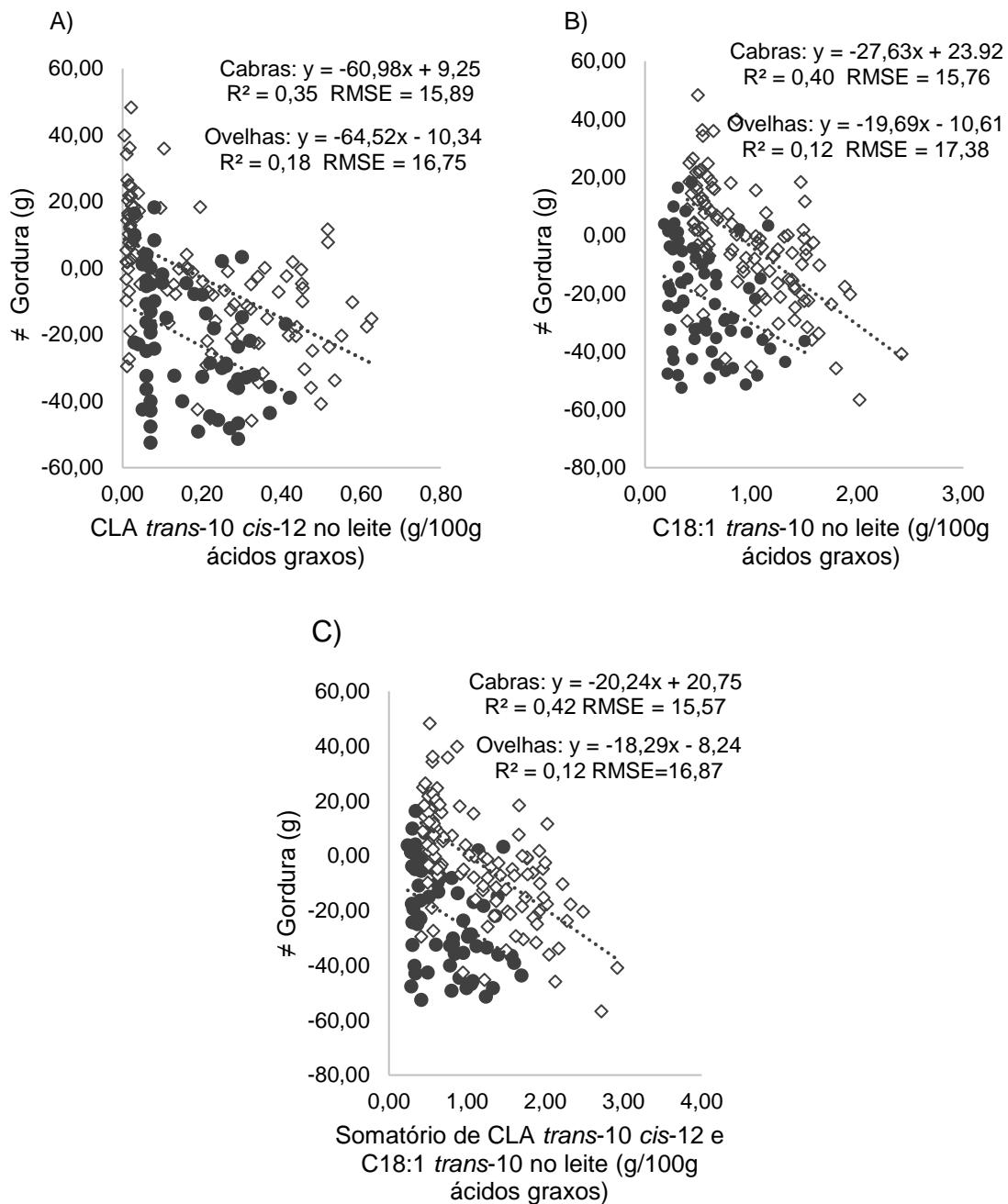


Figura 6 – Relação entre concentração de CLA *trans*-10 *cis*-12 (A), C18:1 *trans*-10 (B) e somatório de CLA *trans*-10 *cis*-12 e C18:1 *trans*-10 (C) no leite e a variação na produção de gordura no leite de ovelhas (●) e cabras (◇).



6.3.2 Regressão linear simples corrigida para peso vivo

Para as equações corrigidas para o PV o efeito de espécie também foi significativo ($p<0,05$) para o intercepto em todos os modelos. A equação entre \neq gordura (%) e CLA (Figura 7-A) evidenciou tendência ($P=0,07$) de um coeficiente angular maior para cabras, nos demais modelos (Figuras 7-B e 8-A-B-C) cabras e ovelhas expressaram coeficientes angulares iguais.

Figura 7 – Relação entre concentração de CLA *trans*-10 *cis*-12 no leite e a variação no percentual de gordura (A) e o percentual de gordura (B), corrigidos para o peso vivo, no leite de ovelhas (●) e cabras (◇).

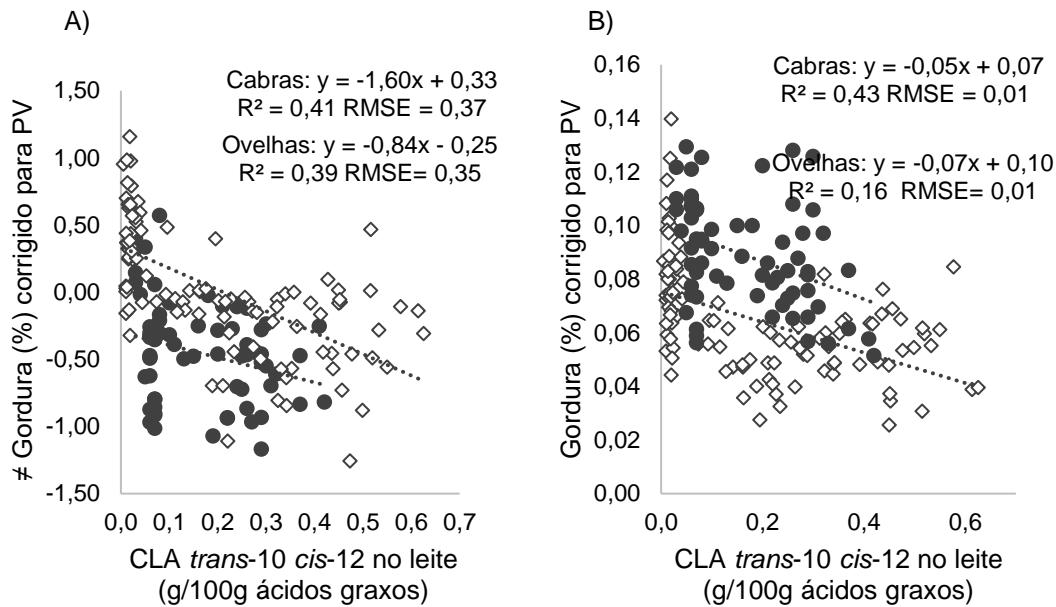
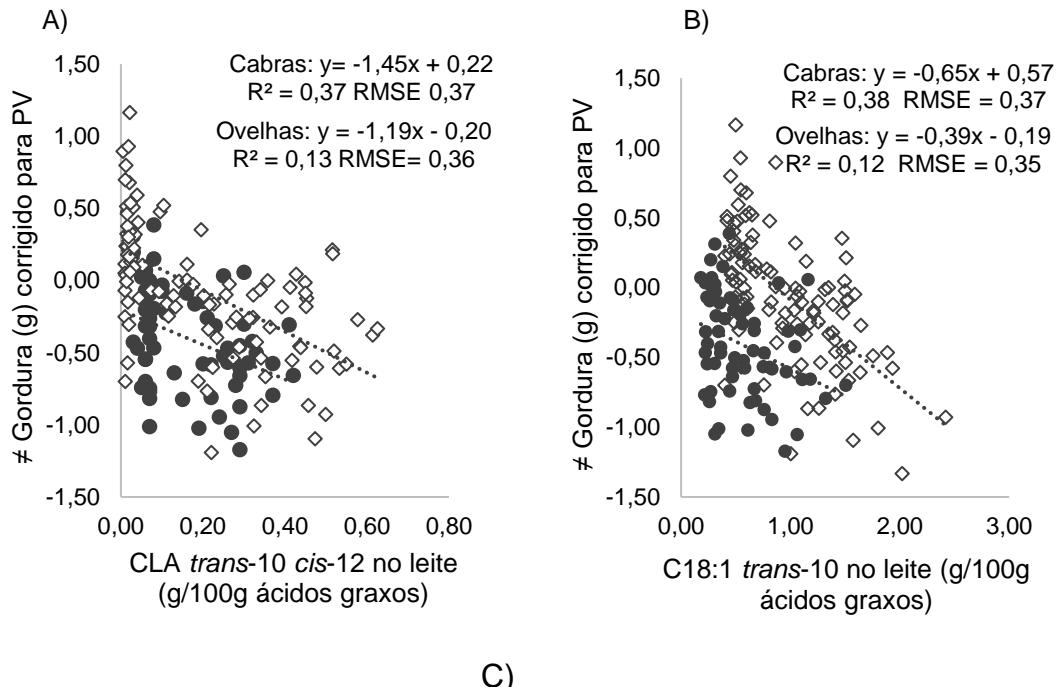
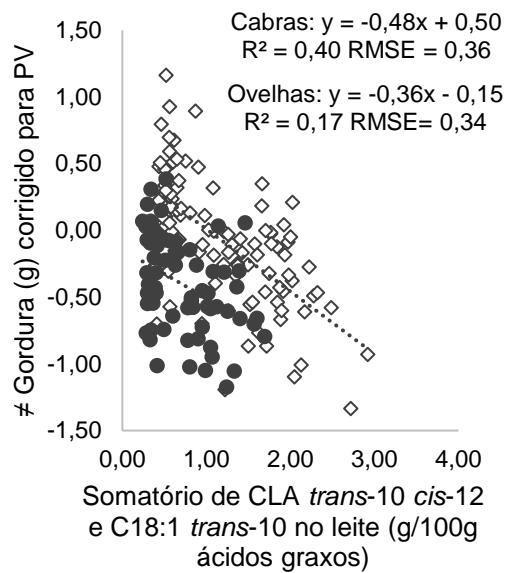


