

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**A ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA NO
INFRAVERMELHO PRÓXIMO PODE PREDIZER CONSUMO,
DIGESTIBILIDADE E BALANÇO DO NITROGÊNIO DE
DIETAS ALTO CONCENTRADO DE OVINOS**

Tatiane Ramos Delphino

Bióloga

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**A ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA NO
INFRAVERMELHO PRÓXIMO PODE PREDIZER CONSUMO,
DIGESTIBILIDADE E BALANÇO DO NITROGÊNIO DE
DIETAS ALTO CONCENTRADO DE OVINOS**

Tatiane Ramos Delphino

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Jane Maria Bertocco Ezequiel

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia

2014

Delphino, Tatiane Ramos
D349e A espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo pode
predizer consumo, digestibilidade e balanço do nitrogênio de dietas
alto concentrado de ovinos / Tatiane Ramos Delphino. --
Jaboticabal, 2014
xvi, 48 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel
Banca examinadora: Rosemary Laís Galati, Mauro Dal Secco de
Oliveira
Bibliografia

1. balanço de nitrogênio. 2. cordeiros. 3. digestibilidade. 4.
espectroscopia. 5. glicerina. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084:636.3

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

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

TATIANE RAMOS DELPHINO – nascida na cidade de Jaboticabal - SP, no dia 13 de março de 1987, filha de Moacyr Delphino e Roseli Bueno Ramos. Iniciou o curso de graduação em Ciências Biológicas na Faculdade de Educação São Luís de Jaboticabal - SP, obtendo o título de bióloga em 2008. Em 2010, trabalhou como bolsista de treinamento técnico 3 - FAPESP em projeto coordenado pelo Prof. Dr. Kléber Tomás de Resende e pela Prof^a Dr^a Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira. Ingressou no curso de pós-graduação em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal - SP em março de 2012, sob orientação da Prof^a Dr^a Jane Maria Bertocco Ezequiel.

“Que a felicidade não dependa do tempo, nem da paisagem, nem da sorte, nem do dinheiro. Que ela possa vir com toda a simplicidade, de dentro para fora, de cada um para todos.”

Carlos Drummond de Andrade

À minha mãe, Roseli Bueno Ramos, meu pai Moacyr Delphino e meu companheiro Rômulo Polia Ennes, por sempre estarem ao meu lado, pela força, incentivo, compreensão nos momentos mais difíceis e pelo amor e carinho incondicionais. À minha irmã Talita, minha sobrinha Ellen, minha tia Danny e meus avós Cecília e João, pelo carinho, incentivo e por tornar minha vida mais feliz e completa. Amo muito vocês, obrigada por tudo...

Dedico...

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a Dr^a Jane Maria Bertocco Ezequiel, por ter me ajudado na realização deste sonho, pela orientação, auxílio, carinho, paciência e por ser essa pessoa maravilhosa.

À minha família e amigos, pelo apoio e amor.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ UNESP - Câmpus de Jaboticabal - SP, pela oportunidade de realização deste curso.

Aos membros da banca, Prof^a Dr^a Jane Maria Bertocco Ezequiel, Prof^a Dr^a Rosemary Laís Galati e Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira pelas sugestões, críticas construtivas e pelo tempo disponibilizado para a realização deste trabalho.

À CAPES pela bolsa de estudos.

Aos funcionários da FCAV e do LANA, pelo ajuda e disponibilidade.

Aos professores, Prof^a Dr^a Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira, Prof. Dr. Kleber Tomás de Resende, Prof. Dr. Atushi Sugohara e Prof. Dr. Humberto Tonhati, pelo apoio e ajuda.

Aos amigos Vanessa Barbosa de Carvalho, Vanessa Ruiz Fávoro, Josimari Regina Paschoaloto, Marco Túlio Costa Almeida, André Pastori D'Aurea, Henrique Leal Perez, Elisa Marcela de Oliveira D'aurea e Antônio Carlos Homem Júnior pela ajuda no confinamento, nos cálculos e análises estatísticas.

Aos estagiários Shayane (Malhada), Anibal (Babaka), Édipo, Marcella (Guanabara) e Bruno (Vitelo) pela ajuda com o confinamento.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	2
3.1 NIRS na nutrição animal	2
3.2 Digestibilidade da MS e dos nutrientes.....	3
3.3 Balanço de nitrogênio	5
3.4 Validação do NIRS	6
4. MATERIAL E MÉTODOS	6
4.1 Local de condução dos experimentos, manejo dos animais e instalações	6
4.2 Dietas.....	7
4.3 Consumo e Digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes	9
4.4 Balanço de Nitrogênio.....	9
4.5 Espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo.....	10
4.6 Delineamento e Análises Estatísticas	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5.1 Avaliação dos espectros obtidos no NIRS.....	13
5.2. Consumo e digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes	15
5.3. Balanço de nitrogênio	39
7. CONCLUSÕES	43
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
9. IMPLICAÇÕES	47

A ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO PODE PREDIZER CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E BALANÇO DO NITROGÊNIO DE DIETAS ALTO CONCENTRADO DE OVINOS

RESUMO: Avaliou-se a validação da técnica de Espectroscopia e Reflectância no infravermelho próximo (NIRS) em comparação com os valores obtidos através de análises laboratoriais e determinou o consumo, a digestibilidade e o balanço de nitrogênio nas dietas de cordeiros confinados. Utilizou-se 40 cordeiros, recebendo dietas com inclusão de glicerina nas proporções: 0, 7,5, 15, 22,5 e 30% da MS, com relação volumoso:concentrado de 16:84 sendo o feno de tifton 85 o volumoso e o concentrado composto por milho moído, glicerina, glutenose, óleo de milho, uréia, farelo de girassol, casca de soja e sal mineral. O delineamento experimental foi realizado em blocos completos ao acaso. Os resultados foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM e realizados contrastes ortogonais (linear, quadrático e cúbico). Para a validação dos resultados preditos pelo NIRS versus LAB, fez-se análise de regressão através do PROC REG. Os resultados de consumo para as análises laboratoriais apresentaram efeito quadrático para EE, o consumo obtido dos dados validados pelo NIRS apresentaram efeito quadrático para PB e N. Para os resultados da digestibilidade, as análises laboratoriais apresentaram efeito quadrático para MO e FDA, e a digestibilidade dos dados validados pelo NIRS apresentaram efeito quadrático para PB. Para o balanço de nitrogênio, os valores das análises laboratoriais apresentaram efeito quadrático para N fecal e retido, os dados validados pelo NIRS apresentaram efeito quadrático para N fecal, cúbico para N absorvido e retido, e quadrático e cúbico para N ingerido. Com os valores obtidos através da validação do NIRS foram possíveis realizar os cálculos para consumo e digestibilidade da MS, MO, FDN, PB e EE com boa confiabilidade. Para os cálculos do balanço de nitrogênio, no NIRS é possível validar os dados para N ingerido, fecal, absorvido e retido, com boa predição. Exceto para os valores da digestibilidade de FDA e para o N urinário.

Palavras-chave: balanço de nitrogênio, cordeiros, digestibilidade, espectroscopia, glicerina

**THE REFLECTANCE SPECTROSCOPY IN THE NEAR INFRARED CAN PREDICT
INTAKE, DIGESTIBILITY AND NITROGEN BALANCE DIETS HIGH
CONCENTRATE OF SHEEP**

ABSTRACT: We evaluated the validation of the technique of Spectroscopy and Spectral Reflectance in near infrared (NIRS) in comparison with the values obtained by laboratory tests and determined the intake, digestibility and the assessment of nitrogen in the diets of feedlot lambs. We used 40 lambs, receiving diets with inclusion of glycerin in the proportions: 0 , 7.5 , 15 , 22.5 and 30% of MS, with respect forage:concentrate of 16:84 and the Tifton 85 hay roughage and concentrate composed of grind corn, glycerin, corn gluten meal, corn oil, urea, sunflower, soybean hulls and mineral salt. The experimental design was randomized complete block. The results were submitted to analysis of variance using the GLM procedure and performed orthogonal contrasts (linear, quadratic and cubic). For the validation of the results predicted by NIRS versus LAB, became regression analysis using PROC REG. The results for the laboratory analyzes demonstrated a quadratic effect for EE, the consumption obtained from data validated by NIRS showed quadratic effect for PB and N. For the results of digestibility, laboratory analyzes demonstrated a quadratic effect for MO and FDA, and the digestibility of the data validated by NIRS showed quadratic effect for PB. For the nitrogen balance, the values of laboratory analyzes demonstrated a quadratic effect for fecal N and retained, the data validated by NIRS showed quadratic effect for fecal N, cubic for N absorbed and retained, and quadratic and cubic for N ingested. With the values obtained through the validation of NIRS were possible to perform the calculations for intake and digestibility of DM, OM, NDF, CP and EE with good reliability. For the calculations of nitrogen balance, the NIRS is unable to validate the data for N ingested, fecal, absorbed and retained, with good prediction. Except for the values of the digestibility of FDA and to the N urinary.

Keywords: nitrogen balance, lambs, digestibility, spectroscopy, glycerin

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes das dietas.....	8
Tabela 2 – Composição percentual e bromatológica das dietas.....	8
Tabela 3 – Consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE) e Nitrogênio (CN) das dietas experimentais obtidos através de dados das análises laboratoriais.....	16
Tabela 4 – Consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE) e Nitrogênio (CN) das dietas experimentais obtidos através de dados estimados pelo método NIRS.....	17
Tabela 5 – Digestibilidade da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA), proteína bruta (DPB) e extrato etéreo (DEE) das dietas experimentais obtidos através de dados das análises laboratoriais.....	30
Tabela 6 – Digestibilidade da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA), proteína bruta (DPB) e extrato etéreo (DEE) das dietas experimentais obtidos através de dados estimados pelo método NIRS.....	31
Tabela 7 – Valores médios para balanço de nitrogênio expresso em (g/dia) de nitrogênio (N) ingerido, nitrogênio (N) fecal, nitrogênio (N) urinário, nitrogênio (N) absorvido e nitrogênio (N) retido das dietas experimentais obtidos através de dados laboratoriais.....	40
Tabela 8 – Valores médios para balanço de nitrogênio expresso em (g/dia) de nitrogênio (N) ingerido, nitrogênio (N) fecal, nitrogênio (N) urinário, nitrogênio (N) absorvido e nitrogênio (N) retido das dietas experimentais obtidos através de dados estimados pelo método NIRS.....	40

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Gráfico representativo dos espectros das 5 amostras em duplicata das dietas, lidas pelo NIRS em que a absorbância é identificada como $\text{Log de } 1/R$, em que R é a refletância, versus o comprimento de onda aplicado a amostra..... 13
- Figura 2** – Gráfico representativo dos espectros das 40 amostras em duplicata das sobras, lidas pelo NIRS em que a absorbância é identificada como $\text{Log de } 1/R$, em que R é a refletância, versus o comprimento de onda aplicado a amostra..... 14
- Figura 3** – Gráfico representativo dos espectros das 40 amostras em duplicata das fezes, lidas pelo NIRS em que a absorbância é identificada como $\text{Log de } 1/R$, em que R é a refletância, versus o comprimento de onda aplicado a amostra..... 14
- Figura 4** – Gráfico representativo dos espectros das 40 amostras em duplicata das urinas, lidas pelo NIRS em que a absorbância é identificada como $\text{Log de } 1/R$, em que R é a refletância, versus o comprimento de onda aplicado a amostra..... 15
- Figura 5** – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório versus os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de MS das dietas, em porcentagem..... 18
- Figura 6** – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório versus os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de MS das sobras, em porcentagem..... 18
- Figura 7** – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório versus os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para consumo de MS, em Kg..... 19
- Figura 8** – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório versus os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de MM das dietas, em porcentagem..... 19
- Figura 9** – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório versus os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de MM das sobras, em porcentagem..... 20
- Figura 10** – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório versus os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para consumo de MO, em Kg..... 20
- Figura 11** – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório versus os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de FDN das dietas, em porcentagem..... 21

Figura 12 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de FDN das sobras, em porcentagem.....	21
Figura 13 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de FDN, em Kg.....	22
Figura 14 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de FDA das dietas, em porcentagem.....	22
Figura 15 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de FDA das sobras, em porcentagem.....	23
Figura 16 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de FDA, em Kg.....	23
Figura 17 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de PB das dietas, em porcentagem.....	24
Figura 18 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de PB das sobras, em porcentagem.....	25
Figura 19 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de PB, em Kg.....	25
Figura 20 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de EE das dietas, em porcentagem.....	26
Figura 21 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de EE das sobras, em porcentagem.....	26
Figura 22 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de EE, em Kg.....	27
Figura 23 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MS da urina, em porcentagem.....	28

Figura 24 – Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de N da urina, em porcentagem.....	28
Figura 25 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de N, em Kg.....	29
Figura 26 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MS das fezes, em porcentagem.....	32
Figura 27 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para digestibilidade da MS, em porcentagem.....	32
Figura 28 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MM das fezes, em porcentagem.....	33
Figura 29 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para digestibilidade da MO, em porcentagem.....	34
Figura 30 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de FDN das fezes, em porcentagem.....	34
Figura 31 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para digestibilidade da FDN, em porcentagem.....	35
Figura 32 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de FDA das fezes, em porcentagem.....	35
Figura 33 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para digestibilidade da FDA, em porcentagem.....	36
Figura 34 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de PB das fezes, em porcentagem.....	36
Figura 35 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório <i>versus</i> os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para digestibilidade da PB, em porcentagem.....	37

- Figura 36** - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de EE das fezes, em porcentagem.....37
- Figura 37** - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para digestibilidade de EE, em porcentagem.....38
- Figura 38** - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N ingerido, em g/dia.....41
- Figura 39** - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N fecal, em g/dia.....41
- Figura 40** - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N absorvido, em g/dia.....42
- Figura 41** - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N retido, em g/dia.....42
- Figura 42** - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N urinário, em g/dia.....43

LISTA DE ABREVIATURAS

- BN** – Balanço de nitrogênio
- D** – Derivada
- C** – Consumo
- CV** – Coeficiente de variação
- DIG** – Digestibilidade
- EB** – Energia Bruta
- EE** – Extrato Etéreo
- EQA** – Equação
- FDA** – Fibra em Detergente Ácido
- FDN** – Fibra em Detergente Neutro
- G** – Intervalo (Gap)
- GLM** – Modelo Linear Generalizado (Generalized Linear Model)
- kg** – Kilograma
- LAB** – análises laboratoriais
- log** – logaritmo
- mg** – miligrama
- mm** – milímetro
- MS** – Matéria Seca
- MO** – Matéria Orgânica
- N** – Nitrogênio
- nm** – nanometro
- NIRS** – Espectroscopia de Reflectância no Infravermelho Próximo (Reflectance Spectroscopy in the Near Infrared)
- R²** – Coeficiente de Correlação ou de Determinação Múltiplo
- PB** – Proteína Bruta
- PCA** – Análise multivariada por componentes principais (Principal Component Analysis)
- PLS** – Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (Partial Least Squares)
- PROC REG** – Procedimento de Regressão (Procedure Regression)
- S1** – 1º Suavizamento (Smooth)

S2 – 2º Suavizamento (Smooth)

SEC – Erro Padrão da Calibração (Standard Error of Calibration)

SECV – Erro Padrão da Validação Cruzada (Standard Error of Cross-Validation)

SEP – Erro Padrão da Previsão (Standard Error of Prediction)

Ymens – Y mensurados

Ypred – Y preditos

1. INTRODUÇÃO

As análises bromatológicas dos alimentos são um dos pontos principais a serem estudados na nutrição animal, tendo como principal objetivo avaliar sua composição química e verificar se tem a presença de impurezas, seja a amostra de natureza orgânica ou inorgânica (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Com o aumento das pesquisas na área de nutrição animal, conseqüentemente, há uma alta demanda de análises bromatológicas. Para a realização destas análises é necessária a utilização de vários equipamentos e reagentes que tornam a análise cara, muitas vezes demorada e em algumas delas até mesmo perigosa. Com a variedade de riscos presente nos laboratórios é bastante vasta, e exigem a utilização de equipamentos de segurança para a realização das análises laboratoriais, e muitos dos reagentes utilizados quando descartados de maneira inapropriada, tornam-se agressivos ao meio ambiente.

Devido ao alto índice de poluentes, à uma constante preocupação com o meio ambiente, além da procura frequente de análises químicas desenvolvidas em pesquisas, procura-se cada vez mais uma técnica que reduza estes fatores prejudiciais.

A utilização do método de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) torna-se viável e bastante satisfatório, pois não utiliza reagentes químicos, não é poluente, não danifica a amostra, e o tempo de análises é de aproximadamente 2 minutos por amostra, além de ser fácil de manipular e não apresentar nenhum perigo à pessoa que o manuseia.

O aparelho NIRS é constituído de uma câmara de leitura ótica e de um software para tratamentos matemáticos que, por meio de curvas espectrais dentro da faixa do infravermelho (700 - 2.500 nanômetros), aliado a um software estatístico, permite a identificação, qualificação e quantificação das amostras de alimentos (SIESLER et al., 2002).

O uso do método NIRS foi muito utilizado em estudos de forrageiras e alimentos e proporcionou elevada acurácia ao determinar teores de PB, FDA e FDN em cultivares de *Cynodon spp.*, mostrando índices de calibração satisfatórios também para determinação de minerais (FONTANELI et al., 2004).

2. OBJETIVOS

Este trabalho objetivou-se:

- Validar os resultados obtidos em laboratório de matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, proteína bruta, extrato etéreo e nitrogênio no aparelho NIRS da dieta de cordeiros confinados.
- Determinar o consumo, digestibilidade aparente e o balanço de nitrogênio utilizando os dados estimados pelo NIRS e, assim, validar os mesmos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 NIRS na nutrição animal

A descoberta do uso da energia do infravermelho próximo ocorreu no século 19, por William Herschel, mas somente em 1949 a técnica NIRS foi aplicada na indústria alimentar por Karl Norris da USDA (United States Department of Agriculture). A utilização do NIRS na área da agricultura foi somente em 1962, usado para determinar a umidade em extratos de sementes por Norris, Hart e Glumbic, e a determinação da umidade de cereais em grão e proteína foi em 1968 por Ben-Gera e Norris (WORKMAN; WEYER, 2007; BURNS; CIURCZAK, 2011).

Segundo Van Kempem e Jackson (1996), para melhor compreender o NIRS, é necessário conhecimento da base física das cores. A energia luminosa luz branca é composta por todas as cores do espectro do arco-íris. Quando essa luz atinge um objeto, algumas cores são absorvidas e outras são refletidas ou transmitidas. A luz, quando refletida, pode ser capaz de ser captada pelos olhos, como por exemplo, quando a luz atinge uma folha verde, são absorvidos o azul e o vermelho, as cores que são refletidas são interpretadas por nosso sentido visual como a cor verde.

Sua vantagem em relação à metodologia tradicional, deve-se a menor necessidade de mão de obra, rapidez para as leituras (de aproximadamente 2 minutos por amostra), não é poluente, pois não utiliza reagentes químicos.

Seu uso mostrou-se resultados satisfatórios, comprovando ser um método preciso, além de não destruir a amostra e com predição de características nutricionais relevantes, inclusive em silagens (ALOMAR; MONTERO; FUCHSLOCHER, 1999).

Rodriguez e Miller (2000) observaram elevada correlação entre o N determinado através do método Kjeldahl e pelo método NIRS, para capim bermudas (*Cynodon spp.*), tipo de gramínea cultivada em pastos, mas não verificaram precisão suficiente para a determinação de minerais.

Meinerz et al. (2011) utilizaram o NIRS como principal método de análise para avaliar o valor nutritivo da forragem de genótipos de cereais de inverno de duplo propósito, e obtiveram bons resultados nas análises de valor nutritivo e composição mineral.

Cox, Vasconcelos e Leite (2000) relataram que a técnica do NIRS permitiu também desenvolver modelos fecais para os parâmetros nutritivos proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da dieta de ovinos com boa exatidão e precisão.

3.2 Digestibilidade da MS e dos nutrientes

Para a avaliação das dietas, estudos de digestibilidade são realizados para determinar a proporção do alimento ingerido que não foi excretado nas fezes.

Alimentos com alto teor de fibra possuem menor digestibilidade, assim como as plantas que são mais jovens possuem menor fibra e tendem a ter maior digestibilidade (MACHADO; GERALDO, 2011).

O objetivo de ensaios de digestibilidade é obter de forma aprimorada a quantidade de alimento fornecido e a quantidade excretada nas fezes em determinado período de tempo. Assim, indica que nutrientes realmente estão disponíveis para o animal, constituindo um dos principais parâmetros para avaliar o valor nutritivo dos alimentos consumidos pelos ruminantes (MERCHANT, 1988).

A glicerina que é resultada do processo para obtenção de biodiesel não possui legislação específica para ser descartada, com isso ela é armazenada e como consequência vai se acumulando nas usinas produtoras de biodiesel,

ocasionando grandes estoques desse subproduto. Uma alternativa viável é a utilização deste subproduto na alimentação animal, pois apresenta grande potencial para a substituição de ingredientes energéticos usualmente utilizados como o milho, podendo reduzir os custos finais da produção (DONKIN, 2008).

Na nutrição, a glicerina bruta tem surgido como uma fonte alimentar energética e alternativa na produção animal, particularmente para ruminantes. O FDA (Food and Drug Administration) nos EUA considera que a glicerina com mais de 150 mg/kg de metanol é insegura para alimentação animal, enquanto o governo alemão definiu como limite máximo 5000 mg/kg (SELLERS, 2008).

