

Processamento de ingredientes para leitões

Urbano dos Santos Ruiz

usruiz@usp.br

Novembro de 2021

ESALQ

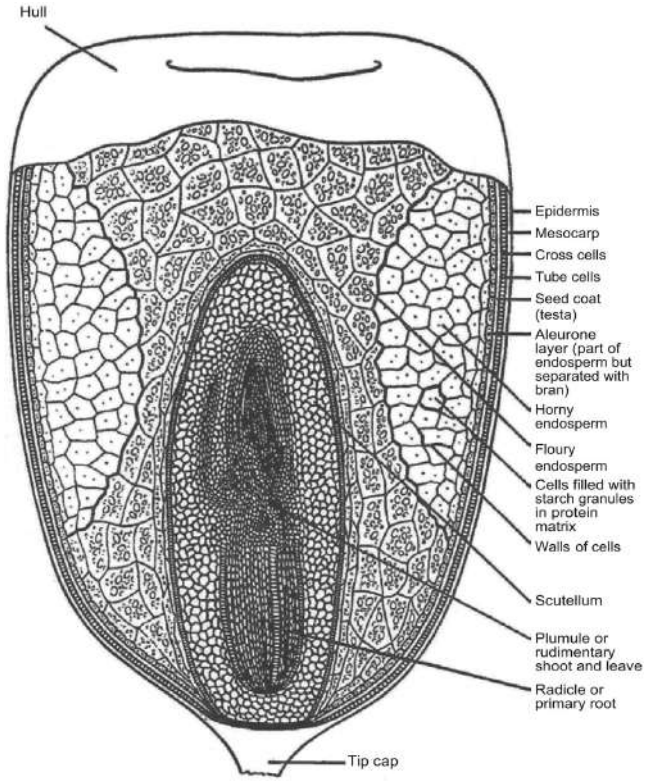
USP

Sumário

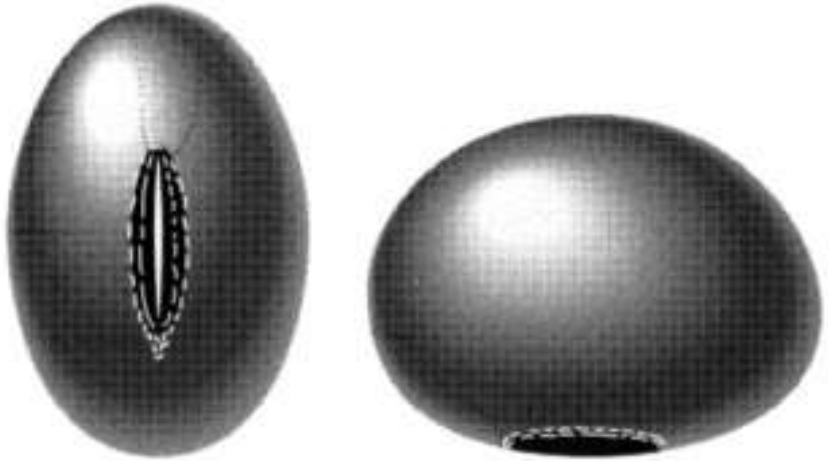
- Ingredientes de origem vegetal
- Importância do processamento de ingredientes
- Processamentos
  - Moagem
  - Peletização
  - Extrusão
- Fatores que afetam os processamentos
- Utilização de ingredientes processados

Ingredientes de origem vegetal para suínos

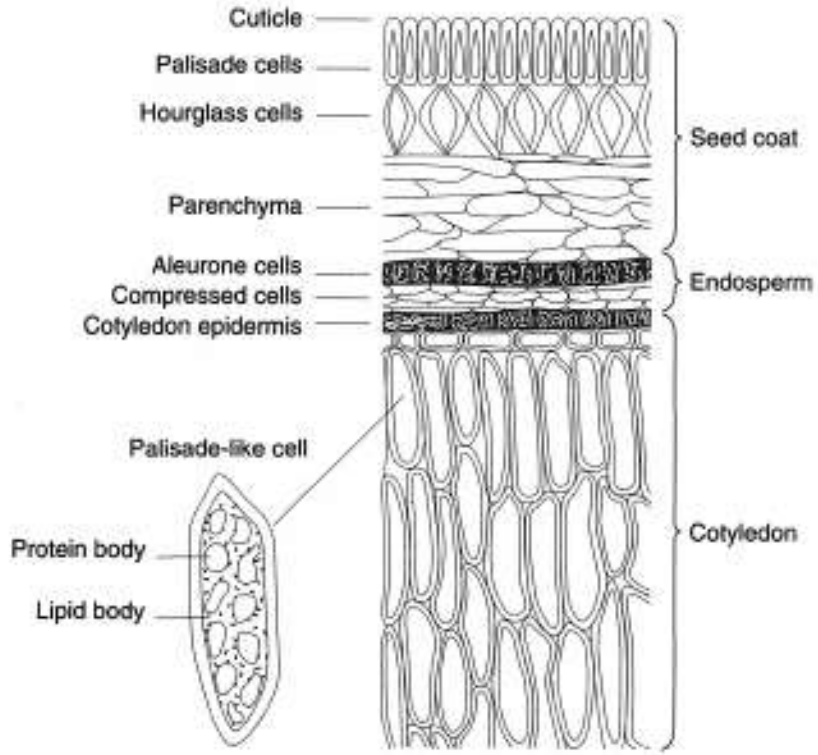
- **Desde 1950 → dietas para suínos criados comercialmente compostas, principalmente, por ingredientes de origem vegetal** (Stein et al., 2016)
- **Valor nutricional dos ingredientes → Teores de EB, AA e P, e suas respectivas digestibilidades**



(Lásztity, 1999)



(Adaptado de Smith e Circle, 1971)



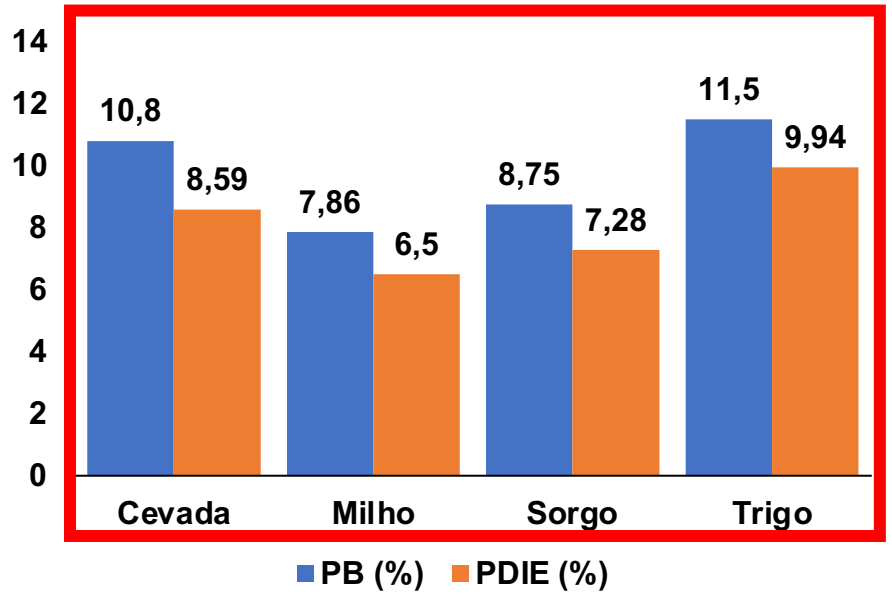
ESALQ

USP

Ingredientes de origem vegetal para suínos

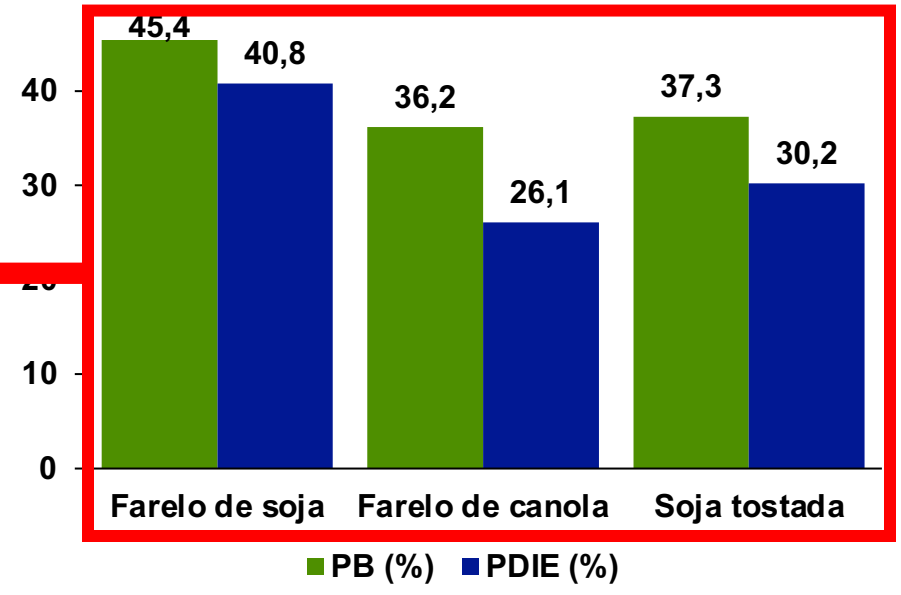
- ⇧ digestão de nutrientes e energia dos alimentos nos suínos
  - ⇩ de custos
  - ⇩ excreção de nutrientes (impactos ambientais)
  - Nutrição de precisão
  - Possível melhora no desempenho zootécnico
  - Possíveis efeitos sobre saúde intestinal

PB, proteína digestível ileal estandardizada (PDIE), EB e ED de cereais e fontes proteicas em suínos (Rostagno et al., 2017)

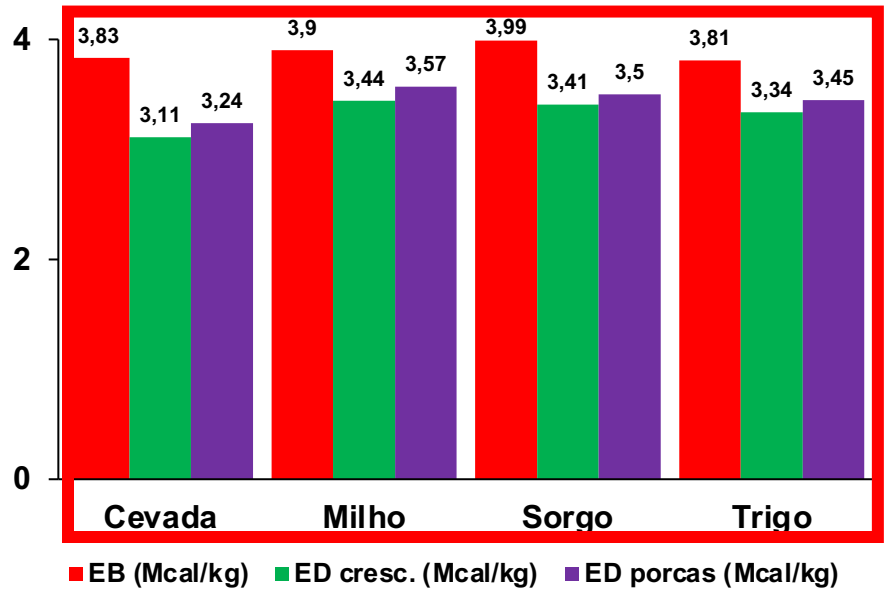


80 a 86%

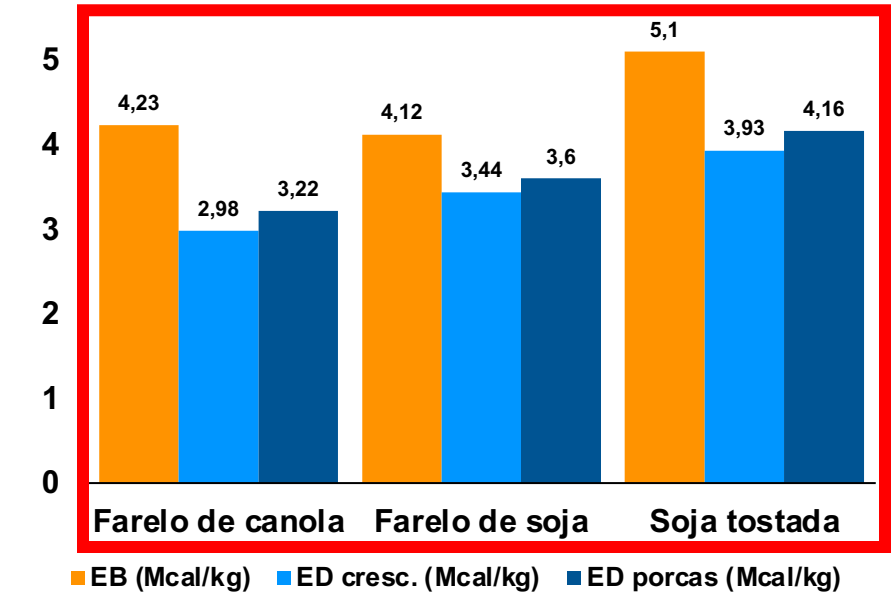
72 a 90%



Suínos cresc.:
80 a 88%
Porcas:
85 a 92%

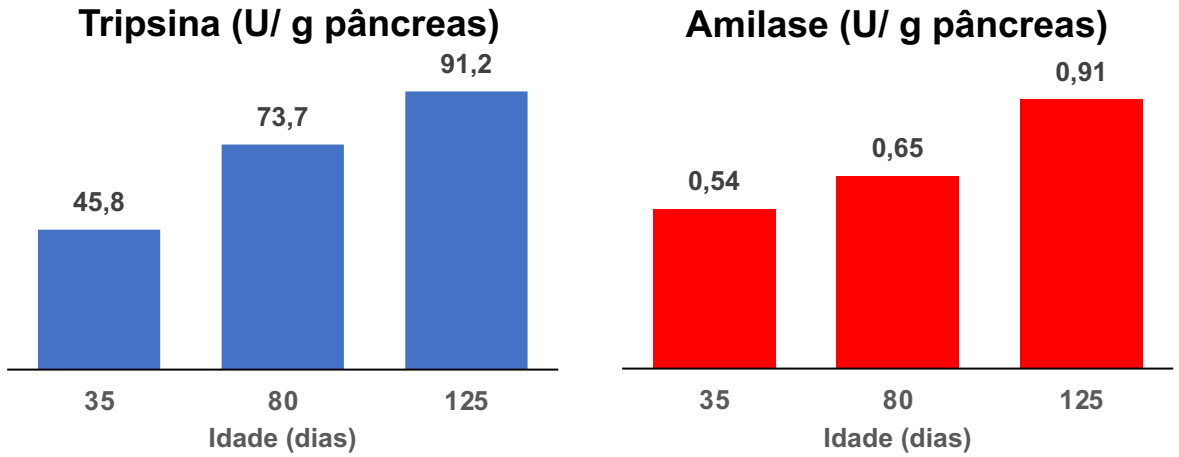


Suínos cresc.:
70 a 84%
Porcas:
76 a 87%

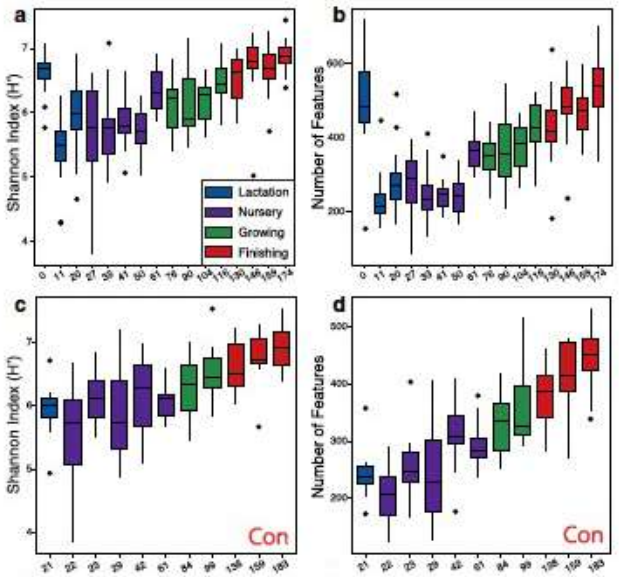


Ingredientes de origem vegetal para suínos

- **Capacidade dos suínos em digerir alimentos aumenta com a idade** (Noblet e Shi, 1994; Miranda et al., 2011)
  - ⇧ **atividades de enzimas endógenas**
  - ⇧ **diversidade e riqueza de microrganismos no TGI**
  - ⇧ **tempo de retenção digesta: 12 horas em leitões jovens para até 81 horas em porcas** (Le Goff et al., 2002; Silva Jr., 2016)



Atividades de tripsina e amilase de suínos com 35, 80 e 125 dias de vida (Adaptado de Miao et al., 2008).