Figura 8 – Relação entre concentração de CLA *trans*-10 *cis*-12 (A), concentração de C18:1 *trans*-10 (B) e concentração do somatório de CLA *trans*-10 *cis*-12 e C18:1 *trans*-10 (C) no leite e a variação na produção de gordura, corrigidos para o peso vivo, no leite de ovelhas (●) e cabras (◇).





7 DISCUSSÃO

A redução da gordura do leite pode ser utilizada como estratégia na melhoria no aporte energético, tendo em vista que essa porção representa aproximadamente metade do custo energético para a síntese do leite (TYRRELL et al., 1965). Os estudos relacionados a alteração na gordura do leite de vacas, cabras e ovelhas descrevem que esse é o componente que mais varia entre espécies e o mais sujeito a alterações em função da dieta. A gordura do leite é formada majoritariamente por AG (JENSEN et al., 2002), e esses são oriundos da síntese *de novo*, da dieta e/ou mobilização de tecidos (BAUMAN e GRIINARI, 2003).

Em razão de seus efeitos biológicos conhecidos, o AG CLA é o mais estudado, e seus efeitos sobre a síntese de gordura do leite vem sendo descritos por vários autores; entretanto, existem outros fatores que podem estar envolvidos na diminuição do teor e/ou produção de gordura do leite, como por exemplo o AG T10, o qual tem a sua influência já relatada nesse fenômeno em estudos *in vivo* ou *in vitro*, (SHINGFIELD et al., 2009a; KADEGOWDA et al, 2009), respectivamente.

Dessa forma, o uso da análise de regressão foi uma alternativa para tentar predizer a relação entre o teor/produção de gordura do leite e os principais AG supostamente envolvidos na DGL. Assim, ao utilizar o CLA e o T10 nos modelos lineares testados para cabras, o modelo que obteve ajuste mais preciso foi aquele com a variável dependente gordura (%), com R^2 de 0,75, 0,73 e 0,73 e de RMSE de 0,45, 0,47 e 0,47 para as variáveis independentes CLA, T10 e CLA+T10 (Tabela 2), respectivamente, demonstrando que CLA pode ser um melhor preditor do teor de gordura do leite de cabras. O mesmo ocorreu quando o PV foi incluído no modelo (Tabela 3), obtendo-se os valores de R^2 de 0,55, 0,49 e 0,51 e de RMSE de 0,01 para as variáveis independentes CLA, T10 e CLA+T10, respectivamente. Entretanto, ao se comparar os valores de R^2 (Tabela 4) com os do modelo não corrigido verificou-se que o PV não torna o ajuste da equação mais eficiente, diferente do citado por Baldin (2012) que sugeriu que o peso metabólico teria um papel fundamental na relação entre CLA e alteração na síntese de gordura em cabras. Outra hipótese que pode esclarecer essa observação está no fato de que em apenas um dos experimentos havia

variabilidade alta no PV dos animais, e assim, ao utilizar o modelo misto essa variação possivelmente foi corrigida.

Os modelos não lineares com melhores ajustes para cabras foram os modelos 1,4 e 10, sendo esses respectivamente, ≠ Gordura (%), Gordura (%) e ≠ Gordura (g), para CLA, onde os valores do RMSE foram em ordem 13,83, 0,69 e 15,23 e R^2 0,52 0,41 e 0,40 conforme a Tabela 5, indicando novamente que o CLA possivelmente prediz de forma mais eficiente as alterações na síntese de gordura do leite, sendo a variação no teor de gordura melhor explicada, corroborando com as observações de De Veth et al. (2004) e Shingfield et al. (2009b), os quais descreveram que o CLA reduziu a gordura do leite de forma não linear. Nos modelos corrigidos para PV, a variável CLA também demonstrou melhores ajustes para ≠ Gordura (%) e ≠ Gordura (g), no qual os valores de RMSE foram 13,83 e 15,23 e de R^2 foram 0,52 e 0,40 respectivamente (Tabela 6). Já a variável Gordura (%) obteve melhor ajuste para CLA+T10, com R^2 de 0,35 e RMSE 0,02. O modelo testado de ≠ Gordura (g) utilizando o PV, apesar de alteração pequena, manifestou valor de R^2 maior, o que indica que ouve um melhor ajuste, ou seja, esse modelo, diferente do que foi observado na equação linear, possivelmente pode ser melhor explicado quando o PV dos animais é considerado, o que corresponde com o demonstrado por Baldin (2012), apesar deste ter se baseado no peso metabólico.

Dentre os modelos lineares testados para cabras, somente os para a variável dependente Gordura (g) não obtiveram valores de R^2 satisfatórios ($R^2 > 0,35$) (Apêndice 1 e 2), dessa maneira, adicionou-se nos modelos corrigidos ou não para o PV, a PL dos animais uma vez que a produção de gordura está diretamente relacionada a produção de leite. Nesse modelo, as variáveis independente que obtiveram melhores ajustes foram o T10 e CLA+T10, ambos com R^2 de 0,76 e RMSE 10,1 (Tabela 11), o que supõe a influência do T10 na regulação de síntese da gordura do leite (SHINGFIELD et al., 2007; SHINGFIELD et al., 2010; BAUMAN E GRIINARI, 2001). Já para o modelo corrigido para PV (Tabela 12), o CLA+T10 mostrou ser mais ajustado na predição, indicando que a produção de gordura do leite corrigida para PV em cabras é melhor explicada quando CLA e T10 são agrupados.

A maioria dos modelos de regressões lineares simples de cabras apresentaram um baixo poder explicativo. Dessa forma, com o intuito de elevar

o esclarecimento dos modelos, utilizou-se a análise de regressão múltipla, uma vez que se sabe que a gordura do leite é constituída principalmente por triglicerídeos e podem existir aproximadamente 400 diferentes AG nessa fração (JENSEN, 2002), os quais podem auxiliar numa resposta mais específica sobre as alterações na gordura do leite. Sendo assim, apesar de melhor esclarecido os efeitos do CLA (PIPEROVA et al., 2000; BAUMGARD et al., 2000; BAUMGARD et al., 2002a), do T10 (SHINGFIELD et al., 2007; SHINGFIELD et al., 2010), ainda não é bem esclarecido quais AG de fato explicam a produção, concentração e suas possíveis variações na gordura do leite de cabras, entretanto se sabe que, provavelmente, somente um AG não é responsável por explicar todas as alterações causadas na síntese de gordura do leite (Alves e Bessa, 2014).

Sabendo disso, os modelos de regressão múltipla incluindo outros AG como variáveis explicativas foram escolhidos através do critério CP, o qual determina um modelo mais preciso utilizando o menor número possível de variáveis independentes, e ainda assim, os modelos demonstraram no mínimo quatro variáveis explicativas. No entanto, o modelo com melhor ajuste incluiu sete variáveis independentes, o que demonstra que a alteração na síntese de gordura é possivelmente multifatorial, o que também foi sugerido por Alves e Bessa (2014).