Schröder e Südekum (1999) utilizando glicerol como substância glicogênica em dieta para vacas com alta produção de leite, concluíram que o glicerol melhorou o suprimento de energia e auxiliou na prevenção de problemas de cetose. Para bovinos de corte, trabalhos foram desenvolvidos a fim de observar a inclusão da glicerina bruta na dieta de animais em terminação.

Parsons, Shelor e Drouillard (2009), utilizaram dietas com alto concentrado (94%) à base de milho e farelo de soja e feno de alfafa como volumoso, forneceram 0, 2, 4, 8, 12 ou 16% de glicerina em substituição ao milho da dieta de novilhas de corte em terminação e observaram redução no consumo de matéria seca para os animais que receberam concentrações a partir de 4% de glicerina.

Wang et al. (2009) estudaram os efeitos de crescentes inclusões de glicerol sobre a fermentação ruminal e a digestibilidade. Utilizaram 8 novilhas distribuídas nos tratamentos sem glicerol, 100, 200 e 300 g de glicerol/cabeça/dia, concluíram que o glicerol aumenta a produção de propionato, além de melhorar a digestibilidade dos alimentos, e que a inclusão ótima de glicerol foi de 200g de glicerol/ cabeça/ dia, o que foi equivalente a 2% de inclusão na dieta.

Fávaro (2010) avaliou a substituição do milho da dieta pela glicerina em concentrações crescentes na matéria seca da dieta de bovinos mestiços (0, 5, 10, 15 e 20% de glicerina na dieta) e verificou que a substituição do milho pela glicerina proporcionou redução nos percentuais de extrato etéreo e carboidratos não fibrosos da dieta e conseqüentemente foram reduzidos os consumos desses nutrientes. Também foram verificadas reduções lineares na digestibilidade da fibra em detergente neutro e de carboidratos não fibrosos. Em relação à fermentação ruminal

houve decréscimo nas concentrações de nitrogênio amoniacal e também foram observados efeitos sobre as bactérias e protozoários associados ao líquido ruminal com redução na produção e composição desses com o aumento do porcentual de glicerina na dieta.

3.3 Balanço de nitrogênio

O balanço nitrogenado é definido com a diferença entre a quantidade ingerida e perdida pelo organismo. Tanto pelas fezes quanto pela urina, consiste na diferença entre o nitrogênio ingerido e o excretado, usada para avaliar o estresse metabólico.

Guimarães, Gonçalves e Pereira (2007), constataram que o balanço de nitrogênio é um importante indicativo do metabolismo proteico, além de ser um considerável parâmetro na avaliação de alimentos, permitindo determinar se o animal está com os seus compostos nitrogenados em equilíbrio. Quando o nitrogênio ofertado é suficiente para compensar as perdas, o balanço nitrogenado torna-se positivo. Porém se as perdas nitrogenadas forem maiores do que o nitrogênio ofertado, o balanço nitrogenado torna-se negativo. Um animal em manutenção apresenta o balanço de nitrogênio igual à zero.

Em ruminantes, os aminoácidos que se encontram no duodeno são originários da proteína microbiana sintetizada no rúmen e da proteína do alimento que não foi degradada no rúmen e da proteína endógena. Essa proteína microbiana constitui, em geral, proporção considerável do fluxo duodenal de nitrogênio (N) aminoacídico nos ruminantes, podendo representar entre 40 a 90% dos aminoácidos que chegam ao intestino delgado (SNIFFEN; ROBINSON, 1987), ou até 100% em outras determinadas situações (AFRC, 1992; STERN et al., 1994).

Para quantificação da excreção do N por meio da urina e fezes, há necessidade do conhecimento do volume urinário diário e da produção de matéria seca fecal, esse volume urinário pode ser obtido por meio de coleta total de urina ou por estimativa através das purinas (CHEN; GOMES, 1992).

3.4 Validação do NIRS

Os valores obtidos através das análises bromatológicas, são introduzidos no banco de dados do aparelho, assim como a escolha do método quimiométrico adequado, realizando a validação do modelo de previsão. Por meio de validação cruzada, o software do aparelho vai estimar a precisão da previsão. A capacidade de precisão do aparelho NIRS, é gerada por parâmetros estatísticos, como o coeficiente de variação (R^2) e erro padrão (SE) da previsão ou calibração (PREVOLNIK; CANDEK-POTOCAR; SKORJANC, 2004).

O NIRS demonstrou confiabilidade dos resultados obtidos para proteína bruta e cinzas para avaliar a qualidade nutricional de 20 variedades regional de feijão, tanto na validação interna, como na externa (GOUVEIA, 2011).

Segundo Neto et al., (2009) concluíram que as curvas ajustadas para proteína bruta, matéria seca e fósforo apresentaram desempenho adequado para utilização em amostras onde se tem grande número de repetições de amostras por tratamentos. Para utilização em determinações analíticas como método de rotina laboratorial, os modelos de calibração devem ser aprimorados por meio do aumento do número de amostras e aplicação de critérios para selecionar as amostras a serem utilizadas no modelo, visando à exclusão de “outliers” e seleção de um conjunto de amostras que apresentem maior amplitude e distribuição homogênea das amostras dentro desta amplitude, para cada parâmetro a ser analisado.

Na literatura são poucos os trabalhos científicos realizados com a validação do NIRS na nutrição animal, portanto se fazem necessários a inclusão de dados e desenvolver mais estudos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de condução dos experimentos, manejo dos animais e instalações

O experimento foi conduzido na Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos do Departamento de Zootecnia, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal.

Foram utilizados 40 cordeiros da raça Santa Inês, machos não castrados. Durante o período pré-experimental, os cordeiros foram everminados e receberam suplementação de vitaminas A, D e E. Os animais foram alojados em baias individuais, providas de cochos e bebedouros. O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, às 8 e 17 horas permitindo-se no máximo 5% de sobras, e tiveram acesso a água limpa e fresca a vontade. O manejo sanitário foi realizado diariamente, com higienização dos cochos, bebedouros e baias.

4.2 Dietas

Para atender as exigências de cordeiros de acordo com NRC (2007), foram formuladas cinco dietas isoenergéticas e isonitrogenadas. As dietas consistiram de inclusão de glicerina nas proporções: 0, 7,5, 15, 22,5 e 30% da MS.

A proporção volumoso:concentrado usada foi de 18:82 sendo o feno de tifton 85 usado como volumoso e o concentrado composto por milho moído, glicerina, glutenose, óleo de milho, uréia, farelo de girassol, casca de soja e sal mineral. A glicerina foi obtida do óleo de soja e apresentou 83% de glicerol, 11% de água, 6% de sais (dos quais 99% é NaCl) e 0,01% de metanol. A glicerina foi pesada separadamente e misturada ao concentrado no momento da alimentação. A composição bromatológica dos ingredientes pode ser observada na Tabela 1 e na Tabela 2, se encontram as proporções dos ingredientes e composição nutricional das dietas.

Tabela 1 - Composição bromatológica dos ingredientes das dietas

Item	MS	MM	PB	EE	FDN	FDA
	%	%MS				
Feno de Tifton 85	90,83	6,39	9,76	1,29	85,52	42,27
Milho Moído	93,31	1,44	10,64	5,25	32,97	6,76
Glicerina	91,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
Glutenose	96,02	1,78	67,70	3,91	44,81	24,02
Óleo de Milho	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
Uréia	99,90	0,00	281,00	0,00	0,00	0,00
Farelo de Girassol	93,98	4,96	29,68	1,38	54,95	35,67
Casca de Soja	94,28	4,17	11,42	1,69	80,47	51,80
Sal Mineral**	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Análises realizadas no Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes da Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos da FCAV/Unesp. MS = matéria seca, MM= matéria mineral, PB = proteína bruta, FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido e EE = extrato etéreo. ** Sal mineral pra ovinos: Ca= 230 g; P= 90 g; S= 15 g; Mg= 20 g; Na= 48 g; Co= 100 mg; Cu= 700 mg; Fe = 2.000 mg; I= 80 mg; Mn = 1250 mg; Se= 200 mg; Z= 2.700 mg; F= 900 mg;

Tabela 2 - Composição percentual e bromatológica das dietas

Item	Dieta, % MS				
	G0 ¹	G7,5 ²	G15 ³	G22,5 ⁴	G30 ⁵
Feno de Tifton 85	18,37	18,33	18,29	18,24	18,20
Milho Moído	35,58	26,66	17,78	8,99	-
Glicerina	-	7,63	15,23	22,79	30,37
Glutenose	-	1,06	2,11	3,10	4,30
Óleo de Milho	-	0,30	0,59	0,88	1,18
Uréia	0,77	0,85	0,93	1,03	1,10
Farelo de Girassol	23,28	23,22	23,17	23,11	23,06
Casca de Soja	20,23	20,18	20,13	20,09	20,04
Sal Mineral	1,77	1,77	1,77	1,76	1,76
		Composição bromatológica			
MS (%)	93,36	93,24	93,12	93,00	92,18
		%			
MM	5,15	5,50	5,85	6,20	6,56
PB	16,85	16,91	16,98	17,04	17,18
EE	2,80	2,70	2,60	2,50	2,39
FDN	50,70	49,42	48,12	46,81	45,47
FDA	28,69	28,32	27,92	27,52	27,54

*MS= matéria seca, MM= matéria mineral, PB= proteína bruta, FDN= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido e EE= extrato etéreo. ¹G0 = inclusão de 0% de glicerina na MS da dieta; ²G7,5= inclusão de 7,5% de glicerina na MS da dieta; ³G15= inclusão de 15% de glicerina na MS da dieta; ⁴G22,5= inclusão de 22,5% de glicerina na MS da dieta; ⁵G30= inclusão de 30% de glicerina na MS da dieta.

4.3 Consumo e Digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes

Para avaliação do consumo e da digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes, diariamente amostrava-se o alimento. Para a coleta de fezes os animais permaneceram em suas baias, providos de comedouro e bebedouro, foram adaptadas bandejas plásticas cobertas por uma tela separadora, e colocadas abaixo das baias dos animais submetidos às coletas, simulando uma gaiola de metabolismo, para coletar a quantidade total de fezes de cada animal. As coletas foram realizadas quando o animal atingia o peso mínimo de 34 kg, e coletadas diariamente às 8 horas pela manhã, durante 3 dias. Toda a produção fecal foi pesada e amostrada em 20%, durante os respectivos dias, sendo acondicionada em sacos plásticos devidamente identificados e congelados a -15°C.

As amostras dos alimentos fornecidos, das sobras e das fezes coletadas, foram pré-secas em estufa a 55°C, com ventilação forçada, por 72 horas. Posteriormente, foram moídas utilizando peneira com crivo de 1 mm, para determinação dos teores de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo, conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz, (2002) e das fibras insolúveis em detergente neutro e em detergente ácido, segundo Van Soest, Robertson e Lewis, (1991).

Para determinar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, foi utilizada a fórmula descrita por Silva e Leão, (1979).

$$\text{DIG} = \frac{(\text{nutriente ingerido}) - (\text{nutriente excretado})}{(\text{nutriente ingerido})} \times 100$$

4.4 Balanço de Nitrogênio

Para a avaliação do balanço de nitrogênio, as coletas das amostras de urina foram realizadas quando o animal atingia o peso mínimo de 34 kg, e coletadas diariamente às 8 horas pela manhã, durante 3 dias. Os animais permaneceram em suas baias, providos de comedouro e bebedouro, foram adaptadas bandejas plásticas cobertas por uma tela separadora e colocadas abaixo das baias dos animais submetidos às coletas, simulando uma gaiola de metabolismo, para colher

a produção total de urina. Nos coletores de urina foram colocados diariamente 20 mL de ácido clorídrico na proporção de 1:1, para evitar perdas de nitrogênio.

Após a homogeneização do material, foi retirada uma alíquota diária de 10% do volume total para confecção de amostras compostas, as quais foram acondicionadas em potes plásticos devidamente identificados e armazenados a -20°C, até o momento das análises.

Posteriormente, foram determinados os teores de matéria seca e nitrogênio conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz, (2002). Nas amostras de urina foram determinados os teores de nitrogênio total, para o cálculo do balanço de nitrogênio (BN), expresso em g/animal/ dia, calculados pelas expressões:

$N \text{ retido} = N \text{ ingerido} - (N \text{ fezes} + N \text{ urina});$

$N \text{ absorvido} = N \text{ ingerido} - N \text{ fezes};$

$N \text{ ingerido} = N \text{ ofertado} - N \text{ sobras}.$

4.5 Espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo

Para a utilização desta técnica, foi utilizado o aparelho Perstorp Analytical model 5000 - C, o software e manual de instruções utilizado no equipamento foi o WinISI II - versão 1.50 desenvolvida pela FOSS. Foram determinadas equações de predição e tratamento matemático específico dos espectros obtidos, criando curvas de calibração, o modelo do módulo de amostragem utilizado foi o Transport. A leitura realizada no aparelho NIRS foi pelo módulo de reflectância com intervalo de 1100 a 2500 nanômetros, tendo como resultado o espectro de $\log_{10} 1/R$ (reflectância) *versus* o comprimento de onda em nanômetros. Após implantar a rotina analítica, os espectros obtidos das amostras das análises laboratoriais foram armazenados em um banco de dados no computador conectado ao aparelho.

Os parâmetros dos tratamentos matemáticos para gerar os resultados dos espectros gerados, foram $D=1$, $G=4$, $S1=4$ e $S2=1$, onde:

D é número de ordem da derivada usada, que neste caso é a primeira derivada;

G é o intervalo de pontos de dados em que a derivada é calculada;

S1 é o número de pontos de dados do 1º suavizamento;

S2 é o número de pontos de dados do 2º suavizamento.

O modelo de regressão utilizado foi por PLS por apresentar melhor previsão para este trabalho, os valores inseridos no banco de dados do aparelho foram avaliados pelo SEC, SECV e R^2 para o conjunto de calibração e pelo SEP e R^2 para o conjunto de previsão.

No aparelho NIRS, inicialmente a amostra foi colocada em uma cubeta até completar todo o espaço, fechando com uma tampa para evitar a saída da amostra (havendo cubetas específicas para as amostras sólidas e outras para as amostras líquidas). Em seguida a cubeta foi colocada no aparelho para ser realizada a leitura espectral, gerando a obtenção de resultados para cada amostra analisada.

Foram passadas no aparelho 5 amostras sólidas (do total de 10 amostras) em duplicata de fornecido das dietas, 40 amostras sólidas (do total de 80 amostras) em duplicata de sobras e fezes, e 40 amostras líquidas (do total de 80 amostras) em duplicata de urina, obtendo-se os espectros de cada amostra. Em seguida foram digitados os valores obtidos em laboratório dos seguintes constituintes: MS, MM, PB, FDN, FDA, EE e N, depois esses valores serão selecionados para gerar um arquivo EQA e a estatística realizada pelo programa do aparelho. Para a realização da validação pelo NIRS, é selecionado esse arquivo EQA que foi gerado pelo banco de dados e valores inseridos, as amostras são passadas novamente no aparelho que irá realizar a leitura da amostra e estimar o valor do constituinte desejado, através do banco de dados inserido no aparelho.

Realizou-se uma validação externa do modelo de previsão, obtendo gráficos com os espectros gerados para cada constituinte nutricional, sendo calculados os valores de SEP (erro de previsão do modelo para a validação externa) e R^2 (correlação entre os pontos obtidos e uma linha de tendência).

Para a identificação de “outliers”, foi realizada uma análise por PCA, que faz parte do procedimento do modelo escolhido. Os outliers são as amostras que apresentam valores diferentes em relação às outras amostras do banco de dados, eles podem ser deletados aumentando a confiabilidade da validação. Porém, com a retirada dessas amostras consideradas “outliers”, o banco de dados ficou reduzido. Neste trabalho não foram retirados “outliers”, pois das 80 amostras utilizadas para realizar a calibração, 15% referiam-se às amostras de sobras e urina e 7,5% às

amostras de fezes. Com essas amostras apontadas como “outliers”, obteve-se melhor estimativa para os valores validados.

Os resultados validados pelo NIRS foram comparados com os resultados obtidos em laboratório, em relação aos teores de MS, MM, PB, FDN, FDA e EE das amostras do fornecido das dietas, das sobras e das fezes, e os teores de MS e N das amostras de urina, e finalmente, realizados cálculos para determinar o consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio.

4.6 Delineamento e Análises Estatísticas

Para a distribuição dos animais e das dietas, foi utilizado o delineamento experimental e realizado em blocos completos ao acaso. Os resultados que foram obtidos através de análises laboratoriais foram calculados para determinar o consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio, foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM e realizados contrastes ortogonais (linear, quadrático e cúbico) para verificar efeitos da inclusão crescente de glicerina nas dietas ao nível de significância de 5%. Para os valores estimados pelo NIRS, foram calculados para determinar o consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio, foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM e realizados contrastes ortogonais (linear, quadrático e cúbico) para verificar efeitos da inclusão crescente de glicerina nas dietas ao nível de significância de 5%.

Para a validação dos resultados preditos pelo NIRS em comparação aos resultados laboratoriais, fez-se análise de regressão através do PROC REG, gerando uma equação linear para cada variável estudada.

Como ferramenta de auxílio às análises, utilizou-se o sistema de análises estatísticas (SAS, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação dos espectros obtidos no NIRS

Para a realização da leitura das amostras no aparelho NIRS, os espectros gerados tiveram o intervalo de comprimento de onda de 1100 a 2498 nanômetros. O modelo de previsão escolhido foi o PLS, pois foi o modelo que apresentou melhor ajustamento da linha de tendência para os pontos que foram obtidos e apresentando menor erro de calibração e uma melhor previsão. Cada espectro correspondeu à calibração individual para cada amostra, a linha da ordenada representou o espectro de $\log(1/R)$ (reflectância) *versus* a linha da abscissa que representa o comprimento de onda em nanômetros (Figuras 1, 2, 3 e 4). Cada linha observada nos gráficos das figuras corresponde à leitura de cada amostra realizada no NIRS, gerando o espectro. Quanto mais próximas às linhas ou espectros estiverem um do outro (agrupados), melhor é a previsão dos resultados validados pelo NIRS. Na Figura 4, observa-se que os espectros gerados das amostras de urina indicaram melhor agrupamento.

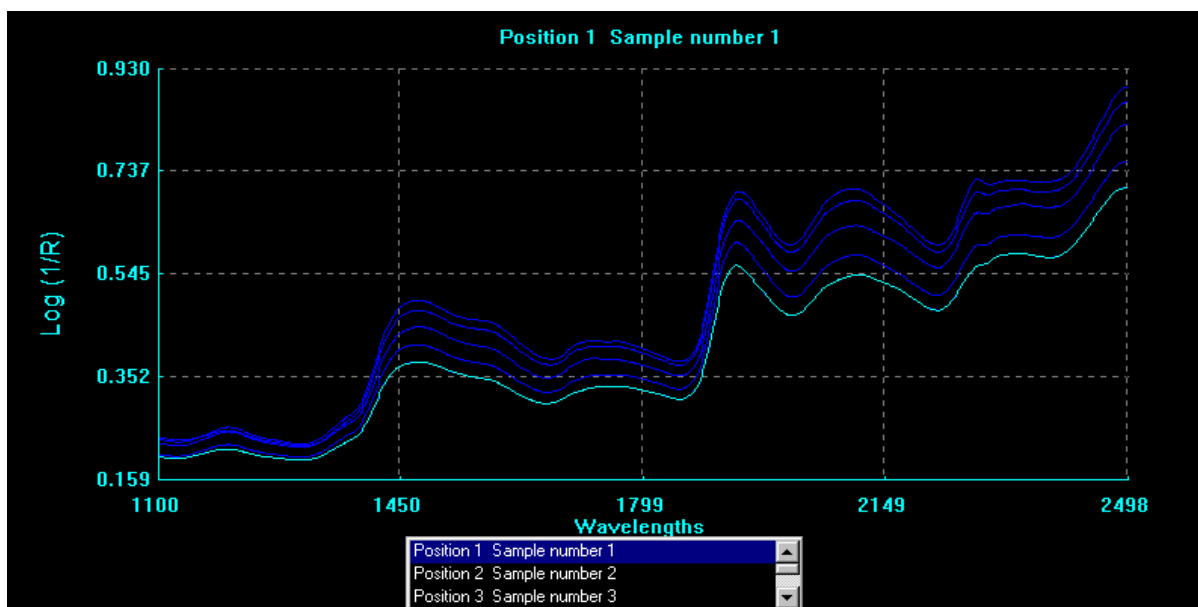


Figura 1 – Gráfico representativo dos espectros das 5 amostras em duplicata das dietas, lidas pelo NIRS em que a absorbância é identificada como Log de $1/R$, em que R é a refletância, versus o comprimento de onda aplicado a amostra.

