



**33ª Reunião Anual do CBNA - 2021**  
Congresso Sobre Nutrição Pré-Natal e de Animais Jovens

AVES  
SUÍNOS  
BOVINOS

COLÉGIO BRASILEIRO  
DE NUTRIÇÃO ANIMAL  
**cbna**

# Processamento de ingredientes para leitões

**Urbano dos Santos Ruiz**

[usruiz@usp.br](mailto:usruiz@usp.br)



**ESALQ**

Novembro de 2021

**USP**

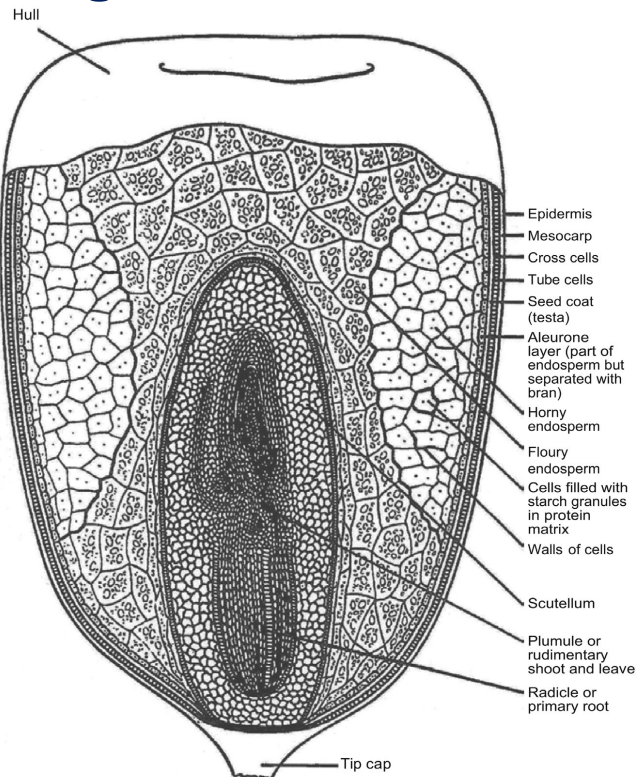
# Sumário

---

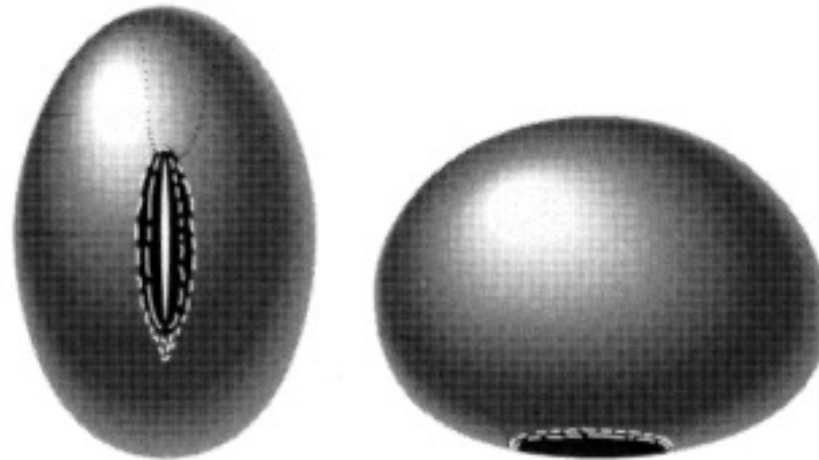
- **Ingredientes de origem vegetal**
- **Importância do processamento de ingredientes**
- **Processamentos**
  - **Moagem**
  - **Peletização**
  - **Extrusão**
- **Fatores que afetam os processamentos**
- **Utilização de ingredientes processados**