Entre os modelos múltiplos testados, assim como na análise de regressão simples, a variável gordura (%) foi a que melhor se ajustou (R^2 0,87 e RMSE 0,28). Todos os modelos realizados nessa análise demonstraram valores maiores de R^2 e menores de RMSE do que os obtidos nas regressões simples, evidenciando que o modelo múltiplo é mais adequado na predição. Vale ressaltar que todas as variáveis independentes, mantidas na regressão, tiveram um valor de VIF menor que 10, indicando baixa multicolinearidade entre as variáveis independentes do modelo, o que indica que o aumento do R^2 ocorre sem viés.

Entre as variáveis explicativas incluídas no modelo (CLA, T10, C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, vacênico, oleico, linoleico, linolênico, rumênico, somatório de AG de cadeia curta (AGCC = C4:0+C6:0+C8:0+C10:0), somatório de AG de cadeia média (AGCM = C12:0+C14:0) e o PV) destaca-se os AG vacênico e o linolênico, pois estão presentes em todos os modelos testados para cabras escolhidos pelo critério CP. Além desses, o oleico está

presente em três dos quatro modelos, assim como o C4:0, C6:0 e o C16:0. O modelo com melhor ajuste (Gordura %) incluiu como variáveis explicativas os AG C10:0, C16:0, T10, vacênico, oleico, linoleico e linolênico.

Parte desses achados, podem ser explicados pelo fato do ácido vacênico ser o principal isômero C18:1 *trans* (35 a 40%) encontrado no leite de cabras (CHILLIARD et al., 2003) embora saibamos que a gordura seja composta principalmente por AG saturados, entre eles o C16:0 (palmítico) (JENSEN, 2002). Já a presença do linolênico em todos os modelos pode ter ocorrido devido sua presença na silagem ofertada aos animais; Ribeiro et al. (2006), citaram que tecidos foliares podem conter aproximadamente 76% desse AG. Em relação ao oleico, esse é um dos principais AG encontrados na fração lipídica dos concentrados, assim como o linoleico (BAUMAN et al., 1999), o que explicaria em parte suas participações na maioria dos modelos múltiplos. Além disso, como um dos principais AG constituintes da gordura, a incorporação do oleico (seja via ação da SCD, mobilização ou consumo) afeta diretamente os parâmetros analisados (R^2 e RMSE).

Contradicoriatamente, nenhum dos modelos múltiplos de cabras incluiu o CLA, sugerindo que não há, de forma direta, a participação desse isômero nos modelos testados. Entretanto, sabe-se que os AG são correlacionados, pois ainda que a ação de alguns AG na alteração do metabolismo lipídico seja bem descrita, provavelmente há alterações ainda pouco elucidadas, podendo acarretar em modificações na disponibilidade de outros AG através de um deslocamento das vias de biohidrogenação. Além disso, vale destacar que um modelo de regressão leva em consideração fatores matemáticos e estatísticos, e os fatores fisiológicos conhecidos (nesse caso, o efeito lipogênico bem descrito do CLA) podem não estar conciliados. Nesse caso é importante, ao considerar um modelo, levar em consideração a resposta estatística e fisiológica.

O modelo com maior R^2 e menor RMSE (Gordura %) incluiu o T10, indicando a influência desse AG no teor de gordura, o que concorda com Griinari et al. (1998) os quais citaram que o T10 está associado a depressão da gordura do leite e com Kadegowda et al. (2009), os quais observaram que esse AG reduz a expressão de FASN e SCD *in vitro*, os quais são cruciais, respectivamente, para para a síntese *de novo* e para a dessaturação de AG. Entretanto como o T10 partilha de uma mesma via da biohidrogenação que o CLA (BAUMAN e

GRIINARI, 2003), pode haver contradição, pois em cabras alguns estudos afirmam que a associação desse AG com a depressão da gordura do leite depende da quantidade que sai do abomaso (SHINGFIELD et al., 2009a). Além disso, há estudos em que o aumento de T10 em vacas não têm sido associado com a redução na síntese de gordura (LOCK et al., 2007) contrariando essa observação. Porém, alguns estudos já mostraram que animais que receberam suplementos dietéticos isentos de CLA, diminuíram a síntese da gordura do leite e dessa forma os efeitos sobre a alteração na síntese da gordura do leite foram atribuídos ao T10 (PIPEROVA et al., 2004), ainda que o CLA apareça no leite de animais que não recebem suplementação com esse AG. De qualquer forma, o aumento do teor de T10 também pode estar relacionado com a isomerização que converte o ácido oleico (o qual foi inserido em três dos quatro modelos múltiplos testados) em T10 (JENKINS et al., 2008), pela isomerização do vacênico (SHINGFIELD et al., 2014; TORAL, et al., 2015), presente em todos os modelos múltiplos testados ou através da biohidrogenação parcial do CLA (BAUMAN e GRIINARI, 2003; ALVES e BESSA, 2014). Além disso, Cortés et al., (2017) citaram que, em algumas condições, o T10 não seria formado a partir de CLA em cabras e ovelhas, indicando a existência de outras vias de formação do T10.

Em nenhum dos modelos múltiplos de cabras, o PV foi incluído como variável explicativa, indicando que nessa espécie o PV não está diretamente relacionado a forma como o animal deprime a gordura do leite ou ainda que a adição de outros AG como variáveis explicativas diminuiu a relevância do efeito do PV.

Assim como realizado em cabras, o uso da análise de regressão foi uma alternativa para tentar predizer a relação entre o teor e produção de gordura com os principais AG envolvidos na DGL em ovelhas, uma vez que os efeitos dessa síndrome são relatados nessa espécie (LOCK et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2012). Dessa forma, ao utilizar o CLA, T10 e CLA+T10 nos modelos lineares (Tabela 14), e utilizando os valores de R^2 e RMSE, os modelos com melhores ajustes foram: 1 (\neq Gordura %) para a variável independente CLA, o qual obteve significância através de modelo linear misto, com valores de R^2 de 0,42 e de RMSE de 17,9 e 7 (\neq Gordura %) para a variável independente T10, por meio de modelo cúbico misto, com R^2 de 0,53 e RMSE 17,8. Nos dois casos, a variável

dependente foi a variação no teor de gordura no leite, o que indica que essa alteração pode ser melhor predita em ovelhas. O modelo com R^2 maior e RMSE menor indica que o T10 é melhor preditor da variação do teor de gordura nessa espécie, sugerindo que apesar de haver controvérsias em relação a esse AG, ele pode ser considerado um indicador da DGL. Quando os modelos foram corrigidos para o PV (Tabela 15), os valores de R^2 e RMSE foram respectivamente 0,39 e 0,35 para CLA e 0,53 e 0,27 para T10, indicando que a variável dependente T10 se manteve com melhor ajuste, entretanto assim como em cabras o PV não melhorou o ajuste da equação.

Os modelos com “y” Gordura (%), Gordura (g) e ≠ Gordura (g) não obtiveram valores de R^2 satisfatórios ($>0,35$) (Apêndices G e H), diferentemente de cabras (nessa espécie somente a variável dependente Gordura (g) não obteve valores satisfatórios), o que indica que em ovelhas a predição do teor, produção e variação da produção de gordura do leite pelo CLA e pelo T10 é menos recomendada. Assim como realizado nas equações de cabras, adicionou-se a variável explicativa PL nos modelos com a variável dependente Gordura (g), corrigido (Tabela 20) ou não para PV (Tabela 21), por se saber que a produção de gordura também é relacionada com a produção de leite, o que se confirma, pois dessa forma obteve-se melhores valores de R^2 e RMSE. Quando a PL foi incluída no modelo, a variável independente CLA+T10 demonstrou maior poder explicativo nos modelos não corrigidos para PV, já nos corrigidos para PV a variável CLA obteve melhor ajuste. Diferentemente de todos os modelos citados até aqui, as equações não demonstraram diferenças nos valores obtidos entre efeito misto e fixo, o que indica que em ovelhas a produção de gordura pode ser considerada menos responsiva a efeitos aleatórios presentes em diferentes experimentos ou ainda que os animais e as condições de manejo possuíam maior homogeneidade.

Os modelos de regressão simples em ovelhas, na sua grande maioria, não foram significativos ou não atenderam aos critérios de ajuste de modelos citado no item 5.4, dessa forma a análise de regressão múltipla foi realizada buscando um modelo com melhor ajuste e ainda uma resposta mais específica dos AG envolvidos na síntese de gordura do leite dessa espécie. Diferentemente do observado em cabras, o CLA se manteve presente nos quatro modelos testados em ovelhas, corroborando com as afirmações da sua influência na DGL.