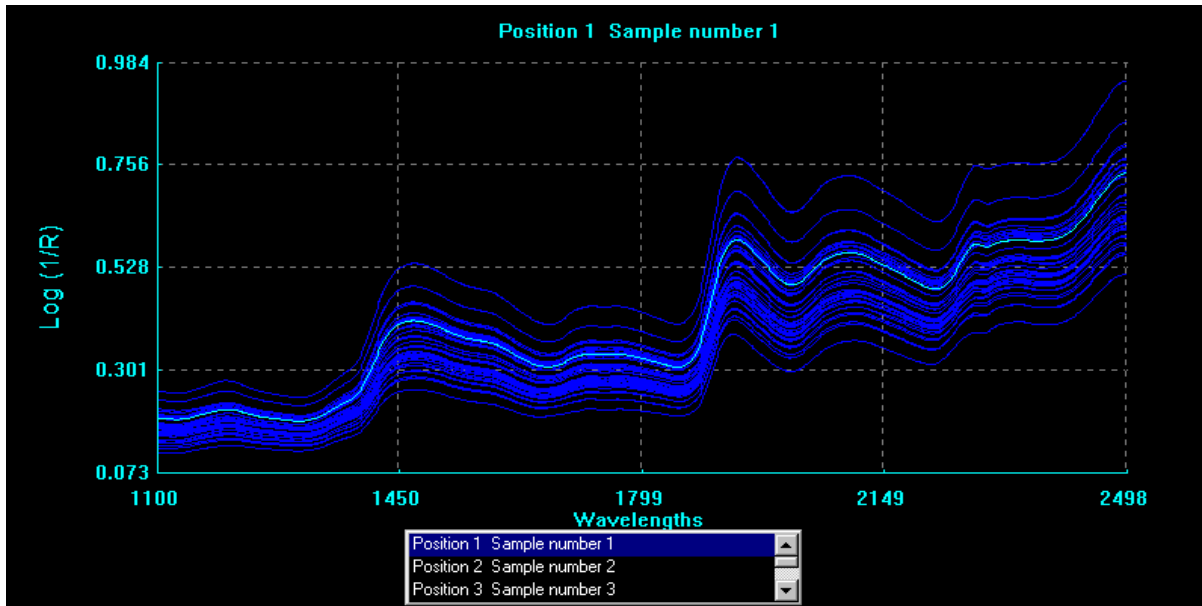


Figura 2 – Gráfico representativo dos espectros das 40 amostras em duplicata das sobras, lidas pelo NIRS em que a absorvância é identificada como Log de 1/R, em que R é a refletância, versus o comprimento de onda aplicado a amostra.

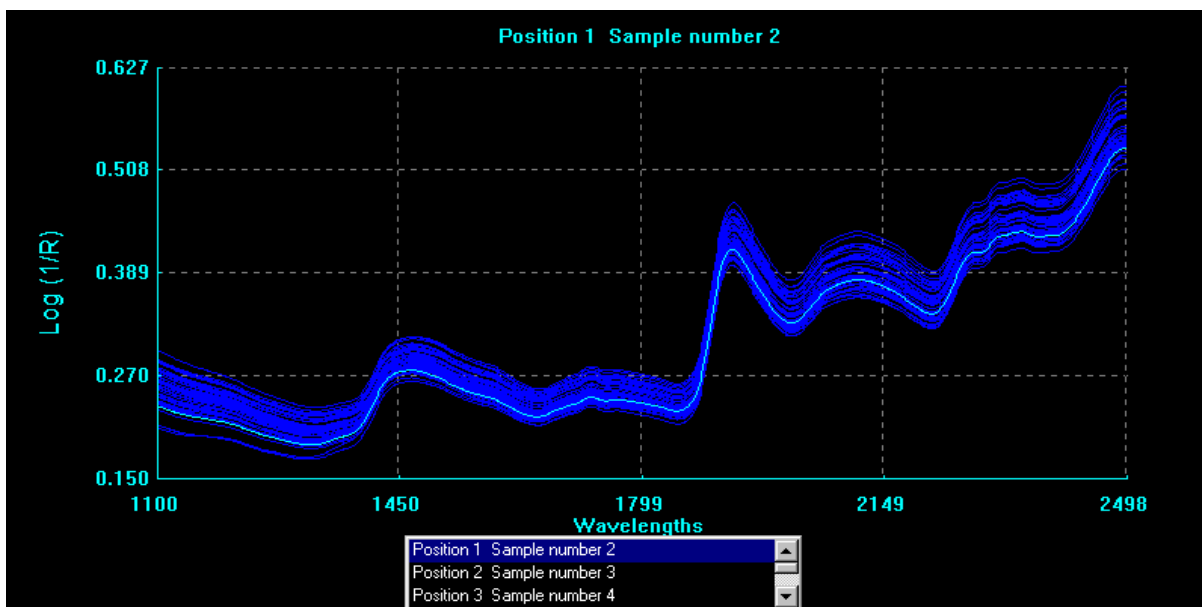


Figura 3 – Gráfico representativo dos espectros das 40 amostras em duplicata das fezes, lidas pelo NIRS em que a absorvância é identificada como Log de 1/R, em que R é a refletância, versus o comprimento de onda aplicado a amostra.

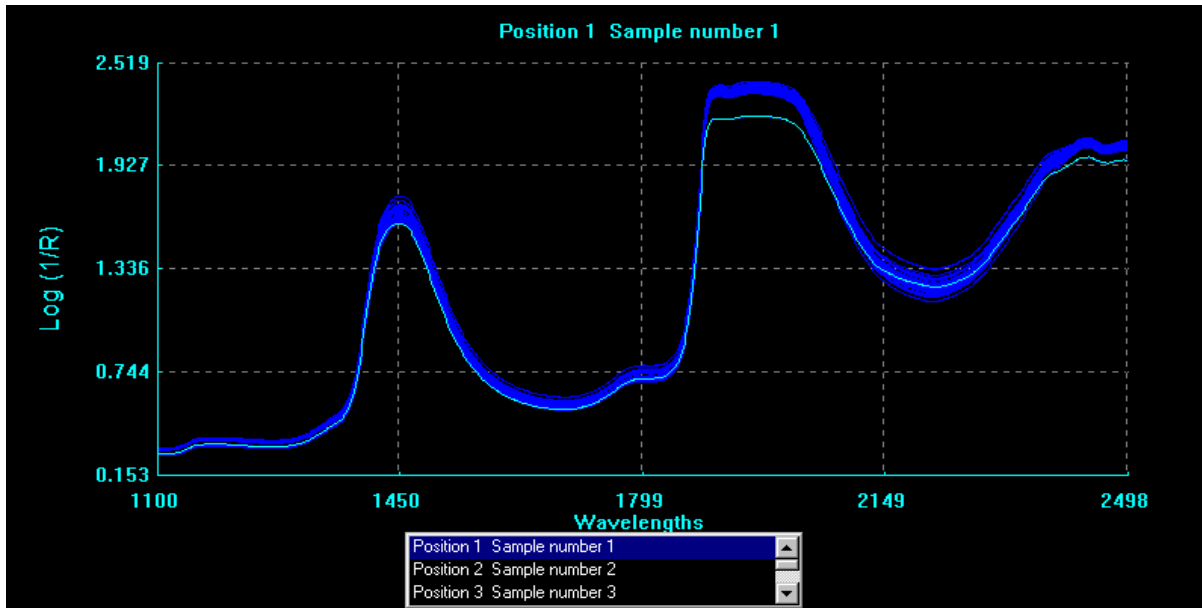


Figura 4 – Gráfico representativo dos espectros das 40 amostras em duplicata das urinas, lidas pelo NIRS em que a absorvância é identificada como Log de 1/R, em que R é a refletância, versus o comprimento de onda aplicado a amostra.

5.2. Consumo e digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes

Podemos observar na Tabela 3 que os consumos de MS, MO, FDN, FDA, PB e N (kg/dia) não foram influenciados pela adição crescente de glicerina nas dietas, entretanto para o consumo de EE foi observado efeito quadrático.

O consumo médio de MS das dietas foi de 1,34 kg/dia, valores acima dos encontrados por Lage, Paulino e Pereira, (2010), que relataram consumo de 1,0 kg de MS/dia trabalhando com cordeiros machos não castrados da raça Santa Inês em terminação com níveis crescentes de glicerina bruta nas dietas. Contudo estes autores utilizaram relação concentrado:volumoso de 70:30 e glicerina com baixo teor de glicerol (36%) e alto teor de metanol (8,66%), o que deve ter limitado o CMS. As dietas contendo inclusões de 30% de glicerina não apresentaram diferenças de consumo de MS e nutrientes.

Tabela 3 – Consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE) e Nitrogênio (CN) das dietas experimentais obtidos através de dados das análises laboratoriais.

Item	Dieta					CV%	Contraste		
	G0 ¹	G7,5 ²	G15 ³	G22,5 ⁴	G30 ⁵		L	Q	C
	Consumo (kg/dia)						Valores de P		
CMS	1,28	1,37	1,44	1,24	1,37	18,77	0,862	0,718	0,226
CMO	1,21	1,29	1,35	1,18	1,30	18,76	0,759	0,841	0,229
CFDN	0,81	0,86	0,88	0,74	0,83	18,81	0,646	0,855	0,150
CFDA	0,47	0,50	0,51	0,44	0,48	18,97	0,750	0,786	0,232
CPB	0,23	0,21	0,29	0,21	0,22	17,71	0,577	0,089	0,845
CEE	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	18,38	0,265	0,004	0,832
CN	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	17,68	0,559	0,082	0,905

CV%= Coeficiente de variação, L= linear, Q=quadrático, C= cúbico. ¹G0 = inclusão de 0% de glicerina na MS da dieta; ²G7,5= inclusão de 7,5% de glicerina na MS da dieta; ³G15= inclusão de 15% de glicerina na MS da dieta; ⁴G22,5= inclusão de 22,5% de glicerina na MS da dieta; ⁵G30= inclusão de 30% de glicerina na MS da dieta.

Porém houve efeito quadrático para o consumo e EE com máximo entre G7,5 e G15. Com isso podemos afirmar que a inclusão de glicerina com 83% de glicerol na MS das dietas para cordeiros pode ser utilizada sem causar efeitos deletérios ao consumo de MS e nutrientes.

Na Tabela 4 encontram-se os valores para consumo de MS e nutrientes das dietas estimados através dos dados obtidos pelo método NIRS. Apenas o consumo de PB e N apresentaram efeitos significativos. Foi observado efeito cúbico para a PB e efeito quadrático e cúbico para o consumo de N, com valores mais elevados entre G7,5 e G15.

Tabela 4 – Consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE) e Nitrogênio (CN) das dietas experimentais obtidos através de dados estimados pelo método NIRS.

Item	Dieta					CV%	Contraste		
	G0 ¹	G7,5 ²	G15 ³	G22,5 ⁴	G30 ⁵		L	Q	C
	Consumo (kg/dia)						Valores de P		
CMS	1,28	1,37	1,44	1,24	1,37	18,77	0,829	0,162	0,614
CMO	1,21	1,29	1,37	1,18	1,29	18,83	0,896	0,164	0,562
CFDN	0,80	0,86	0,90	0,75	0,84	18,84	0,607	0,098	0,526
CFDA	0,47	0,50	0,51	0,44	0,48	19,03	0,641	0,154	0,798
CPB	0,24	0,22	0,28	0,23	0,25	17,50	0,801	0,525	0,009
CEE	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	17,59	0,951	0,152	0,434
CN	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	17,74	0,802	0,048	0,000

CV%= Coeficiente de variação, L= linear, Q=quadrático, C= cúbico. ¹G0 = inclusão de 0% de glicerina na MS da dieta; ²G7,5= inclusão de 7,5% de glicerina na MS da dieta; ³G15= inclusão de 15% de glicerina na MS da dieta; ⁴G22,5= inclusão de 22,5% de glicerina na MS da dieta; ⁵G30= inclusão de 30% de glicerina na MS da dieta.

A determinação múltipla ou o coeficiente de correlação (R^2) a partir da equação de regressão, possibilita determinar a proporção da variabilidade nos dados de referência. Quanto mais o valor for aproximado de 1, maior será sua capacidade para os dados dos modelos de predição (BURNS; CIURCZAK, 2011).

Almeida (2009) constatou que escolhas de previsões quantitativas podem ser aceitos modelos com valores de R^2 entre 0,66 a 0,81. Modelos com os valores R^2 entre 0,83 a 0,90 são aceitáveis para muitas aplicações enquanto que os valores de 0,92 a 0,96 são valores aprovados para a maioria das aplicações, muito utilizados para determinar controle de qualidade. Valores maiores que 0,96, ou seja, quanto mais próximo de 1, podem ser utilizados em todas as aplicações.

Nas Figuras 5 e 6 estão apresentados os coeficientes de regressão obtidos nos resultados laboratoriais e nos preditos pelo NIRS para MS das dietas, $R^2=0,8017$, e das sobras, $R^2=0,7357$. Estes valores de R^2 indicam que as curvas são válidas, sendo considerados resultados confiáveis em relação aos resultados obtidos pelo método tradicional em estufas.

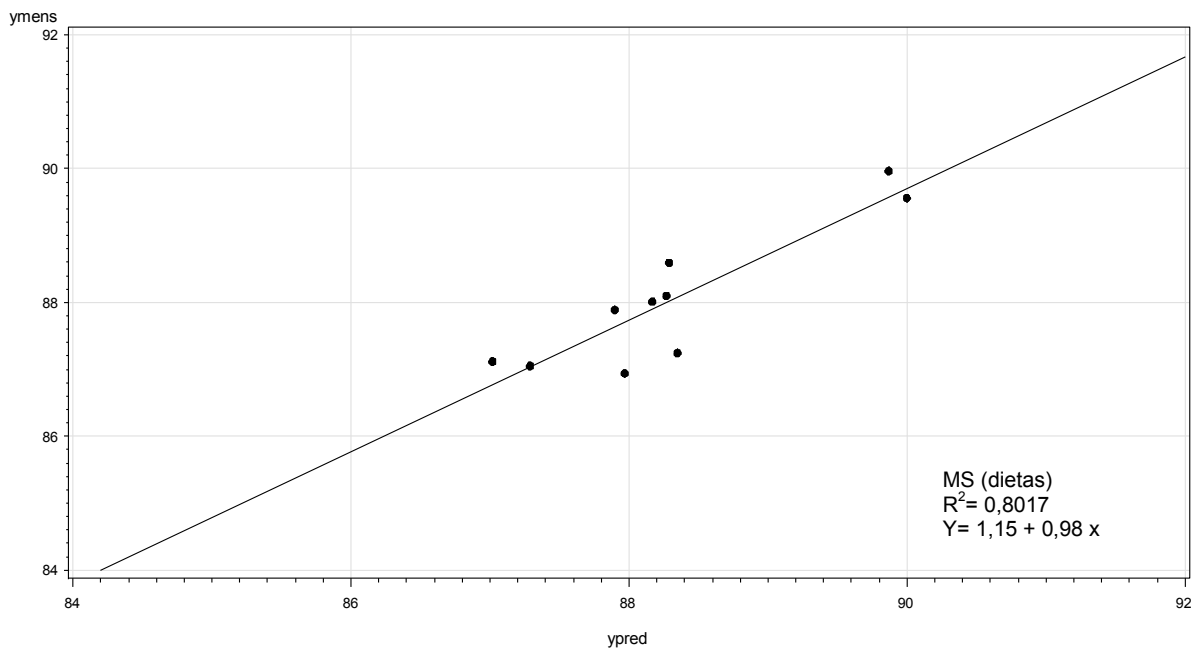


Figura 5 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MS das dietas, em porcentagem.

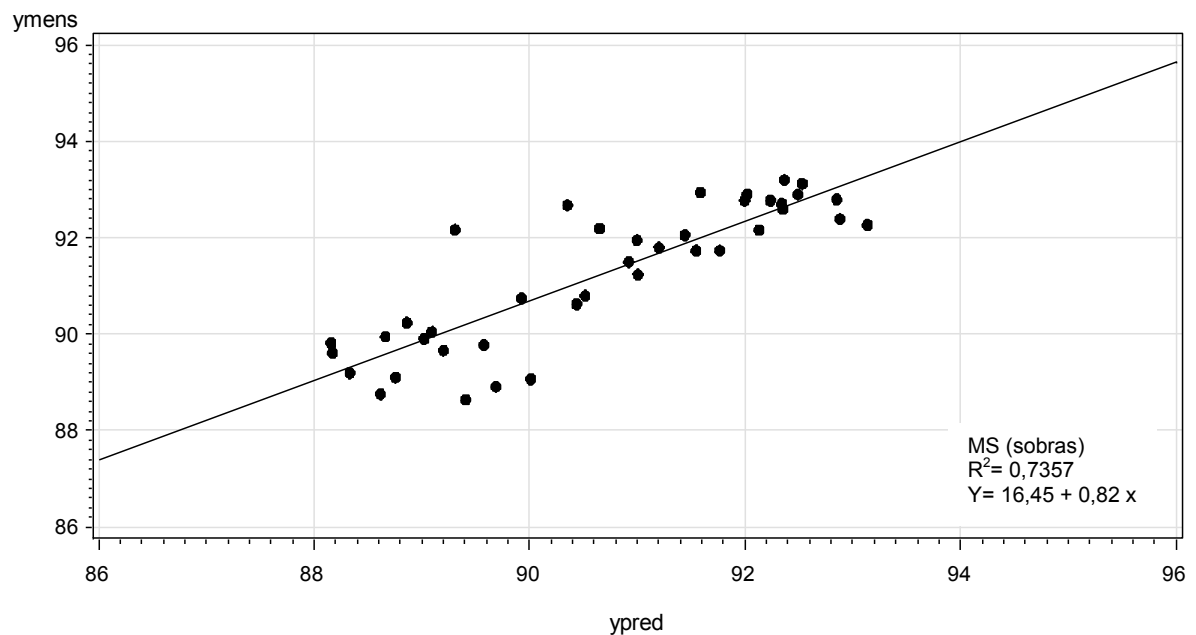


Figura 6 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MS das sobras, em porcentagem.

Na Figura 7, encontra-se o gráfico de regressão dos valores obtidos em laboratório em comparação com os valores estimados pelo NIRS. O consumo de MS obteve o valor estimado com $R^2 = 1$, indicando excelente predição.

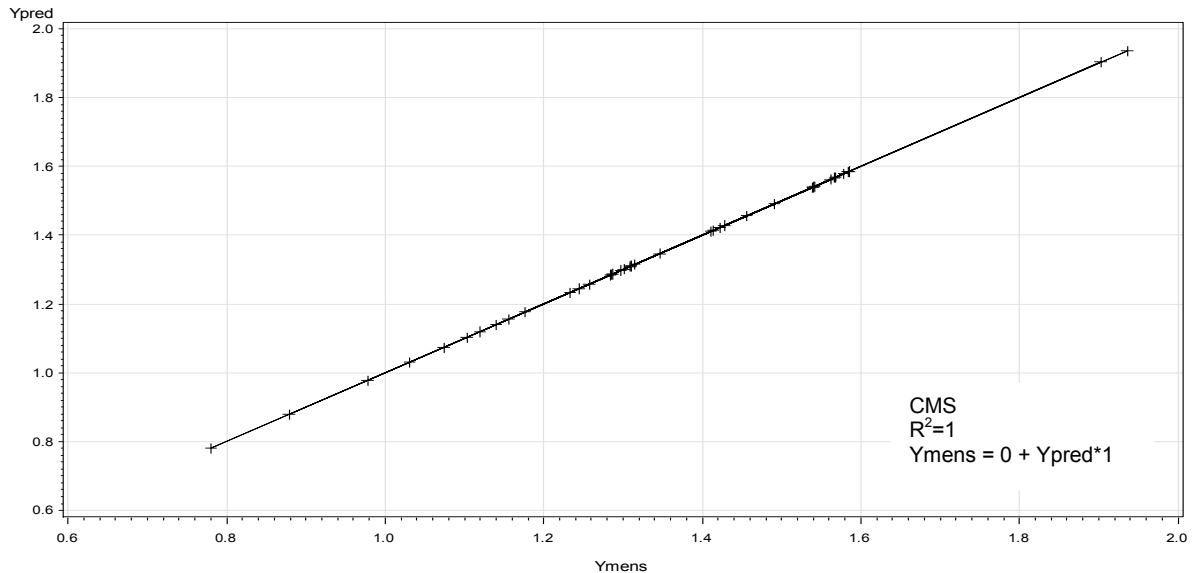


Figura 7 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de MS, em kg.

Nas Figuras 8 e 9, os coeficientes demonstraram valores com baixa confiabilidade, apresentando $R^2 = 0,1569$ para as dietas e $R^2 = 0,0892$ para as sobras.

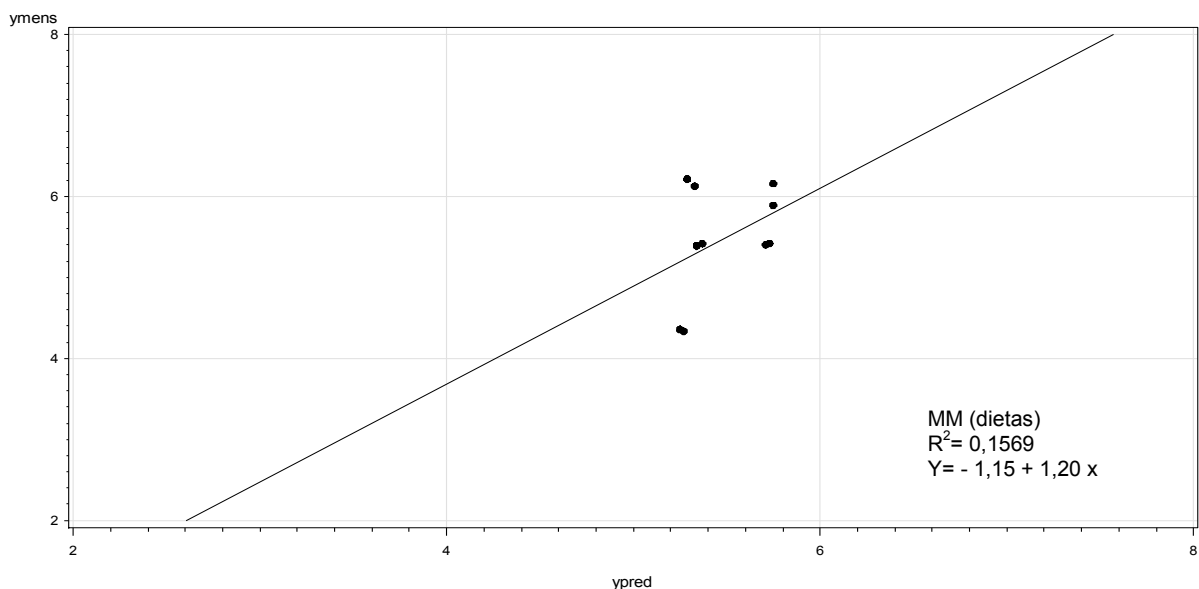


Figura 8 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MM das dietas, em porcentagem.