# Ingredientes de origem vegetal para suínos

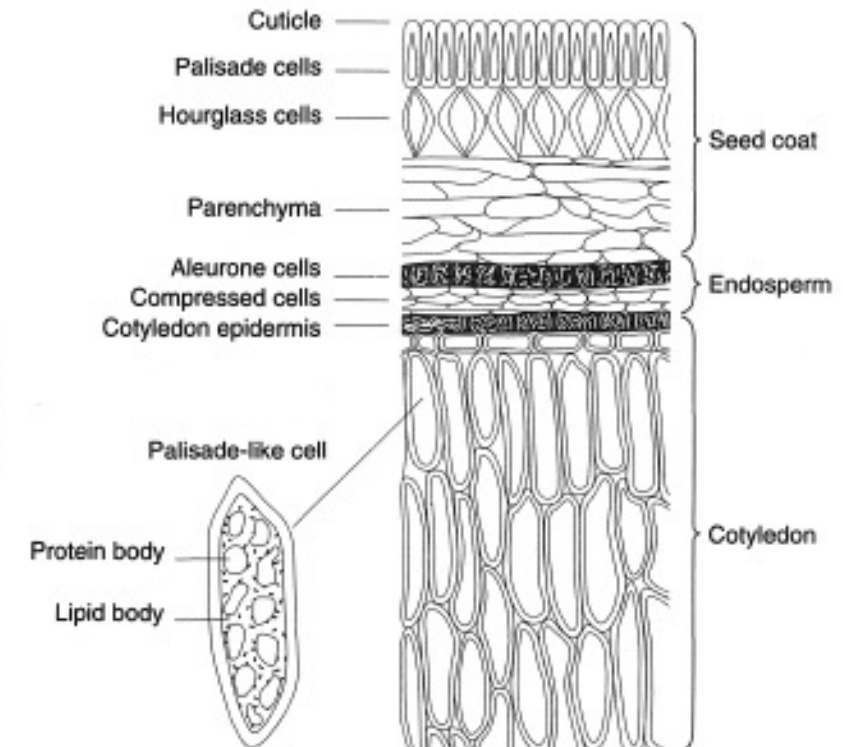
- Desde 1950 → dietas para suínos criados comercialmente compostas, principalmente, por ingredientes de origem vegetal (Stein et al., 2016)
- Valor nutricional dos ingredientes → Teores de EB, AA e P, e suas respectivas digestibilidades



(Lásztity, 1999)



(Adaptado de Smith e Circle, 1971)