(BAUMAN et al., 2008; BAUMGARD et al., 2002b; OLIVEIRA et al., 2012). Além do CLA, o C16:0 também se manteve em todos os modelos, concordando com Jensen (2002), o qual citou que o C16:0 é um dos AG predominantes na gordura do leite. Assim como verificado nas análises de regressão múltipla em cabras, o vacênico também se manteve na maioria dos modelos de ovelhas, indicando que assim como em cabras (CHILLIARD et al., 2003), esse AG possivelmente possui importante na predição de teor e produção de gordura no leite de ovelhas; e apesar de haver outros AG com teores ainda maiores no leite dessa espécie (os quais não foram incluídos nos modelos), o vacênico parece se destacar. O T10 se manteve em três dos quatro modelos múltiplos realizados, confirmando que esse AG também pode predizer, ao menos em parte, as alterações na gordura do leite (SHINGFIELD et al., 2007; SHINGFIELD et al., 2010; BAUMAN E GRIINARI, 2001) em ovelhas. Ao contrário do verificado em cabras, a variável PV foi incluída em dois [Gordura (%) e ≠ Gordura (g)] dos quatro modelos múltiplos testados, sugerindo que o peso das ovelhas pode interferir na forma como essa espécie responde as alterações na síntese de gordura do leite causada pelos AG investigados. Nesses mesmos modelos o CLA também foi incluído como variável explicativa, indicando que a resposta de ovelhas a esse AG, assim como observado por Oliveira et al., (2018), parece ter uma relação com o peso do animal.

Dos modelos múltiplos testados, o que demonstrou maior precisão foi o que explica a variável dependente ≠ Gordura (%), o qual obteve valores de R^2 e RMSE, 0,89 e 5,91, respectivamente. Nesse modelo foram incluídos os AG C4:0, C16:0, vacênico, linolênico, rumênico e CLA. O único AG oriundo exclusivamente da síntese *de novo* presente no modelo foi o C4:0, concordando com a teoria de que na alteração da gordura do leite ocorre a redução da secreção dos AG de todos os tamanhos, porém, a redução dos AG oriundos da via da síntese *de novo* (\leq C14 e parte dos C16) é mais afetada (BAUMGARD et al., 2001).

Em ovelhas, tanto as regressões lineares, não lineares e múltiplas demonstraram melhores ajustes quando “y” foi ≠ Gordura (%), propondo que a variação no teor de gordura do leite de ovelhas é a variável que mais se ajusta para predição. Isso pode ser explicado pelo fato de que essa espécie é considerada mais suscetível aos efeitos dos AG envolvidos na alteração da síntese de gordura do leite do que cabras.

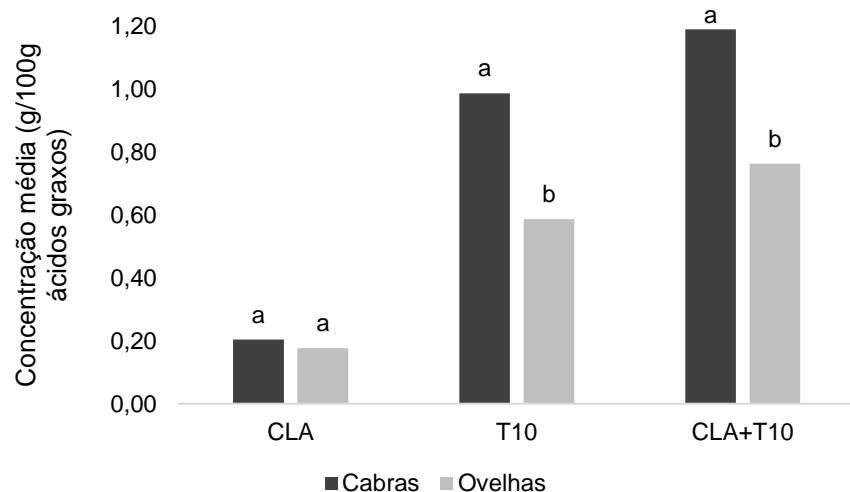
Apesar de todos os contrastes entre bovinos, ovinos e caprinos, relacionados ao comportamento alimentar, ruminação, tamponamento do ambiente ruminal, cinética da digestão e taxas de trânsito digestivo (CHILLIARD et al., 2003; PULINA et al., 2006), há evidências que a depressão da gordura do leite nessas espécies pode ocorrer através de mecanismos comuns, ainda que possivelmente, as ovelhas e principalmente as cabras demonstrem uma maior resistência ao efeito antilipogênico do CLA e T10. Dessa forma, com o intuito de comparar os efeitos do isômero CLA, T10 e somatório de ambos na concentração, produção e suas variações na gordura do leite de cabras e ovelhas, aplicou-se os modelos que foram significativos nas duas espécies, utilizando variáveis indicadoras (Dummy), afim de compreender qual espécie é mais susceptível a esses AG.

Assim, dos cinco modelos não corrigidos para PV que foram testados, todos demonstraram efeito de espécie para o intercepto, o que já era esperado tendo em vista que o teor e produção de gordura do leite de cabras e ovelhas são diferentes, e no geral maiores valores são observados no leite de ovelhas; vale ressaltar que os interceptos das equações de variações do teor e produção de gordura do leite de ovelhas no geral manifestaram valores negativos, demonstrando a magnitude dos efeitos antilipogênicos desses isômeros nessa espécie. Apesar disso, os coeficientes angulares das equações comparadas não demonstraram diferença no efeito de espécie, o que sugere que o ação do CLA (Figura 5-A-B e 6-A), do T10 (Figura 6-B) e do CLA+T10 (Figura 6-C) na redução do teor e produção de gordura no leite não difere entre cabras e ovelhas apesar da concentração média do T10 e do CLA+T10 no leite dessas espécies ser diferente (Figura 9).

Ainda que, provavelmente, exista uma relação dose dependente (uma maior presença do CLA e/ou do T10 possivelmente acarretaria em uma maior depressão da gordura) (BALDIN, et al., 2013b), cabras demonstram maiores concentrações de T10 e CLA+T10 e não demonstram coeficientes angulares diferentes de ovelhas. Uma questão que pode ser considerada é o fato do teor e produção de gordura do leite cabras ser menor, dessa forma a capacidade de redução e variação é proporcionalmente menor, considerando que existe um valor platô (redução máxima), ou seja, mesmo que cabras demonstrem maiores

concentrações de T10 e CLA+T10 no leite, a capacidade de variação vai ser menor que ovelhas.

Figura 9 – Concentração média (g/100g ácidos graxos) de CLA *trans*-10 *cis*-12, C18:1 *trans*-10 e somatório de ambos no leite de cabras e ovelhas.



¹ Letras diferentes demonstram diferenças significativas entre as espécies ($p<0,05$).

Já nos modelos corrigidos para PV, a equação entre \neq Gordura (%) e CLA (Figura 7-A) evidenciou um decaimento do coeficiente angular 47,5% maior para cabras, discordando do que tem sido sugerido na literatura, na qual cabras são mais resistentes aos efeitos antilipogênicos do CLA (ANDRADE e SCHIMIDELY, 2006; LOCK et al., 2008; SHINGFIELD et al., 2009) e possivelmente do T10.

Um ponto que pode explicar essa discrepância está no fato de as cabras estarem com DEL de 72 a 156 e ovelhas de 30 a 70. Sabe-se que o teor de gordura do leite de ovelhas é naturalmente maior que o de vacas e cabras; entretanto, animais com DEL menor produzem mais leite, e esse em geral possui uma menor concentração de gordura do que ao final da lactação. Dessa forma, o teor e produção de gordura do leite de cabras possivelmente era maior, dentro das particularidades da espécie (ainda que menor que o de ovelhas), e dessa forma uma possível variação seria mais perceptível do que o observada em outros estudos.

Todavia, ainda que existam similaridades entre cabras e ovelhas, nenhuma das equações não lineares e somente 9 equações lineares das 72 testadas em cada espécie foram possíveis de ser comparadas, indicando que o

fenômeno da DGL possivelmente deve ser estudado de forma particular para cada espécie.

8 CONCLUSÕES

Os AG CLA e T10 podem ser utilizados como preditores do teor, produção e suas respectivas variações na gordura do leite de ovelhas e cabras sob DGL. Porém, em modelos lineares simples o CLA demonstra ser um melhor preditor para cabras, ao passo que em ovelhas é o T10, apesar de não haver diferença na forma como cabras e ovelhas reduzem a gordura do leite em função do CLA, T10 e CLA+T10.

Além disso, as modelagens de análise de regressão do teor e variação do teor de gordura demonstram maior eficiência em relação aos modelos de regressão da produção de gordura e sua variação; e os modelos de regressões múltiplas demonstraram uma melhor qualidade de ajuste em comparação com modelos de regressões simples.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de modelos de predição do teor e produção de gordura do leite de cabras e ovelhas pode ser considerado uma ferramenta importante para auxiliar na identificação de animais com DGL. No entanto, é importante considerar não somente a resposta estatística mas também as características fisiológicas da síntese de gordura nesses animais. É necessário ponderar esses dois fatores antes de considerar um modelo como sendo o de melhor ajuste na predição, tendo em vista que uma resposta nem sempre indica uma relação de causa e efeito.