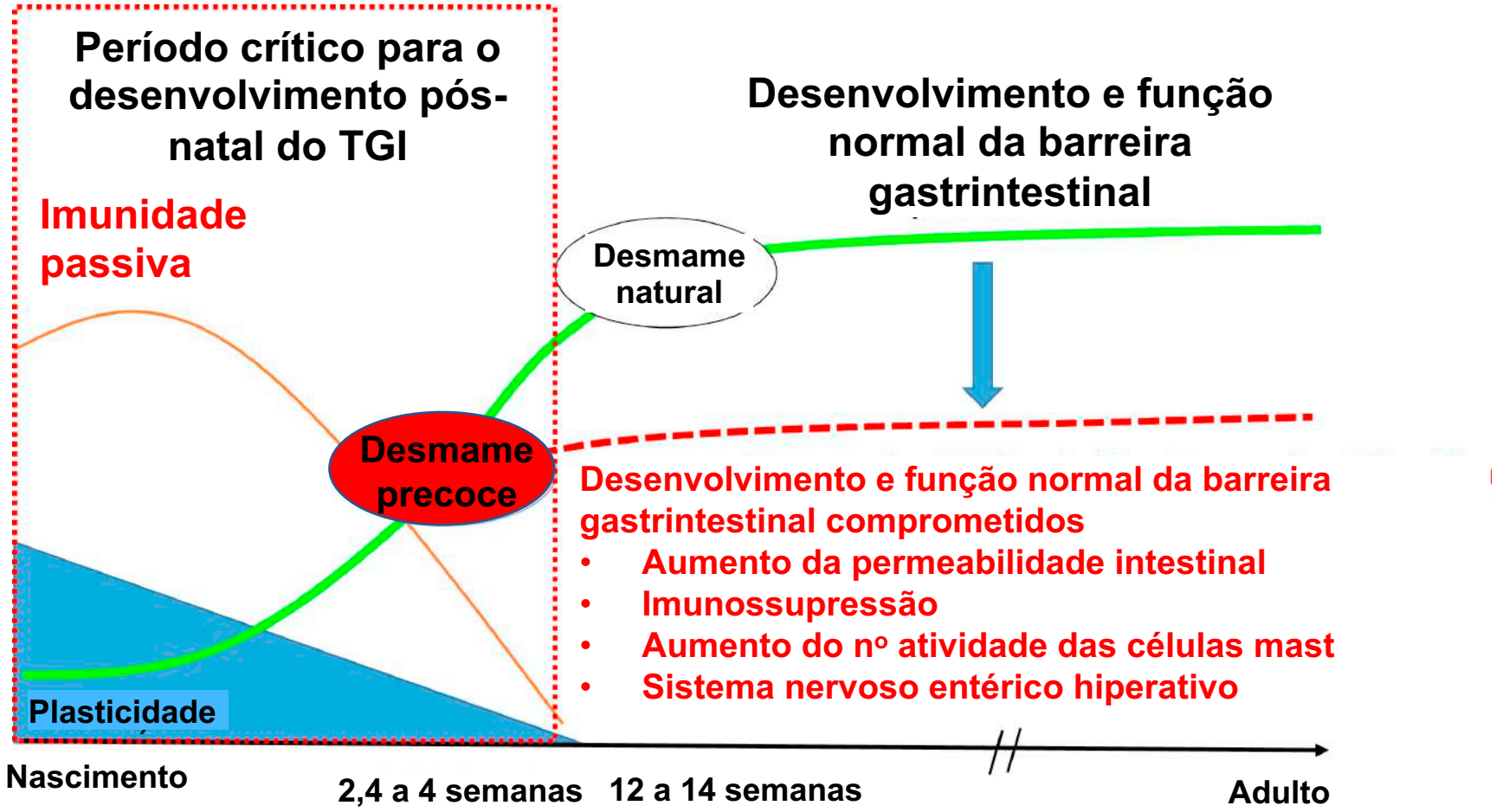
Mudanças longitudinais na diversidade (a, c) e riqueza (b, d) do microbioma do TGI suíno do nascimento à idade de abate (Adaptado de Wang et al., 2019)

ESALQ

USP

Desmame

- **Desmame: estresse multifatorial**
  - **Separação da mãe**
  - **Mistura com outros animais**
  - **Mudança na alimentação (leite vs dieta sólida)**



(Moeser et al., 2017)

Desmame

- **Utilização de antibióticos em doses subterapêuticas nas rações**
  - Resistência microbiana
  - Demandas dos consumidores
  - Proibição de uso na União Europeia em 2006 e restrição de uso no Brasil e América do Norte

- Recente proibição de ZnO em doses supranutricionais

- Soluções / estratégias
  - Manejo sanitário
  - Mudanças na alimentação ⇨ PROCESSAMENTO INGREDIENTES/DIETAS

Moagem

- ⇩ tamanho de partícula (diâmetro geométrico médio - DGM) dos ingredientes
  - ⇧ nº de partículas e área de superfície de um alimento em relação ao seu vol./massa
    - ⇧ contato das enzimas digestivas com as partículas do alimento/ração
    - ⇧ digestibilidade ileal carboidratos (amido), proteínas e lipídios
    - Quebra da matriz das fibras e ⇩ comprimento das fibras: ⇧ solubilidade das fibras e ⇩ encapsulamento de nutrientes
  - Facilitar mistura de ingredientes de uma dieta (homogeneização do DGM dos diferentes ingredientes), transporte, peletização, extrusão

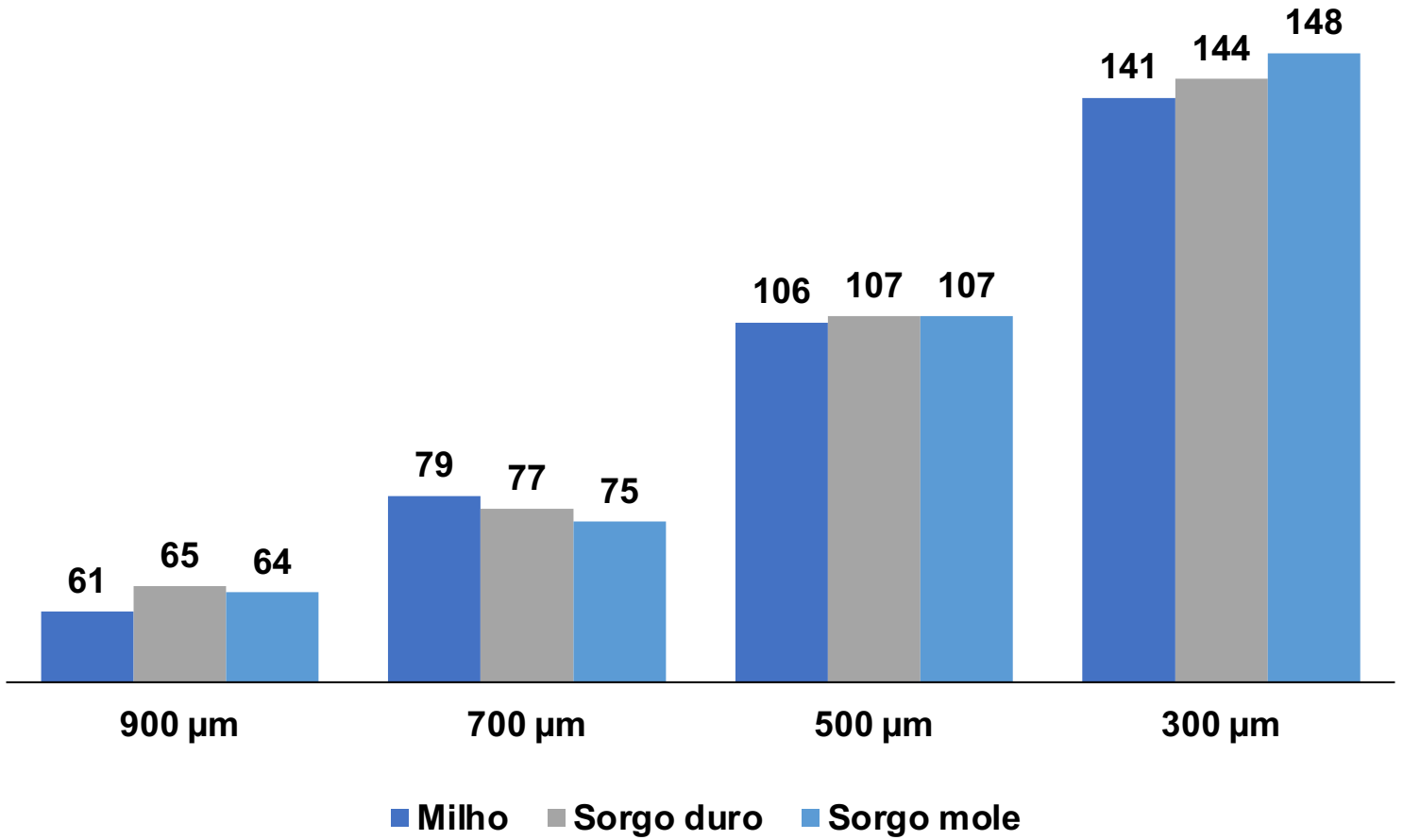
Peso 1000 grãos:
290,0 - 296,6 g

Área de superfície de um grão:
1,34 - 1,77 cm^2

Área de superfície por unidade de massa:
4,63 - 5,98 cm^2/g

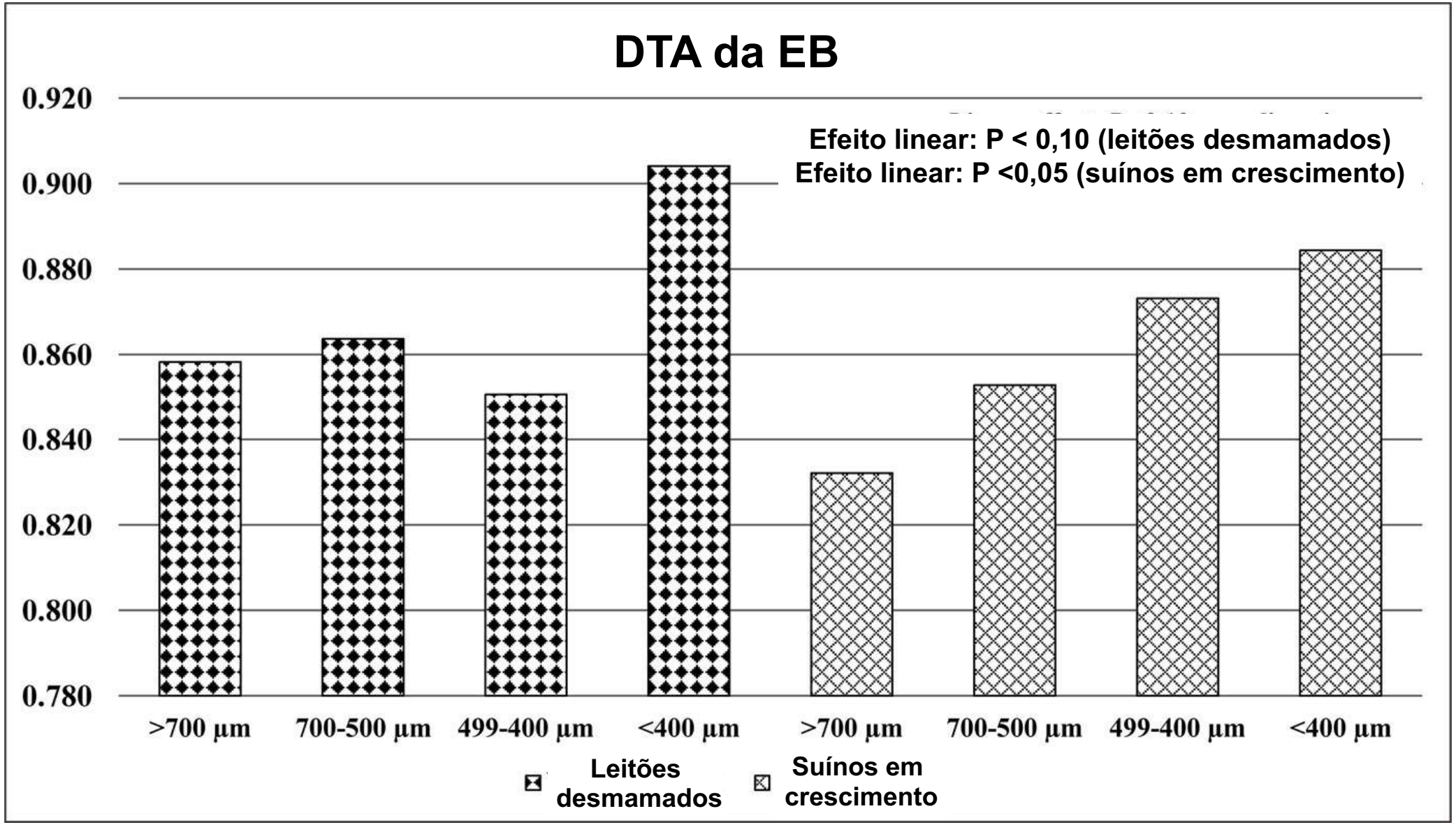
(Seifi e Almardani, 2010; Sangamithra et al., 2016)

Área de superfície (cm^2/g) de amostras de milho e sorgo moídas em diferentes granulometrias (Healy et al., 1994).