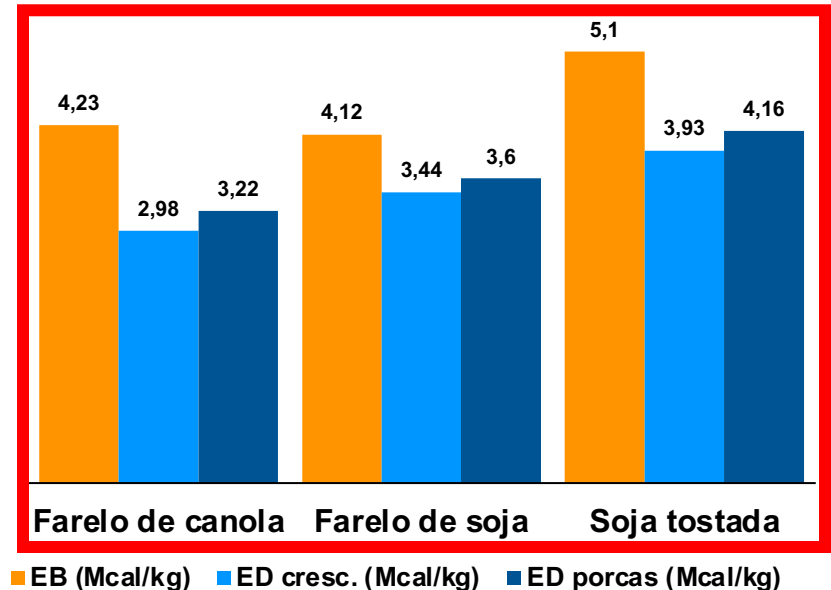
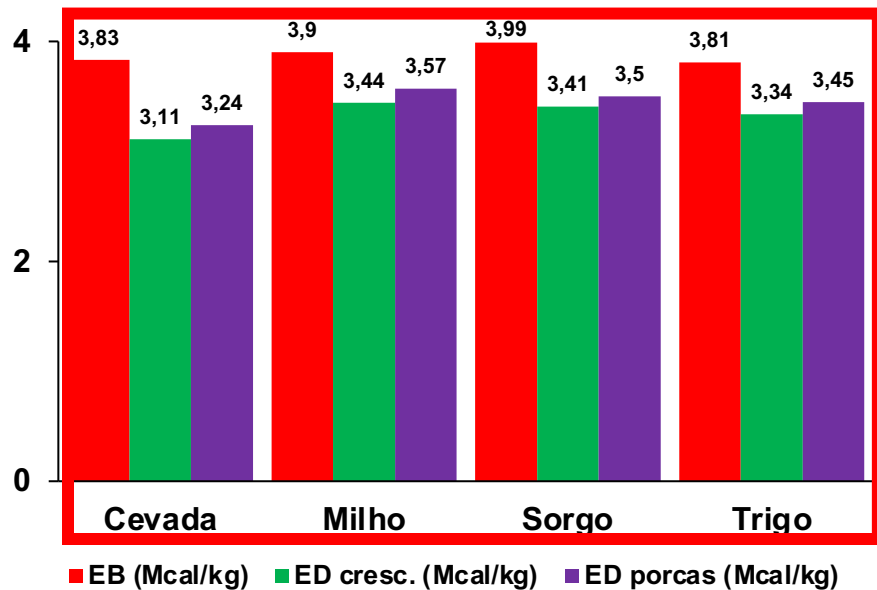
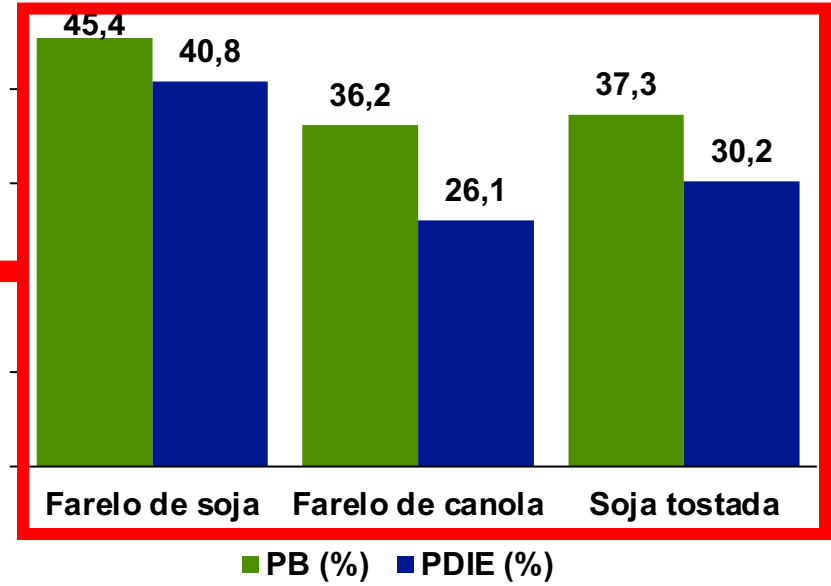
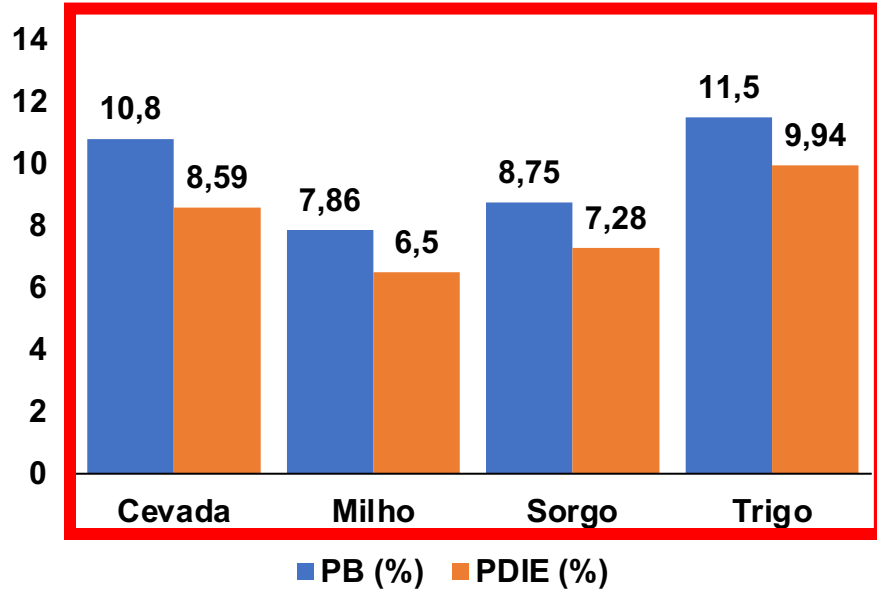


# Ingredientes de origem vegetal para suínos

---

- **↑ 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 estandarizada (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.:**

