

Suinoicultura

INDUSTRIAL.COM.BR

ISSN 2177-4930

Nº 04|2022 | Ano 44 | Edição 307 | R\$ 26,00

Gessulic
AGROMÍDIA
REFERÊNCIA E INOVAÇÃO



Bem-estar animal leva a um menor uso de antimicrobianos

Com práticas que reduzem o estresse dos suínos nas granjas, é possível minimizar impactos negativos sobre o sistema imune, reduzindo a ação de agentes patogênicos



ESTUDOS DA EMBRAPA

Equações de predição da energia metabolizável *in vitro* do milho para alimentação de suínos



COLOSTRO

Falha na Transferência de Imunidade Passiva da porca aos leitões causa imunodeficiência

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL *IN VITRO* DO MILHO PARA SUÍNOS

Existe uma demanda por tecnologias que possam determinar o valor nutricional do milho e que sejam praticáveis nos programas de controle de qualidade da indústria de rações, a fim de aumentar a confiabilidade dos valores de energia metabolizável

Por Jardel Andrei Müller¹, Fernando de Castro Tavernari², Herbert Rech³, Francisco Noé da Fonseca², João Marini², Terezinha Marisa Bertol², Arlei Coldebella², Jorge Vitor Ludke²

As vantagens obtidas por meio da inclusão do milho na alimentação animal já são bem conhecidas, sendo uma fonte de carboidratos com baixo nível de fibras e polissacarídeos não amiláceos solúveis (ODJO *et al.*, 2015), fornece óleos poli-insaturados e ácidos graxos essenciais, como o ácido linoléico, e também corresponde a uma interessante fonte de aminoácidos sulfurados, como a cisteína e a metionina, e apesar de apresentar baixo teor proteico, sua alta inclusão na ração determina uma parcela significativa da proteína que é ingerida pelo animal diariamente (LOY; LUNDY, 2019). Inclusão essa que também determina grande parte do custo alimentar, aumentando a necessidade das estratégias para manutenção da qualidade das dietas e para redução dos custos de produção (VALADARES *et al.*, 2016). O conhecimento do valor nutricional das matérias-primas disponíveis para a formulação da ração é uma das etapas mais importantes da nutrição animal. A partir dessas informações são realizados os ajustes para corrigir o déficit nutricional, que somente pela inclusão dos macroingredientes, como o milho e o farelo de soja, não seria possível atender. Atualmente, os valores da composição nutricional média do milho e de sua digestibilidade são uma ferramentas importantes para os trabalhos com nutrição. Contudo, devemos ter

muito cuidado com os valores que serão assumidos na matriz nutricional da fórmula de uma ração, pois enfrentamos uma grande variabilidade nutricional dos diferentes milhos que chegam até a unidade de fabricação de ração. Este fator que dificulta a realização de ajustes precisos pelo nutricionista o que muitas vezes resulta em perdas zootécnicas significativas na produção animal. Essa variabilidade é resultante de vários fatores que influenciam a qualidade da matéria-prima, como a genética do cultivar, as práticas agrônômicas, o clima, o tratamento pós-colheita e o processamento da matéria prima (HENZ *et al.*, 2013; ODJO *et al.*, 2015). Assim, as fábricas de rações são dependentes da avaliação nutricional das matérias-primas para melhorar a qualidade das rações (HENZ *et al.*, 2013), por meio dos ajustes nutricionais mais precisos, controlando gastos com aditivos, óleos e aminoácidos e que são necessários para corrigir o déficit nutricional (MALLMANN *et al.*, 2019). Dentro dos estudos com as matérias-primas, após a etapa de análises físico-químicas em laboratório e de controle de qualidade, há a demanda das informações de digestibilidade e metabolismo desses alimentos, que

Tabela 01. Composição Química, Diâmetro Geométrico Médio, Energia Digestível e Metabolizável *in vivo* de 6 amostras de milho