Moagem

- **Pesquisas sobre DGM de ingredientes e digestibilidades de nutrientes e energia**
  - **Maior parte dos trabalhos: 1960 – 90**
  - **De modo geral...**
    - **485 a 600 µm → melhores resultados para digestibilidade de nutrientes e energia e desempenho zootécnico**
    - **Para cada 100µm de redução no DGM**
      - **Ingredientes com DGM de 1500 a 200 µm: ⇧ 0,9% e 0,6% nas DTA do N e da EB, respectivamente** (Grillou e Landreau, 2000)
      - **Dietas com DGM 900 a 500 µm: 1 a 1,2% de melhora na eficiência alimentar** (Hancok e Benhke, 2001)



Efeito da redução do tamanho de partícula de ingredientes na digestibilidade total aparente (DTA) da energia bruta (EB) em leitões desmamados e suínos em crescimento

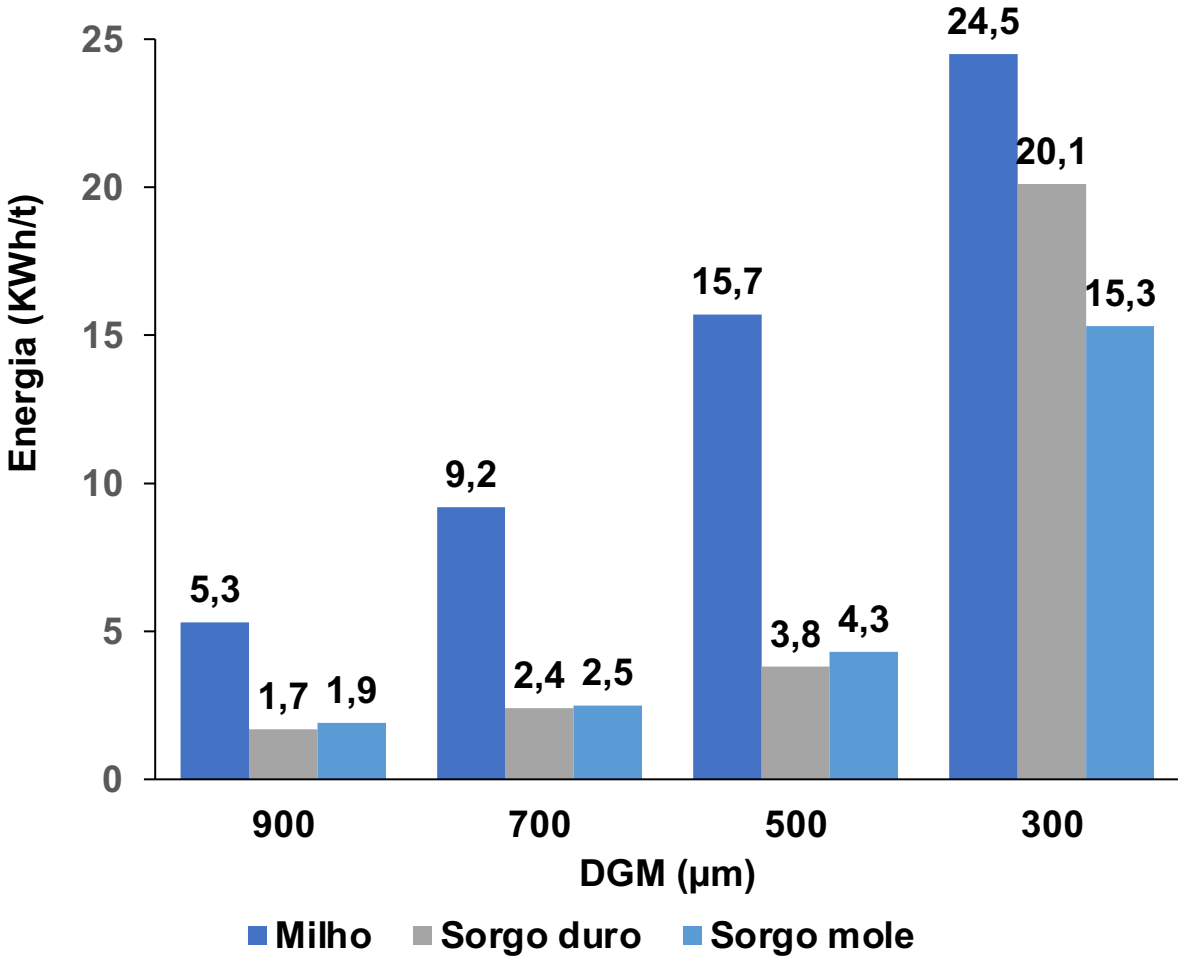
Lancheros et al. (2020) (Adaptado de Fadel et al. (1988); Herkelman et al. (1990); Hongtrakul et al., (1998); Cho et al. (2001); Sun et al. (2006); Stein e Bohlke (2007); Lundblad et al. (2011); Rojas et al. (2016) , e Rodriguez et al. (2020))

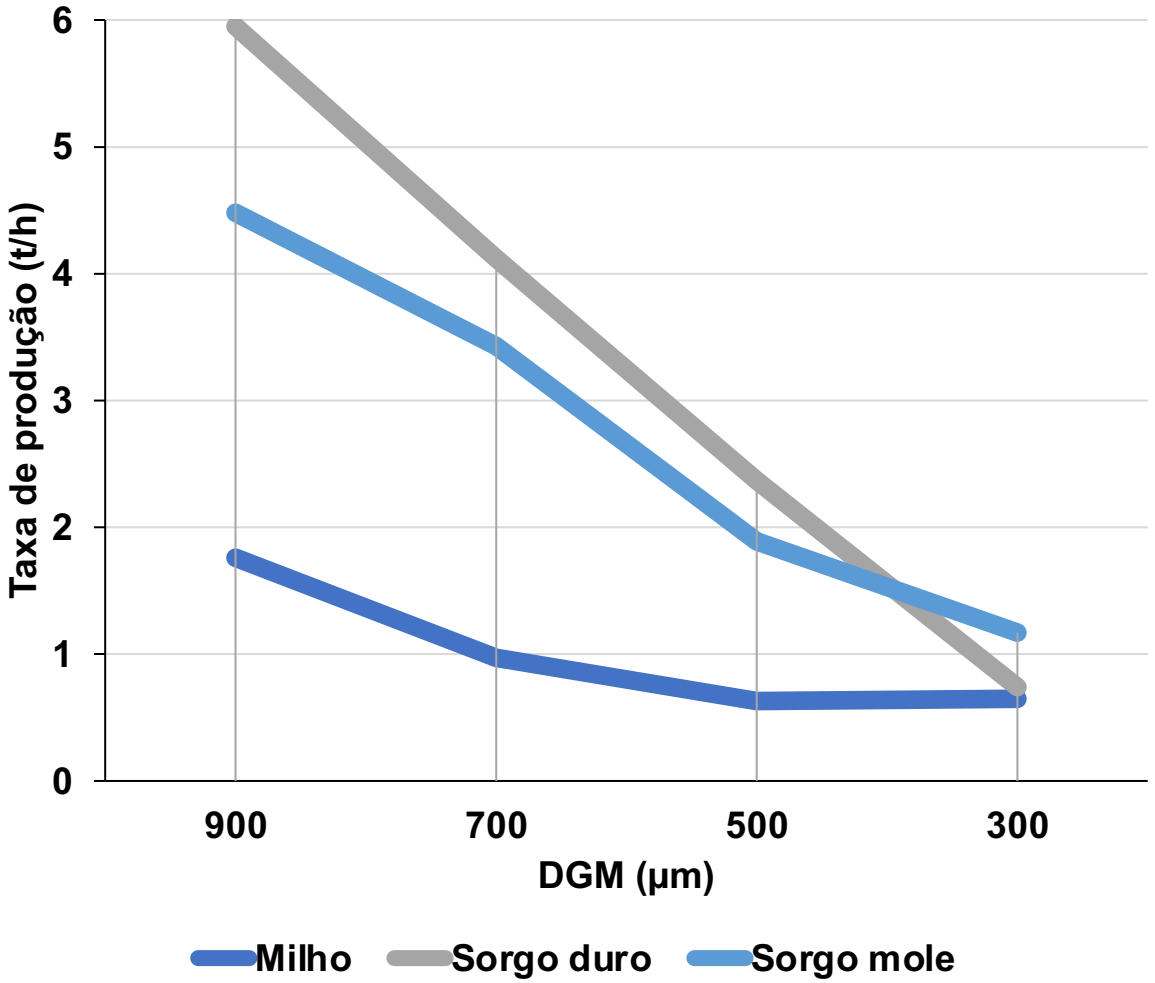
Tabela 1. Efeito da redução no tamanho de partículas de ingredientes sobre o desempenho zootécnico de leitões e suínos em crescimento[a].

	Tamanho de partícula, µm					Valor de P	
Item	>700	700-500	499-400	<400	EPM	Linear	Quad.
Leitões							
GDP, g	416	417	414	410	13,3	0,723	0,746
CDR, g	608	595	572	577	25,2	0,005	0,258
GDP/CDR	690	710	727	713	25,5	0,006	0,032
Suínos crescimento							
GDP, g	976	978	980	974	24,6	0,794	0,523
CDR, g	3686	2898	2971	2716	539,7	0,207	0,540
GDP/CDR	330	333	342	336	11,2	0,001	0,074

[a]Lancheros et al., 2020 (adaptado de Healey et al. (1991); Wondra et al. (1995b); Mavromichalis et al. (2000); Huang et al. (2015); Liermann et al. (2015); Paulk et al. (2015); Ulens et al. (2015); De Jong et al. (2016a) e Rojas et al. (2016a)
[b]GDP, ganho diário de peso; CDR, consumo diário de ração.

Gasto de energia e taxa de produção na moagem de amostras de milho e sorgo moídas em diferentes diâmetros geométricos médios - DGM (Healy et al., 1994).

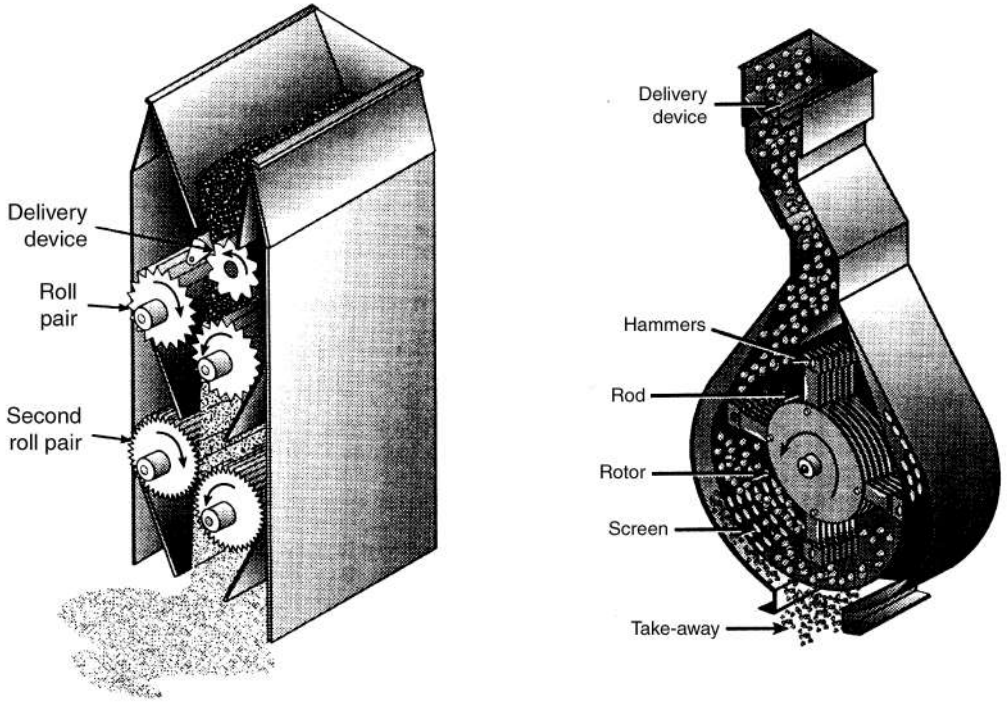




Moagem

- **Qualidade de mistura: tamanho, homogeneidade de partículas; densidade; formação de poeira; fluidez**

- **Tamanho das partículas, recomendações ou resultados de pesquisa podem ser contraditórios....**
  - **Método de moagem**
  - **Forma física da dieta**
  - **Tipo e características dos ingredientes**
  - **Distribuição do tamanho de partícula**
  - **Efeitos sobre a saúde dos animais**



Moinhos de rolo e de martelos (Kock, K., Kansas State University Coop. Ext. Serv. Bull. MS-496, 1996, citado por Hancok e Behnke, 2001)

Tabela 2. Impacto do tamanho de partícula de ingredientes na fisiologia gastrintestinal de suínos.