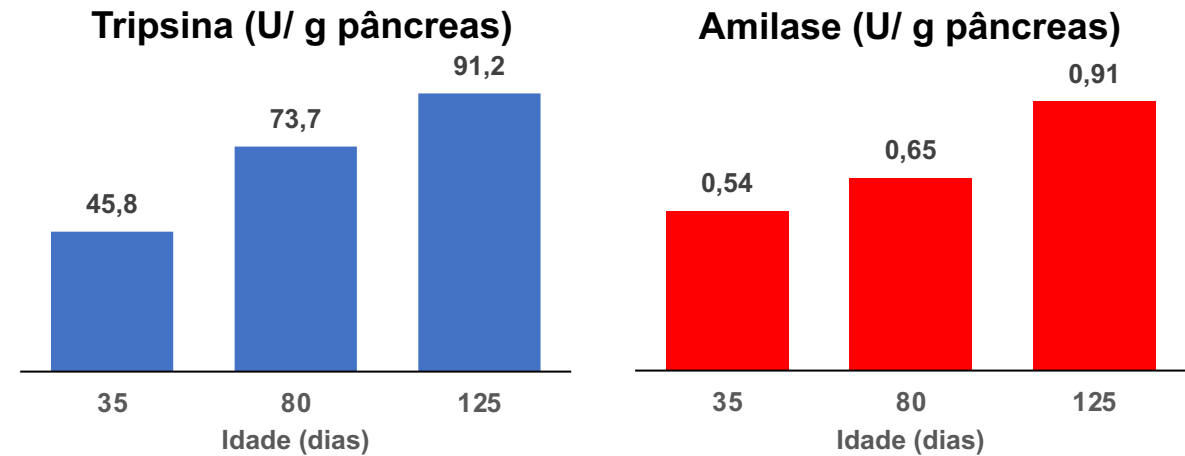
**70 a 84%**

**Porcas:**

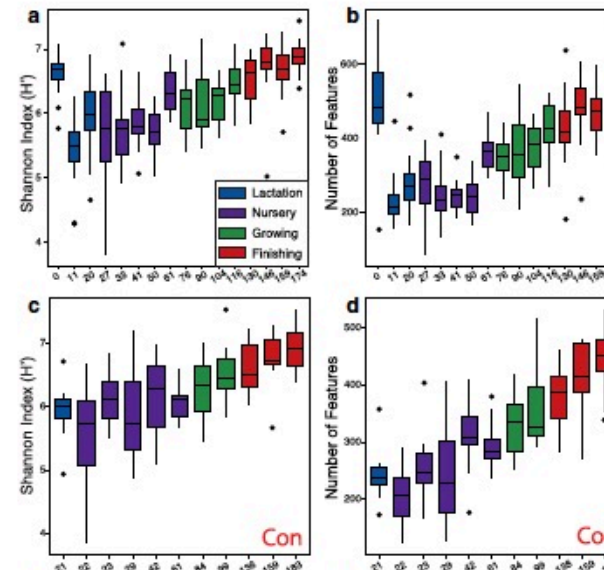
**76 a 87%**

# 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).

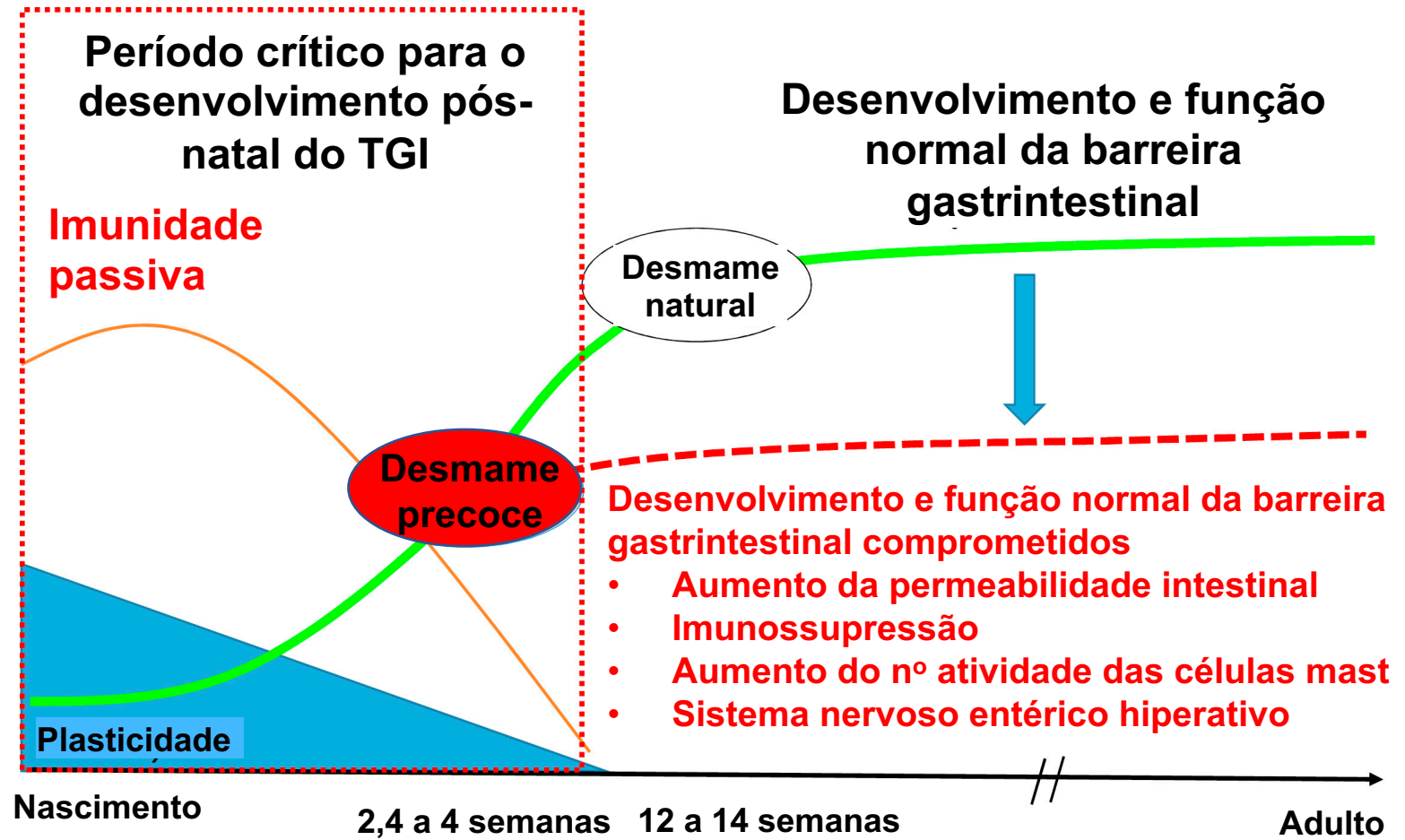