Variável	Origem do milho						Média e Desvio Padrão
	A	B	C	D	E	F	
MS, %	88,80	90,32	88,82	88,86	88,30	88,16	88,88 ± 0,77
MO, %	86,94	87,15	86,97	87,03	86,96	86,97	87,00 ± 0,08
MM, %	1,06	0,85	1,03	0,97	1,04	1,03	1,00 ± 0,08
PB, %	7,84	7,33	8,22	7,99	8,37	8,75	8,08 ± 0,49
EB, kcal/kg	3938	3926	3990	3940	3959	4105	3976 ± 66,88
EE, %	3,53	3,53	4,22	3,56	3,66	4,14	3,77 ± 0,32
FB, %	1,45	1,47	1,22	1,50	1,53	1,50	1,45 ± 0,11
FDA, %	2,21	1,96	2,04	2,44	1,99	2,2	2,14 ± 0,18
FDN, %	8,87	8,12	8,13	8,92	8,32	8,83	8,53 ± 0,38
ANR, %	62,9	64,99	60,19	64,39	59,43	60,51	62,07 ± 2,35
AR, %	1,52	1,13	0,98	1,22	1,57	2,56	1,50 ± 0,57
AT, %	64,42	66,12	61,19	65,6	61	63,06	63,57 ± 2,19
DN, g/L	711	782	722	749	772	774	752 ± 29,57
DGM, µm	687	621	583	670	722	803	681 ± 77,36
ED, kcal/kg	3291	3394	3468	3318	3448	3563	3414 ± 101,01
EMAn, kcal/kg	3180	3289	3345	3189	3325	3460	3298 ± 104,95

MS= Matéria Seca; MO= Matéria Orgânica; MM= Matéria Mineral; PB= Proteína Bruta; EB= Energia Bruta; EE= Extrato Etéreo; FB= Fibra Bruta; FDA= Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; FDN= Fibra insolúvel em Detergente Neutro; ANR= Amido Não Resistente; AR= Amido Resistente; AT= Amido Total; DN= Densidade; DGM= Diâmetro Geométrico Médio; ED= Energia Digestível; EMAn= Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio

expõem o valor nutricional/aproveitamento dos componentes pelo animal. Essas informações são indispensáveis para melhorar a precisão das fórmulas de ração (SHURSON *et al.*, 2021) e também para melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes, com menor eliminação destes no ambiente e minimizando custo ambiental da atividade (LEE *et al.*, 2017). Entre as informações relevantes, a energia metabolizável é a mais importante, e que normalmente é a primeira informação considerada no momento de formular uma ração. O protocolo padrão para determinar a energia metabolizável consiste em realizar ensaios biológicos/*in vivo*, que envolvem número significativo de animais, utilizar período experimental que leva semanas para execução e realizar análises laboratoriais do alimento, das fezes e da urina para determinação dos valores digestíveis. Além disso, a realização desse tipo de experimento exige disponibilidade de instalações adequadas, equipamentos, mão de obra especializada e investimentos significativos. Desta forma, as metodologias padrões são caras e demoradas para serem aplicadas rotineiramente em programas de controle de

qualidade da indústria, que, por sua vez demanda dessas informações em tempo real para melhorar a tomada de decisão. Além disso, a grande tendência da redução do uso dos animais em experimentação traz a necessidade de se identificar alternativas que possam fornecer uma mesma informação sem o uso dos animais.

Nesse sentido, existem as metodologias de digestibilidade *in vitro*, que buscam simular as condições de digestão enzimáticas do trato digestório dos animais. São metodologias que possibilitam obter resultados em menor tempo, com menor custo e não utilizam animais, contudo, ainda não temos disponível uma metodologia *in vitro* padrão que possa ser aplicada em diferentes sistemas de produção e que seja altamente correlacionada com a digestibilidade *in vivo*. Isso se deve ao fato de o processo de digestão no animal ser complexo, e influenciado por fatores relacionados ao animal, ambiente de criação, condição sanitária, e também pelas condições referentes à secreção de enzimas ao longo do trato digestório, atividade microbiana, atividade mecânica do trato, e entre outros fatores que influenciam na

Tabela 02. Variáveis determinadas na digestibilidade *in vitro* (na matéria seca)