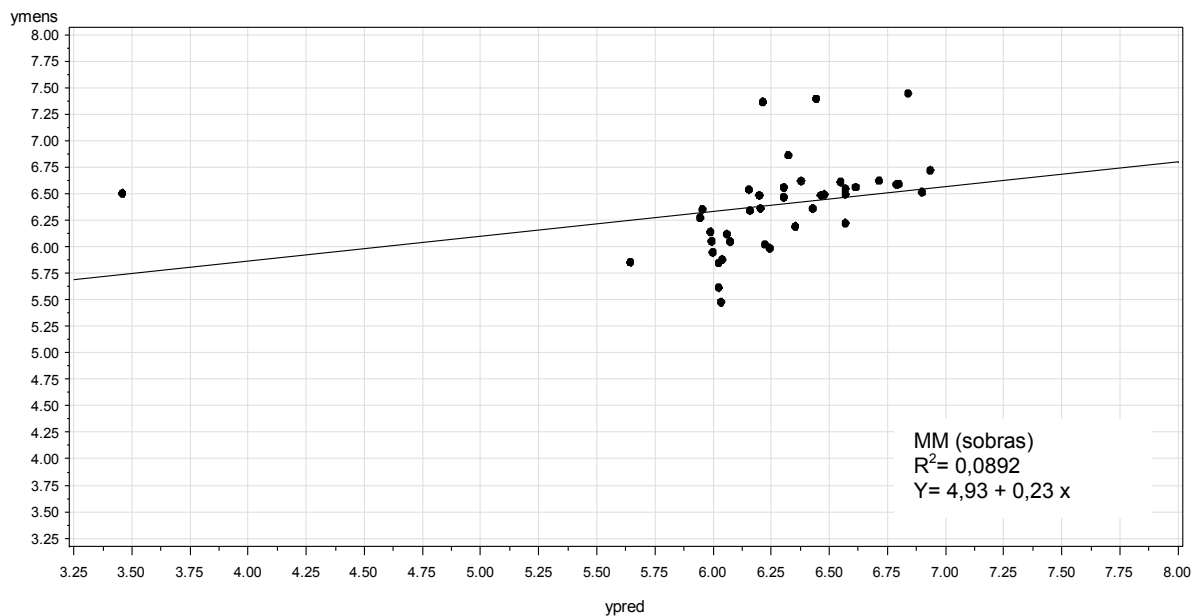


Figura 9 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MM das sobras, em porcentagem.

Na Figura 10, está apresentado o gráfico de regressão dos valores de consumo de MO para os valores laboratoriais e os valores estimados pelo NIRS. A correlação apresentou valor de $R^2 = 0,9981$, indicando uma excelente estimativa.

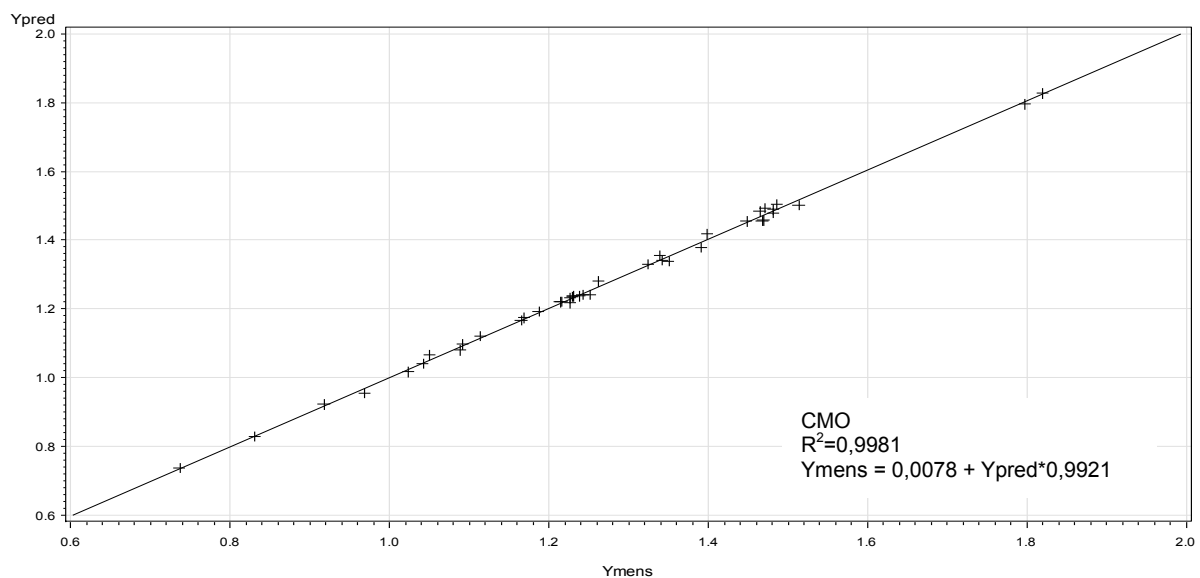


Figura 10 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de MO, em kg.

O resultado do $R^2 = 0,7968$ para dietas para FDN, observado na Figura 11, tem alto grau de confiabilidade, sendo encontrado na faixa aceitável (Almeida, 2009). Entretanto, para as sobras, o $R^2 = 0,4111$ apresentado na Figura 12 obteve um valor com baixo grau de confiabilidade.

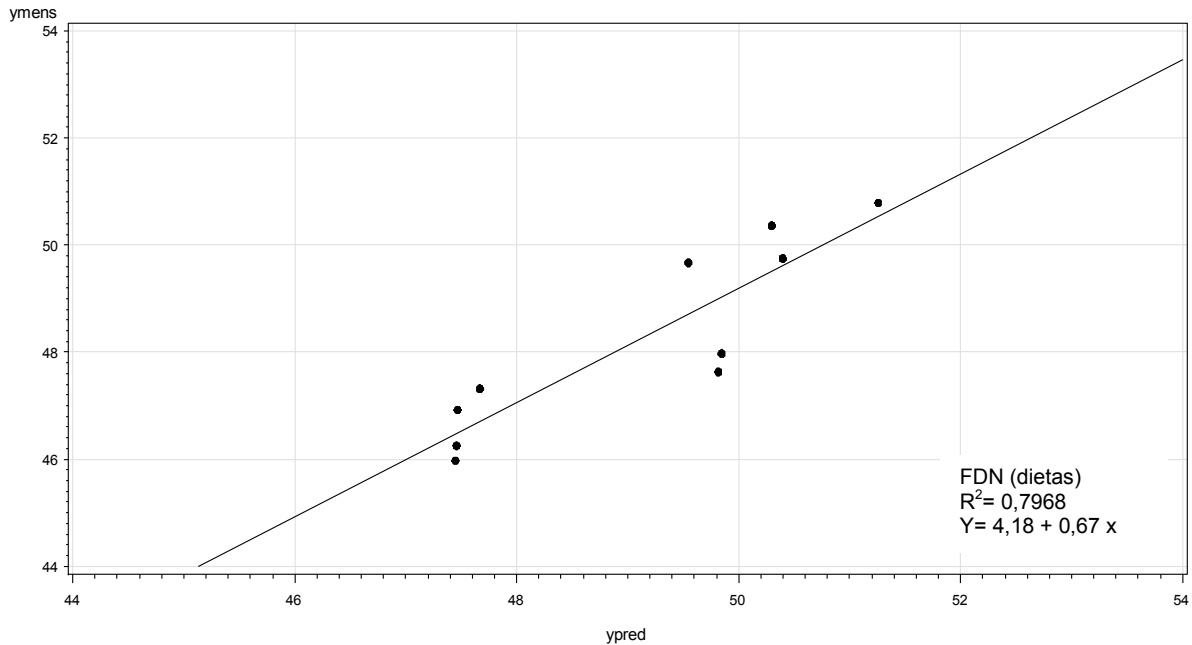


Figura 11 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de FDN das dietas, em porcentagem.

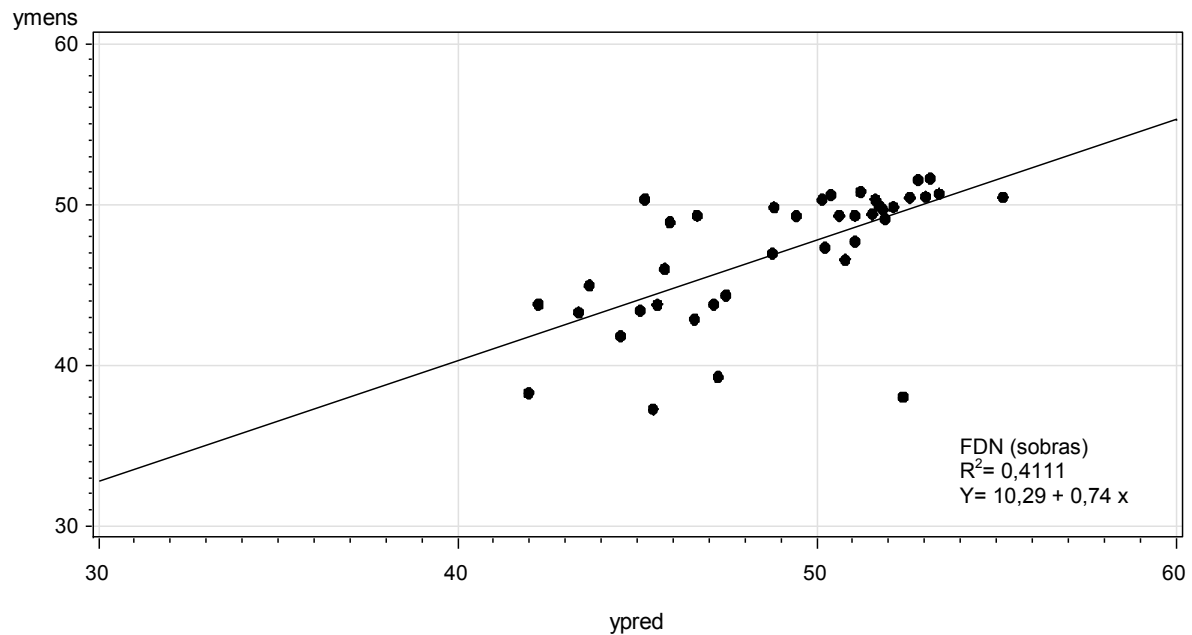


Figura 12 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de FDN das sobras, em porcentagem.

Para consumo de FDN obteve-se $R^2 = 0,9917$ observados na Figura 13, indicando boa predição.

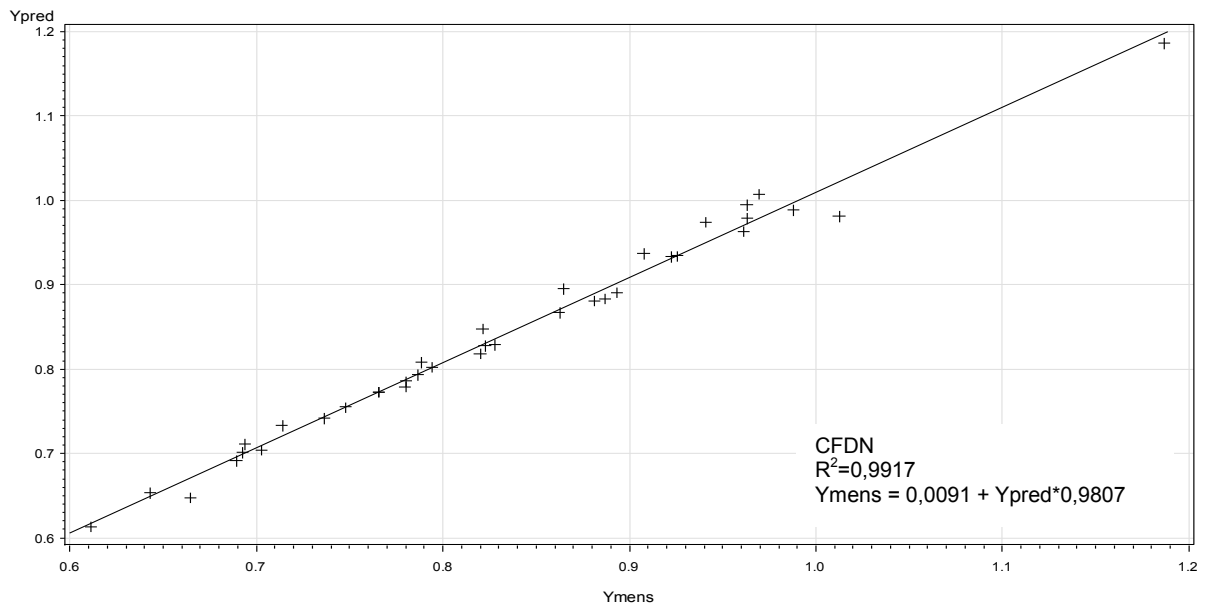


Figura 13 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para consumo de FDN, em Kg.

Nas Figuras 14 e 15, estão apresentados os valores de regressão de FDA com $R^2= 0,6730$ para as dietas e $R^2= 0,7442$ para as sobras, demonstrando boa confiabilidade.

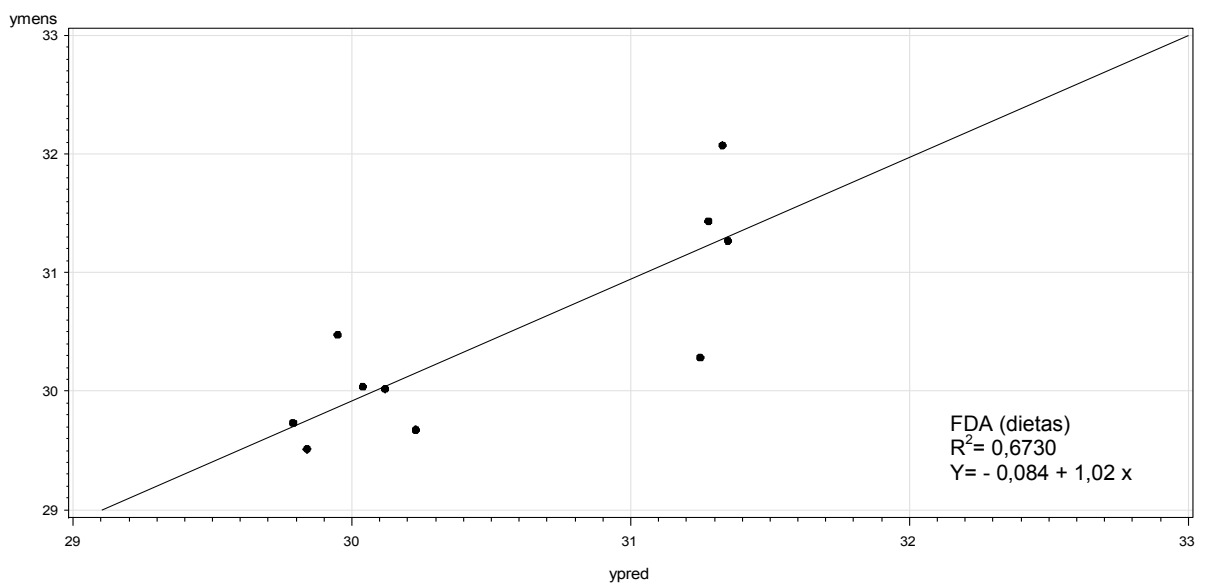


Figura 14 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de FDA das dietas, em porcentagem.

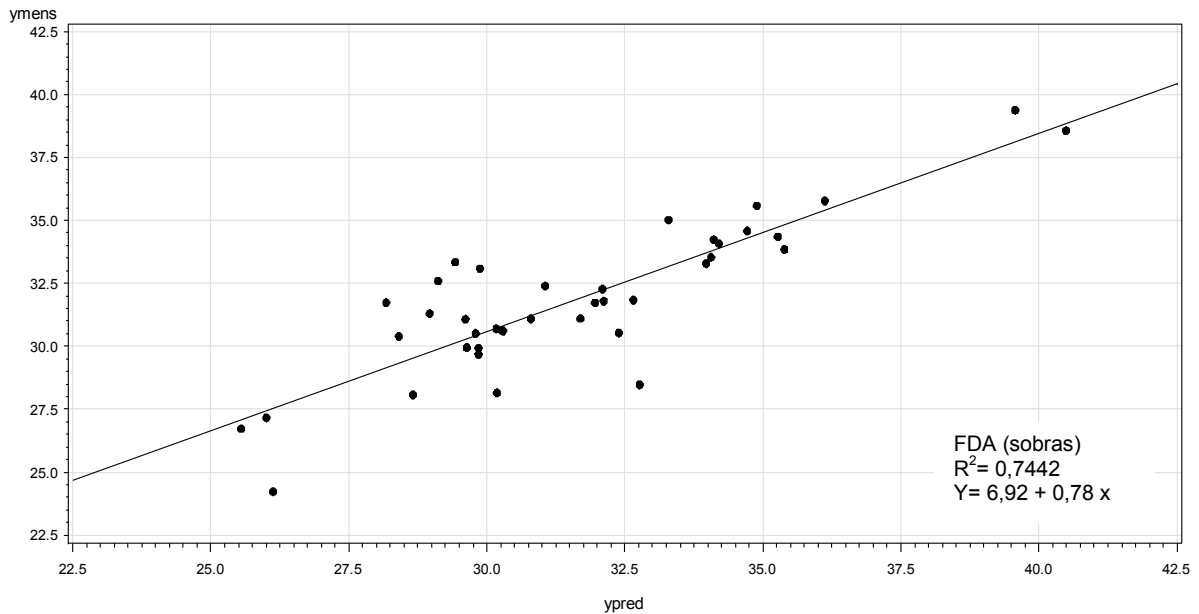


Figura 15 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de FDA das sobras, em porcentagem.

Na Figura 16, encontra-se o gráfico de regressão dos valores do consumo de FDA. O valor de R^2 de 0,9973 indica excelente predição para este nutriente.

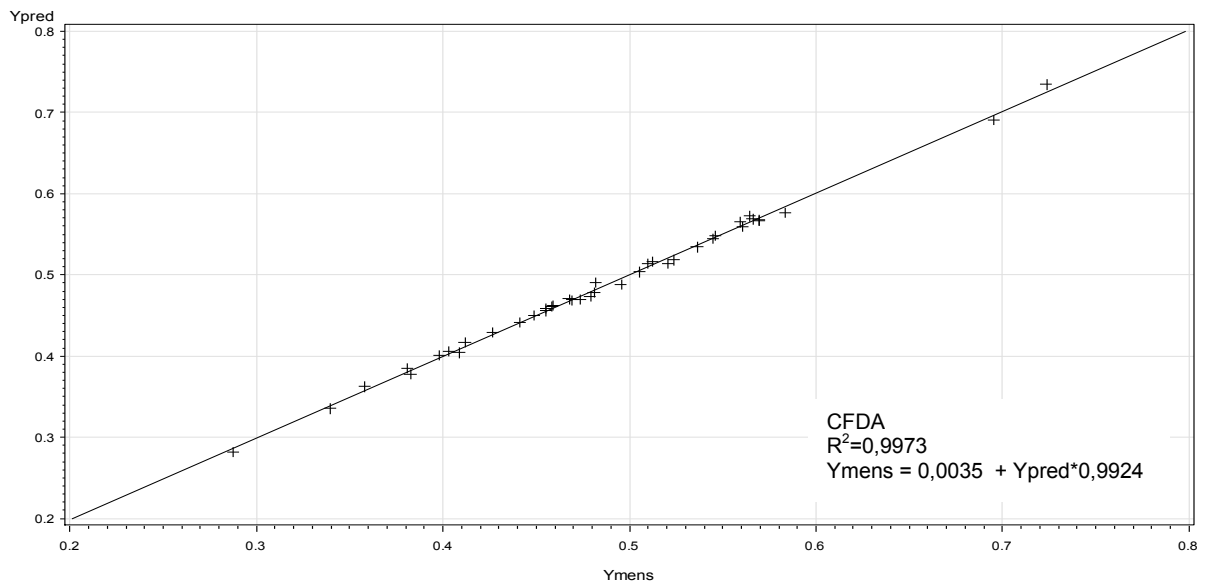


Figura 16 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para consumo de FDA, em kg.