Faixa de peso, kg	Tamanho de partícula, mm	Cereal	Efeitos, maior vs menor	Referências
5 – 18	0,30 – 0,90	Milho e sorgo duro	Redução de ulcerações estomacais, sem efeitos na histomorfologia intestinal	Healy et al., 1994
5 – 18	0,30 – 0,90	Sorgo mole	Redução de ulcerações estomacais, sem efeitos na histomorfologia intestinal	Healy et al., 1994
50 – 100	0,40 – 1,00	milho	Redução de queratose estomacal	Wondra et al., 1995
30 – 60	0,43 – 1,10	cevada	Redução de queratose estomacal, sem efeitos na histomorfologia intestinal	Morel e Cottam, 2007
60 – 90	0,40 – 1,30	trigo	Redução de ulcerações estomacais	Mavromichallis et al., 2000
5 – 100	0,50 – 1,25	milho	Redução de ulcerações estomacais	Longpré et al., 2016

Adaptado de Kiarie e Mills (2019)

- **3 classes de risco: úlceras vs tamanho de particulas dietas** (Cappai et al., 2013)

1) **alto risco: > 36% de partículas menores do que 400 µm**
2) **Moderado risco: 29 a 36% de partículas menores do que 400 µm**
3) **Baixo risco <29% de partículas menores que 400 µm**

Moagem

- **Suínos alimentados com dieta moída grosseiramente tiveram maior fermentação microbiana gástrica do que suínos alimentados com dieta finamente moída**

  - **> teor de MS no conteúdo do estômago → < taxa de passagem → > contagem de bactérias anaeróbicas → > concentração de ácidos orgânicos** (Mikkelsen et al., 2004; Canibe et al., 2005)

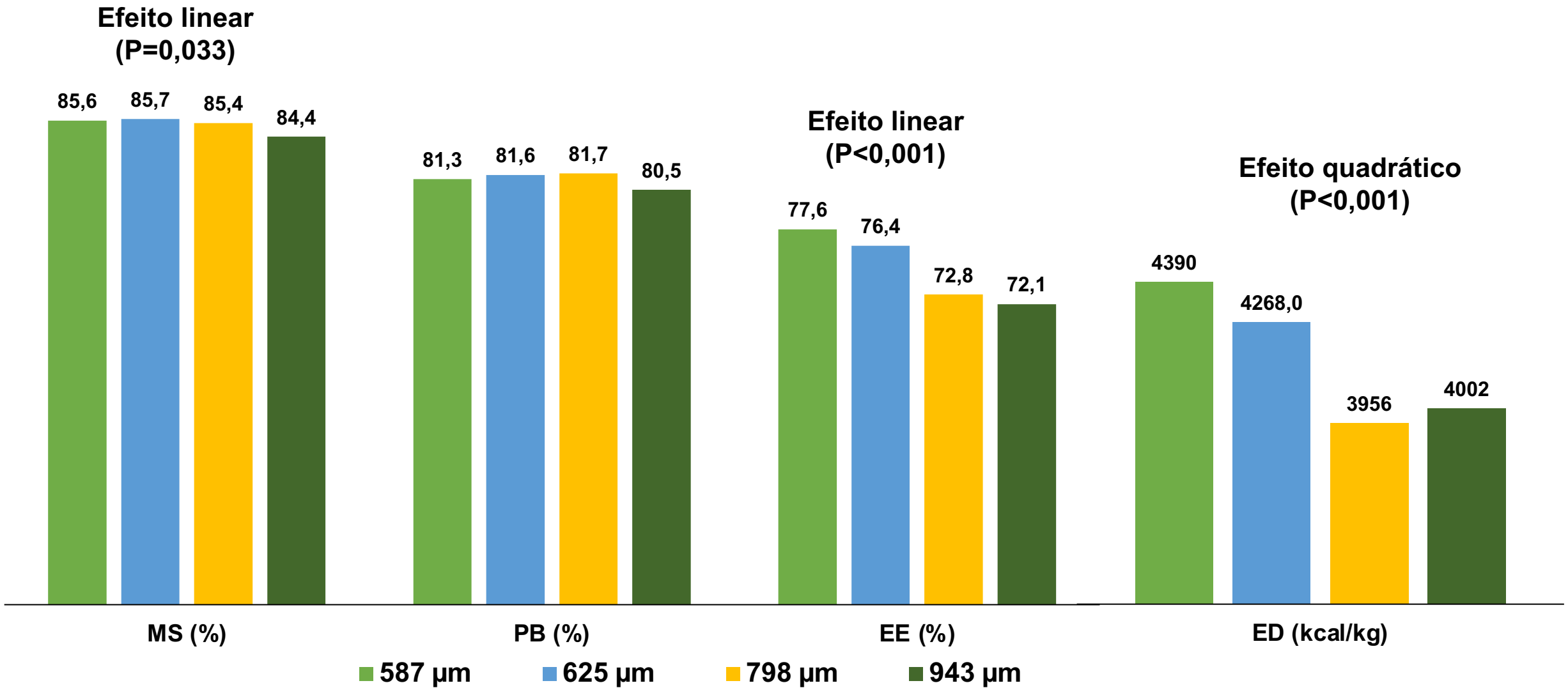
  - **Possível barreira contra transmissão de bactérias patogênicas**

  - **Condições mais adequadas para produção de ácidos graxos de cadeia curta não dissociados**

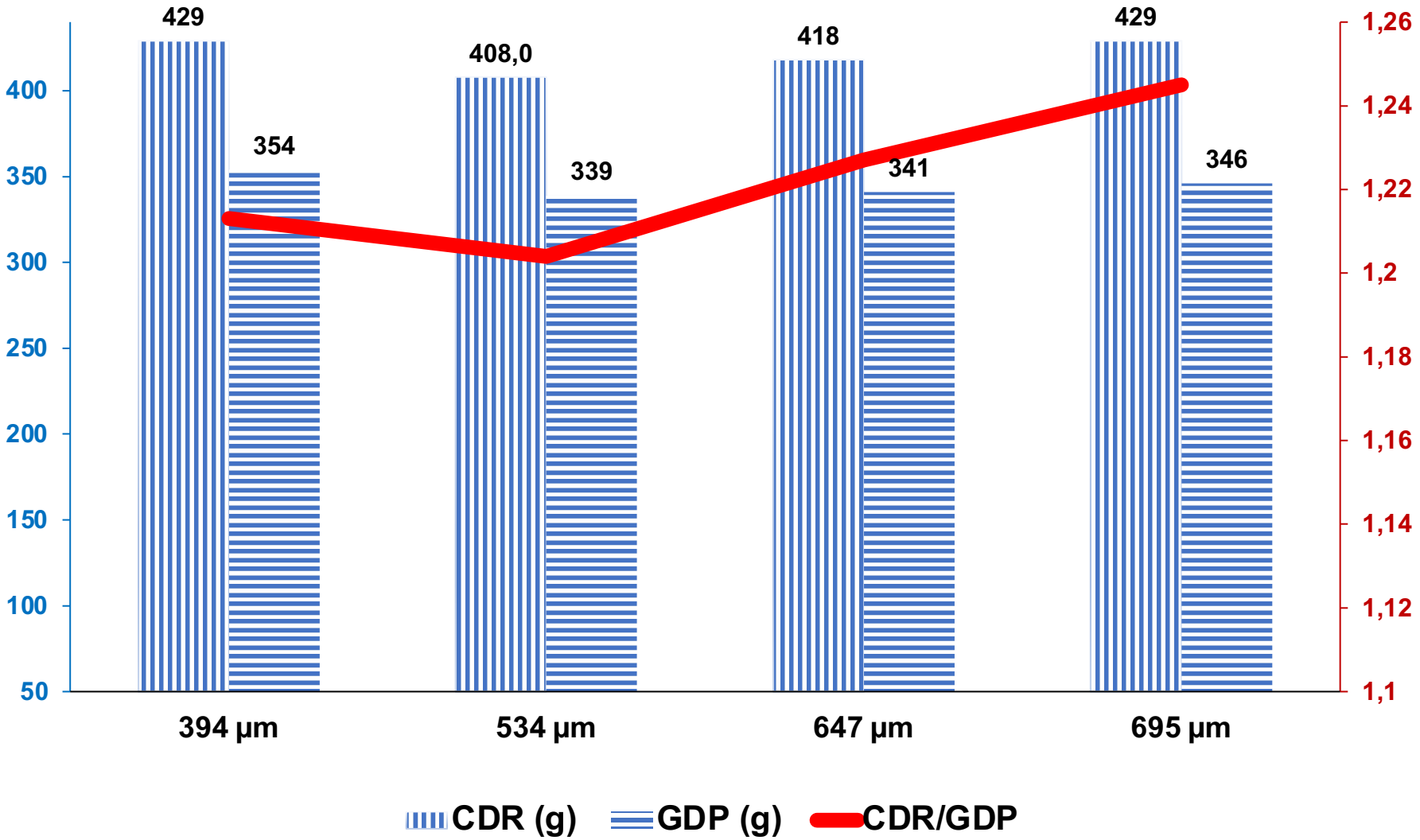
Moagem

- **Dietas moídas grosseiramente → maiores produções de ácidos propiônico e butírico nos conteúdos do ceco e do cólon**
  - **⇧ populações de bactérias produtoras de ácidos graxos de cadeia curta** (Mikkelsen et al., 2004; Longpré et l., 2016) **→ contribuição para saúde intestinal**
- **Partículas deveriam se concentrar entre 0,5 a 1,6 mm (500 a 1600µm)**
  - **Abaixo de 0,5 → maior ocorrência de úlceras**
  - **Acima de 1,6 → digestibilidade das dietas é muito reduzida**

DTA da MS, PB e EE, e ED de dietas peletizadas com milho moído a 587, 625, 798 e 943 µm de DGM em leitões dos 49 aos 53 dias de idade (Almeida et al., 2021).

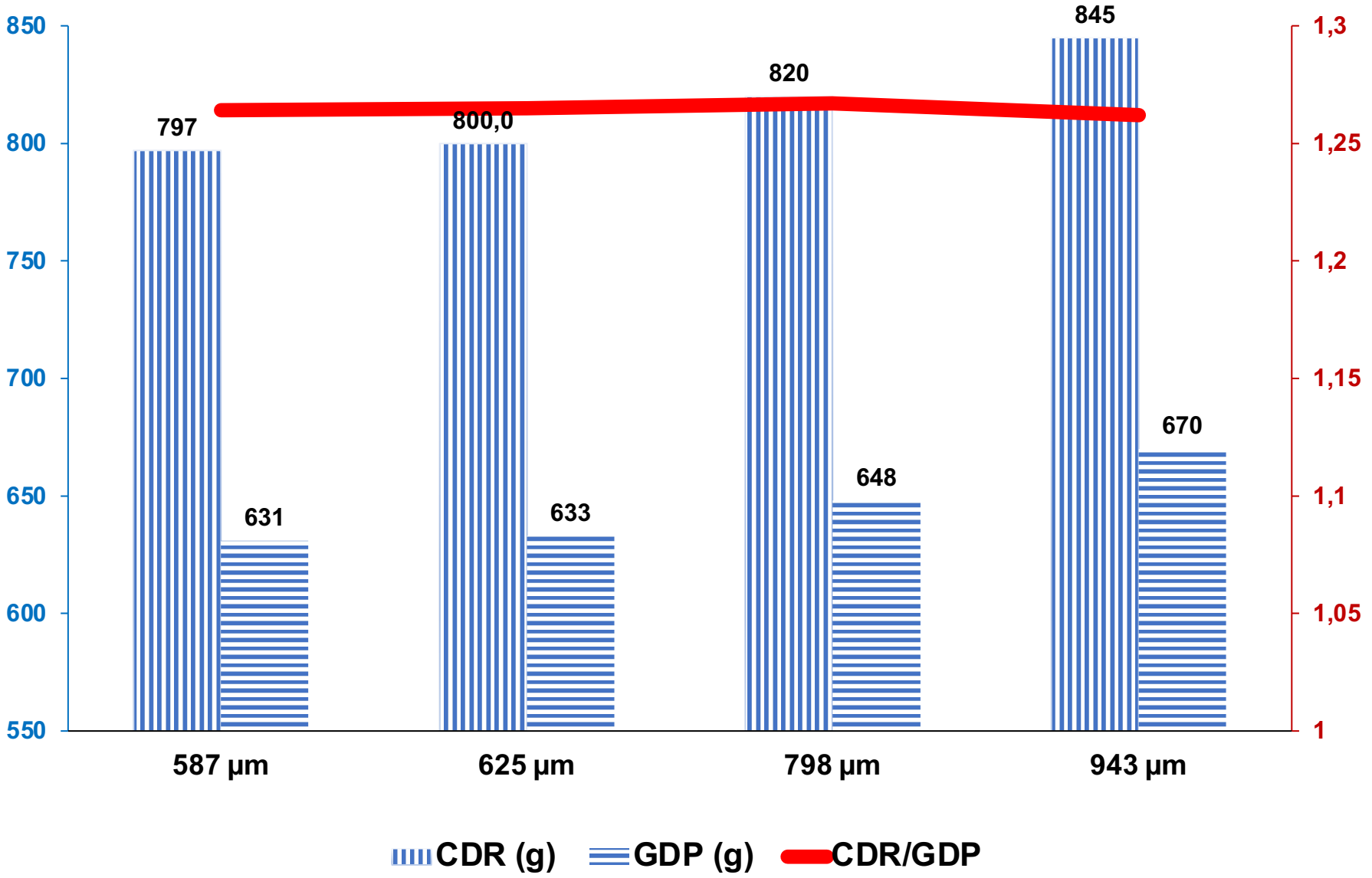


CDR, GDP e CDR/GDP de leitões alimentados com dietas peletizadas, contendo milho moído a 394, 534, 647 e 695 µm de DGM em leitões dos 28 aos 42 dias de idade (Almeida et al., 2021).



CDR/GDP: Efeito quadrático (P<0,017)

CDR, GDP e CDR/GDP de leitões alimentados com dietas peletizadas, contendo milho moído a 394, 534, 647 e 695 µm de DGM em leitões dos 43 aos 63 dias de idade (Almeida et al., 2021).



CDR e GDP:
Efeitos lineares
(P=0,001)

Peletização e extrusão

- Calor, pressão, umidade e força mecânica
  - Efeitos nas propriedades físico-químicas e sanitárias dos alimentos
  - Efeitos diretos e indiretos na digestibilidade das dietas, ecologia do TGI, saúde do animal e custo da alimentação
  - Uso de dietas peletizadas na alimentação de suínos
    - Europa e América do Norte: maior parte das rações (Zentek et al., 2017;Kiarie e Mils, 2019)
    - Brasil ⇨ Estimativas de colegas (A. Klein; K. Muramatsu; E. Daniel): 20 a 30% das dietas pré-iniciais/iniciais
    - Argentina: 100% das dietas pré-iniciais

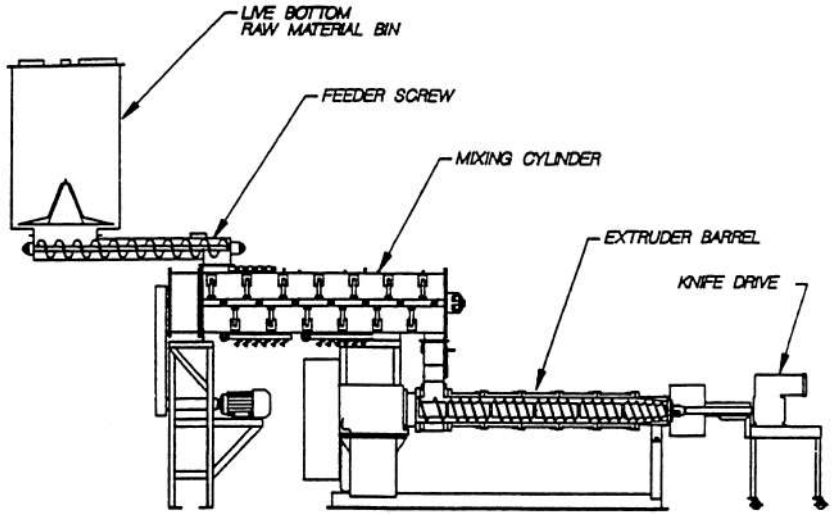
Peletização, extrusão e expansão

- Peletização a vapor: ingrediente moído é aquecido com uso de vapor e comprimido para formação de um pellet





- Extrusão: Ingredientes moídos e condicionados pelo vapor são pressionados pelo canhão da extrusora, de rosca simples ou dupla, com maior exposição ao calor e pressão do que na peletização



Extrusora (Hancok e Behnke, 2001)