Variável	Origem do milho					
	A	B	C	D	E	F
DIGIVMS, % ¹	61	67	66	56	59	51
DIGIVMO, % ¹	55	59	59	53	48	41
EDIV, kcal/kg ¹	2155	2431	2460	1941	2124	1818
CDIVEB, % ¹	55	62	62	49	54	44
DIGIVMS, % ²	81	80	84	80	83	80
DIGIVMO, % ²	83	82	85	82	83	82
EDIV, kcal/kg ²	3093	3066	3257	3067	3130	3218
CDIVEB, % ²	79	78	82	78	79	78

DIGIVMS= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DIGIVMO= Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica; EDIV= Energia digestível *in vitro* CDIVEB= Coeficientes de digestibilidade *in vitro* da energia bruta; ¹Milho de Granulometria Grossa (MGG) (peneira de 3,5 mm); ²Milho de Granulometria Fina (MGF) (<1mm)

Tabela 03. Estatísticas descritivas da composição e digestibilidade *in vitro* das seis amostras de milho

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
DIGIVMS, % ¹	60,17	6,22	50,66	67,09
DIGIVMO, % ¹	52,74	6,90	41,22	59,44
DIGIVPB, % ¹	36,05	4,38	31,07	41,69
EDIV, kcal/kg ¹	2154,96	256,52	1818,36	2460,21
CDIVEB, % ¹	54,25	6,90	44,30	61,91
DIGIVMS, % ²	81,21	1,78	79,59	84,12
DIGIVMO, % ²	82,78	1,21	81,50	84,81
DIGIVPB, % ²	54,83	2,63	52,65	60,01
EDIV, kcal/kg ²	3138,32	81,04	3066,41	3256,54
CDIVEB, % ²	78,92	1,38	77,83	81,62
Amido Total, %	63,57	2,19	61,00	66,12
Amido Resistente, %	1,50	0,57	0,98	2,56
Amido Não Resistente, %	62,07	2,35	59,43	64,99

DIGIVMS= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DIGIVMO= Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica; EDIV= Energia digestível *in vitro* CDIVEB= Coeficientes de digestibilidade *in vitro* da energia bruta; ¹Milho de Granulometria Grossa (MGG) (peneira de 3,5 mm); ²Milho de Granulometria Fina (MGF) (<1mm)

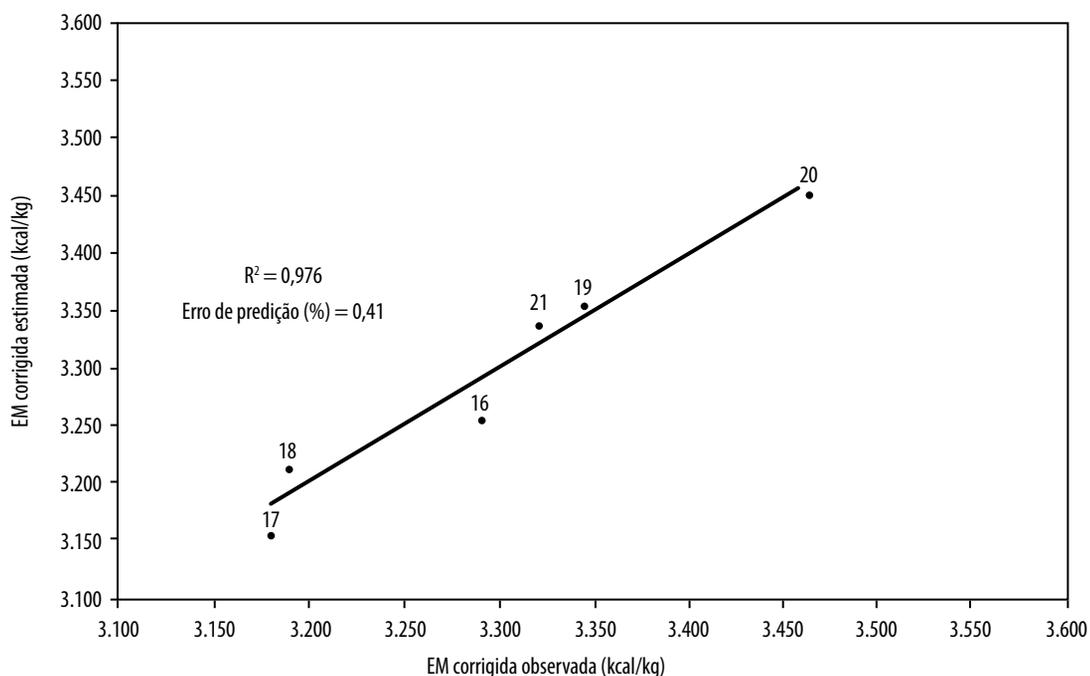
digestão do alimento. Em geral, as metodologias *in vitro* são mais rápidas, com menor custo e interferência dos fatores individuais dos animais, possuem boa reprodutibilidade e podem ser eficazes para triagem de matérias-primas (EGGER *et al.*, 2017). Outra forma de determinar informações digestíveis é por meio das equações de predição, que podem estimar a energia metabolizável de forma indireta, a partir das informações físico-químicas do próprio alimento e que servem para ajustar as equações, possibilitando