Mudanças longitudinais na diversidade (a, c) e riqueza (b, d) do microbioma do TGI suíno do nascimento à idade de abate (Adaptado de Wang et al., 2019)

# 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**

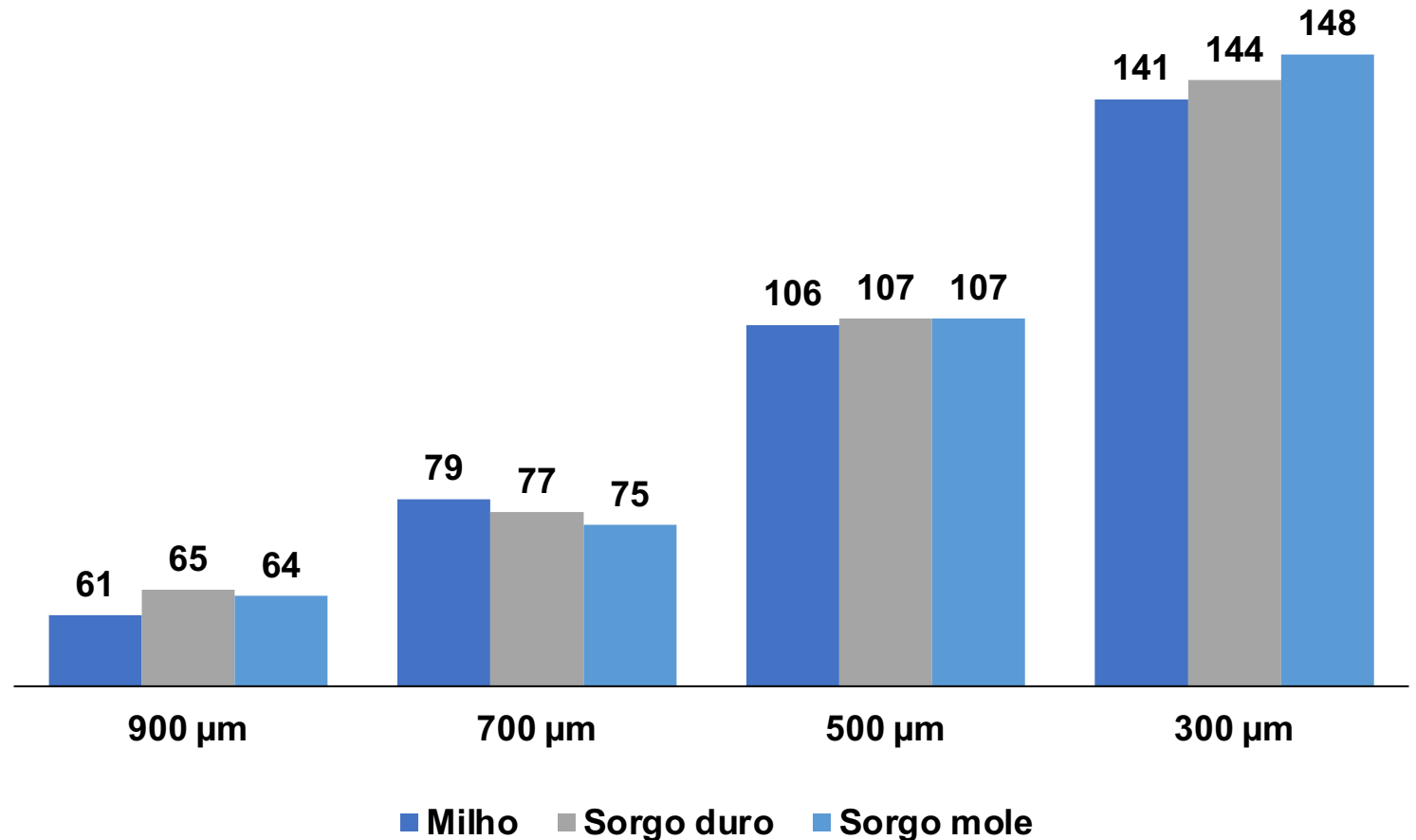
**Peso 1000 grãos:**  
**290,0 - 296,6 g**