A participação do CLA e do T10 na alteração da síntese de gordura do leite de ruminantes é confirmada por vários estudos, mas as particularidades biológicas e fisiológicas entre espécies e até mesmo entre animais indica que a DGL não é um evento que pode ser explicado de forma direta, considerando apenas essas variáveis. A DGL em cabras e ovelhas é um evento multifatorial, e as alterações nos AG envolvidos na síntese do leite podem depender da espécie, dieta, peso e estágio de lactação.

É importante que se caracterize a estrutura e função de outros intermediários de biohidrogenação envolvidos na DGL, com o intuito de fornecer uma explicação mais ampla desse fenômeno em cabras e ovelhas.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H.; A new look at the statistical model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 19, p. 716-723, 1974.

ALVES, S.P.; BESSA, R.J.B. The trans-10,cis-15 18:2: a missing intermediate of *trans*-10 shifted rumen biohydrogenation pathway? **Lipids**, v. 49, p. 527–541, 2014.

ANDRADE, P.V.D.; SCHMIDELY, P. Effect of duodenal infusion of *trans*10, *cis*12-CLA on milk performance and milk fatty acid profile in dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with rolled canola seed. **Reproduction Nutrition Development**, v. 46, p. 31– 48, 2006.

BALDIN, M. Desempenho, composição do leite e balanço energético de cabras leiteiras suplementadas com ácido linoleico conjugado (CLA) não protegido da biohidrogenação ruminal. 79 f. **Dissertação** (Mestrado em ciência animal). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

BALDIN, M.; GAMA, M.A.S.; DRESCH, R.; HARVATINE, K.J.; OLIVEIRA, D.E. A rumen unprotected conjugated linoleic acid supplement inhibits milk fat synthesis and improves energy balance in lactating goats. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 3305-3314, 2013a.

BALDIN, M.; DRESCH, R.; MARTELO, L.; SOUZA, J.; OLIVEIRA, D.E. Dose-response relationship in dairy ewes fed a rumen unprotect CLA supplement. **Journal Livestock science**, v. 158, p. 91-94, 2013b.

BALDIN, M.; DRESCH, R.; SOUZA, J.; FERNANDES, D.; GAMA, M.A.S.; HARVATINE, K.J.; OLIVEIRA, D.E. CLA induced milk fat depression reduced dry matter intake and improved energy balance in daury goats. **Journal Small ruminant research**, v. 116, p. 44-50, 2014.

BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; DWYER, D. A.; SAEBO, A.; BAUMAN, D. E. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits fat synthesis. *Am. Journal Physiology.*, v. 278, p. 179-184, 2000.

BAUMGARD, L. H.; SANGSTER, J. K.; BAUMAN, D. E. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *Journal of Nutrition.*, v. 131, p. 1764-1769, 2001.

BAUMGARD, L. H.; MATITASHVII, E.; CORL, B. A.; DWYER, D. A.; BAUMAN, D. E. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 85, p. 2155-2163, 2002a.

BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; DWYER, D. A.; BAUMAN, D. E. Effects of conjugated linoleic acids (CLA) on tissue response to homeostatic signals and plasma variables associated with lipid metabolism in lactating dairy cows. *Journal Animal Science*, v. 80, p. 1285-1293, 2002b.

BAUMAN, D.E. AND C.L. DAVIS. Biosynthesis of milk fat. Pages 31-75 in **Lactation: A Comprehensive Treatise**. B.L. Larson and V. R. Smith, eds. Academic Press, New York, New York, p. 31-75. 1974.

BAUMAN, D. E.; BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; GRIINARI, J. M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. Proceedings of the American Society of *Journal of Animal Science*, v. 48, p. 1-15, 1999.

BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, v. 70, p. 15-29, 2001.

BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, v. 23, p. 203-227, 2003

BAUMAN, D.E.; MATHER, I.H.; WALL, R.J.; LOCK, A.L. Major Advances Associated with the Biosynthesis of Milk. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 1235–1243, 2006.

BAUMAN, D. E.; PERFIELD, J. W.; HARVATINE, K. J.; BAUMGARD L. H. Regulation of fat synthesis by conjugated linoleic acid: lactation and the ruminant model. **Journal of Nutrition**, v. 138, p. 403-409, 2008.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1751-1770, 2003.

COLLOMB, M.; SCHMID, A.; SIEBER, R. et al. Conjugated linoleic acids in milk fat: variation and physiological effects. **International Dairy Journal**, v. 16, p. 1347-1361, 2006.

CORTÉS, P.G.; CÍVICO, A.; DE LA FUENTE, M.A.; JUÁREZ, M.; SÁNCHEZ, N.N; BLANCO, F.P.; MARTÍNEZ MARÍN, A.L. Dietary linseed oil increases trans-10,cis-15 18:2 in caprine milk fat. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 4235-4240, 2017.

DANIEL. C & WOOD. FS.; Fitting equations to data. **Wiley Interscience**, New York, 1971.

FERNANDES, D.; GAMA, M.A.S.; RIBEIRO, C.V. D.M.; LOPES, F.C.F.; OLIVEIRA, D.E. Milk fat depression and energy balance in stall-fed dairy goats supplemented with increasing doses of conjugated linoleic acid methyl esters. **Animal**, v. 8;4, p. 587-595, 2014.

GRIINARI, J. M.; DWYER, D. A.; MCGUIRE, M. A.; BAUMAN, D. E.; PALMQUIST, D. L.; NURMELA, K.V. V. Trans-Octadecenoic Acids and Milk Fat Depression in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 1251–1261, 1998.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S (Org.). **The rumen microbial ecosystem**. 2. ed. [S. L.]: Blackie academic & professional, p. 382–426, 1997.

HARVATINE K. J., BAUMAN D. E. SREBP1 and thyroid hormone responsive spot 14 (S14) are involved in the regulation of bovine mammary lipid synthesis during diet-induced milk fat depression and treatment with CLA. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 2468-2474, 2006.

HARVATINE, K. J.; PERFIELD II, J. W.; BAUMAN. D. E. Expression of enzymes and key regulators of lipid synthesis is upregulated in adipose tissue during CLA-induced milk fat depression in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 139, p. 849-854, 2009.

IP, C.; SCIMECA, J.A. Conjugated linoleic acid and linoleic acid are distinctive modulators of mammary carcinogenesis. **Nutrition Cancer**, v. 27, p. 131-135, 1997.

JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 397-412, 2008.

JENSEN, R.G.; The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 295–350, 2002.

KADEGOWDA, A.K.G.; BIONAZ, M.; PIPEROVA, L.S.; ERDMAN, R.A.; LOOR, J.J. Peroxisome proliferator-activated receptor-γ activation and long-chain fatty acids alter lipogenic gene networks in bovine mammary epithelial cells to various extents. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 4276–4289, 2009.

KEMP, P.; LANDER, D. J.; GUNSTONE, N. D. F. D. The hydrogenation of some cis- and trans-octadecenoic acids to stearic acid by a rumen *Fusocillus* sp. Br. **Journal of Nutrition**, v. 52, p. 165–170, 1984.

LOCK, A.L.; TELES, B.M.; PERFIELD II, J.W.; BAUMAN, D.E.; SINCLAIR, L.A. A conjugated linoleic acid supplement containing trans-10, cis-12 reduces milk fat synthesis in lactating sheep. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 1525–1532, 2006.

LOCK, A.L.; TYBURCZY, C.; DWYER, D.A.; HARVATINE, K.J.; DESTAILLATS, F.; MOULOUGUI, Z.; CANDY, L.; BAUMAN, D.E. Trans-10 octadecenoic acid does not reduce milk fat synthesis in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 137, p. 71-76, 2007.

LOCK, A.L.; ROVAI, M.; GIPSON, T.A.; DE VETH, M.J.; BAUMAN, D.E. A Conjugated Linoleic Acid Supplement Containing *Trans*-10, *Cis*-12 Conjugated Linoleic Acid Reduces Milk Fat Synthesis in Lactating Goats. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 3291-3299, 2008.

MAIA, M. R. G.; CHAUDHARY, L. C.; FIGUERES, L.; WALLACE, R. J. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. **Ant. Van Leeuw.**, v. 91, p. 303–314, 2007.

MAIA, M. R. G.; CHAUDHARY, L. C.; BESTWICK, C. S.; RICHARDSON, A. J.; McKAIN, N.; LARSON, T. R; GRAHAM, I. A.; WALLACE, R. J. Toxicity of unsaturated fatty acids to the biohydrogenating ruminal bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. **BMC Microbiology**, v. 50, p. 1–10, 2010.

MALLOWS, C.L. Some Comments on CP. **Technometric**, v. 15, p. 661-675, 1973.