Peletização e extrusão

- **Objetivos**

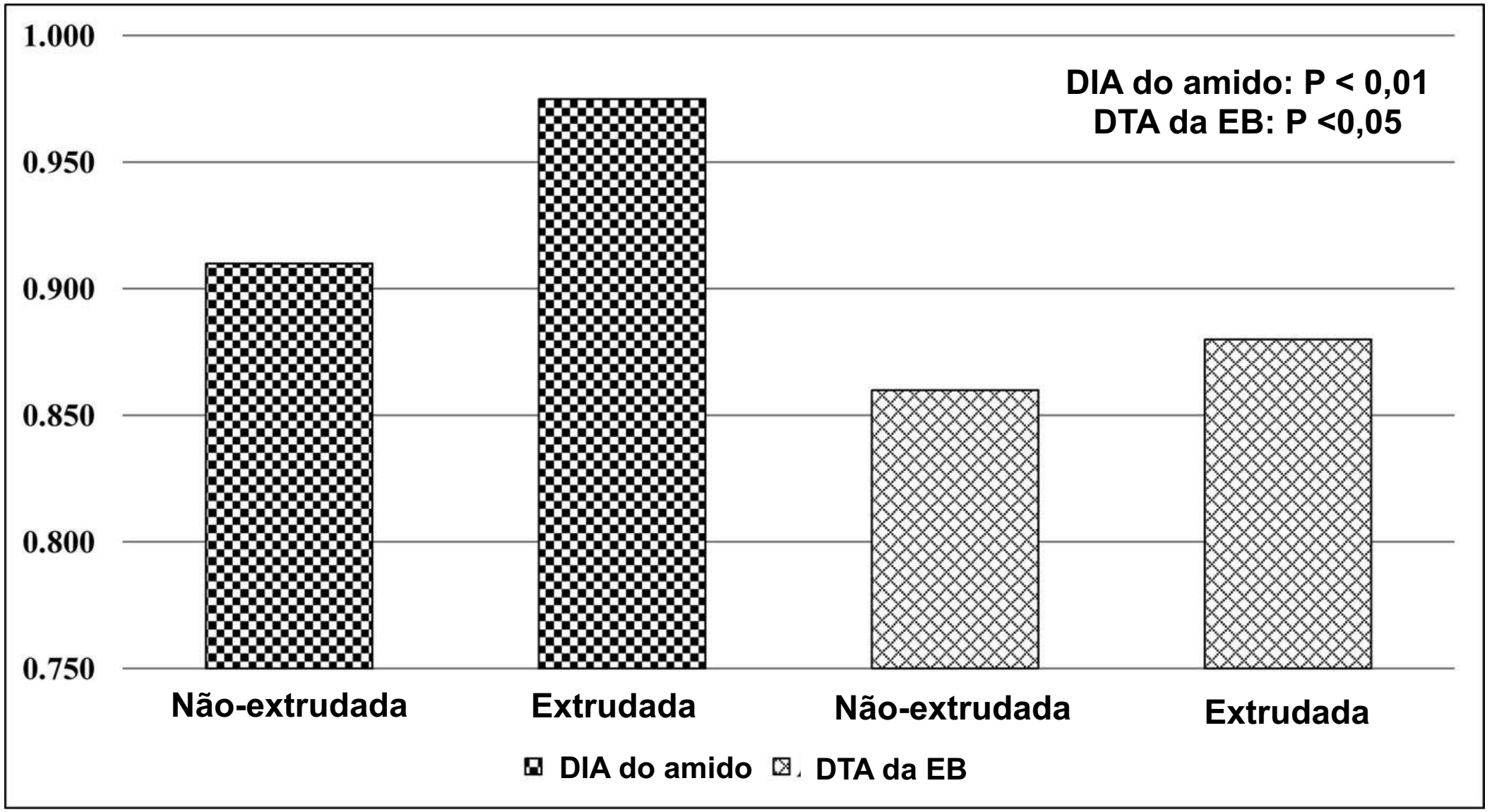
  - **Gelatinização do amido** (Rojas e Stein, 2017; Lancheros et al., 2020)
  - **Desnaturação de proteínas** (Maurya and Said, 2014; Rodriguez et al., 2020)
  - **Inativação de fatores antinutricionais e toxinas** (Adamidou et al., 2011; Hejdysz et al., 2016)
  - **Rompimento de células/vacúolos de gordura** (Lin et al., 1997)
  - **Solubilização de parte da fibra insolúvel** (de Vries et al., 2012; Zhong et al., 2019)
  - **Sanitização dos alimentos/dietas**
  - **No processamento de dietas → ⇩ desperdícios**

⇧ digestibilidade de nutrientes e energia

Tabela 3. Efeito da peletização na digestibilidade total aparente (DTA) da energia bruta (EB) e no desempenho zootécnico de leitões e suínos em crescimento[a]

Tipo de dieta				
Item	**Farelada**	**Peletizada**	**EPM**	**Valor de P**
DTA da EB, %	**86,8**	**89,6**	**92,8**	**0,001**
Leitões				
GDP, g	**415**	**423**	**29,6**	**0,394**
CDR, g	**650**	**615**	**56,6**	**0,013**
GDP/CDR	**652**	**716**	**26,9**	**0,001**
Suínos crescimento				
GDP, g	**940**	**959**	**26,9**	**0,052**
CDR, g	**2626**	**2532**	**105,3**	**0,002**
GDP/CDR	**362**	**383**	**10,8**	**<0,001**

[a]Lancheros et al., 2020 (adaptado de Healey et al. (1991); Wondra et al. (1995b); Mavromichalis et al. (2000); Huang et al. (2015); Liermann et al. (2015); Paulk et al. (2015); Ulens et al. (2015); De Jong et al. (2016) e Rojas et al. (2016)
[b]GDP, ganho diário de peso; CDR, consumo diário de ração.



Digestibilidade ileal aparente (DIA) do amido e digestibilidade total aparente (DTA) da energia bruta (EB) em dietas não extrudadas e extrudadas

(Fadel et al. (1988); Herkelman et al. (1990); Hongtrakul et al., (1998); Cho et al. (2001); Sun et al. (2006); Stein e Bohlke (2007); Lundblad et al. (2011); Rojas et al. (2016) , e Rodriguez et al. (2020), citados por Lancheros et al., 2020)

Tabela 4. Efeito da extrusão no desempenho zootécnico de leitões e suínos em crescimento[a]

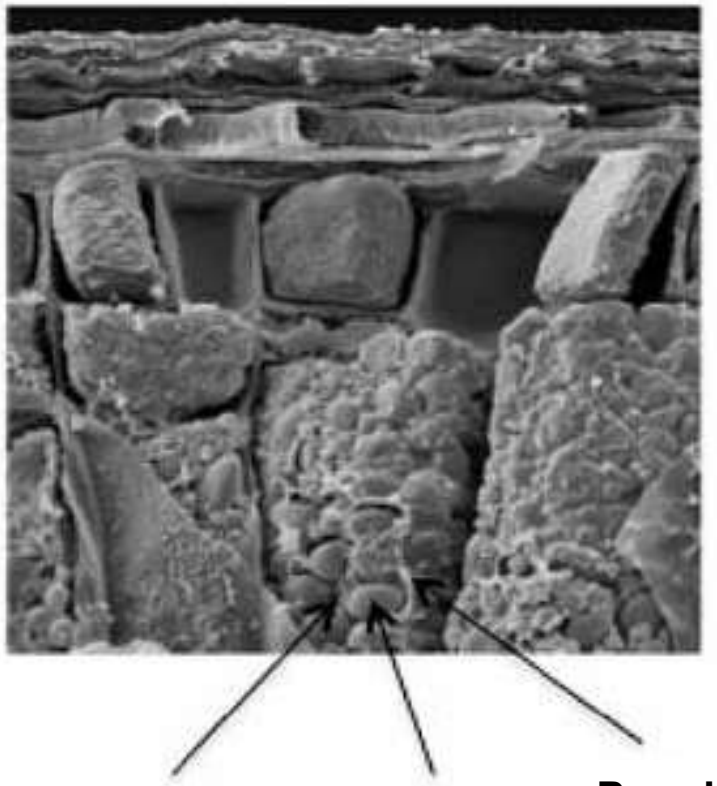
Tipo de dieta				
Item	**Não extrudada**	**Extrudada**	**EPM**	**Valor de P**
Leitões				
GDP, g	**333**	**341**	**27,4**	**0,106**
CDR, g	**492**	**489**	**33,1**	**0,819**
GDP/CDR	**671**	**701**	**48,1**	**0,167**
Suínos crescimento				
GDP, g	**826**	**851**	**45,7**	**0,445**
CDR, g	**2148**	**2080**	**196,1**	**0,239**
GDP/CDR	**395**	**439**	**27,8**	**0,004**

[a]Lancheros et al., 2020 (adaptado de Healey et al. (1991); Wondra et al. (1995b); Mavromichalis et al. (2000); Huang et al. (2015); Liermann et al. (2015); Paulk et al. (2015); Ulens et al. (2015); De Jong et al. (2016a) e Rojas et al. (2016a)

[b]GDP, ganho diário de peso; CDR, consumo diário de ração.

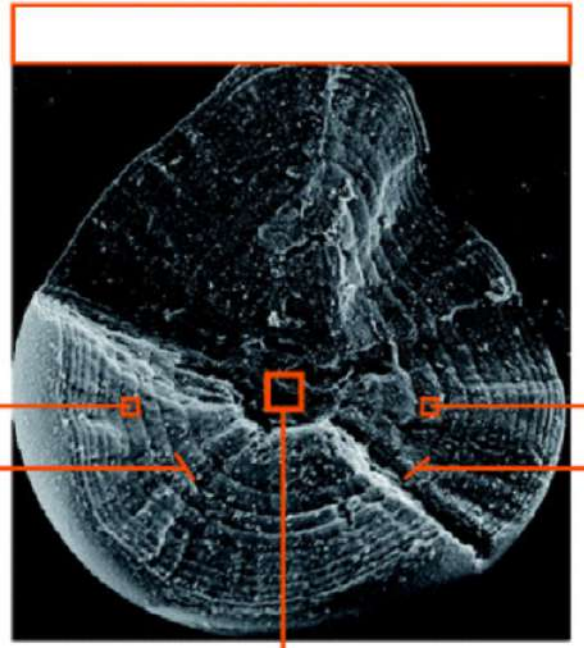
Peletização e extrusão

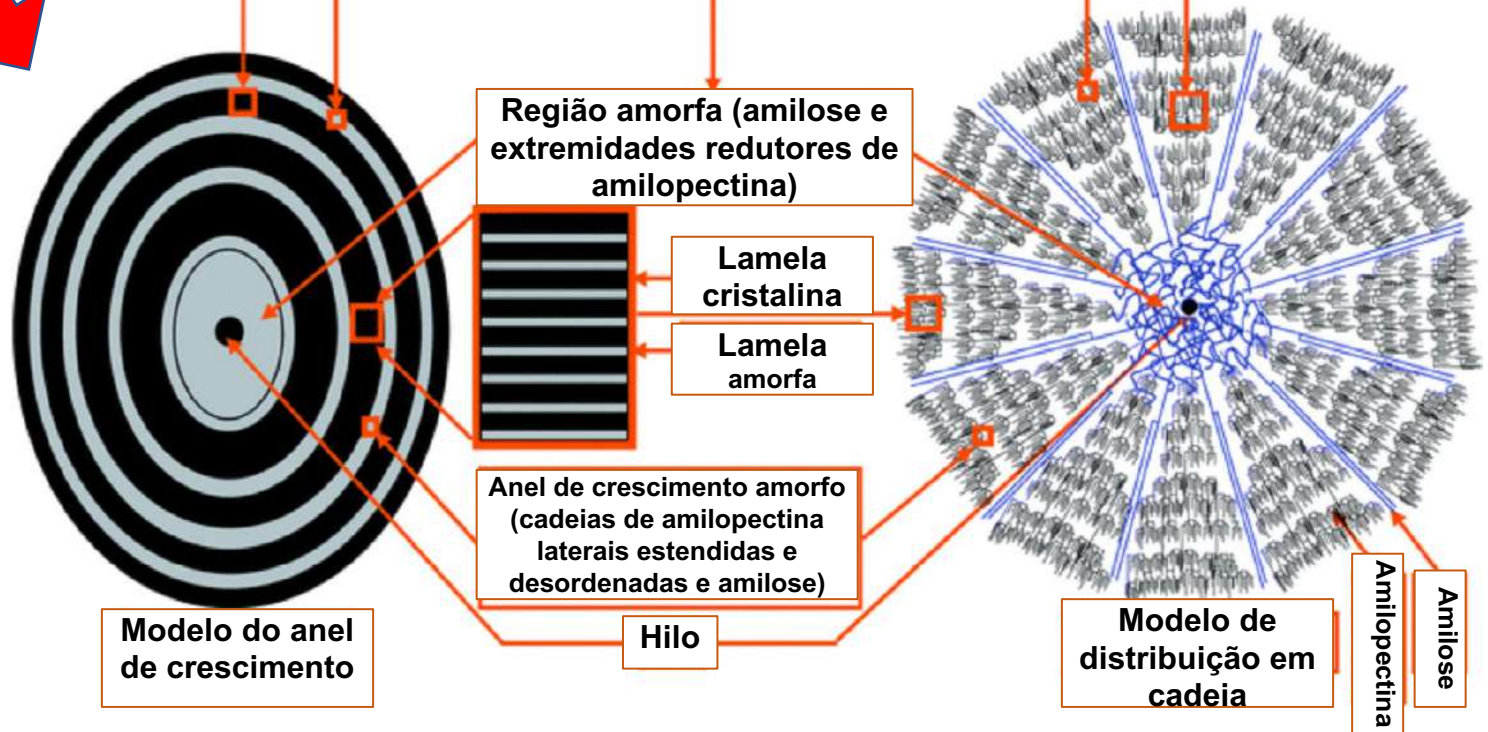
- **Efeitos**
  - **Parâmetros operacionais**
  - **Ingrediente (composições química e física)**
    - **Amido (tipo, formato, relação amilose/amilopectina)**
    - **Fibra**
    - **Proteínas**
    - **Lipídios**
  - **Idade do suíno**
  - **"Forma de utilização do ingrediente processado"**