minimizar o efeito da variabilidade nutricional dos alimentos e melhorar a matriz dos alimentos que irão compor a fórmula da ração, além de maximizar a utilidade das informações laboratoriais (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Adicionalmente, as alternativas acima podem contribuir para os princípios dos 3Rs (*Reduction, Refinement and Replacement*), reduzindo a dependência do uso de animais em experimentação para a obtenção de uma mesma informação (CAMPOS *et al.*, 2016). Apesar dessas alternativas, muitos esforços devem ser direcionados a fim de adquirir uma alta correlação entre essas diferentes alternativas e que possa ser aplicada em distintas realidades de produção e que contribua para os trabalhos com nutrição de precisão.

Diante do exposto, podemos observar que existe uma demanda

por tecnologias que possam determinar o valor nutricional do milho, com precisão e em menor tempo, e que sejam praticáveis nos programas de controle de qualidade da indústria de rações, a fim de aumentar a confiabilidade dos valores de energia metabolizável que serão assumidos na matriz nutricional e melhorar o resultado produtivo da atividade. Assim, a Embrapa Suínos e Aves, em parceria com a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC-CEO), vem desenvolvendo estudos com tecnologias voltadas para

Figura 01. Predição da energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio para suínos observada no modelo 12



Linha cheia representa o valor obtido e os pontos representam os valores estimados. Identificação dos lotes de milho: 16: B; 17: A; 18: D; 19: C; 20: F; 21: E

a melhoria da eficiência de uso do milho destinado para a alimentação de suínos, por meio do desenvolvimento de equações de predição da energia metabolizável baseadas em resultados obtidos com a digestibilidade *in vitro*.

ESTUDOS NA EMBRAPA SUÍNOS E AVES

O estudo foi desenvolvido na Embrapa Suínos e Aves de Concórdia (SC) e foram utilizados seis diferentes lotes de milho. Após a determinação da composição físico-química dos lotes de milho, cada lote foi moído em moinho martelo com uma peneira de 3,5 mm de diâmetro de abertura e posteriormente foram submetidos ao ensaio *in vivo* com suínos, por meio do método tradicional com coleta total de fezes e urina, para determinar a Energia Digestível (ED) e a Energia Metabolizável Aparente corrigida para o balanço de nitrogênio EM_{An}. Na sequência os lotes de milho foram submetidos ao ensaio de digestibilidade *in vitro* e foram utilizados os mesmos seis lotes de milho, moídos em moinho martelo com peneira de 3,5 mm de diâmetro de abertura (Milho de Granulometria Grossa - MGG), e também moídos no laboratório com a granulometria padrão para análises laboratoriais (< 1mm)

(Milho com Granulometria Fina - MGF). Essas amostras foram utilizadas para determinar a Digestibilidade *In vitro* da Matéria Orgânica (DIVMO), Digestibilidade *In vitro* da Matéria Seca (DIVMS), Digestibilidade *In vitro* da Energia (EDIV) e o Coeficiente de Digestibilidade *In vitro* da Energia Bruta (CDIVEB), por meio da metodologia de digestibilidade total de três etapas de (BOISEN; FERNÁNDEZ, 1997), originalmente utilizado para gerar a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica e que simula a digestão enzimática do estômago, intestino delgado e intestino grosso. O ensaio consistiu em submeter as amostras a digestão enzimática por pepsina durante duas horas, por pancreatina durante quatro horas e por último em um complexo enzimático com carboidrases durante 18 horas. Em cada uma dessas etapas foi ajustado o pH de acordo a porção do trato digestório que estava sendo simulada a digestão e que corresponderam aos pHs 2,0, 6,8 e 4,8, respectivamente. Além disso, durante todo o processo de digestão, as amostras foram mantidas em uma incubadora e em agitação constante a 39°C. A etapa final consistiu em filtrar as amostras, coletar o resíduo contido no filtro e encaminhar ao laboratório para as análises de MS e EB.