**Área de superfície de  
um grão:**  
**1,34 - 1,77 cm<sup>2</sup>**

**Área de superfície por  
unidade de massa:**  
**4,63 - 5,98 cm<sup>2</sup>/g**

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

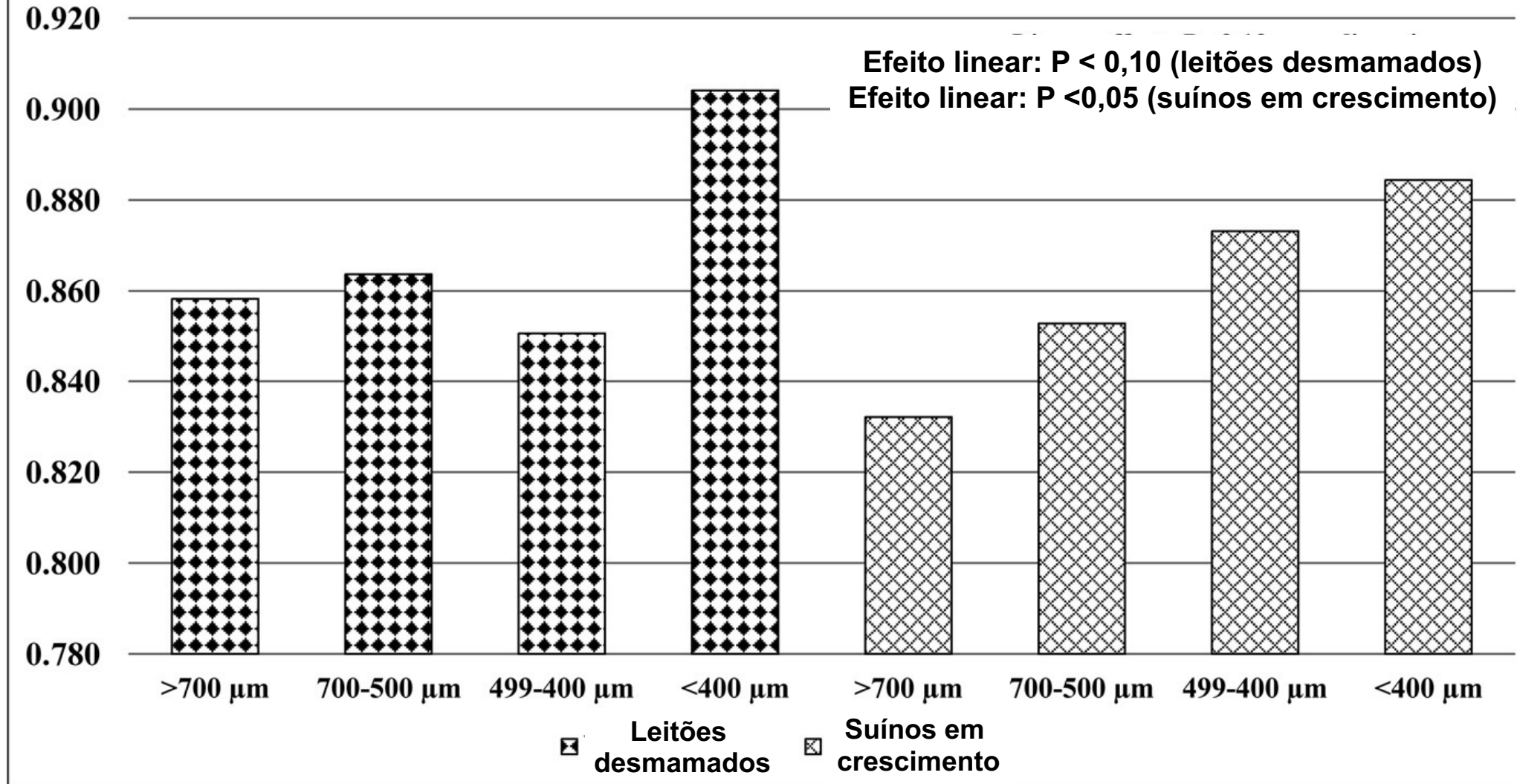
**Área de superfície (cm<sup>2</sup>/g) de amostras de milho e sorgo moídas  
em diferentes granulometrias (Healy et al., 1994).**