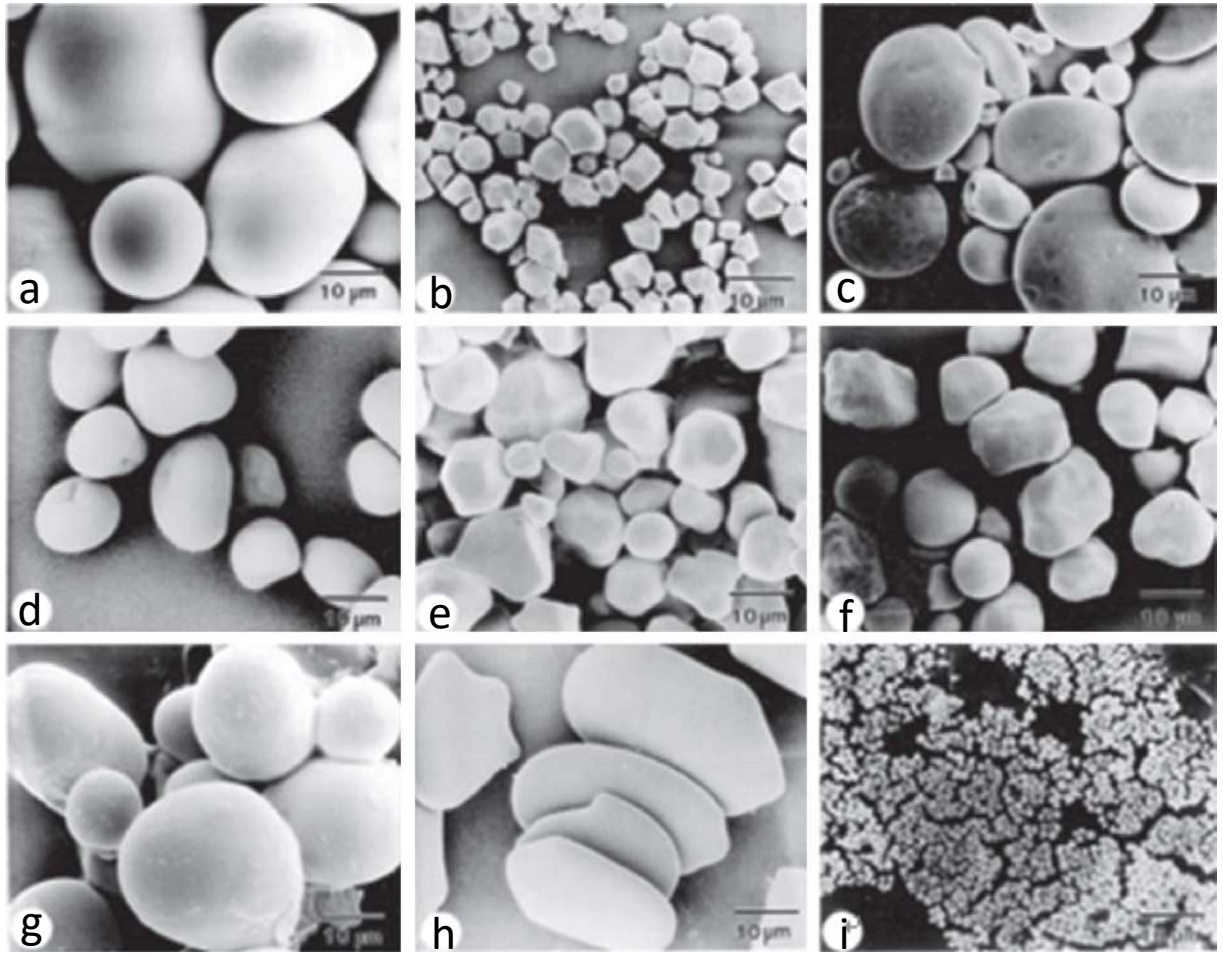


Kampffmeyer (2009), citado por Back Knudsen et al. (2016)

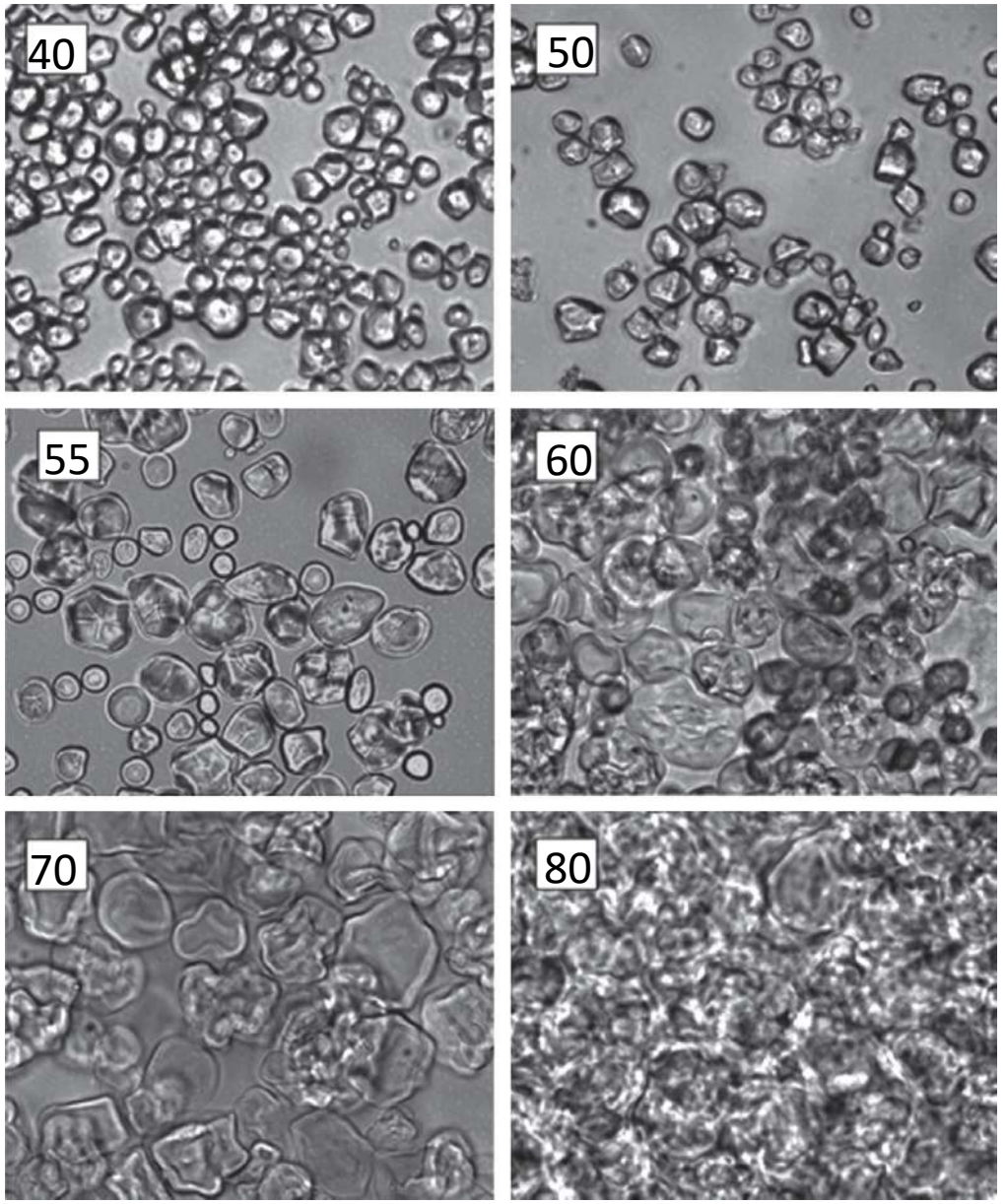
Wang e Copeland (2013)





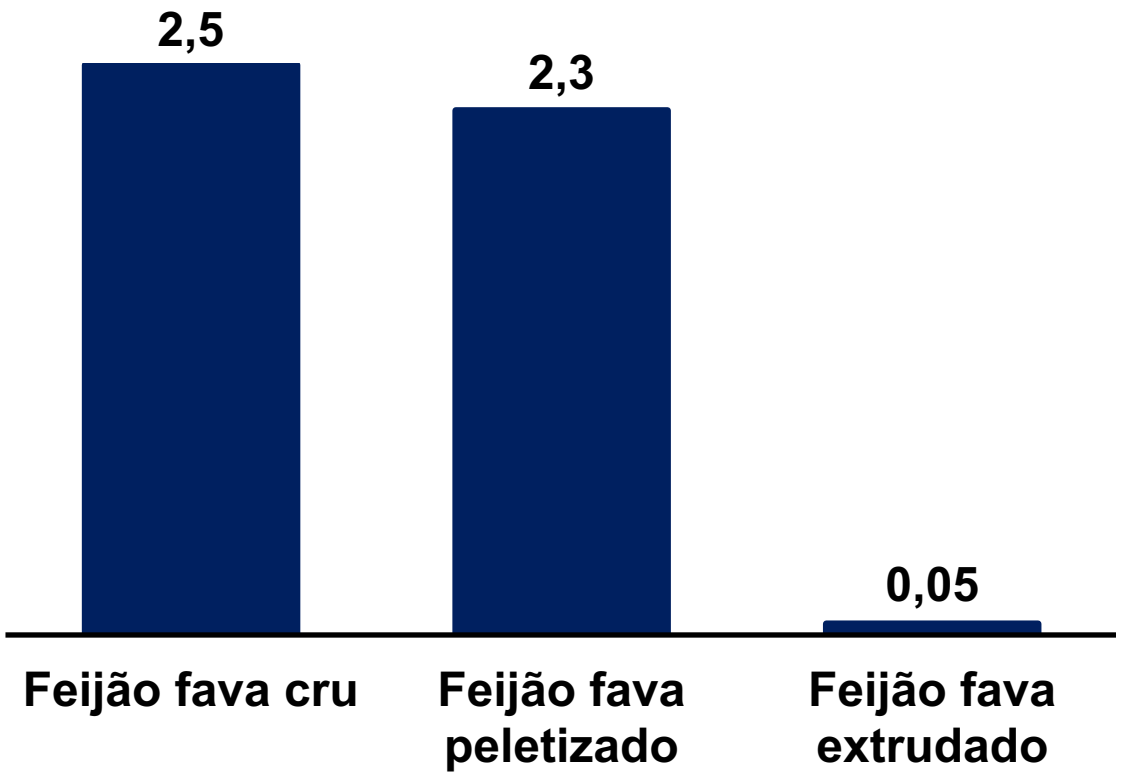


Eletronmicrografias de vários grânulos de amido de diversas fontes: a) batata; b) arroz; c) trigo; d) feijão mung; e) milho; f) milho waxy; g) mandioca; h) shoti; i) leaf starch. Robyt, 2008.

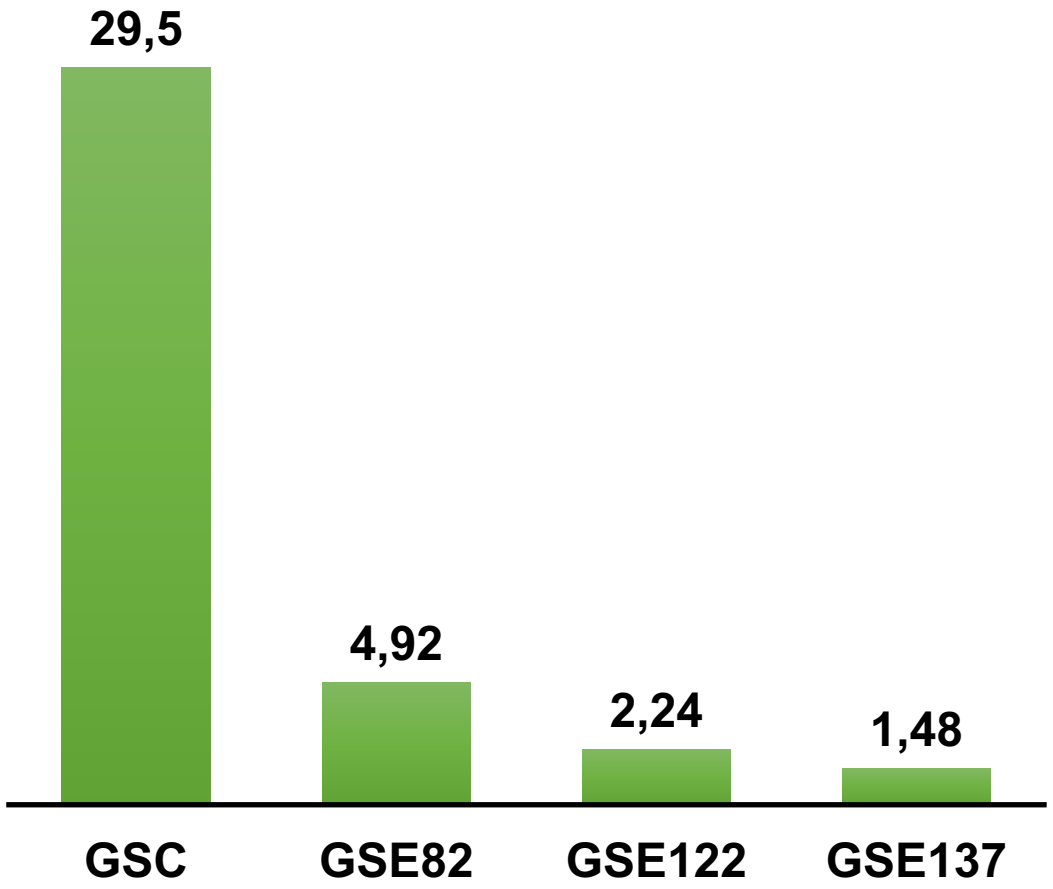


Imagens de grânulos de amido de milho em diferentes temperaturas (°C) mostram o intumescimento e ruptura dos grânulos conforme a desnaturação progride. Ratnayake e Jackson, 2006.