Tabela 04. Modelos testados, estimativas dos parâmetros e respectivos critérios de informação de Akaike (AIC), coeficientes de determinação (R²) e erros de predição da energia metabolizável para suínos

Modelo	AIC	R ²	Erro de predição (kcal/kg)	Erro de predição (%)
1. $\hat{y} = 3298,0$	75,8	-	78,6	2,38
2. $\hat{y} = 3431,0 - 0,0617 \times EDIV_{MGG}$	77,7	0,023	80,2	2,43
3. $\hat{y} = 227,2 + 0,9785 \times EDIV_{MGF}$	72,7	0,569	60,4	1,83
4. $\hat{y} = 4910,7 - 25,37 \times AT$	75,8	0,279	68,6	2,07
5. $\hat{y} = 3129,4 + 112,51 \times AR$	75,0	0,367	66,3	2,03
6. $\hat{y} = 5075,2 - 28,63 \times ANR$	74,6	0,408	64,3	1,94
7. $\hat{y} = 3627,6 - 5,478 \times CDIVMS_{MGG}$	77,1	0,105	80,6	2,45
8. $\hat{y} = 2822,4 + 5,856 \times CDIVMS_{MGF}$	77,7	0,010	73,3	2,22
9. $\hat{y} = \{580,9 + 0,3747 \times EDIV_{MGG}, se x \leq 468,83$ $1359,5 - 1,661 \times DGM + 0,3747 \times EDIV_{MGG}, se x > 468,83$	76,9	0,383	60,4	1,83
10. $\hat{y} = \{-218,45 + 0,9387 \times EDIV_{MGF}, se x \leq 468,83$ $14,09 - 0,496 \cdot x + 0,9387 \times EDIV_{MGF}, se x > 468,83$	72,5	0,702	43,4	1,33
11. $\hat{y} = \{333,2 + 0,320 \times EDIV_{MGG} + 0,989 \times DN, se x \leq 450,23$ $943,3 - 1,355 \cdot x + 0,320 \times EDIV_{MGG} + 0,989 \times DN, se x > 450,23$	78,3	0,443	64,6	1,95
12. $\hat{y} = \{-1889,4 + 1,091 \times EDIV_{MGF} + 2,085 \times DN, se x \leq 450,23$ $-1811,4 - 0,173 \times DGM + 1,091 \times EDIV_{MGF} + 2,085 \times DN, se x > 450,23$	59,4	0,976	13,3	0,41

\hat{y} = valor estimado da energia metabolizável corrigida para nitrogênio (kcal/kg); EDIV_MGF= Energia digestível *in vitro* do milho de granulometria fina (kcal/kg); EDIV_MGG= Energia digestível *in vitro* do milho de granulometria grossa (kcal/kg); AT= Amido total (%); AR= Amido resistente (%); ANR= Amido não resistente (%); DIGIVMS_MGG= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca do milho de granulometria grossa (%); DIGIVMS_MGF= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca do milho de granulometria fina (%); DGM= Diâmetro Geométrico Médio (µm); DN= Densidade (g/L)

Para a modelagem das equações de predição da energia metabolizável foram utilizadas as informações de um banco de dados de digestibilidade do milho com suínos, desenvolvidos na Embrapa Suínos e Aves, em conjunto com as avaliações dos seis lotes de milho do presente estudo. A partir desse conjunto de dados foram ajustados mais de 300 modelos, entre lineares e não-lineares, visando estimar a energia metabolizável do milho para suínos, considerando diversas combinações de variáveis físico-químicas, entre elas a EB, densidade, DGM, amido e também a EDIV. Para a análise estatística foram adotados os procedimentos GENMOD e NLMIXED do software SAS (2008). A escolha dos melhores modelos para prever a energia metabolizável foi baseada no Critério de Informação de Akaike (AIC) e para os modelos escolhidos foram calculados os coeficientes de determinação e os erros de predição (absoluto e relativo). Na Tabela 01, podemos observar os resultados das análises físico-químicas e de digestibilidade *in vivo* dos lotes de milho. Por meio dos parâmetros determinados, é possível