OLIVEIRA, D. E.; GAMA, M. A. S.; FERNANDES, D.; TEDESCHI, L. O.; BAUMAN, D. E. An unprotected conjugated linoleic acid supplement decreases milk production and secretion of milk components in grazing dairy ewes. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 1437-1446, 2012.

OLIVEIRA, D.E., URIO, M.; SANDRI, E.C. Effect of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA) on expression of lipogenic genes is related to amount of trans-

10, cis12 CLA per unit of body weight in lactating dairy ewes. **Journal Small ruminant research**, v. 169, p. 42-45, 2018.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations: review. **Journal Dairy Science**, v. 63, p. 1-14, 1980.

PALMQUIST, D. L.; LOCK, A. L.; SHINGFIELD, K. J.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 50, p. 179–217, 2005.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 287-310, 2006.

PARK, Y.; ALBRIGHT, K. J.; STORKSON, J. M.; COOK, M. E.; PARIZA, M. W. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. **Lipids**, v. 32, p. 853–858, 1997.

PARIZA, M.W.; PARK, Y.; COOK, M.E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, v. 40, p. 283-298, 2001.

PIPEROVA, L. S.; TETER B. B.; BRUCKENTAL, I.; MILLS, SAMPUGNA, J.; YURAWECZ, M. P.; FRITSCHE, J.; KU, K.; ERDMAN, R. A. Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat-depressing diet. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 2568–2574, 2000.

PIPEROVA, L. S.; MOALLEM, U; TETER, B. B; SAMPUGNA, J.; YURAWECZ, M. P.; MOREHOUSE, K. M.; LUCHINI, D.; ERDMAN, R. A. Changes in milk fat in response to dietary supplementation with calcium salts of trans-18:1 or conjugated linoleic fatty acids in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**. v. 87, p. 3836–3844, 2004.

PULINA, G.; NUDDA, A.; BATTACONE, A.; CANNAS, A. Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. **Animal Feed Science and Technology**. v. 131, p. 255-291, 2006.

QUININO, R. C.; REIS, E. A.; BESSEGATO, L. F. Using the coefficient of determination R2 to test the significance of multiple linear regression. **Teaching Statistics**. v. 35 p. 84-88, 2012.

RIBEIRO, C.V. D.M; EASTRIDGE, M.J. Short Communication: Effect of Number of Extractions on Percentage of Long-Chain Fatty Acids from Fresh Alfalfa. **Journal Dairy Science**, v. 89, p. 3505-3507, 2006.

ROY, A.; FERLAY, A.; SHINGFIELD, K. J.; CHILLIARD, Y. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to plant oils in cows fed different basal diets, with particular emphasis on trans-C18:1 fatty acids and isomers of conjugated linoleic acid. **Journal of Animal Science**, v. 82, p.479–492, 2006.

SANDRI, C.E.; HARVATINE, K.J.; OLIVEIRA, D.E. *Trans* -10, *cis* -12 conjugated linoleic acid (CLA) reduces milk fat content and lipogenic gene expression in the mammary gland of sows without altering litter performance. **British journal of nutrition**, v. x, p. 1-23, 2019.

SHINGFIELD, K. J.; GRIINARI, M. J. Role of biohydrogenation intermediates in milk fat depression. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 109, p. 799–816, 2007.

SHINGFIELD, K. J.; SAEBØ, A.; SAEBØ, P.-C.; TOIVONEN, V.; GRIINARI, J. M. Effect of abomasal infusions of a mixture of octadecenoic acids on milk fat synthesis in lactating cows. **Journal Dairy Science**, v. 92, p. 4317-4329, 2009a.

SHINGFIELD, K. J.; ROUEL, J.; CHILLIARD, Y. Effect of calcium salts of a mixture of conjugated linoleic acids containing trans-10, cis-12 in the diet on milk fat synthesis in goat. *Br. Journal of Nutrition*, v. 101, p. 1006-1019, 2009b.

SHINGFIELD, K. J.; BERNARD, L.; LEROUX, C.; CHILLIARD, Y. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 4, p. 1140–1166, 2010.

SHINGFIELD, K. J.; WALLACE, R.J. Synthesis of Conjugated Linoleic Acid in Ruminants and Humans. *Royal Society of Chemistry*, in: RSC Catalysis Series, n. 19, p. 1-65, 2014.

SUTTON, J. D. Digestion and absorption of energy substrates in lactating cow. *Journal Dairy Science*, v. 68, p. 3376-3393, 1985.

TICIANI, E. ; URIO, M. ; Ferreira, R. ; HARVATINE, K. J. ; DE OLIVEIRA, D. E. . Transcriptional regulation of acetyl-CoA carboxylase α isoforms in dairy ewes during conjugated linoleic acid induced milk fat depression. *Animal*, v. 10, p. 1677-1683, 2016.

TYRRELL, H. F.; REID, J. T. PREDICTION OF THE ENERGY VALUE OF COW'S MILK. *Department of Animal Husbandry*, Cornell University, Ithaca, New York, p. 1215-1223, 1965.

TORAL, P. G.; CHILLIARD, Y.; ROUEL,J.; LESKINEN, H.; SHINGFIELD, K. J.; BERNARD, L. Comparison of the nutritional regulation of milk fat secretion and composition in cows and goats. *Journal Dairy Science*, v. 98, p. 7277-7297, 2015.

VETH, M. J.; GRIINARI, J. M.; PFEIFFERC, A. M.; BAUMAN, D. E. Effect of CLA on milk fat synthesis in dairy cows: comparison of inhibition by methyl esters and free fatty acids, and relationships among studies. *Lipids*, v. 39, p. 365-372, 2004.

WALLACE, R. J.; McKAIN, N.; SHINGFIELD, K. J.; DEVILLARD, D. Isomers of conjugated linoleic acids are synthesized via different mechanisms in ruminal digesta and bacteria. **Journal of Lipid Research**, v. 48, p. 2247–2254, 2007.

APÊNDICES

Apêndice A

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	C ^c	Q ^d	L ^e	Intercepto	R ²	AIC	RMSE	p ^f
1	≠ Gord (%)	Misto	CLA		238,69	-187,68	20,46	0,528	806,4	13,863	<.0001
2		Fixo	CLA		238,69	-187,68	20,46	0,520	806,4	13,830	<.0001
3		Misto	CLA			-66,99	14,08	0,400	838,2	15,470	<.0001
4		Fixo	CLA			-66,99	14,08	0,400	838,2	15,370	<.0001
5	Gord (%)	Fixo	CLA	-36,47	40,18	-13,72	3,79	0,413	211,3	0,691	0,0198
6		Misto	CLA		7,18	-6,03	3,53	0,749	144,4	0,454	<.0001
7		Fixo	CLA		8,31	-6,86	3,61	0,379	226,1	0,705	0,0002
8		Misto	CLA			-2,39	3,33	0,699	166,2	0,490	<.0001
9		Fixo	CLA			-2,60	3,38	0,290	241,1	0,750	<.0001
10	Gord (g)	Misto	CLA			-50,48	71,52	0,298	898,6	17,105	<.0001
11		Fixo	CLA			-52,03	72,04	0,243	899,5	17,589	<.0001
12	≠ Gord (g)	Misto	CLA		184,79	-154,74	14,28	0,427	843,1	15,033	0,0006
13		Fixo	CLA		181,54	-152,00	13,87	0,402	841,9	15,208	0,0009
14		Misto	CLA			-60,98	9,25	0,350	864,6	15,892	<.0001
15		Fixo	CLA			-60,30	9,04	0,330	862,9	16,071	<.0001
16	≠ Gord (%)	Misto	T10			-30,69	31,15	0,475	855,5	15,035	<.0001
17		Fixo	T10			-30,10	30,50	0,454	854,1	15,182	<.0001
18	Gord (%)	Fixo	T10		1,05	-3,27	4,85	0,296	244,7	0,751	0,0015
19		Misto	T10			-1,06	3,89	0,727	158,9	0,470	<.0001
20		Fixo	T10			-0,92	3,77	0,223	254,5	0,785	<.0001
21	Gord (g)	Misto	T10			-22,29	83,18	0,324	897,2	16,786	<.0001
22		Fixo	T10			-21,82	82,95	0,242	901,4	17,599	<.0001
23	≠ Gord (g)	Misto	T10			-27,63	23,92	0,402	873,7	15,755	<.0001
24		Fixo	T10			-26,91	23,08	0,374	872,8	15,968	<.0001
25	≠ Gord (%)	Misto	CLA+T10			-22,13	27,17	0,479	854,7	14,983	<.0001
26		Fixo	CLA+T10			-21,94	26,91	0,464	852,9	15,045	<.0001
27	Gord (%)	Fixo	CLA+T10		0,65	-2,45	4,61	0,331	241,1	0,732	0,0008
28		Misto	CLA+T10			-0,77	3,76	0,731	157,7	0,466	<.0001
29		Fixo	CLA+T10			-0,71	3,70	0,253	251	0,769	<.0001
30	Gord (g)	Misto	CLA+T10			-16,19	80,47	0,327	897,1	16,744	<.0001
31		Fixo	CLA+T10			-16,15	80,65	0,255	900,3	17,454	<.0001
32	≠ Gord (g)	Misto	CLA+T10			-20,24	20,75	0,416	871,9	15,573	<.0001
33		Fixo	CLA+T10			-19,84	20,14	0,390	870,7	15,759	<.0001

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Efeito cúbico; ^d Efeito quadrático; ^e Efeito linear; ^f Significância (P<0,05).