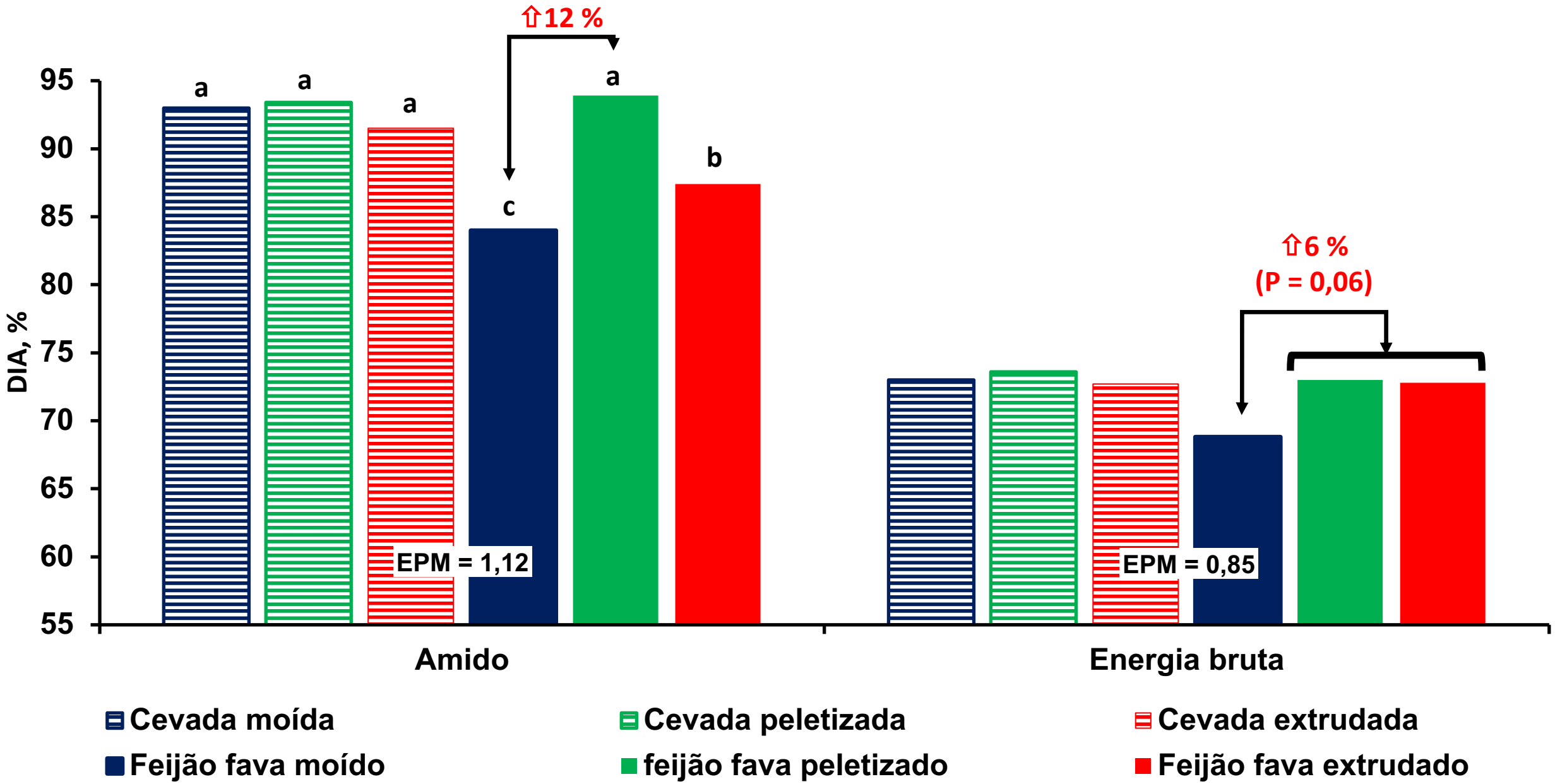
Atividade de inibidor de tripsina (mg/g PB) do feijão fava cru, peletizado (70º C) ou extrudado (115º C) (Ruiz et al., 2017).



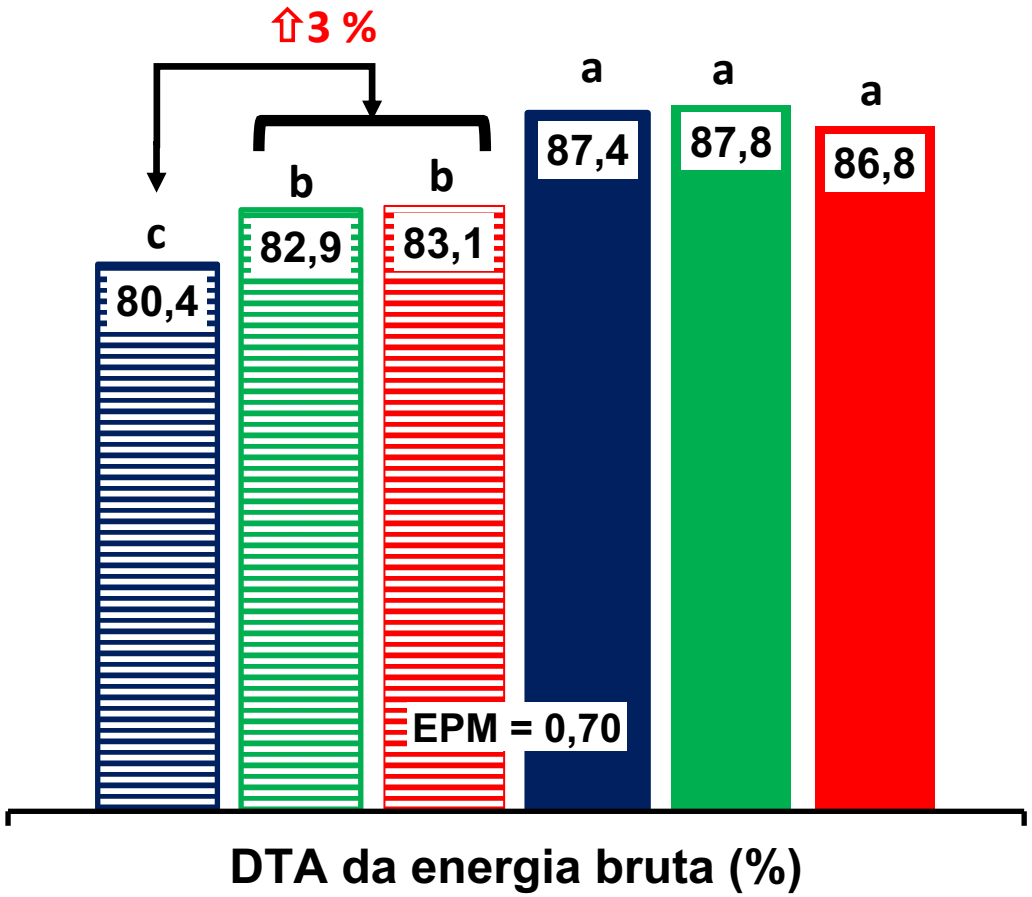
Atividade de inibidor de tripsina (mg/g PB) no grão de soja cru (GSC), extrudado a 82 (GSE82), 122 (GSE122) e 137º C (GSE137) (Milani et al., 2020).



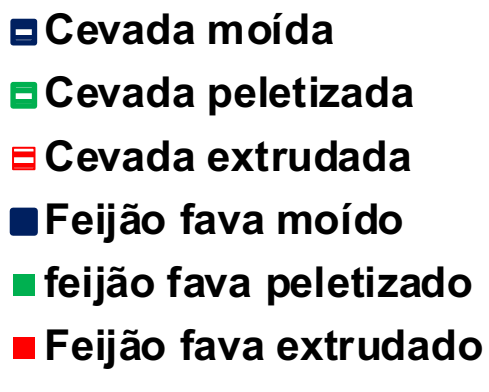
Efeitos da moagem, peletização (70º C) e extrusão (115º C) sobre a digestibilidade ileal aparente (DIA) do amido e EB da cevada e do feijão fava em suínos em crescimento (Ruiz et al., 2017).

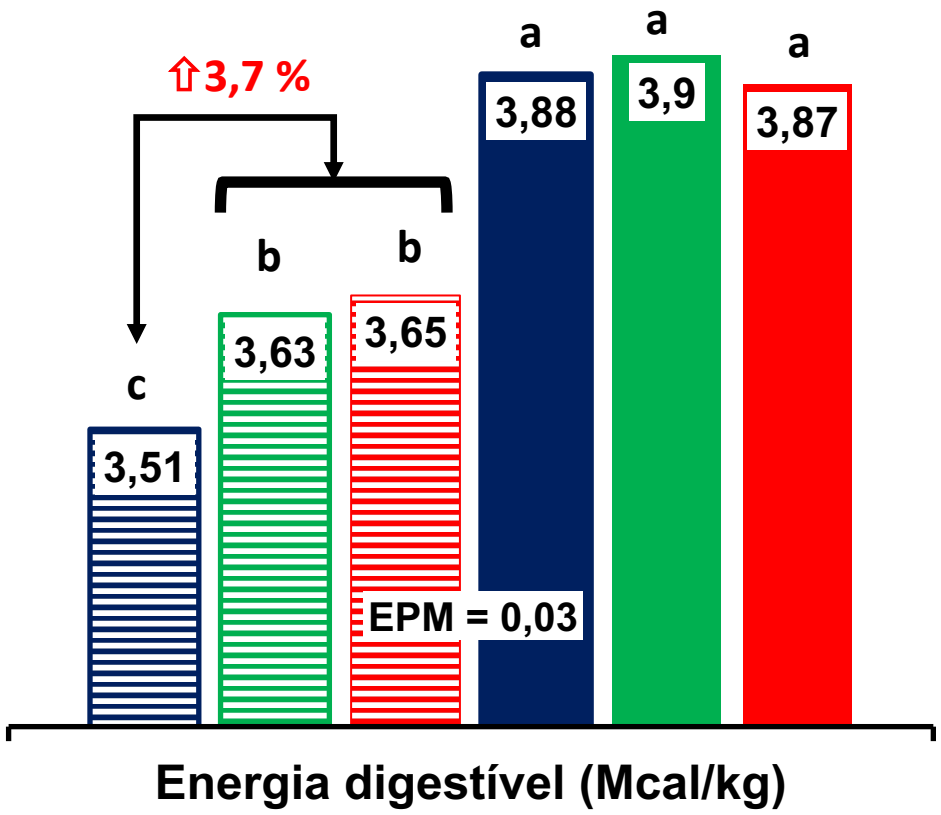


Efeitos da moagem, peletização (70º C) e extrusão (115º C) sobre a digestibilidade total aparente (DTA) da EB, energias digestível (ED) e líquida (EL) estimada da cevada e do feijão fava em suínos em crescimento (Ruiz et al., 2017).



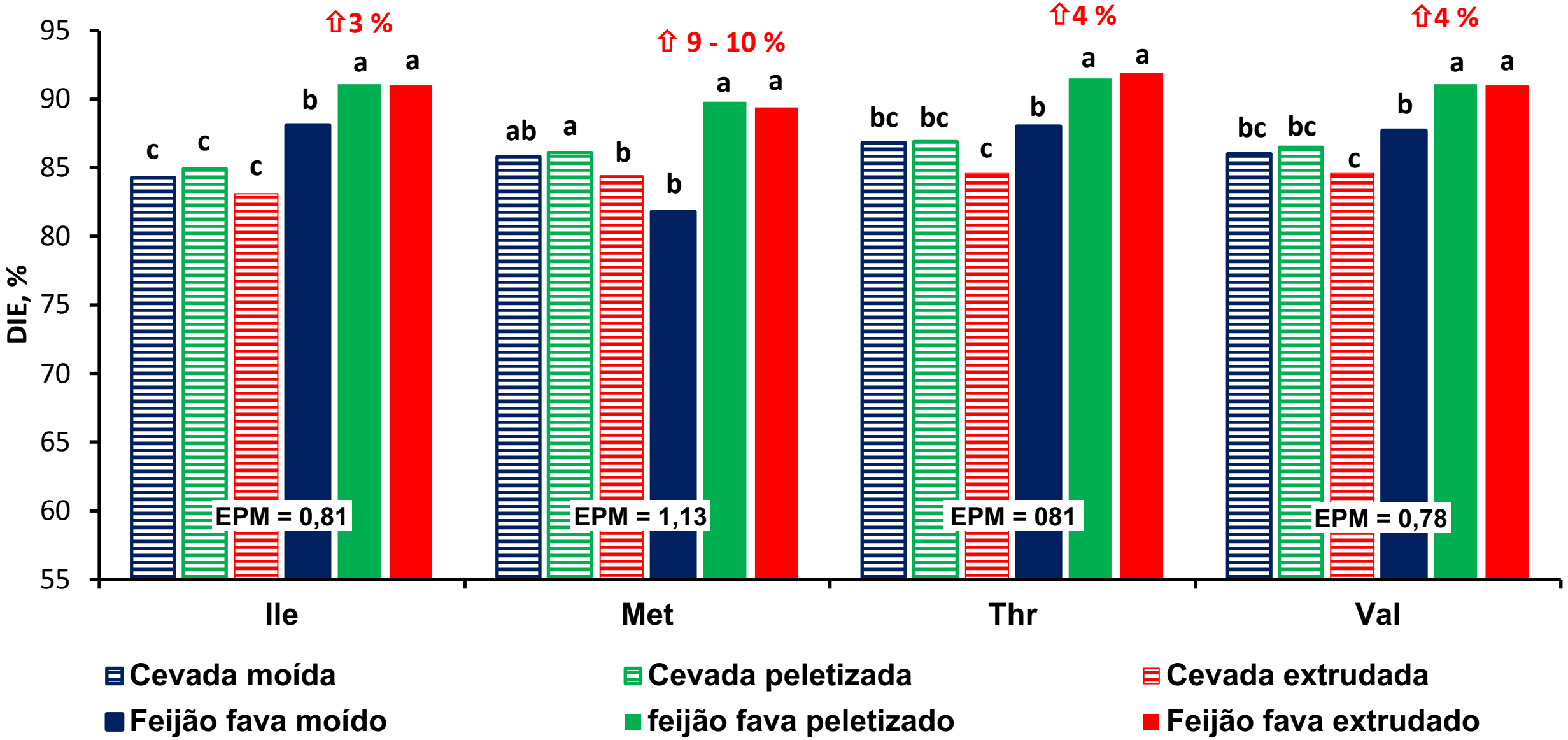
DTA da energia bruta (%)



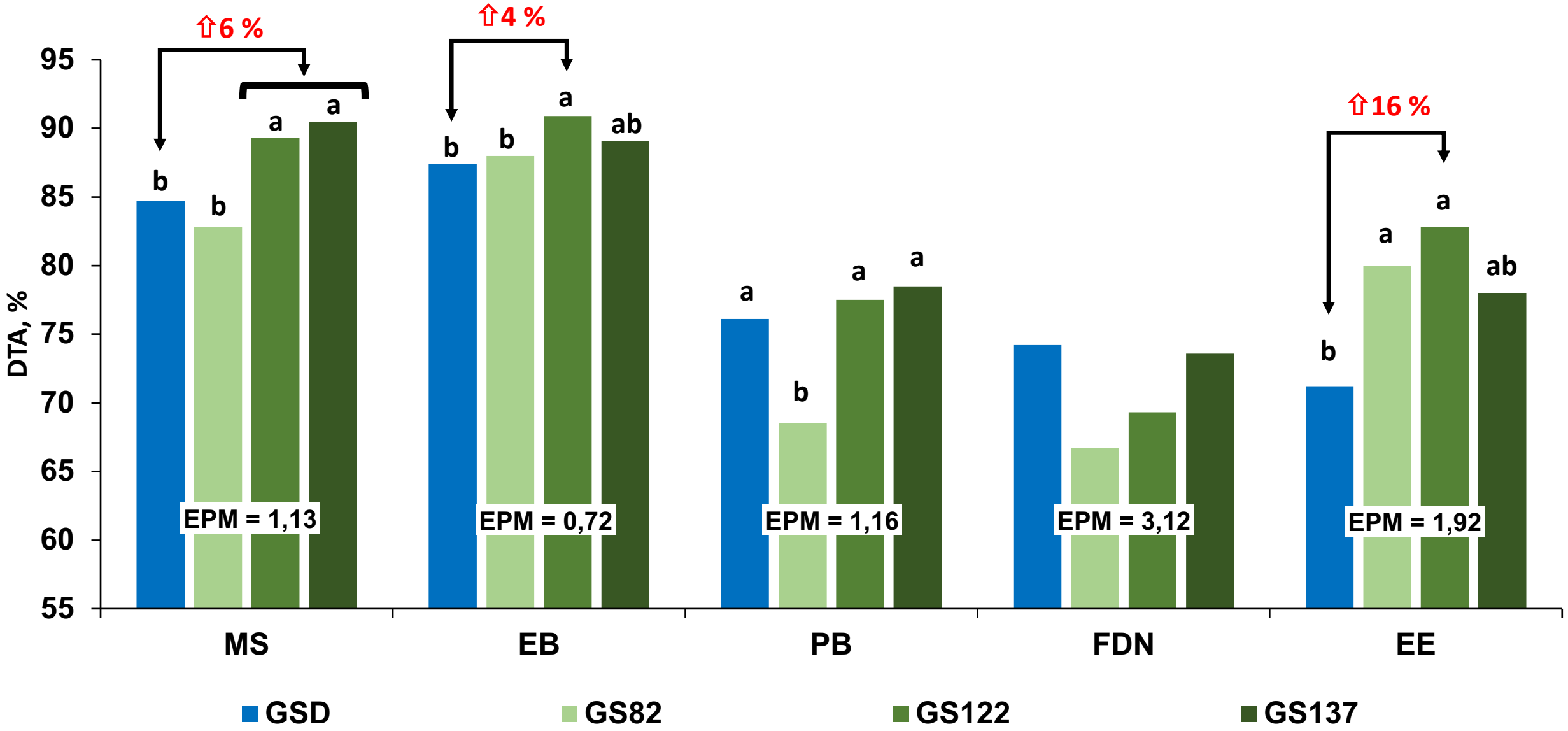


Energia digestível (Mcal/kg)