observar as variações consideráveis que uma pequena quantidade de amostras pode apresentar e o seu efeito sobre a ED e a EMAn, demonstrando a importância de se tratar com cautela os valores nutricionais que serão assumidos na matriz de alimentos utilizada para formular uma ração. As diferenças observadas demonstram que tratar todos os milhos da mesma forma pode implicar em importantes diferenças no valor nutricional da ração. Este procedimento é incompatível com os princípios de nutrição de precisão, aumentando as chances de ocorrer desbalanço nutricional, perda de desempenho e afetando o resultado econômico da atividade. Embora as diferenças encontradas para a ED e EMAn entre os lotes de milho do nosso estudo pareçam pequenas, 272 e 280 kcal/kg, respectivamente, no momento de incluir determinado milho na formulação, o seu valor nutricional já implicaria na necessidade de ajustes para corrigir o déficit energético. Na Tabela 02 estão apresentados os resultados do ensaio de digestibilidade *in vitro* do MGG e do MGF. Foi observado

que mesmo no grupo de amostras do MGG, a diferença do DGM entre os lotes de milho pareceu ter efeito sobre a digestibilidade, na qual as amostras com menor DGM tenderam a apresentar maior digestibilidade. Contudo, quando as amostras foram moídas para compor o MGF e foram submetidas a digestibilidade *in vitro*, essa diferença foi minimizada. A diferença entre a digestibilidade média dos lotes de milho com granulometria grossa e fina pode ser observada na Tabela 03. A utilização da granulometria fina promoveu aumento de 21,04% da DIGIVMS, 30,04% da DIGIVMO, 18,78% da DIGIVPB e, além disso, o CDIVEB aumentou em 24,67%, correspondendo a 983,36 kcal/kg de EDIV. Ainda, a média dos valores da EMAn *in vivo* dos seis lotes de milho foi de 3298 kcal/kg, que diferiu em 159,68 kcal/kg do valor médio da EDIV do MGF, que foi de 3138,32 kcal/kg. A diferença obtida no ensaio para determinar a digestibilidade dos milhos com granulometria grossa e fina foi um resultado previsível, considerando o efeito que o tamanho das partículas tem sobre a digestibilidade, em que ao aumentar a superfície de contato das partículas do milho, por meio da moagem mais fina dos grãos, a área de superfície disponível para a ação enzimática é maior e por isso a degradação torna-se mais eficiente. Esse efeito foi semelhante ao relatado por Bao *et al.* (2016), que verificaram aumento da digestibilidade *in vitro* da MS e da PB, com a redução do tamanho da partícula do trigo, na qual avaliaram seis níveis de granulometria, que corresponderam a 670, 580, 470, 450, 430, e 330 μm . Além disso, no ensaio de digestibilidade *in vitro* não há a simulação da digestão mecânica que ocorre no trato digestório dos animais e por isso que o uso de uma granulometria muito grossa irá promover valores de digestibilidade menores e que ficam muito distantes da digestibilidade *in vitro* do MGF e *in vivo* com suínos. Assim, o uso da granulometria fina ($< 1\text{mm}$), que é um padrão para análises laboratoriais, é uma forma satisfatória para realizar o protocolo de digestibilidade *in vitro*, promovendo resultados de EDIV comparáveis a EMAn *in vivo*, e que também é o tamanho de partícula preconizado pelos autores da metodologia *in vitro* testada. A simulação completa do complexo processo de digestão *in vivo* é difícil, por isso a validação com ensaios *in vivo* é necessária para comprovar a possibilidade de uso de determinada metodologia *in vitro*, e com isso atender a demanda por meios que possibilitem a determinação em tempo real da qualidade das matérias-primas, com menor custo, de simples execução e que também atenda as preocupações éticas vigentes com a pesquisa com animais (ZAEFARIAN *et al.*, 2021).