Apêndice B

Modelo	Y/PV ^a	Efeito	X ^b	C ^c	Q ^d	L ^e	Intercepto	R ²	AIC	RMSE	p ^f
1	≠ Gord (%)	Misto	CLA		5,50	-4,38	0,49	0,520	67,3	0,331	<.0001
2		Fixo	CLA		5,50	-4,38	0,48	0,510	67,3	0,330	<.0001
3		Misto	CLA			-1,60	0,33	0,410	90,2	0,367	<.0001

4		Fixo	CLA		-1,60	0,33	0,400	90,2	0,365	<.0001	
5	Gord (%)	Misto	CLA	-0,77	0,90	-0,31	0,08	0,550	-564,9	0,014	0,0022
6		Fixo	CLA	-1,19	1,27	-0,40	0,09	0,440	-551,7	0,016	0,001
7		Misto	CLA		0,23	-0,17	0,08	0,530	-560	0,015	<.0001
8		Fixo	CLA		0,26	-0,19	0,08	0,380	-541	0,016	<.0001
9		Misto	CLA			-0,05	0,07	0,430	-544,8	0,015	<.0001
10		Fixo	CLA			-0,06	0,07	0,250	-526,1	0,018	<.0001
11	Gord (g)	Misto	CLA			-1,07	1,60	0,270	135	0,433	<.0001
12		Fixo	CLA			-1,13	1,62	0,190	139	0,454	<.0001
13	≠ Gord (g)	Misto	CLA	4,23	-3,60	0,34	0,440	80,5	0,344	0,007	
14		Fixo	CLA	4,16	-3,53	0,33	0,410	79,7	0,349	0,0009	
15		Misto	CLA			-1,45	0,22	0,370	94,5	0,363	<.0001
16		Fixo	CLA			-1,43	0,22	0,350	93,1	0,367	<.0001
17	≠ Gord (%)	Misto	T10		-0,72	0,73	0,450	91	0,357	<.0001	
18		Fixo	T10		-0,71	0,71	0,470	89,6	0,354	<.0001	
19	Gord (%)	Misto	T10	0,02	-0,06	0,10	0,330	-552,8	0,017	0,0079	
20		Fixo	T10	0,03	-0,08	0,12	0,490	-533,1	0,015	0,0002	
21		Misto	T10			-0,02	0,08	0,230	-553,8	0,018	<.0001
22		Fixo	T10			-0,02	0,08	0,460	-538,6	0,015	<.0001
23	Gord (g)	Misto	T10	0,40	-1,37	2,27	0,260	129,7	0,434	0,0362	
24		Fixo	T10	0,43	-1,48	2,34	0,330	132,1	0,418	0,0237	
25		Misto	T10			-0,50	1,86	0,220	132,6	0,443	<.0001
26		Fixo	T10			-0,52	1,90	0,300	135,8	0,425	<.0001
27	≠ Gord (g)	Misto	T10		-0,65	0,57	0,380	96,3	0,368	<.0001	
28		Fixo	T10		-0,63	0,55	0,420	96,2	0,360	<.0001	
29	≠ Gord (%)	Misto	CLA+T10		-0,52	0,64	0,470	90	0,354	<.0001	
30		Fixo	CLA+T10		-0,52	0,63	0,480	88,1	0,353	<.0001	
31	Gord (%)	Misto	CLA+T10	0,01	-0,05	0,10	0,360	-554,1	0,016	0,002	
32		Fixo	CLA+T10	0,02	-0,07	0,11	0,510	-536,3	0,014	<.0001	
33		Misto	CLA+T10			-0,01	0,08	0,240	-553,7	0,018	<.0001
34		Fixo	CLA+T10			-0,01	0,08	0,460	-528,3	0,015	<.0001
35	Gord (g)	Misto	CLA+T10	0,23	-0,98	2,13	0,260	131,4	0,435	0,0334	
36		Fixo	CLA+T10	0,24	-1,04	2,18	0,330	134,3	0,418	0,0294	
37		Misto	CLA+T10			-0,35	1,80	0,220	133,2	0,443	<.0001
38		Fixo	CLA+T10			-0,38	1,83	0,300	136,6	0,425	<.0001
39	≠ Gord (g)	Misto	CLA+T10		-0,48	0,50	0,400	94,2	0,362	<.0001	
40		Fixo	CLA+T10		-0,47	0,43	0,407	93,8	0,366	<.0001	

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Efeito cúbico; ^d Efeito quadrático; ^e Efeito linear; ^f Significância (P<0,05).

APÊNDICE C

Modelo	Y ^a	X ^b	a ^c	b ^d	c ^e	R ²	RMSE	p ^f
1	≠ Gord (%)	CLA	38,18	-9,13	-14,68	0,52	13,83	<.0001
2		T10	210,00	-0,17	-176,70	0,45	16,67	<.0001

3		CLA+T10	141,10	-0,20	-110,80	0,47	15,10	<.0001
4	Gord (%)	CLA	1,54	-11,95	2,31	0,41	0,69	<.0001
5		T10	3,94	-2,32	2,24	0,29	0,75	<.0001
6		CLA+T10	3,35	-1,87	2,25	0,32	0,74	<.0001
7	Gord (g)	CLA	33,52	-3,27	41,13	0,26	17,53	<.0001
8		T10	63,70	-1,23	39,75	0,26	17,43	<.0001
9		CLA+T10	55,10	-0,90	39,71	0,27	17,33	<.0001
10	≠ Gord (g)	CLA	33,60	-6,91	-18,20	0,40	15,23	<.0001
11		T10	903,40	-0,03	-879,90	0,37	16,05	<.0001
12		CLA+T10	303,90	-0,07	-282,80	0,39	15,83	<.0001

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Escala; ^d Taxa do declínio exponencial; ^e Assíntota; ^f Significância (P<0,05).

APÊNDICE D

Modelo	Y/PV ^a	X ^b	a ^c	b ^d	c ^e	R ²	RMSE	p ^f
1	≠ Gord (%)	CLA	0,90	-8,56	-0,35	0,51	0,332	<.0001
2		T10	.	.	.	.	.	.
3		CLA+T10	2,68	-0,28	-1,94	0,47	0,355	<.0001
4	Gord (%)	CLA	.	.	.	.	.	.
5		T10	0,11	-2,74	0,05	0,32	0,017	<.0001
6		CLA+T10	0,10	-2,41	0,05	0,35	0,017	<.0001
7	Gord (g)	CLA	0,64	-7,83	1,12	0,22	0,446	<.0001
8		T10	1,70	-1,66	0,97	0,26	0,436	<.0001
9		CLA+T10	1,49	-1,50	1,03	0,26	0,436	<.0001
10	≠ Gord (g)	CLA	0,80	-6,58	-0,43	0,41	0,350	<.0001
11		T10	.	.	.	.	.	.
12		CLA+T10	.	.	.	.	.	.

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Escala; ^d Taxa do declínio exponencial; ^e Assíntota; ^f Significância (P<0,05). Obs.: Valores ausentes indicam equação não convergente.

APÊNDICE E

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	PROD ^c	X ²	X	Interc	R ²	AIC	RMSE	p ^f
1	Gord (g)	Misto	CLA	28,40	-48,83	8,59	0,73	801,6	10,6897	<.0001	
2		Fixo	CLA	18,54	-51,40	31,12	0,48	856,1	14,6110	<.0001	
3		Fixo	T10	28,58	-22,07	19,98	0,76	791,8	10,0755	<.0001	
4		Misto	T10	17,49	-20,31	42,99	0,45	863,4	15,0072	<.0001	
5		Misto	CLA+T10	28,52	-15,93	17,31	0,76	791,7	10,0398	<.0001	
6		Fixo	CLA+T10	17,74	-15,29	40,61	0,47	860,4	14,7436	<.0001	

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Produção de leite; ^d Significância (P<0,05).