Nas Figuras 17 e 18, encontram-se os coeficientes de determinação para PB nas dietas e sobras ($R^2= 0,6457$ e $0,2806$ respectivamente) obtidos neste trabalho estão abaixo dos valores encontrados por Pires e Prates (1998), os quais obtiveram valores para R^2 de $0,93$. Os baixos valores encontrados podem ser devido à quantidade e variabilidade das amostras utilizadas no conjunto de calibração. Para melhorar a predição do modelo, o conjunto de amostras deve ser ampliado, provavelmente obteremos melhor distribuição dos dados.

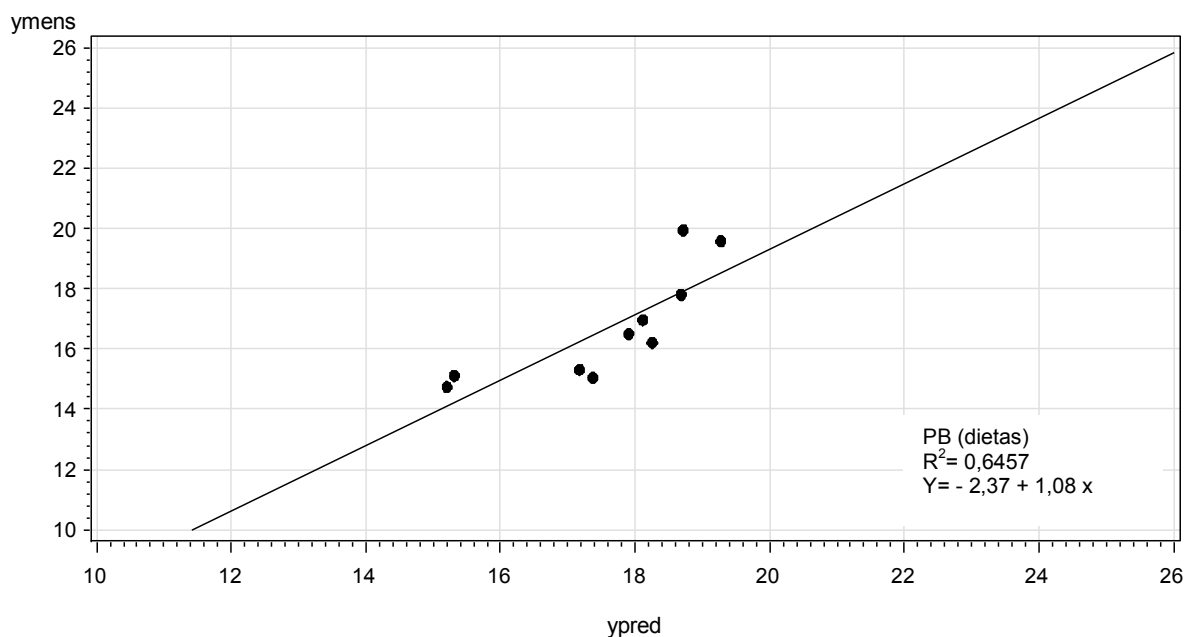


Figura 17 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de PB das dietas, em porcentagem.

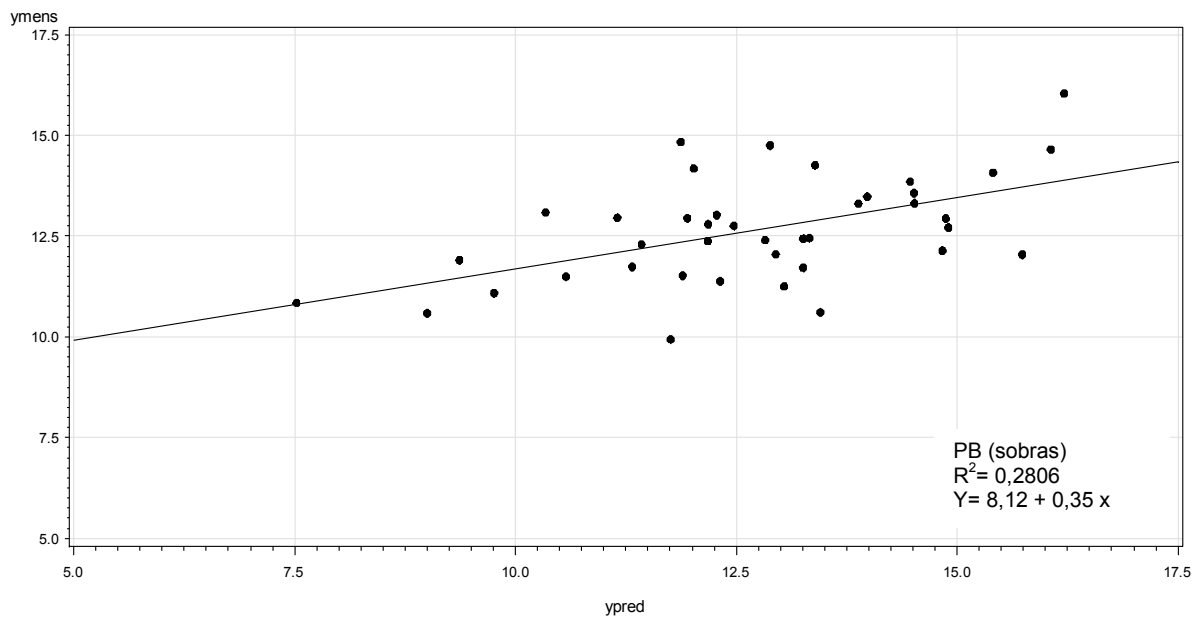


Figura 18 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de PB das sobras, em porcentagem.

Na Figura 19, apresenta o gráfico de regressão com os valores de consumo de PB, com valor de $R^2 = 0,9188$, indicando estimativa satisfatória.

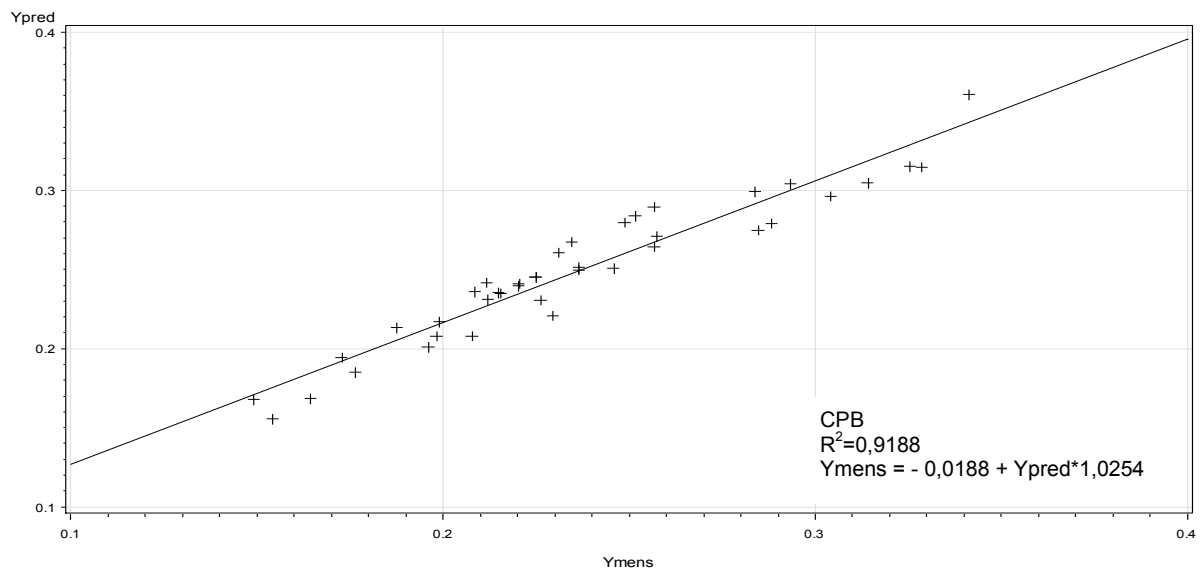


Figura 19 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de PB, em kg.

Para os teores de EE, os resultados dos coeficientes apresentaram baixa confiabilidade para dietas e sobras ($R^2= 0,0097$ e $0,0903$, respectivamente), como observados nas Figuras 20 e 21, indicando baixo grau de confiabilidade.

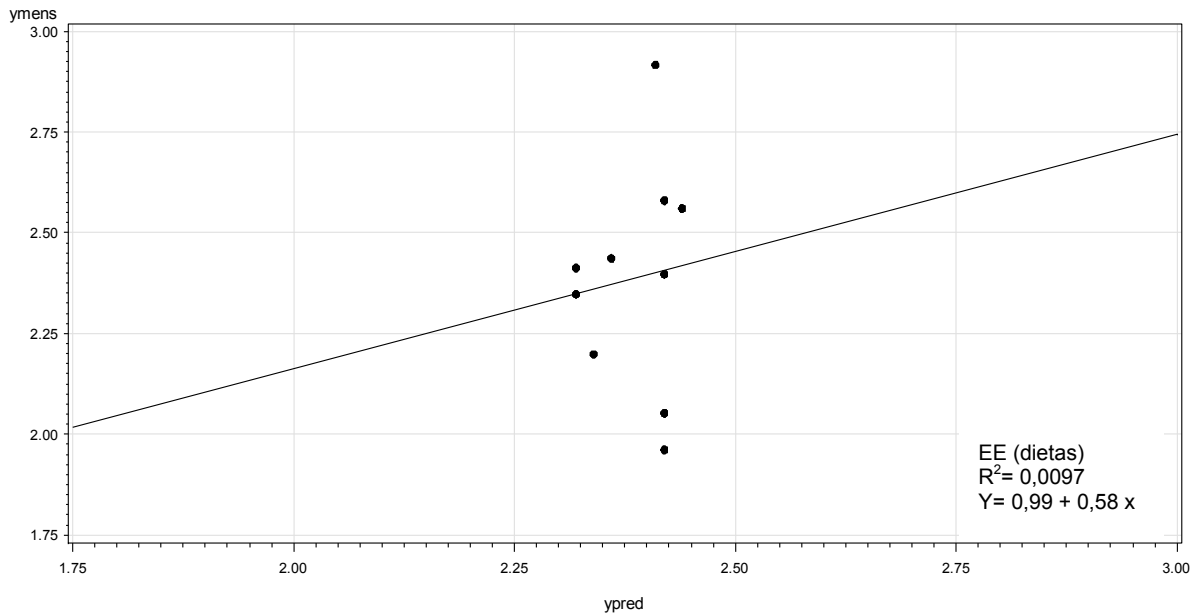


Figura 20 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de EE das dietas, em porcentagem.

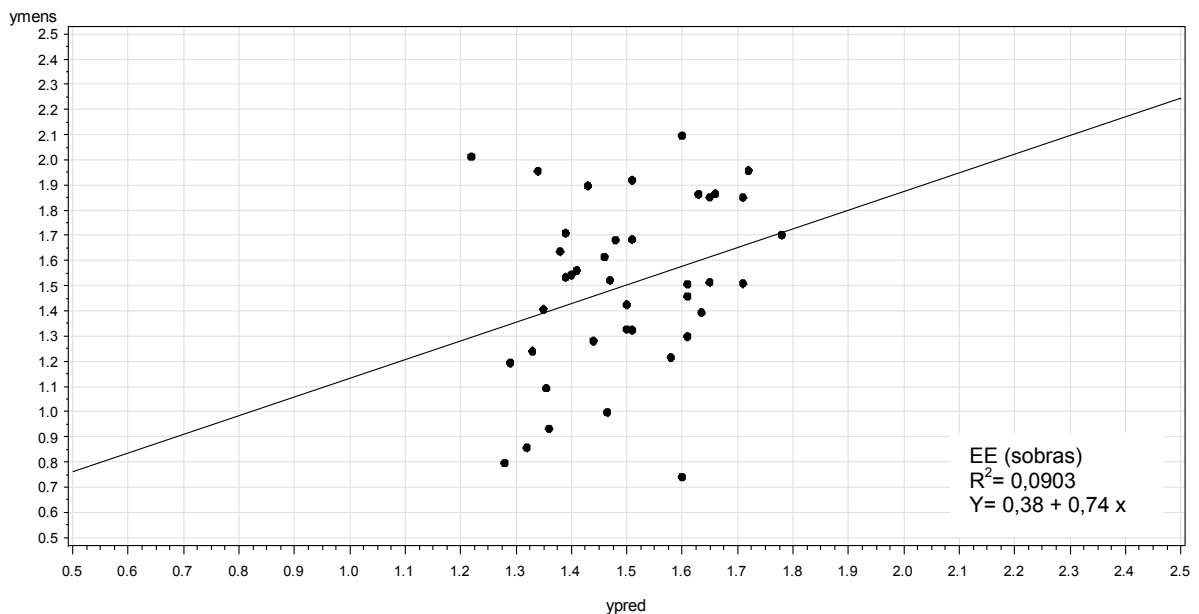


Figura 21 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de EE das sobras, em porcentagem.

Para o consumo de EE o valor foi de $R^2 = 0,7325$ (Figura 22), apresentando valores aceitos segundo Almeida (2009), valores com R^2 entre 0,66 a 0,81 podem ser aceitos para escolhas de previsões quantitativas.

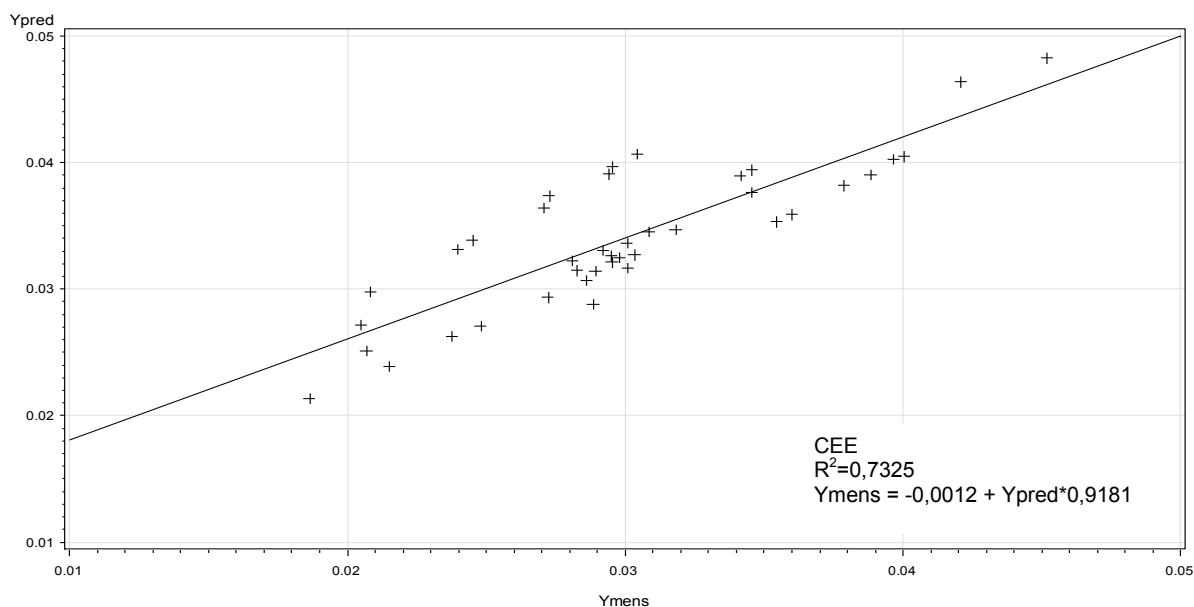


Figura 22 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para consumo de EE, em kg.

Para os teores de MS da urina, o resultado do coeficiente apresentou boa confiabilidade $R^2 = 0,8494$, como observado na Figura 23. Entretanto, o valor apresentado na Figura 24 não apresentou resultado satisfatório para os teores de N ($R^2 = 0,3195$) no NIRS em comparação com os resultados laboratoriais.

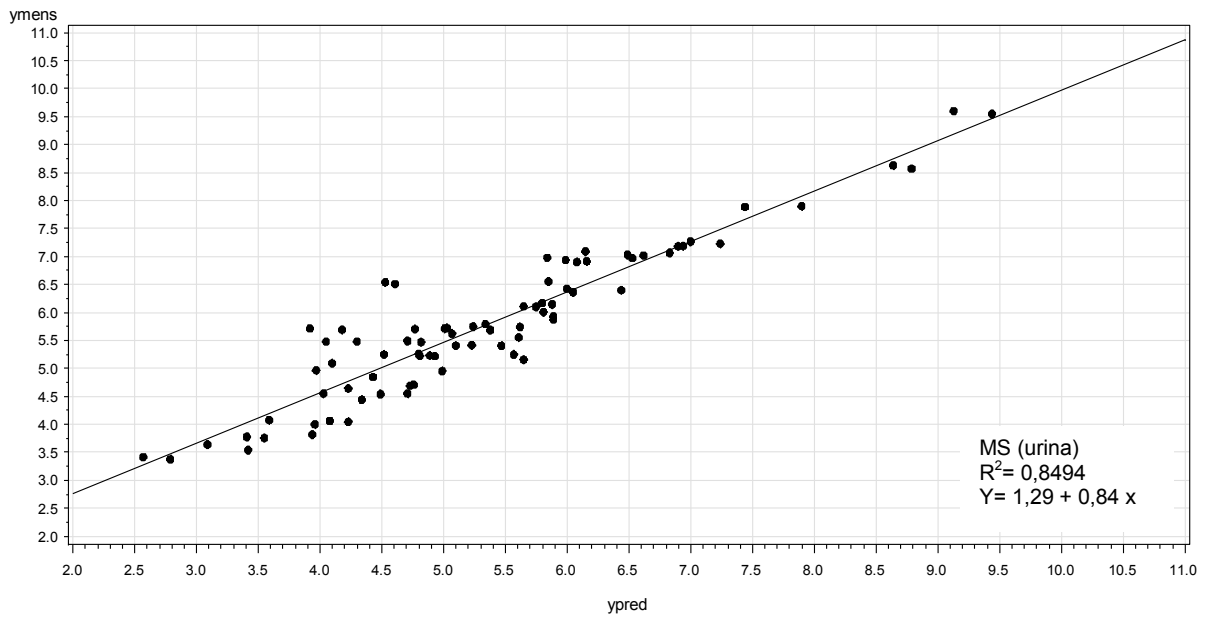


Figura 23 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MS da urina, em porcentagem.

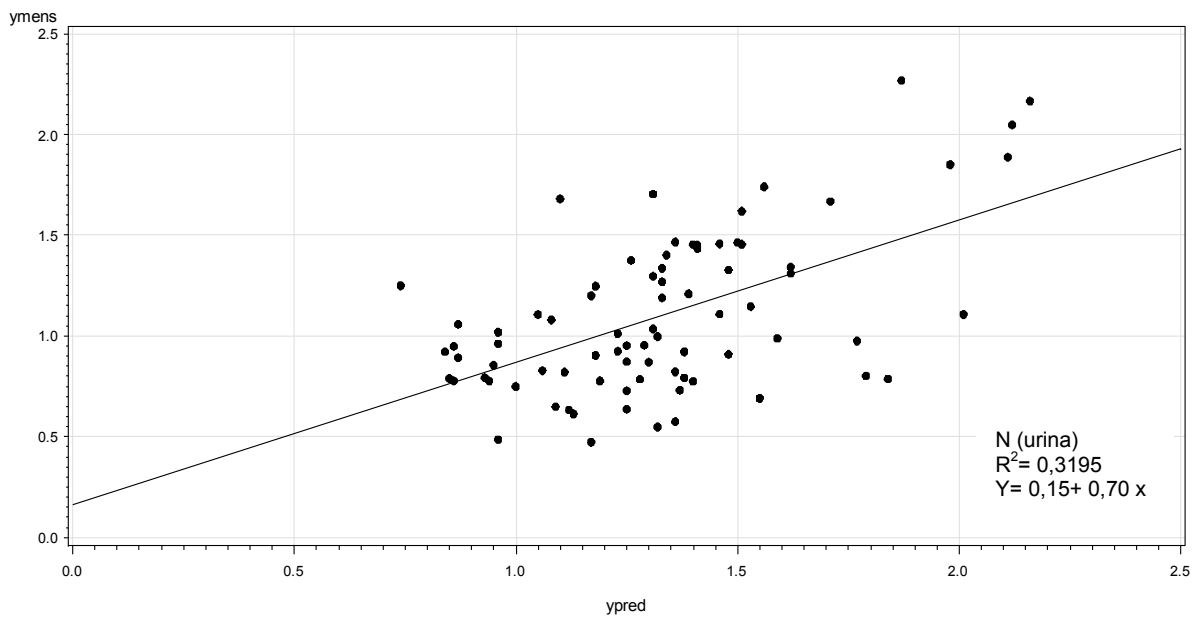


Figura 24 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de N da urina, em porcentagem.

Na Figura 25, encontra-se a regressão dos valores dos dados obtidos em laboratório *versus* os dados validados pelo NIRS, para o consumo de N, que obteve o valor estimado de $R^2 = 0,9998$, indicando excelente predição.