Na Tabela 04 são apresentadas as estimativas dos parâmetros dos melhores modelos que foram gerados para estimar a EMAn dos seis lotes de milho para suínos. A avaliação do ajuste dos modelos permite observar que a inclusão da EDIV do MGF melhorou a predição da EMAn e além disso, qualquer modelo que não contemplou a EDIV do MGF apresentou ajuste com maior erro de predição. Contudo, em algumas equações, quando incorporadas com preditores físico-químicos dos milhos em conjunto com a EDIV, apesar de apresentarem bons resultados, o efeito

INOBRAM

foi contrário ao esperado em ensaios de digestibilidades normais, indicando uma limitação quanto a plausibilidade biológica para algumas variáveis.

Os modelos 2, 4, 5, 6, 7, 8 são modelos que foram compostos por apenas uma variável preditora, as quais foram compostas por respectivamente EDIV do MGG, AT, AR, ANR, CDIVMS do MGG e CDIVMS do MGF. Já os modelos 9 e 11, foram compostos por duas variáveis, a primeira por EDIV do MGF e DGM e a segunda por EDIV do MGF, DN e DGM. Todos esses modelos apresentaram baixos coeficientes de determinação (R^2), média de $R^2=0,287$, e os maiores erros de predição, com valor médio de 69,79 kcal/kg e 2,12%. Curiosamente, os resultados obtidos a partir do uso do AT ou ANR como único preditor não parecem se ajustar bem aos dados e apresentaram valores negativos nas equações, apesar do amido corresponder a principal fonte de energia das rações, correspondendo ao carboidrato que determina mais de 50% da EM_A das rações para animais não ruminantes (SAKOMURA *et al.*, 2014).

O modelo 3, que contemplou a EDIV do MGF como única variável, apresentou bom ajuste e colaborou para reduzir razoavelmente o erro de predição, quando comparado aos modelos citados acima. O valor encontrado para essa variável na equação foi positivo, indicando que quanto maior for a EDIV do MGF, maior será a EM_A estimada. Desta forma, podemos observar que o uso da EDIV do MGG não se ajustou bem aos dados, concordando com a discussão acima, em que o uso da granulometria grossa não promove resultados satisfatórios de digestibilidade *in vitro*, portanto, não colabora para a predição da EM_A. Em contrapartida, o uso da EDIV do MGF foi positivamente correlacionado com a EM_A, em todos os modelos que a utilizaram como variável preditora. Assim, apesar do modelo 3 utilizar apenas a EDIV do MGF como única variável e ter apresentado um coeficiente de determinação moderado, indicou ser uma alternativa para estimar a EM_A. O modelo mostrou-se particularmente interessante para substituir o uso de valores médios, por apresentar razoável erro de predição, de 60,4 kcal/kg, possibilitando minimizar o erro que seria assumido se o nutricionista utiliza, por exemplo, o valor médio de 3368 kcal/kg de EM_A do milho para suínos das tabelas brasileiras para aves e suínos de (ROSTAGNO *et al.*, 2017), que por sua vez teve 70 kcal/kg de diferença em relação a EM_A média encontrada entre os seis lotes de milho do presente estudo, que foi de 3.298 kcal/kg.



Crédito: Aleksandar Bunevski/Shutterstock

O modelo 10 contemplou duas variáveis predictoras, a EDIV do MGF e o DGM, e foi composto por dois segmentos condicionados pelo DGM. Esse modelo apresentou bom ajuste aos dados, apresentando um coeficiente de determinação moderado e teve um menor erro de predição (43,4%), quando comparado ao modelo anterior, com um incremento de 17,00 kcal/kg. A EDIV do MGF teve valor positivo e o modelo apresentou um ponto de quebra a partir do DGM, em que amostras com valores acima de 468,83 μm tendem a reduzir a EM_A.