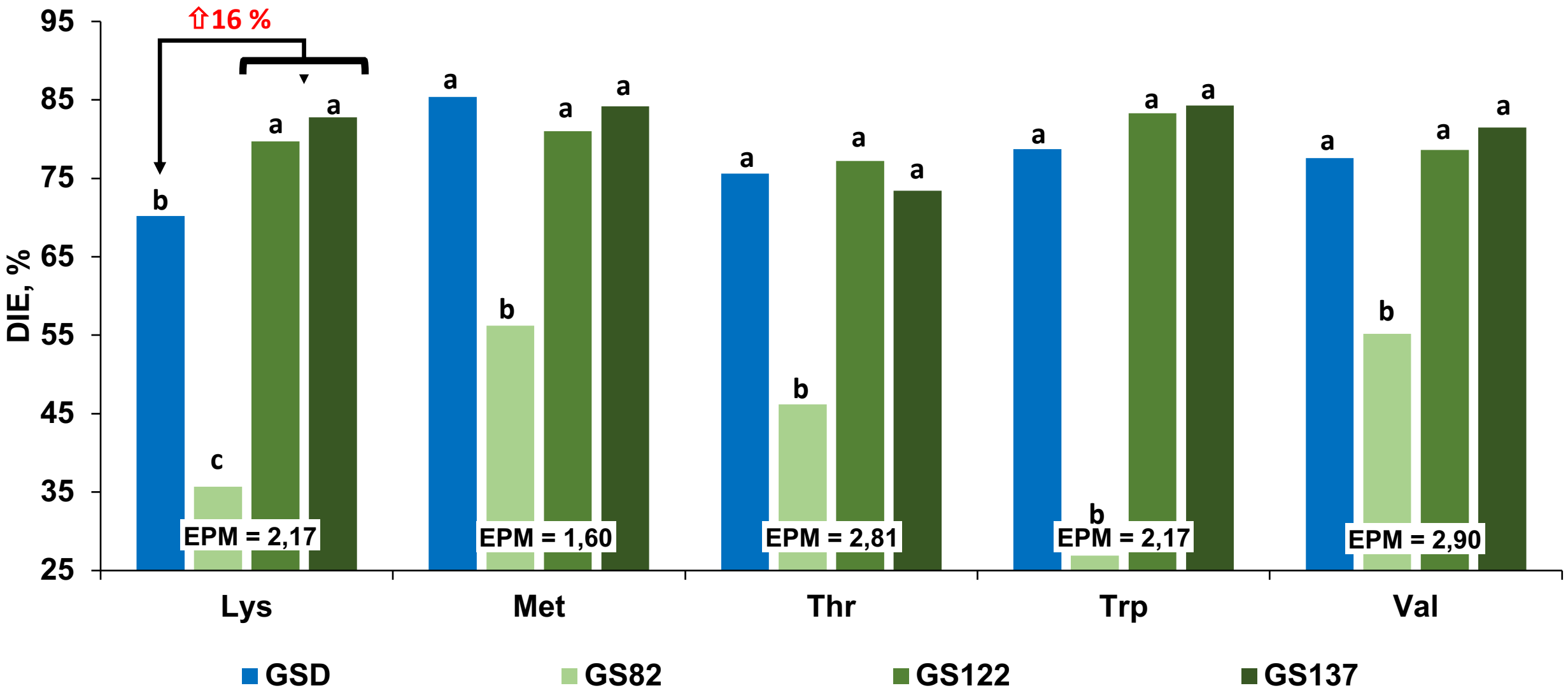
Efeitos da moagem, peletização (70º C) e extrusão (115º C) sobre as digestibilidades ileais estandardizadas (DIE) da Ile, Met, Val e Thr da cevada e do feijão fava em suínos em crescimento (Ruiz et al., 2017).



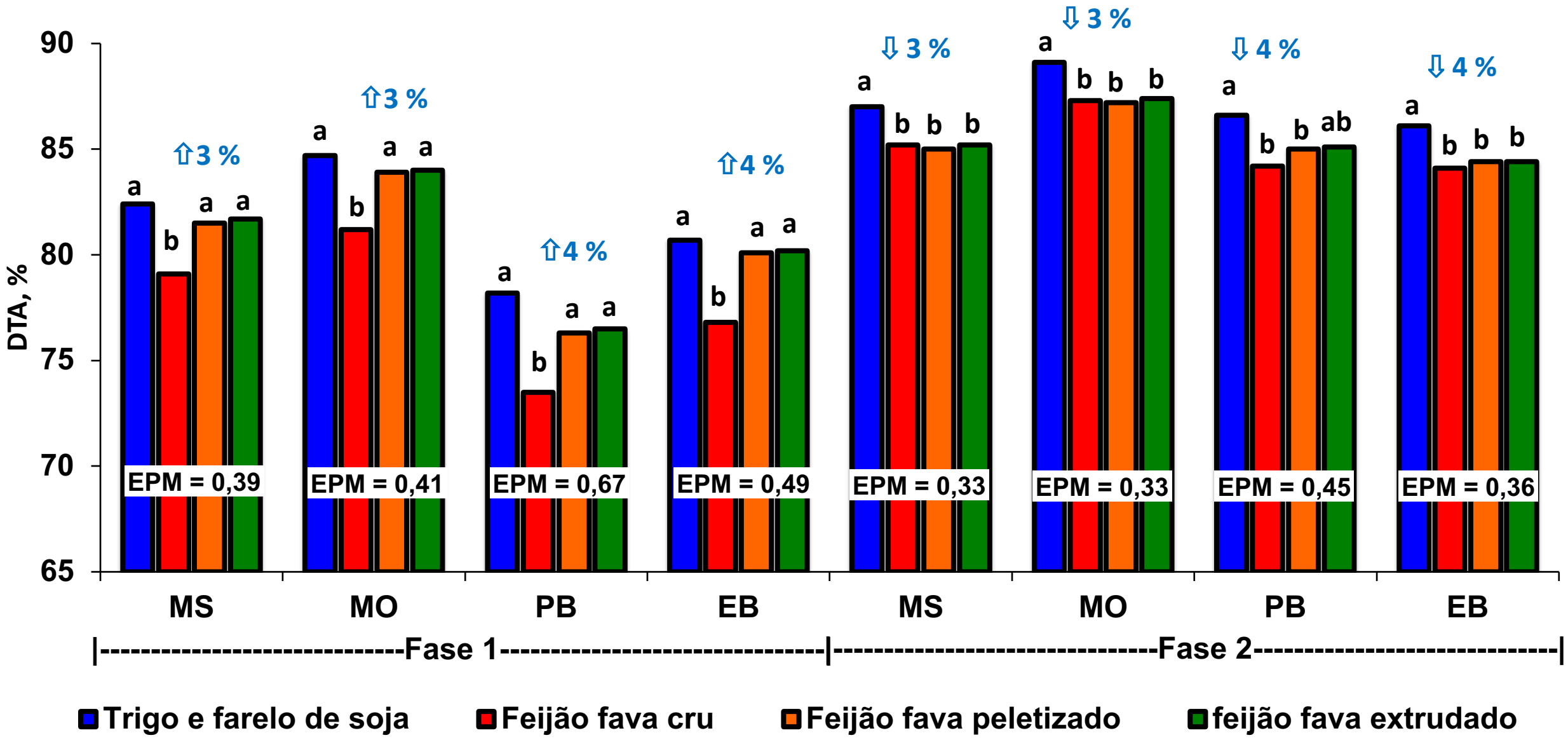
Digestibilidades totais aparentes (DTA) da MS, EB, PB, FDN e EE do grão de soja desativado (GSD) e do grão de soja extrudado a 82, 122 e 137º C (GS82, GS122 e GS137, respectivamente) em leitões com 29 dias de idade e 7,64± 0,88 kg de peso vivo (Milani et al., 2020)



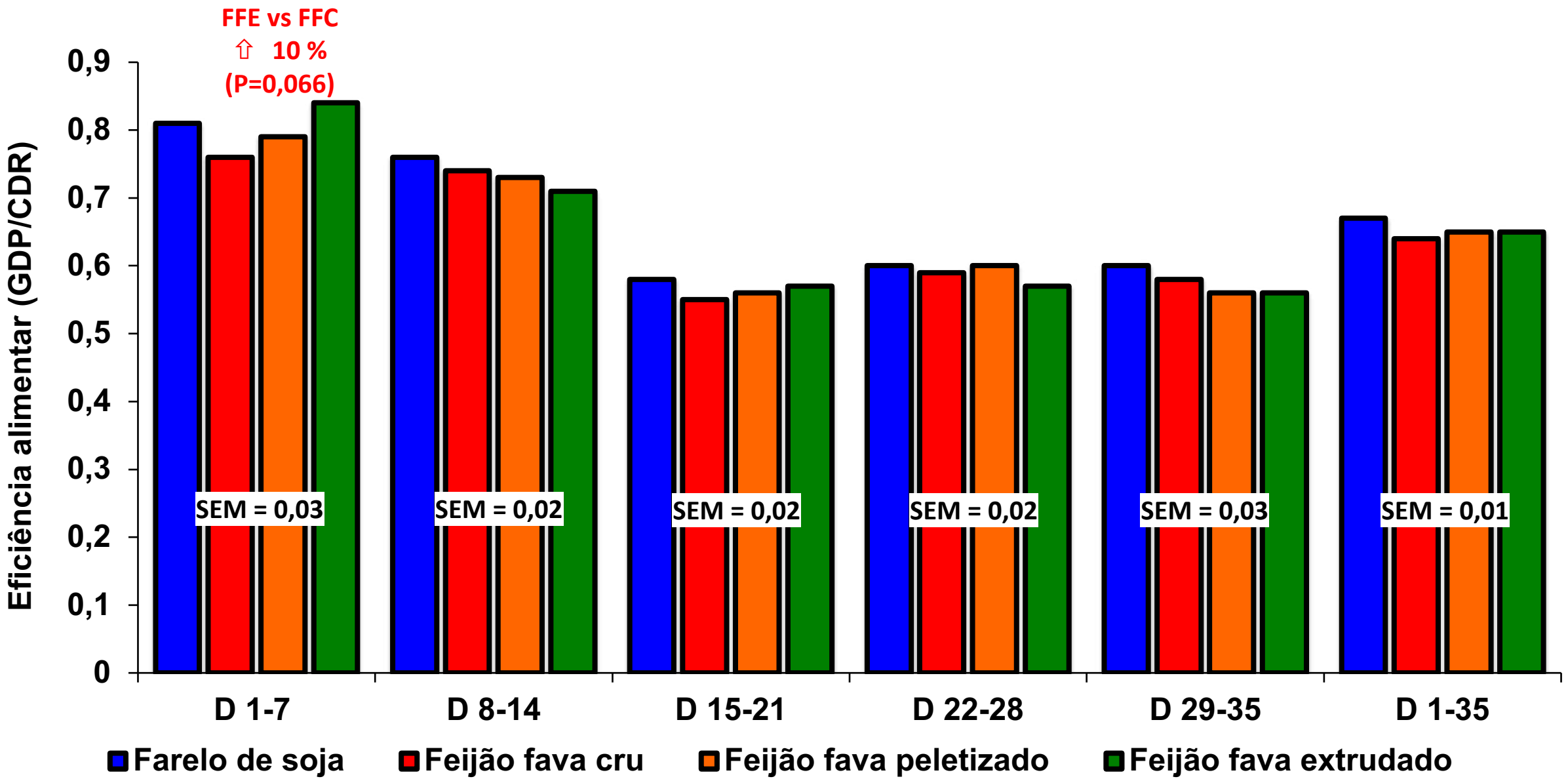
Digestibilidades ileais estandardizadas (DIE) da Lys, Met, Thr, Trp e Val do grão de soja desativado (GSD) e do grão de soja extrudado a 82, 122 e 137º C (GS82, GS122 e GS137, respectivamente) em leitões com 29 dias de idade e 7,64± 0,88 kg de peso vivo (Milani et al., 2020)



Digestibilidades totais aparentes (DTA) da MS, MO, PB e da EB de dietas contendo feijão fava (30-40%), cru ou peletizado (70º C) ou extrudado (115º C) , em comparação a dieta com farelo de soja em leitões dos 28 aos 42 (fase 1) e dos 43 aos 63 (fase 2) dias de idade (Ruiz et al., 2018)



Eficiência alimentar (GDP/CDR) de leitões dos 28 aos 63 dias alimentados com dietas contendo feijão fava (30-40%), cru ou peletizado (70º C) ou extrudado (115º C) , em comparação a dieta com farelo de soja em (Ruiz et al., 2018)



Considerações finais

- **Processamento de ingredientes:**
  - ⇧ digestibilidades da EB e dos nutrientes dos alimentos para suínos
    - ⇩ custo
    - ⇧ eficiência alimentar (VALORIZAÇÃO DAS MATRIZES NUTRICIONAIS)
    - ⇩ problemas ambientais
  - ⇧ variedade de ingredientes (coprodutos, resíduos)
  - Sanitização dos ingredientes (extrusão e peletização)
  - ⇩ desperdícios
  - ⇧ saúde intestinal
  - Mais estudos envolvendo processamento de ingredientes em diferentes condições, com ingredientes diversos, para suínos de idades distintas e avaliando interações entre processamentos



Pesquisa e Extensão em
Nutrição de Suínos

PENSUI

ESALQ - USP



Processamento de ingredientes para leitões

Urbano dos Santos Ruiz

usruiz@usp.br

Novembro de 2021

ESALQ

USP