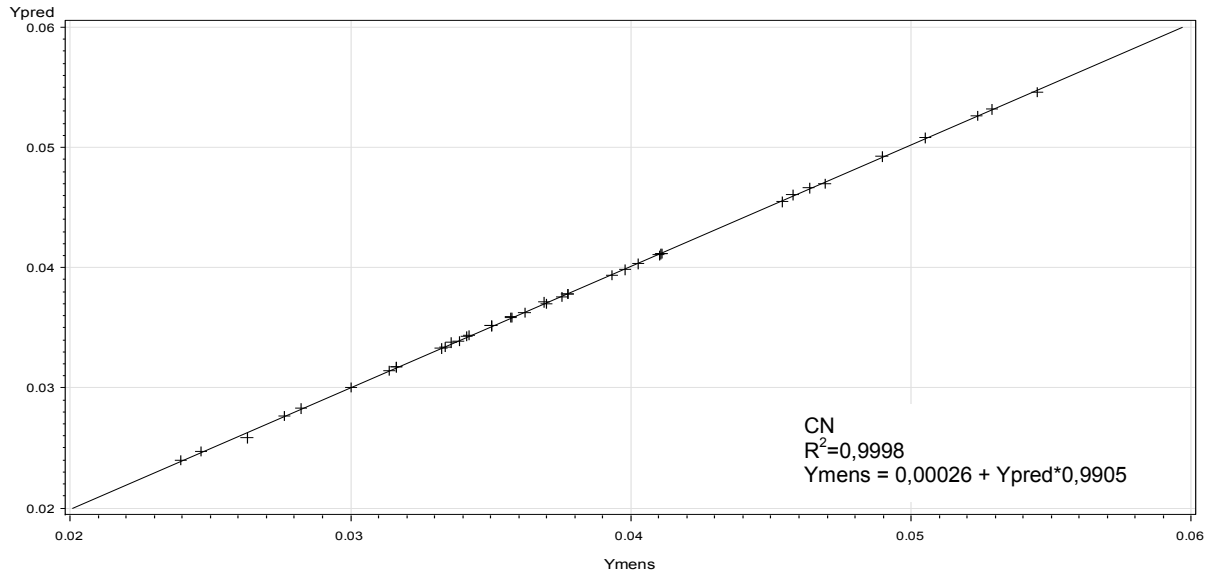


Figura 25 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para consumo de N, em kg.

Embora os resultados estatísticos diferissem quando comparadas as Tabelas 3 e 4, os nutrientes que forneceram valores diferentes de consumo foram mais elevados entre G7,5 e G15 em ambos os métodos, laboratorial e NIRS, proporcionado pelo efeito quadrático para EE (Tabela 3) e cúbico para PB (Tabela 4). Essas observações, aliadas à semelhança numérica entre os resultados numéricos obtidos por ambas as metodologias (laboratorial e NIRS), indicam ter o NIRS potencial para estimativas de consumo.

Na Tabela 5 estão apresentados os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, FDN, FDA, PB e EE (kg/dia) obtidos através dos dados das análises bromatológicas dos alimentos realizadas em laboratório. A digestibilidade da MS, FDN, PB e EE não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, com valores médios de 75,79, 72,59, 77,08 e 84,05% respectivamente, corroborando com Borges et al. (2013), que constatou que a glicerina bruta é uma excelente fonte

energética, podendo ser utilizado em substituição ao milho em até 15%, sem afetar a digestibilidade dos nutrientes.

Entretanto, observou-se efeito quadrático para a digestibilidade da MO e FDA. Neste trabalho foi observado efeito quadrático para DMO e DFDA, contudo os valores mantiveram-se semelhantes aos relatados por Borges et al. (2013), que relataram até 78,20 Kg/dia na DMO, utilizando cabritos mestiços Boer, machos não castrados, com níveis de 0, 5, 10 e 15% de glicerina bruta nas dietas.

Schroder e Südekum (1999) relatam em seu trabalho com vacas que existe uma tendência de diminuição da digestibilidade da parede celular dos alimentos quando se é fornecido dietas com 10% de glicerina bruta e grande quantidade de amido, porém sem interferir na DMS e DMO.

O coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido (FDA) variou de 65,65 a 63,08% respectivamente nos tratamentos com inclusão de 15 para 30% de glicerina.

Tabela 5 – Digestibilidade da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA), proteína bruta (DPB) e extrato etéreo (DEE) das dietas experimentais obtidos através de dados das análises laboratoriais.

Item	Tratamento					CV%	contraste		
	G0 ¹	G7,5 ²	G15 ³	G22,5 ⁴	G30 ⁵		L	Q	C
	%						Valores de p		
DMS	73,61	74,20	76,06	76,07	78,99	4,95	0,103	0,056	0,808
DMO	74,29	74,71	76,54	76,62	79,81	4,78	0,081	0,037	0,820
DFDN	71,51	71,53	72,90	71,30	75,71	7,53	0,184	0,265	0,447
DFDA	63,26	63,73	65,65	65,34	63,08	6,54	0,935	0,040	0,448
DPB	76,00	73,55	79,91	78,18	77,74	6,84	0,154	0,880	0,222
DEE	81,35	82,82	85,61	86,47	84,00	5,35	0,069	0,261	0,382

CV%= Coeficiente de variação, L= linear, Q=quadrático, C= cúbico. ¹G0 = inclusão de 0% de glicerina na MS da dieta; ²G7,5= inclusão de 7,5% de glicerina na MS da dieta; ³G15= inclusão de 15% de glicerina na MS da dieta; ⁴G22,5= inclusão de 22,5% de glicerina na MS da dieta; ⁵G30= inclusão de 30% de glicerina na MS da dieta.

A estimativa da digestibilidade da MS, MO, FDN, FDA e EE utilizando os valores obtidos pelo método NIRS não apresentaram diferença significativa quando correlacionados aos valores de digestibilidade das dietas utilizando valores obtidos em laboratório (Tabela 6). Somente para digestibilidade da PB foi observado efeito quadrático.

Porém, a digestibilidade de PB, apresentou o maior valor na dieta 0%, a dieta que não contém glicerina.

Tabela 6 – Digestibilidade da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA), proteína bruta (DPB) e extrato etéreo (DEE) das dietas experimentais obtidos através de dados estimados pelo método NIRS.

Item	Tratamento					CV%	contraste		
	G0 ¹	G7,5 ²	G15 ³	G22,5 ⁴	G30 ⁵		L	Q	C
	%						Valores de p		
DMS	75,90	74,22	76,11	76,12	79,07	4,93	0,883	0,373	0,205
DMO	76,50	74,73	76,89	76,77	79,70	4,77	0,944	0,374	0,157
DFDN	73,64	71,20	73,76	71,94	75,91	5,51	0,403	0,650	0,083
DFDA	67,46	67,55	66,26	65,84	69,18	6,95	0,309	0,294	0,181
DPB	79,60	73,89	73,76	71,94	75,91	4,54	0,662	0,020	0,003
DEE	85,36	84,57	86,13	87,48	88,53	2,97	0,186	0,195	0,286

MS= matéria seca, MM= matéria mineral, PB= proteína bruta, FDN= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido e EE= extrato etéreo. CV%= Coeficiente de variação, L= linear, Q=quadrático, C= cúbico. ¹G0 = inclusão de 0% de glicerina na MS da dieta; ²G7,5= inclusão de 7,5% de glicerina na MS da dieta; ³G15= inclusão de 15% de glicerina na MS da dieta; ⁴G22,5= inclusão de 22,5% de glicerina na MS da dieta; ⁵G30= inclusão de 30% de glicerina na MS da dieta.

Na Figura 26, para os teores de MS das fezes observamos um coeficiente de regressão de 0,2702, valor abaixo dos obtidos por Fontanelli et al. (2004) que obtiveram R² de 0,99. Este resultado demonstra falta de confiabilidade da MS para amostras de fezes, entre os resultados preditos pelo NIRS e os resultados do laboratório. Possivelmente necessita-se de mais amostras para aumentar o banco de dados do aparelho, aumentando a acurácia da leitura para amostras de fezes.

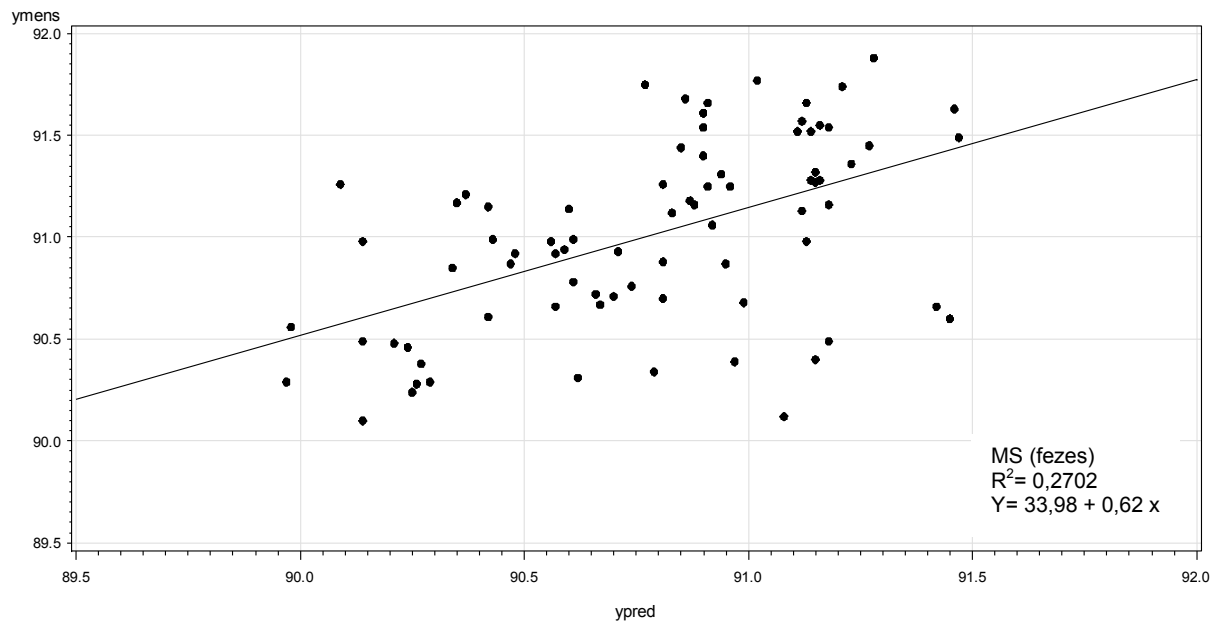


Figura 26 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MS das fezes, em porcentagem.

Na Figura 27, apresenta o gráfico de correlação com os valores de digestibilidade da MS, com valor de $R^2 = 0,9996$, indicando excelente estimativa.

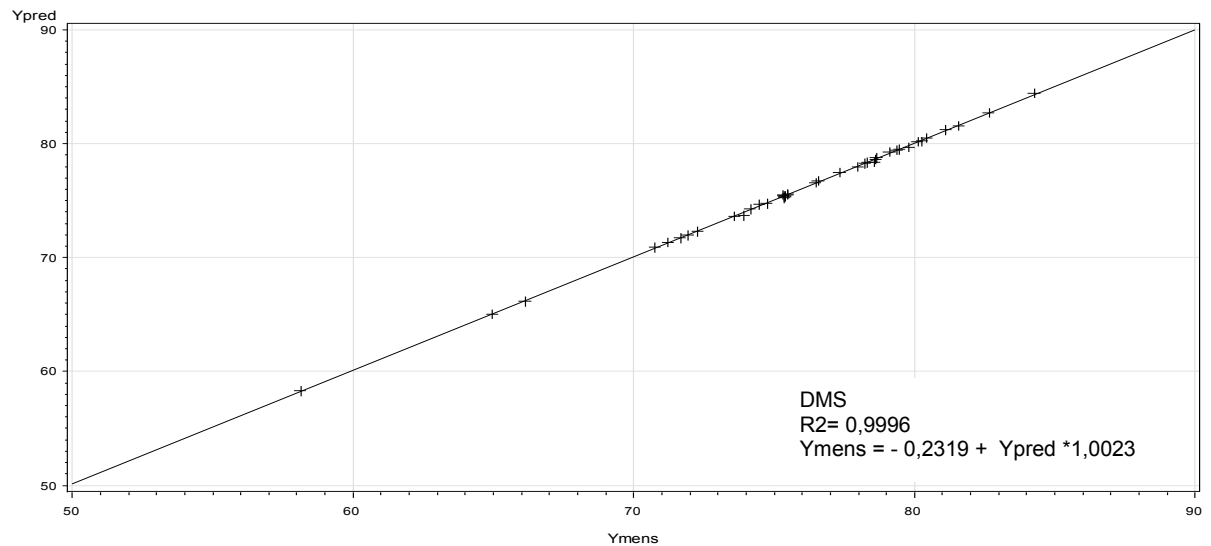


Figura 27 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para digestibilidade da MS, em porcentagem.

Na Figura 28, o coeficiente de $R^2 = 0,7505$ foi satisfatório para o teor de MM das fezes. Segundo Almeida (2009), os valores de R^2 entre 0,66 a 0,81 podem ser aceitos como escolhas de previsões quantitativas.

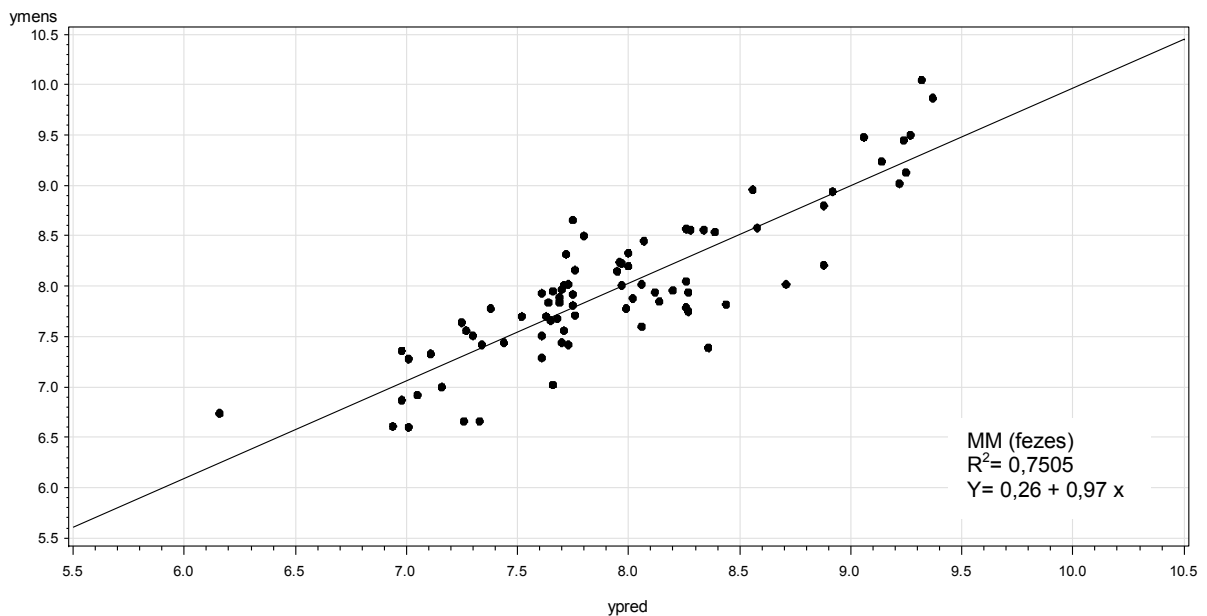


Figura 28 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Ymens) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Ypred) pelo NIRS para concentração de MM das fezes, em porcentagem.

Na Figura 29, encontra-se o gráfico de regressão dos valores laboratoriais em comparação com os valores estimados pelo NIRS, a digestibilidade da MO obteve o valor estimado com $R^2 = 0,9983$, indicando alto grau de confiabilidade.

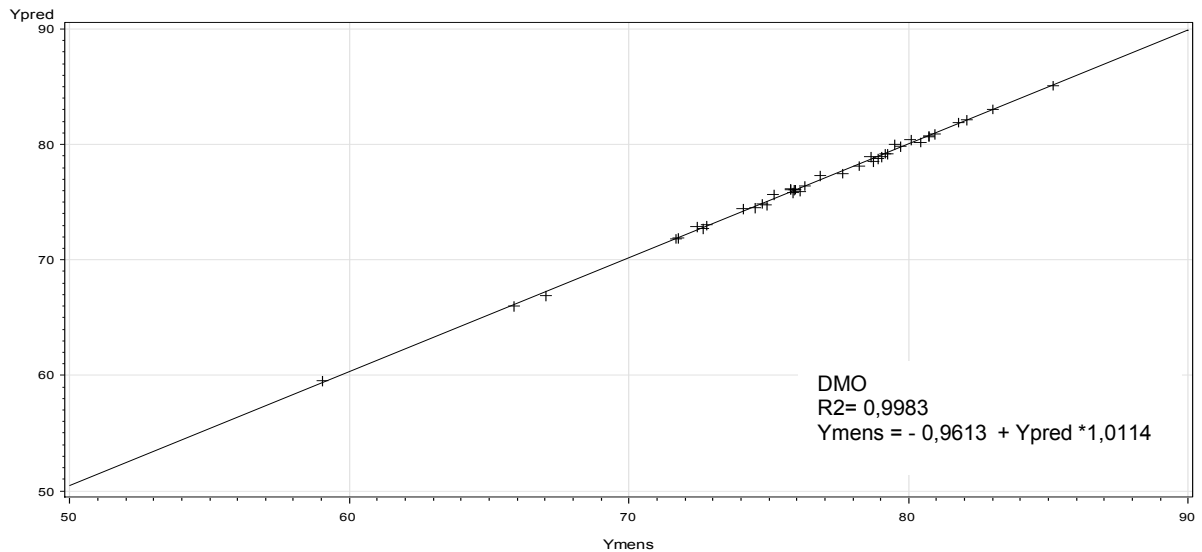


Figura 29 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para digestibilidade da MO, em porcentagem.

Na Figura 30, encontram-se os resultados para os teores de FDN das fezes ($R^2 = 0,5928$) valores com baixa confiabilidade.

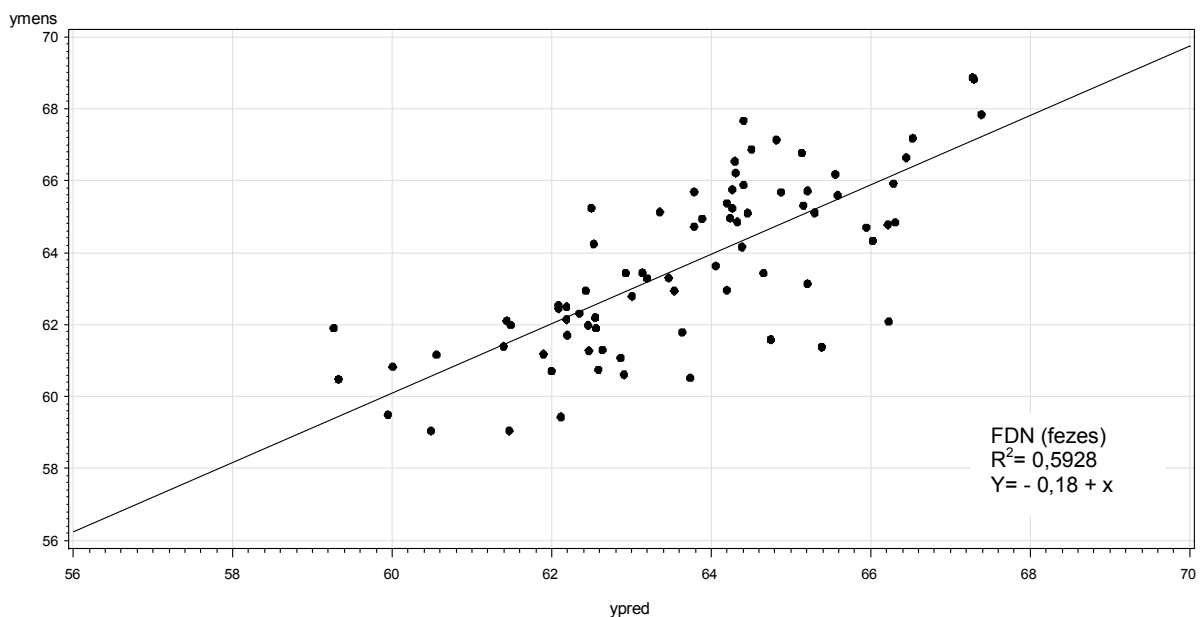


Figura 30 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de FDN das fezes, em porcentagem.

O gráfico de regressão dos valores laboratoriais em comparação com os valores estimados pelo NIRS para digestibilidade da FDN obteve o valor estimado com o $R^2 = 0,9799$ (Figura 31), indicando uma estimativa satisfatória.

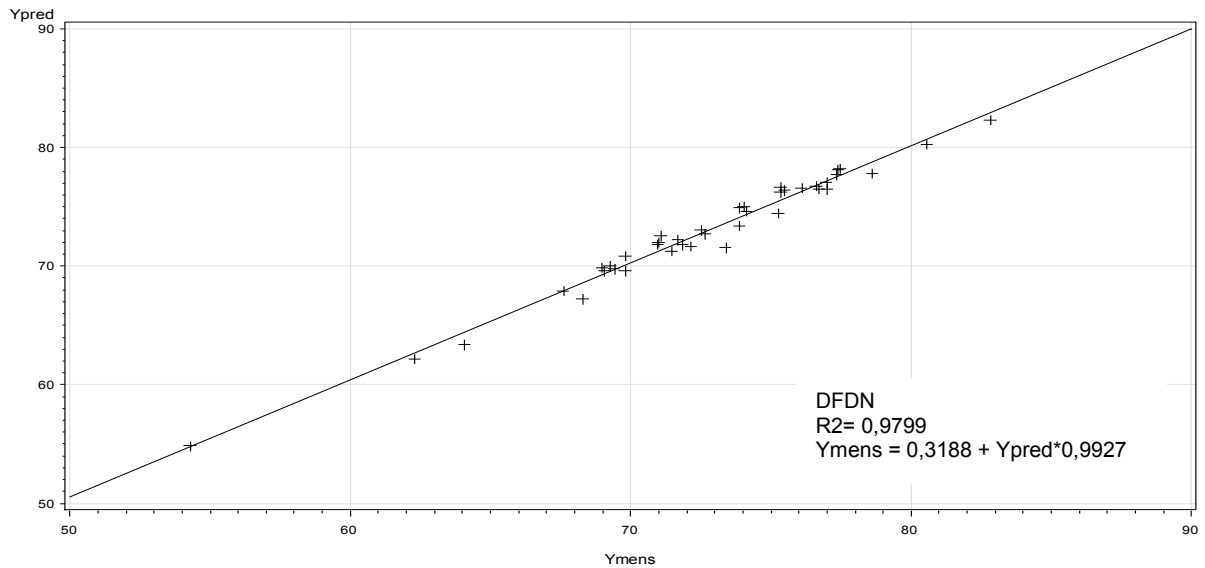


Figura 31 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para digestibilidade da FDN, em porcentagem.