APÊNDICE F

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	PROD ^c	X ²	X	Interc	R ²	AIC	RMSE	p ^f
1	Gord (g)	Misto	CLA	0,59		-1,04	0,30	0,57	85,0	0,3341	<.0001
2		Fixo	CLA	0,50		-1,12	0,53	0,46	99,5	0,3711	<.0001
3		Fixo	T10	0,59		-0,48	0,55	0,60	79,8	0,3221	<.0001
4		Misto	T10	0,47		-0,48	0,83	0,47	99,6	0,368	<.0001
5		Fixo	T10	0,60	0,44	-1,45	0,99	0,64	72,2	0,3095	<.0001
6		Misto	T10	0,51	0,60	-1,82	1,36	0,54	86,2	0,3433	<.0001
7		Misto	CLA+T10	0,61	0,30	-1,14	0,87	0,65	71,2	0,3056	<.0001
8		Fixo	CLA+T10	0,53	0,38	-1,38	1,18	0,56	84,4	0,3376	<.0001
9		Misto	CLA+T10	0,59		-0,34	0,49	0,60	80,6	0,3226	<.0001
10		Fixo	CLA+T10	0,48		-0,35	0,76	0,48	98,9	0,3657	<.0001

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Produção de leite; ^d Significância (P<0,05).

APÊNDICE G

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	C ^c	Q ^d	L ^e	Interc.	R ²	AIC	RMSE	p ^f
1	≠ Gord (%)	Misto	CLA			-46,91	-13,22	0,416	545,3	17,893	0,0051
2		Fixo	CLA			-51,40	-15,90	0,092	567,4	18,166	0,0124
3	Gord (%)	Misto	CLA			-3,06	5,25	0,118	183,4	0,933	0,0046
4		Fixo	CLA			-3,06	5,25	0,117	183,4	0,947	0,0046
5	≠ Gord (g)	Misto	CLA			-64,52	-10,34	0,181	536	16,754	0,0012
6		Fixo	CLA			-64,78	-10,68	0,156	534,2	17,140	0,0012
7	≠ Gord (%)	Misto	T10	303,87	-523,27	244,35	-49,78	0,533	493,7	17,765	0,0037
8		Fixo	T10	418,87	-827,33	470,88	-97,46	0,160	522,1	18,347	0,0024
9		Misto	T10		81,55	-109,7	8,88	0,460	513,4	14,679	0,0053
10	≠ Gord (g)	Misto	T10			-19,69	-10,61	0,120	549,1	17,375	0,0065
11		Fixo	T10			-19,69	-10,61	0,112	549,1	17,729	0,0065
12	≠ Gord (%)	Misto	CLA+T10		27,54	-51,39	-1,56	0,061	553,1	18,625	0,0457
13	≠ Gord (g)	Misto	CLA+T10			-18,29	-8,24	0,120	546,2	16,871	0,0011
14		Fixo	CLA+T10			-18,29	-8,24	0,158	546,2	17,265	0,0011

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Efeito cúbico; ^d Efeito quadrático; ^e Efeito linear; ^f Significância (P<0,05).

APÊNDICE H

Modelo	Y/PV ^a	Efeito	X ^b	C ^c	Q ^d	L ^e	Interc.	R ²	AIC	RMSE	p ^f
1	≠ Gord (%)	Misto	CLA			-0,84	-0,25	0,393	35	0,349	0,0106
2		Fixo	CLA			-0,93	-0,30	0,080	55,6	0,354	0,0205
3	Gord (%)	Misto	CLA			-0,07	0,10	0,155	-327	0,018	0,0011
4		Fixo	CLA			-0,07	0,10	0,151	-327	0,019	0,0011
5	≠ Gord (g)	Misto	CLA			-1,19	-0,20	0,128	48,1	0,364	0,0021
6		Fixo	CLA			-1,20	-0,21	0,123	46,3	0,369	0,0021
7	≠ Gord (%)	Misto	T10	6,41	-11,30	5,46	-1,07	0,526	22	0,271	0,0019

8		Fixo	T10	8,57	-16,99	9,70	-1,96	0,181	48,1	0,353	0,0013
9		Misto	T10		1,47	-2,01	0,17	0,443	35,1	0,291	0,011
10	≠ Gord (g)	Misto	T10			0,39	-0,19	0,121	53,1	0,348	0,0058
11		Fixo	T10			-0,39	-0,19	0,115	53,1	0,346	0,0057
12	≠ Gord (g)	Misto	CLA+T10			-0,36	-0,15	0,169	50,2	0,338	0,0009
13		Fixo	CLA+T10			-0,36	-0,15	0,161	50,2	0,337	0,0009

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Efeito cúbico; ^d Efeito quadrático; ^e Efeito linear; ^f Significância (P<0,05).

APÊNDICE I

Modelo	Y ^a	X ^b	a ^c	b ^d	c ^e	R ²	RMSE	p ^f
1	≠ Gord (%)	CLA	401,1	-77,30	-27,75	0,20	17,222	0,0009
2		T10	.	.	.	.	.	.
3		CLA+T10	-8,45	0,55	-10,84	0,03	19,339	0,4216
4	Gord (%)	CLA	.	.	.	.	.	.
5		T10	1,08	-3,85	4,56	0,02	1,005	0,4478
6		CLA+T10	1,12	-2,76	4,53	0,03	1,001	0,3462
7	Gord (g)	CLA	0,00	26,97	80,33	0,06	21,737	0,1368
8		T10	42,97	-6,91	75,72	0,02	22,118	0,4987
9		CLA+T10	59,37	-4,93	74,68	0,05	23,117	0,1772
10	≠ Gord (g)	CLA	30,47	-6,63	-34,24	0,17	17,184	0,004
11		T10	.	.	.	.	.	.
12		CLA+T10	39,63	-1,39	-38,00	0,17	17,292	0,0033

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Escala; ^d Taxa do declínio exponencial; ^e Assíntota; ^f Significância (P<0,05). Obs.: Valores ausentes indicam equação não convergente.

APÊNDICE J

Modelo	Y/PV ^a	X ^b	a ^c	b ^d	c ^e	R ²	RMSE	p ^f
1	≠ Gord (%)	CLA	7,99	-79,08	-0,52	0,19	0,336	0,0013
2		T10	.	.	.	.	.	.
3		CLA+T10	.	.	.	.	.	.
4	Gord (%)	CLA	.	.	.	.	.	.
5		T10	0,02	-3,47	0,08	0,03	0,020	0,3657
6		CLA+T10	0,02	-2,53	0,08	0,04	0,020	0,2989
7	Gord (g)	CLA	.	.	.	.	.	.
8		T10	0,89	-6,44	1,41	0,03	0,439	0,3977
9		CLA+T10	1,29	-4,89	1,39	0,06	0,458	0,1223
10	≠ Gord (g)	CLA	0,59	-8,99	-0,60	0,16	0,335	0,0051
11		T10	.	.	.	.	.	.
12		CLA+T10	0,79	-1,44	-0,73	0,17	0,337	0,027

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Escala; ^d Taxa do declínio exponencial; ^e Assíntota; ^f Significância ($P<0,05$). Obs.: Valores ausentes indicam equação não convergente.

APÊNDICE K

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	PROD ^c	X	Intercepto	R ²	AIC	RMSE	p ^f
1	Gord (g)	Misto	CLA	41,29	-43,03	16,69	0,45	532,6	16,7694	<.0001
2		Fixo	CLA	41,29	-43,03	16,69	0,45	532,6	16,6403	<.0001
3		Misto	T10	39,67	-2,69	13,85	0,41	547,6	17,3568	<.0001
4		Fixo	T10	39,67	-2,69	13,85	0,41	547,6	17,2218	<.0001
5		Misto	CLA+T10	42,32	-5,25	12,19	0,47	557,2	17,4183	<.0001
6		Fixo	CLA+T10	42,32	-5,25	12,19	0,47	557,2	17,2871	<.0001

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Produção de leite; ^d Significância ($P<0,05$).

APÊNDICE L

Modelo	Y ^a	Efeito	X ^b	PROD ^c	X	Intercepto	R ²	AIC	RMSE	p ^f
1	Gord (g)	Misto	CLA	0,79	-1,05	0,32	0,46	48,5	0,3516	<.0001
2		Fixo	CLA	0,79	-1,05	0,32	0,44	48,5	0,3376	<.0001
3		Misto	T10	0,74	-0,10	0,29	0,37	58,4	0,3569	<.0001
4		Fixo	T10	0,74	-0,10	0,29	0,37	58,4	0,3547	<.0001
5		Misto	CLA+T10	0,80	-0,14	0,25	0,44	60,2	0,3581	<.0001
6		Fixo	CLA+T10	0,80	-0,14	0,25	0,43	60,2	0,356	<.0001

^a Variável dependente; ^b Variável independente; ^c Produção de leite; ^d Significância ($P<0,05$).