O modelo com melhor ajuste foi o 12, o qual contemplou três variáveis predictoras, a EDIV do MGF, o DGM e a DN. O modelo apresentou alto coeficiente de determinação ($R^2=0,976$), correspondendo ao maior valor entre todos os modelos testados, e também teve o menor AIC (59,4) e o menor erro de predição (13,3 kcal/kg ou 0,41%), correspondendo a um incremento de 47,1 kcal/kg e 30,1 kcal/kg em relação aos modelos 3 e 10, respectivamente. O valor da EDIV do MGF e da DN foram positivos, indicando que quanto maior forem o valor dessas variáveis, maior será a EM_A estimada, e além disso, o modelo também apresentou um ponto de quebra a partir do DGM da amostra avaliada, em que amostras acima de 450,23 μm , tendem a reduzir a EM_A estimada. Na Figura 01 estão apresentados os valores estimados da EM_A pelo modelo 12, comparados com os valores obtidos no ensaio de metabolismo.

Por quê a biosseguridade é nossa maior aliada nos momentos de crise?



Qual a primeira coisa que cortamos quando queremos **reduzir custos** na granja? Por quê? Qual a lógica que seguimos? Por quê a biosseguridade é nossa **maior aliada** nos momentos de crise?

Quem trabalha na produção animal sabe de onde vem a maior fatia dos **custos** produtivos, a segunda maior, e assim por diante. Em geral, nessa lista estão os gastos com ração, mão-de-obra, energia elétrica, medicamentos, água, insumos, entre tantos outros... certo?

Vamos pensar agora sobre o outro lado: o que traz **faturamento** para a granja? Podemos (a grosso modo) dizer que o faturamento da granja é um cálculo que envolve (entre outras coisas) o número de animais entregues versus o peso vivo desses animais, correto?

Pois bem...

A partir dos resultados dos modelos 10 e 12 é possível observar que a precisão da predição da EM_{AN} foi otimizada quando as equações foram incorporadas pelas variáveis físicas do milho em conjunto com a EDIV do MGF. O efeito da DGM observado nos modelos 10 e 12 colabora com o efeito que o tamanho de partícula tem sobre a digestibilidade dos alimentos para suínos. As partículas menores apresentam maior digestibilidade, pela maior área de superfície disponível para a ação das enzimas digestivas e conseqüentemente maior aproveitamento do alimento. Este efeito foi verificado em ambas as equações, na qual o aumento da DGM tendeu a reduzir a EM_{AN} do milho. Esses achados foram semelhantes aos resultados do estudo de Rojas e Stein (2015), na qual a redução da DGM de 865 para 339 μm promoveu aumento linear da ED e EM do milho para suínos e corroboram com o trabalho de Lancheros, Espinosa e Stein, (2020), que destacam o aumento da digestibilidade da energia por meio da redução do tamanho de partícula. O feito positivo da densidade DN no modelo 12 colabora com os achados de Li *et al.* (1996), no qual os autores relatam que a densidade do milho tem uma relação proporcional à vitreosidade do seu endosperma. Conforme Zanotto *et al.* (2016), a vitreosidade apresenta correlação positiva com a quantidade de amilopectina do milho, que por sua vez apresenta maior valor de energia do que quando comparado a amilose.

Os resultados obtidos em nosso estudo indicam que o uso das equações de predição, compostas por variáveis físico-químicas e pela digestibilidade *in vitro* podem ser uma alternativa para determinar indiretamente os valores de energia metabolizável para suínos. Esses resultados podem contribuir para mais estudos que avaliem o valor energético do milho, possibilitando a substituição dos valores médios encontrados em tabelas, reduzindo a dependência por ensaios de metabolismo para avaliação nutricional do milho e tornando-se uma ferramenta para os programas de controle de qualidade da indústria de rações. Contudo, é importante salientar que esses resultados foram baseados em um número pequeno de amostras. Assim, a partir desses resultados prévios poderemos aumentar nossas unidades experimentais no futuro, a fim de melhorar a acurácia dos nossos dados e os resultados da nossa pesquisa. ³¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC - CEO - Chapecó, SC

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Suínos e Aves - Concórdia, SC

³Seara Alimentos Ltda. e Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, RS



As referências bibliográficas deste artigo podem ser obtidas no site de Suinocultura Industrial por meio do link:

www.suinoculturaindustrial.com.br/digestibilidade307

CONTINUE LENDO ESTE ARTIGO

INSCREVA-SE NA NEWSLETTER
PARA RECEBER NOSSOS POSTS
DIRETO NO SEU E-MAIL!