Na Figura 32, observam-se os coeficientes para os teores de FDA das fezes, apresentando o $R^2 = 0,2685$, valor com baixo grau de confiabilidade.

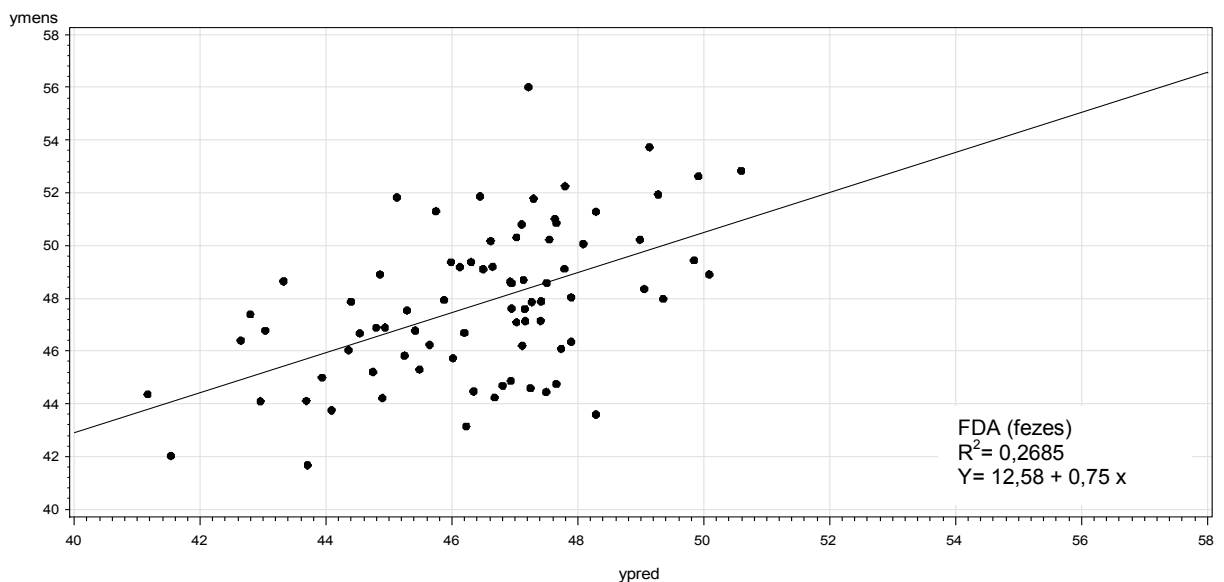


Figura 32 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de FDA das fezes, em porcentagem.

Na Figura 33, encontra-se o gráfico de regressão dos valores laboratoriais em comparação com os valores estimados pelo NIRS, a digestibilidade da FDA obteve o valor estimado com $R^2 = 0,4659$, indicando uma baixa confiabilidade.

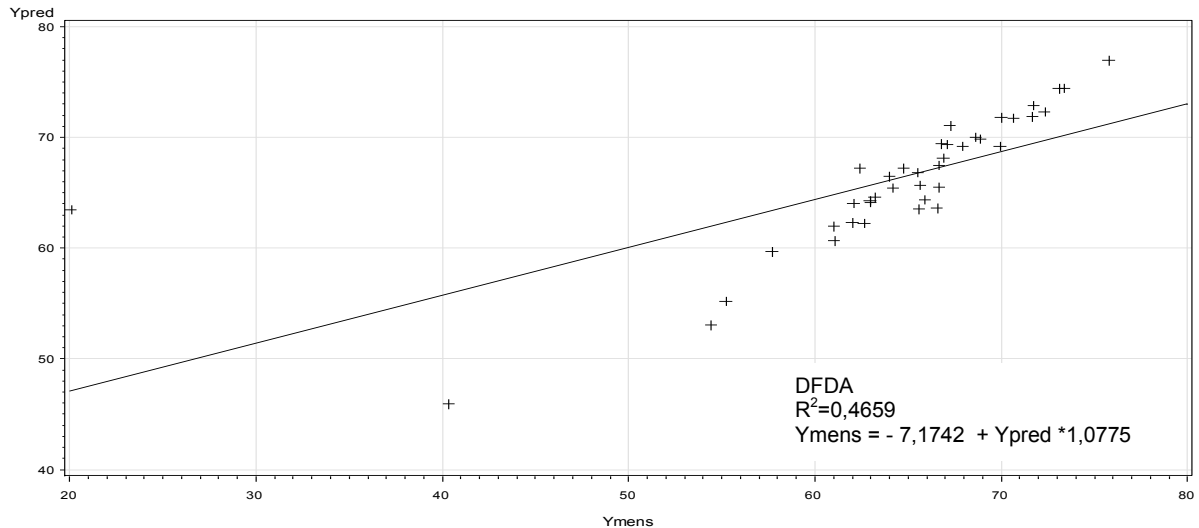


Figura 33 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para digestibilidade da FDA, em porcentagem.

Na Figura 34, apresentou o coeficiente de $R^2= 0,5882$, para o teor de PB das fezes, apresentando um valor com baixo grau de confiabilidade.

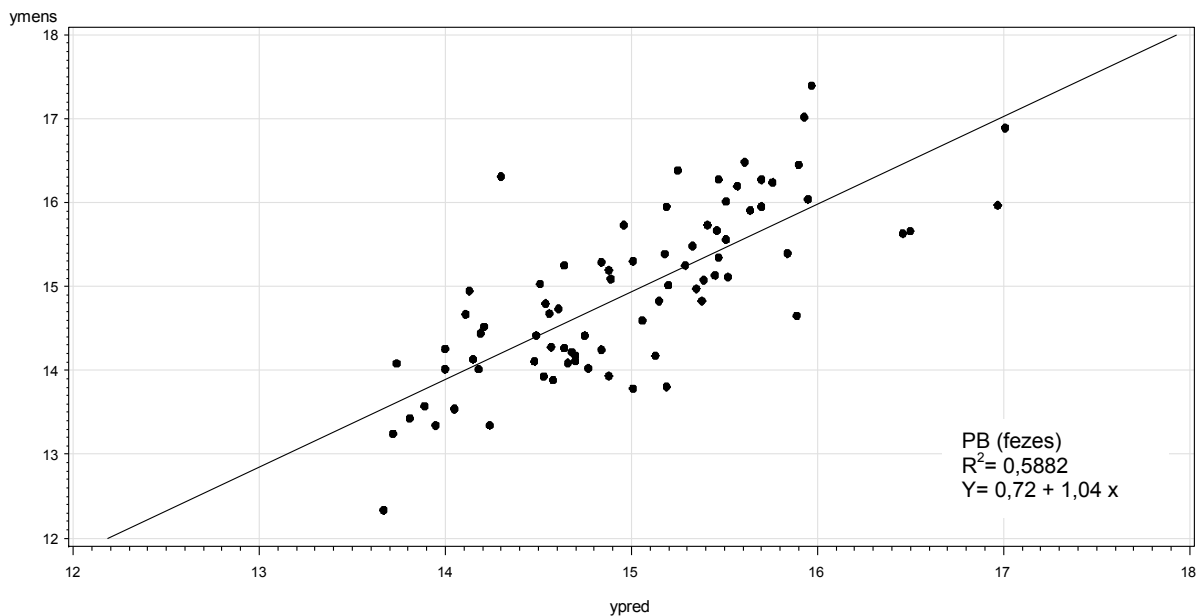


Figura 34 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de PB das fezes, em porcentagem.

Na Figura 35, encontra-se o gráfico de regressão dos valores laboratoriais em comparação com os valores estimados pelo NIRS, a digestibilidade da PB, apresentou o valor de $R^2 = 0,8419$, indicando boa predição.

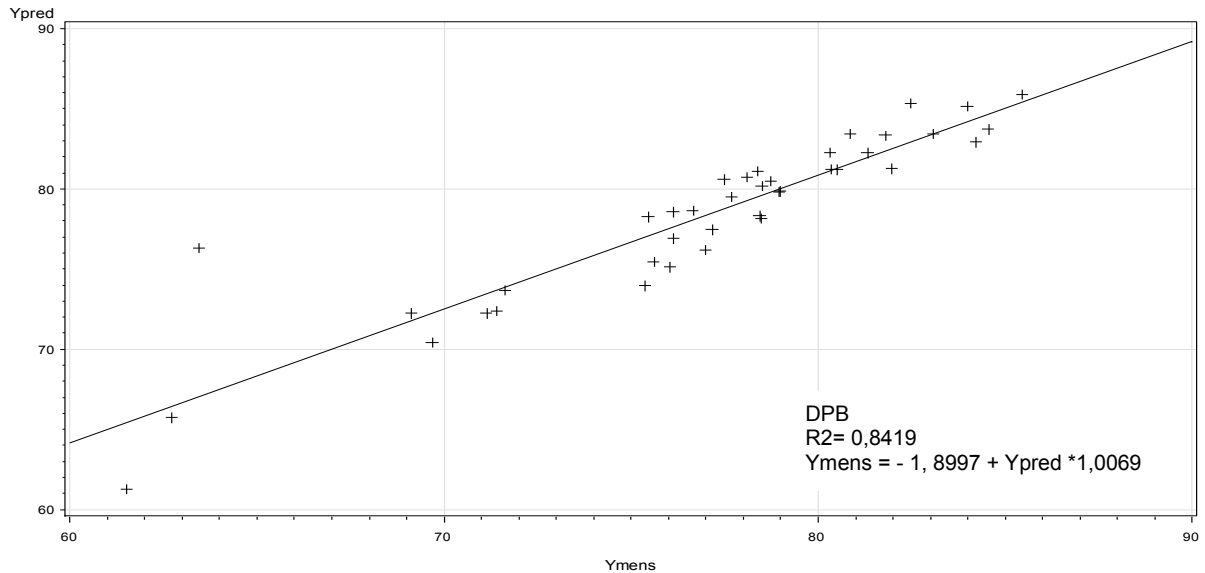


Figura 35 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para digestibilidade da PB, em porcentagem.

Para os teores de EE para fezes, os resultados dos coeficientes apresentaram baixa confiabilidade com o $R^2 = 0,4934$, (Figura 36).

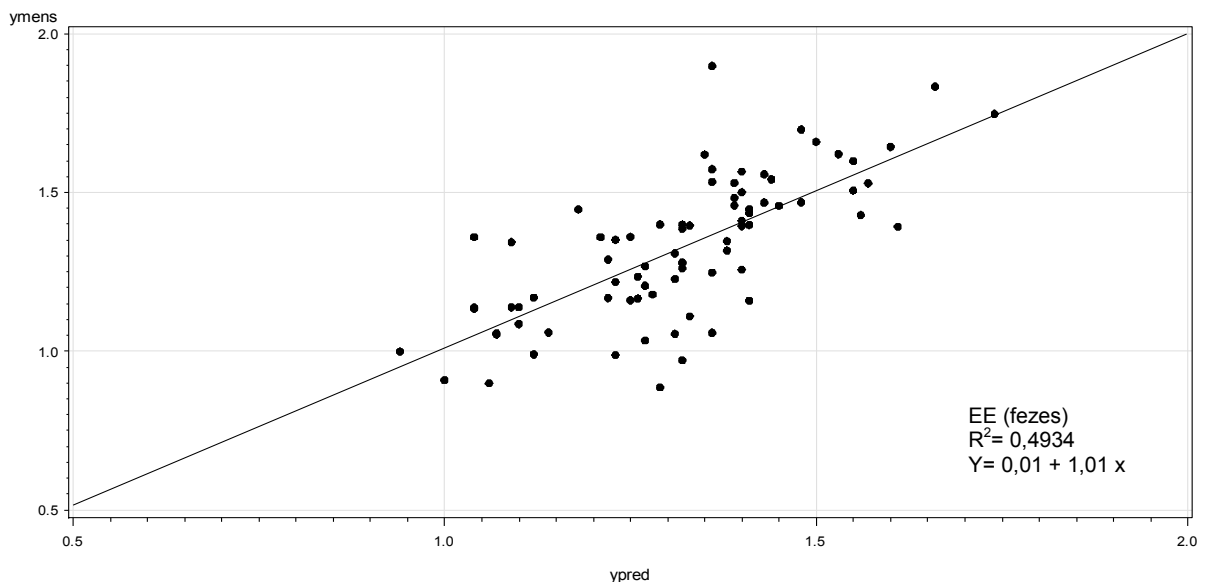


Figura 36 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para concentração de EE das fezes, em porcentagem.

Na Figura 37, encontra-se o gráfico de regressão dos valores laboratoriais em comparação com os valores estimados pelo NIRS, a digestibilidade de EE obteve o valor estimado com $R^2 = 0,7045$, indicando um valor satisfatório.

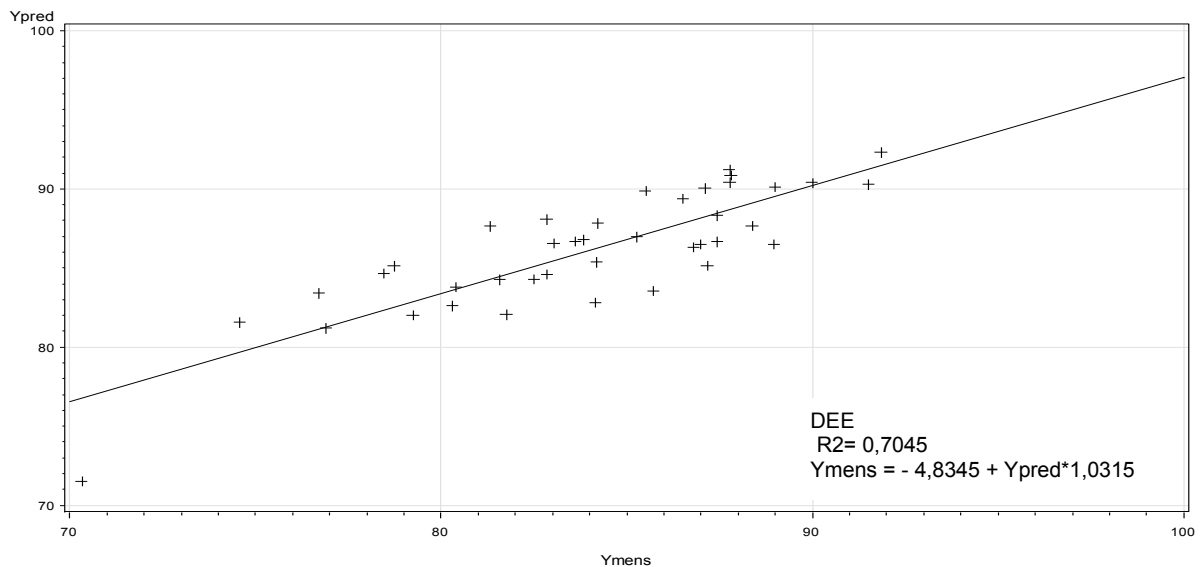


Figura 37 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para digestibilidade de EE, em porcentagem.

Mesmo com as diferenças dos resultados estatísticos quando comparadas as Tabelas 5 e 6, os nutrientes que forneceram valores diferentes de digestibilidade foram mais elevados entre G15 e G30 em ambos os métodos, laboratorial e NIRS, apresentaram efeito quadrático para MO e FDA (Tabela 5) e efeito quadrático e cúbico para PB (Tabela 6). Nos gráficos de correlação dos valores laboratoriais em comparação com os valores estimados pelo NIRS, apresentaram estimativas satisfatórias de digestibilidade da MS, MO, FDN, PB e EE. As estimativas da digestibilidade da FDA foram mais elevadas quando obtidas pelo NIRS em relação às análises laboratoriais, o que interferiu nos resultados estatísticos.

5.3. Balanço de nitrogênio

Os valores de nitrogênio ingerido, urinário e absorvido não apresentaram diferenças significativas entre as dietas, apresentando as médias de 38,02, 13,20 e 29,53 g/dia respectivamente, observados na Tabela 7. Esses valores são superiores aos observados por Moreno et al. (2010) que obtiveram valores de N ingerido, N urinário e N absorvido 29,93, 6,61 e 17,58 g/dia respectivamente. Porém para o N fecal e retido (8,49 e 16,32 g/dia, respectivamente) apresentaram efeito quadrático, com redução significativa nas dietas contendo 22,5 e 30% de glicerina.

Comparando os resultados de Morgado et al. (2014) que avaliaram o balanço de nitrogênio em cordeiros, $\frac{1}{2}$ Santa Inês $\frac{1}{2}$ Dorper, machos não castrados, alimentados com dietas contendo alto teor de amido associados ao óleo de girassol e obtiveram os valores de N ingerido, urinário, retido e absorvido (21,63, 4,68, 7,66 e 12,34 g/dia, respectivamente), verifica-se que a quantidade de N observada neste trabalho apresentou valores superiores, demonstrando altas perdas de N na urina e nas fezes.

O balanço de nitrogênio constitui importante ferramenta para determinar a eficiência de utilização do nitrogênio pelos ruminantes e suas perdas para o ambiente (GENTIL et al., 2007). Segundo Kozloski (2002), a quantidade de nitrogênio excretada pelas fezes aumenta com a atividade fermentativa no intestino grosso, devido ao maior aporte de nitrogênio de origem microbiana nas fezes, o que ocorre particularmente quando as dietas são ricas em grãos de cereais, como milho e sorgo, como observado neste trabalho à medida que se aumentou a quantidade de inclusão de glicerina nas dietas houve redução na quantidade de N fecal.

Tabela 7 – Valores médios para balanço de nitrogênio expresso em (g/dia) de nitrogênio (N) ingerido, nitrogênio (N) fecal, nitrogênio (N) urinário, nitrogênio (N) absorvido e nitrogênio (N) retido das dietas experimentais obtidos através de dados laboratoriais.

Item	Tratamento					CV%	contraste		
	G0 ¹	G7,5 ²	G15 ³	G22,5 ⁴	G30 ⁵		L	Q	C
	(g/dia)						Valores de p		
N ingerido	37,54	34,90	47,68	34,38	35,61	17,68	0,559	0,082	0,907
N fecal	8,84	9,10	9,51	7,53	7,47	20,09	0,309	0,045	0,558
N urinário	12,63	14,16	10,72	12,97	15,54	25,72	0,165	0,138	0,148
N absorvido	28,70	25,79	38,17	26,85	28,14	35,58	0,985	0,116	0,694
N retido	16,06	11,63	27,44	13,88	12,59	19,92	0,406	0,015	0,202

CV%= Coeficiente de variação, L= linear, Q=quadrático, C= cúbico. ¹G0 = inclusão de 0% de glicerina na MS da dieta; ²G7,5= inclusão de 7,5% de glicerina na MS da dieta; ³G15= inclusão de 15% de glicerina na MS da dieta; ⁴G22,5= inclusão de 22,5% de glicerina na MS da dieta; ⁵G30= inclusão de 30% de glicerina na MS da dieta.

Os valores de nitrogênio estimados pelo método NIRS, foram utilizados para determinação do balanço de nitrogênio. Na Tabela 8, os valores para nitrogênio ingerido, urinário, absorvido, fecal e retido apresentaram diferenças significativas entre si. Os valores de N urinário, absorvido e retido, apresentaram efeito cúbico e o N fecal e ingerido apresentaram efeito quadrático (máximo em G15).

Para o N fecal, ocorreu aumento constante até a dieta com 15% de glicerina, havendo redução nas dietas de 22,5 e 30% ocorrendo um efeito quadrático e para o N ingerido apresentou crescimento elevado até 15% com decréscimo nas dietas G22,5 e G30.

Tabela 8 – Valores médios para balanço de nitrogênio expresso em (g/dia) de nitrogênio (N) ingerido, nitrogênio (N) fecal, nitrogênio (N) urinário, nitrogênio (N) absorvido e nitrogênio (N) retido das dietas experimentais obtidos através de dados estimados pelo método NIRS.

Item	Tratamento					CV%	contraste		
	G0 ¹	G7,5 ²	G15 ³	G22,5 ⁴	G30 ⁵		L	Q	C
	(g/dia)						Valores de p		
N ingerido	37,54	34,90	47,68	34,38	35,61	17,68	0,836	0,047	0,000
N fecal	7,18	8,37	9,51	7,53	7,47	16,32	0,201	0,027	0,348
N urinário	12,93	17,57	15,05	15,86	20,95	23,54	0,244	0,170	0,070
N absorvido	28,70	25,79	38,17	26,85	28,14	38,07	0,568	0,079	0,000
N retido	15,76	10,05	23,11	10,99	8,41	19,92	0,474	0,176	<.0001

CV%= Coeficiente de variação, L= linear, Q=quadrático, C= cúbico. ¹G0 = inclusão de 0% de glicerina na MS da dieta; ²G7,5= inclusão de 7,5% de glicerina na MS da dieta; ³G15= inclusão de 15% de glicerina na MS da dieta; ⁴G22,5= inclusão de 22,5% de glicerina na MS da dieta; ⁵G30= inclusão de 30% de glicerina na MS da dieta.

Nas Figuras 38, 39 e 40, apresentam-se os coeficientes de regressão dos dados obtidos em laboratório *versus* os dados obtidos pelo NIRS, para os valores de nitrogênio ingerido, de nitrogênio fecal e de nitrogênio absorvido, obtiveram valores com o $R^2 = 1$, apresentando excelente grau de confiabilidade.

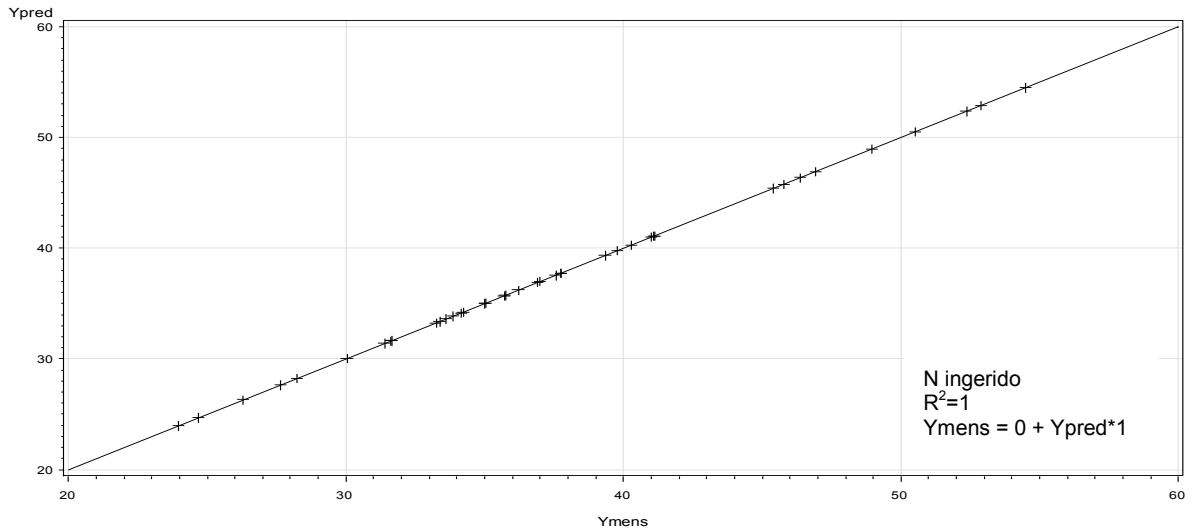


Figura 38 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N ingerido, em g/dia.

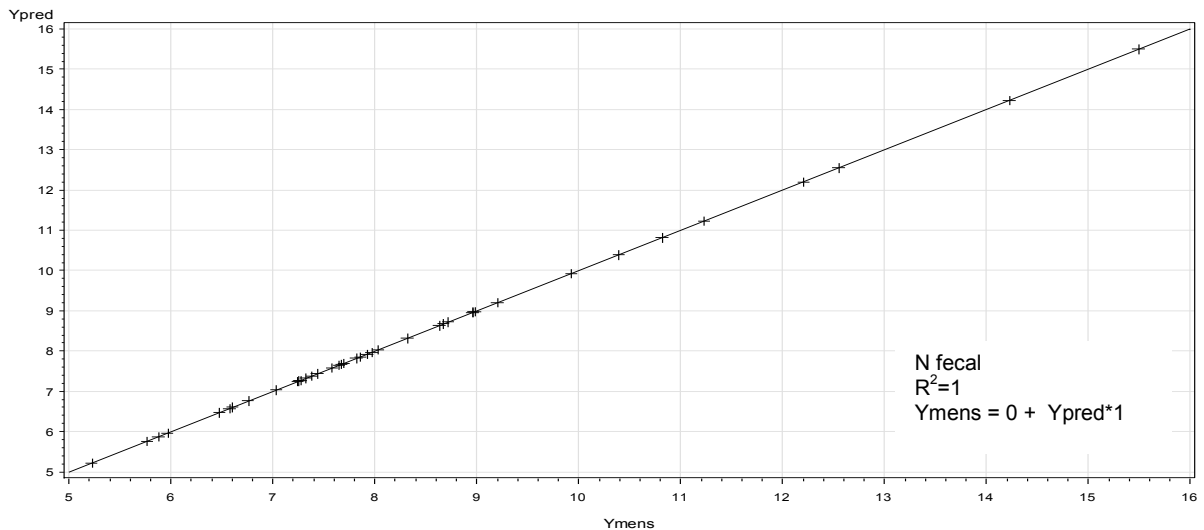


Figura 39 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N fecal, em g/dia.

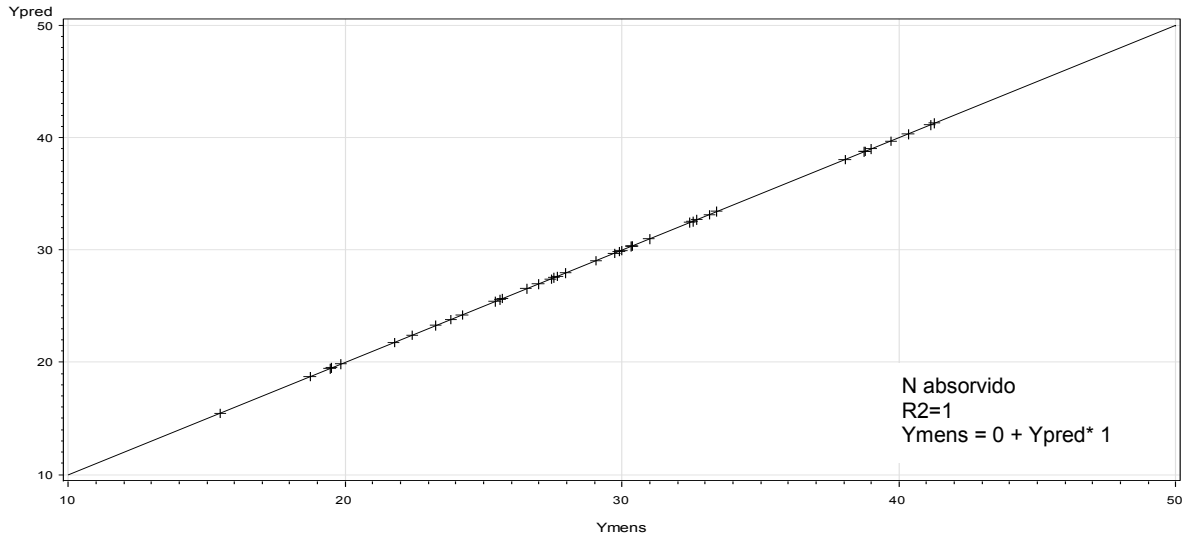


Figura 40 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N absorvido, em g/dia.

Na figura 41, observa-se o coeficiente de regressão para o nitrogênio retido, o valor foi de $R^2 = 0,6711$, apresentando valor com baixa predição, mas ainda considerado um valor satisfatório.

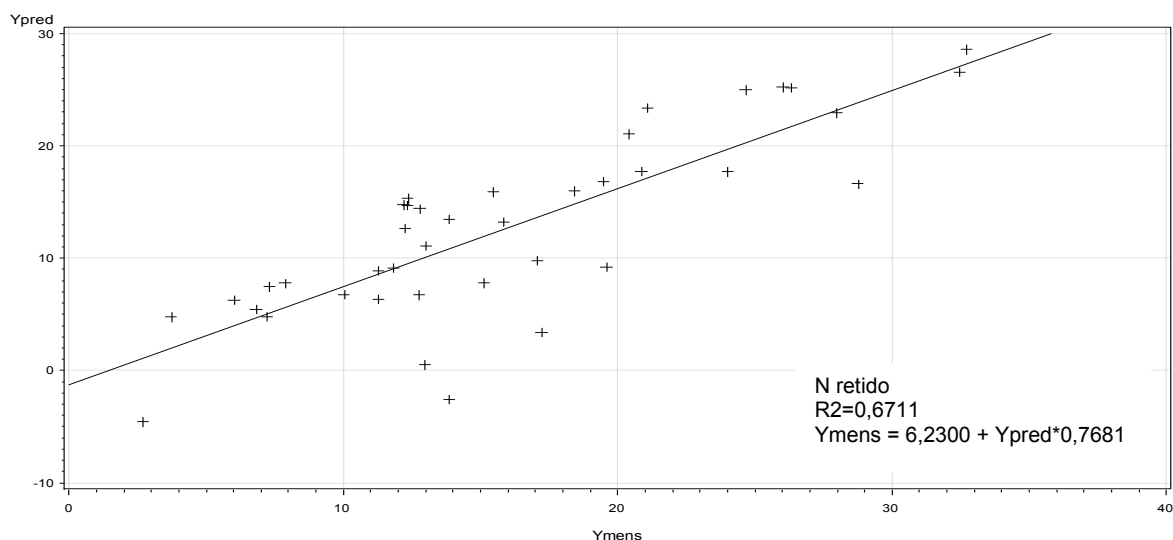


Figura 41 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N retido, em g/dia.

Na Figura 42, observa-se o coeficiente de regressão para o valor para o nitrogênio urinário ($R^2 = 0,1361$), valor com baixo grau de confiabilidade.

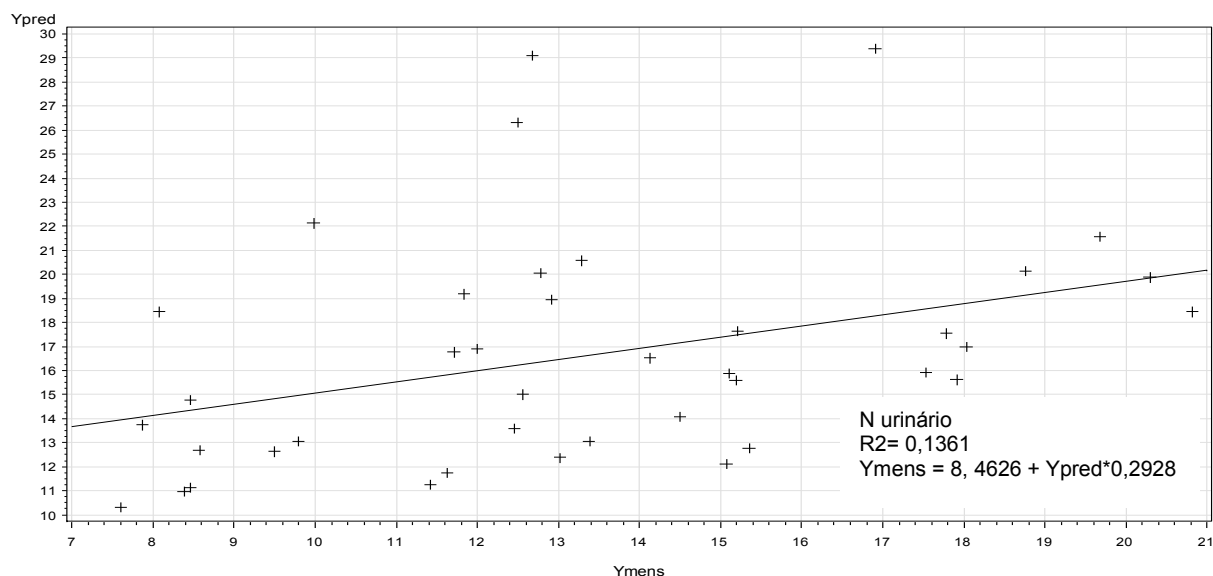


Figura 42 - Gráfico representativo de regressão entre os dados mensurados (Y_{mens}) obtidos em laboratório *versus* os dados preditos (Y_{pred}) pelo NIRS para balanço de nitrogênio de N urinário, em g/dia.

Mesmo que os resultados estatísticos diferissem quando comparadas as Tabelas 7 e 8, os nutrientes que forneceram valores diferentes de balanço de nitrogênio foram mais elevados entre G7,5 e G15 em ambos os métodos, laboratorial e NIRS, proporcionado pelo efeito quadrático para N fecal e N retido (Tabela 7), quadrático para N fecal, cúbico para N absorvido e N retido e quadrático e cúbico para N ingerido (Tabela 8). Com exceção do N urinário que obteve valores mais elevados no G30. Mesmo obtendo boas correlações dos valores laboratoriais em comparação com os valores estimados pelo NIRS, para os valores de N ingerido, fecal e absorvido, para os valores de N retido e urinário não apresentaram boas estimativas.

7. CONCLUSÕES

Através dos dados estimados pelo método NIRS é possível realizar os cálculos para consumo de MS, MO, FDN, FDA, PB, EE e N, para digestibilidade da MS, MO, FDN, PB e EE, e para balanço de nitrogênio de N ingerido, N fecal, N absorvido e N retido. As estimativas da digestibilidade da FDA e aquelas do N urinário são mais elevadas quando obtidas pelo NIRS em relação às análises laboratoriais, o que interfere nos resultados estatísticos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Nutritive requirements of ruminant animals: protein.** (S.I.): Technical Committee on Responses to Nutrients, 1992. p. 787-835 (Report, 9 – Series B).

ALMEIDA, F. M. N. **Espectroscopia de infravermelho próximo com Transformada de Fourier (FTNIR) na caracterização de farinhas para alimentação pueril.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica). Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2009. 84p.

ALOMAR, D.; MONTERO, R.; FUCHSLOCHER, R. Effect of freezing and grinding method on near-infrared reflectance (NIR) spectra variation and chemical composition of fresh silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, p.57- 63, 1999.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, V. A.; OLIVEIRA, G. S. **Nutrição de Ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.405-407.

BORGES S. D. G.; MACEDO P. V.; MAEDA M. E.; SILVEIRA F. L. A.; CASTRO M. J. **Digestibilidade de dietas contendo níveis de glicerina bruta em substituição ao milho fornecidas a caprinos de corte.** Synergimus Scyentífica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Pato Branco, 08 (2). 2013.

BURNS D. A.; CIURCZAK E. W. **Handbook of Near-Infrared Analysis.** Marcel Dekker Inc. Editor., 2nd ed., 2011. p.822.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – An overview of technical details.** Bucksburn: Rowett Research Institute, 1992. 21 p. (International Feed Resources, occasional publication).

COX, M.; VASCONCELOS, R. V.; LEITE, R. E. Utilização da técnica de Espectroscopia e Reflectância no Infra-Vermelho Próximo (NIRS) na Determinação do Valor Nutricional da Dieta de Ovinos em Caatinga. **Revista Científica Produção Animal**, v.2, n.1, p.31-40, 2000.

DONKIN, S. S. Glycerol from biodiesel production : the new corn for dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, supl., p. 280- 286, 2008.

FÁVARO, V. R. **Utilização de glicerina, subproduto do biodiesel, na alimentação de bovinos.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). 2010. 48 f. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

FONTANELI, R. S.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; DURR, J. W.; APPELT J. V.; BORTOLINI F.; HAUBERT, F. Predição da composição química de bermudas

(*Cynodon* spp.) pela espectroscopia de reflectância no infravermelho proximal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33:838, 2004.

GENTIL, R. S.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-deaçúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, n.1, p.63-69, 2007.

GOUVEIA C. S. S. **Avaliação de Recursos Genéticos Agrícolas: Análise nutricional e anti-nutricional de variedades regionais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Aplicada). 2011. 107 f. Universidade da Madeira. Funchal - Portugal, 2011.

GUIMARÃES JR. R.; GONÇALVES, L. C.; PEREIRA, L. G. R. et al. Balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com silagens de três genótipos de milho [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.]. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007. (CD-ROM).

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002. 140p.

LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; PEREIRA, L. G. R.. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.45, n.9, p.1012-1020. 2010.

MACEDO, J. L. G.; SOUZA, F. L.; GODOI, N. F.; PEREZ, O. R. J.; FRANÇA, M. P.; ALMEIDA, V. R. T.; PAULA, J. O.; ASSIS, M. R. Consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovelhas alimentadas com diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, n.1, p. 33-40, jan./mar. 2012.

MACHADO, C. L.; GERALDO, A. **Nutrição Animal Fácil**. Bambuí: Edição do autor, 2011. p.55-59.

MEINERZ, R. G.; OLIVO, J. C.; FONTANELI, S. R.; AGNOLIN, A. C.; FONTANELI, S. R.; HORST, T.; VIÉGAS, J.; BEM, M. C. Valor nutritivo da forragem de genótipos de cereais de inverno de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1173-1180, 2011.

MERCHEN, N. R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In. D.C CHURCH (Ed.) **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988. P.172-201.

MORENO, B. M. G.; SOBRINHO, S. G. A.; LEÃO, G. A.; LOUREIRO, B. M. C.; PEREZ, L. H., ROSSI, C. R. Desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de açúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.853-860, 2010.

MORGADO, S. E.; EZEQUIEL, B. M. J; GALZERANO, L.; SANTOS, C. V. Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com alto teor de amido ou fibra solúvel em detergente neutro associados ao óleo de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 457-466, jan./fev. 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminant**. Washington: National Academy, 2007. 362 p.

NETO, M. M. G.; SIMEONE, M. L. F.; GUIMARÃES, C. C.; VASCONCELOS, F. V.; UBA, M. A. **Predição de proteína, matéria seca e fósforo em grãos de milho pela espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo**. Boletim Pesquisa e Desenvolvimento, p.18, Sete Lagoas, Minas Gerais, 2009.

PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K.; DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. **Journal of Animal Science**, v.87, p.653-657, 2009.

PIRES, F. F.; PRATES, R. E. Uso da Técnica da Espectrofotometria de Refletância no Infravermelho Proximal (NIRS) na Predição da Composição Química da Alfafa (*Medicago sativa*, L.). **Revista Brasileira Zootecnia** v.27, n.6, p.1076-1081, 1998.

PREVOLNIK M.; CANDEK-POTOCAR M.; SKORJANC D. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality: A review. **Journal Animal Science** 2004; 49 (11): 500–510.

RODRIGUEZ, I. R.; MILLER, G. L. Using near infrared reflectance spectroscopy to schedule nitrogen. **Agronomy Journal**, v.92, p.423-427, 2000.

SAS - Statistical Analysis Systems Institute, 2002. **SAS users guide**: Statistics Version 2002. SAS, Cary, N.C.

SCHRÖDER, A; SÜDEKUM, K. H. **Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants**. 10 international rapeseed congress, Canberra/Austrália, 1999.

SELLERS, R. S. Glicerol as a feed ingredient, official definition(s) and approvals. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 1, p. 392, Jan. 2008. Abstract

SHENK, J. S., WESTERHAUS, M. O. **The application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage analysis**. p.406-449. In: FAHEY JR., G.C.: Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, Wisconsin, USA. 1994.

SIESLER, H. W.; OZAKI Y.; KAWATA S.; HEISE H.M. **Near-Infrared Spectroscopy - Principles, Instruments, Applications**. WILEY-VCH Press, 1st ed., 2002.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165p.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos da nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.

SNIFFEN, C. J.; ROBINSON, P.H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. **Journal of Dairy Science**, v. 70, n. 2, p. 425-441, 1987.

STERN, P.; VARGA, G. A.; CLARK, J. H.; FIRKINS, J. L.; HUBER, J. T.; PALMIQUIST, D. L. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 9, p. 2762-2786, 1994.

VAN KEMPEN, T.A.T.G.; JACKSON, D. **NIRS may provide rapid evaluation of amino acids**. *Feedstuffs*, v.68, p.12-15, 1996.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON J. P; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p.3583- 3597, 1991.

WANG, C.; LIU, Q.; HUO, W. J.; YANG, W. Z.; DONG, K. H.; HUANG, Y. X.; GUO, G. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. **Livestock Science**. v. 121, p. 15– 20, 2009.

WORKMAN J.; WEYER L. **Practical guide to interpretive near-infrared spectroscopy**. 1nd ed. 344p. CRC Press, 2007.

9. IMPLICAÇÕES

O NIRS não prevê e nem formula o resultado sozinho, ele depende de sólidas relações matemáticas entre os espectros gerados e os parâmetros de interesse do usuário.

O aparelho NIRS deve ser constantemente ligado (mínimo 1 vez por semana), os testes de diagnóstico devem ser realizados sempre antes do início dos trabalhos diários com o equipamento. Antes de realizar os testes de diagnóstico, a lâmpada do aparelho deve ser ligada por no mínimo 40 minutos. Estes testes são importantes, pois eles ajudam a determinar as condições físicas do equipamento, como problema de ruído eletrônico, a exatidão e a precisão dos detetores.

Manter sempre muito bem limpas as cubetas onde as amostras são colocadas, pois qualquer risco ou mancha no vidro das cubetas pode apresentar interferência na leitura do aparelho. Quando realizar a leitura com amostras líquidas, sempre verificar se a tampa da cubeta está bem fechada, para evitar vazamento da amostra, que além de prejudicar a leitura pode danificar o aparelho.

Quanto maior for o número de amostras utilizadas para a calibração do aparelho, melhor será a confiabilidade de seus resultados.

A manutenção do aparelho deve ser realizada no mínimo 1 vez ao ano, para verificar se a leitura está devidamente calibrada e a lâmpada está funcionando adequadamente.