# Moagem

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

## DTA da EB



### 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))

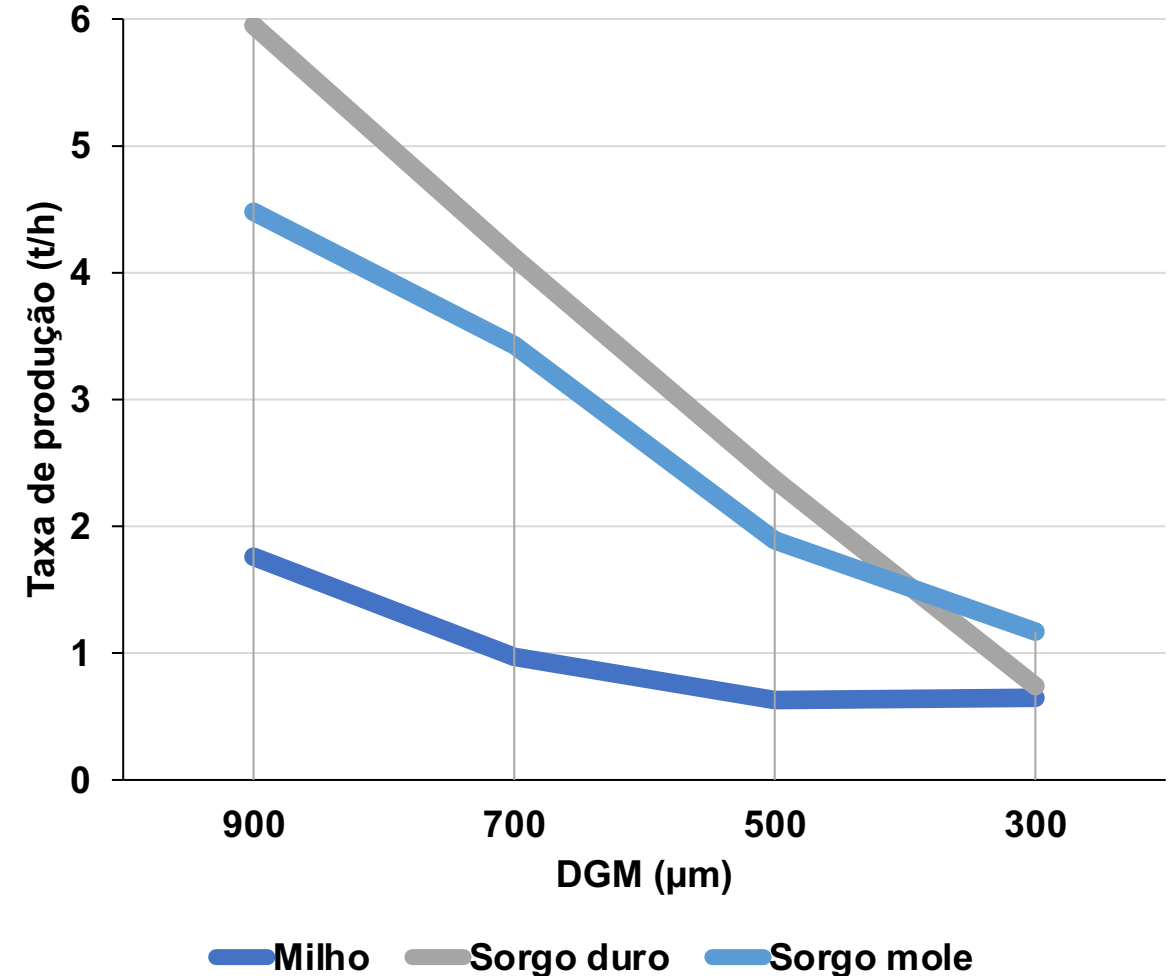
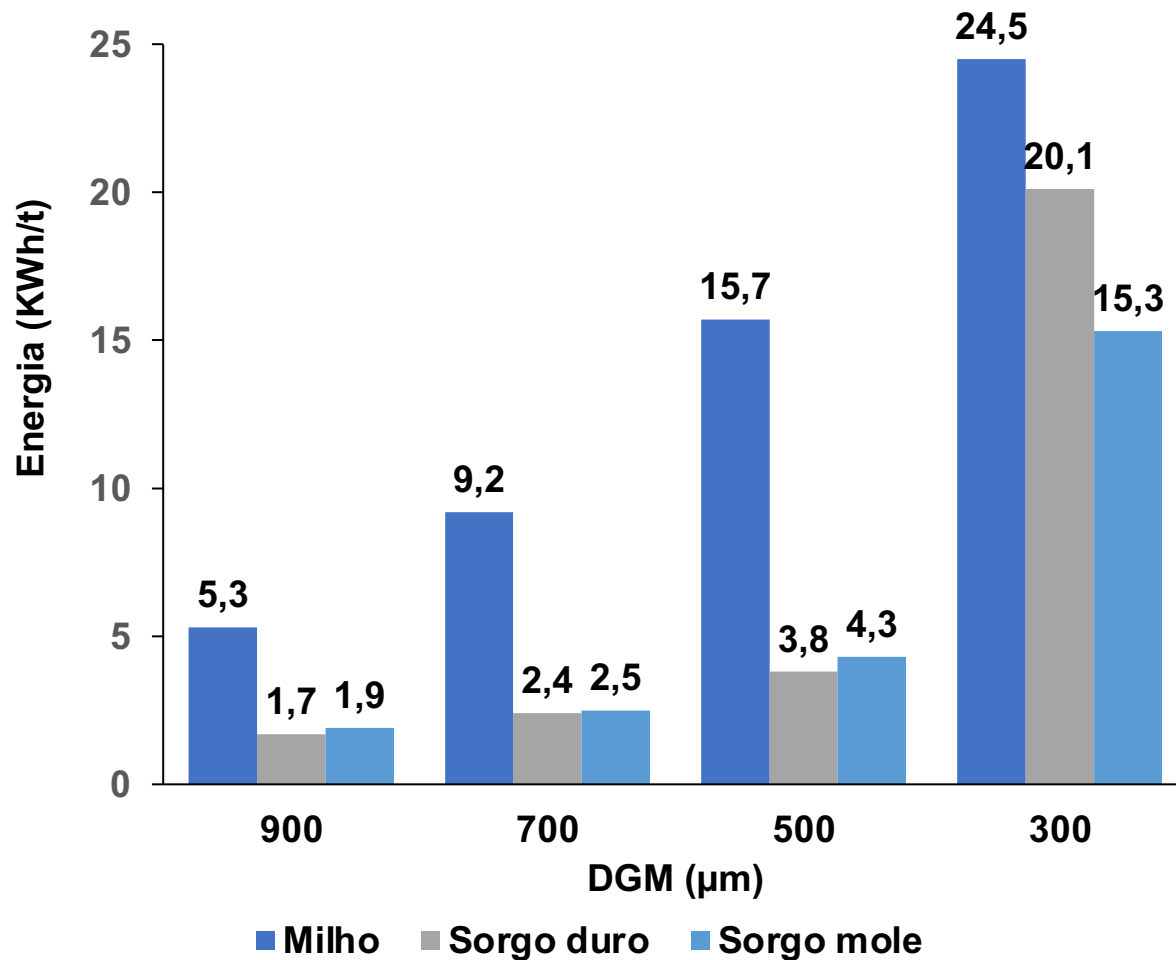
**Tabela 1. Efeito da redução no tamanho de partículas de ingredientes sobre o desempenho zootécnico de leitões e suínos em crescimento<sup>a</sup>.**

Item	Tamanho de partícula, $\mu\text{m}$				EPM	Valor de P	
	>700	700-500	499-400	<400		Linear	Quad.
<b>Leitões</b>							
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
<b>Suínos crescimento</b>							
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

<sup>a</sup>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)

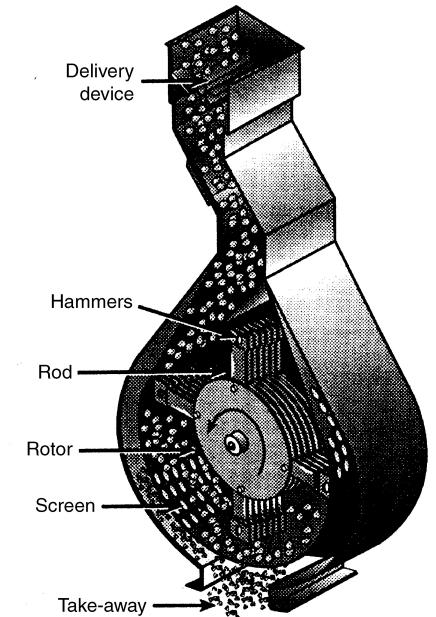
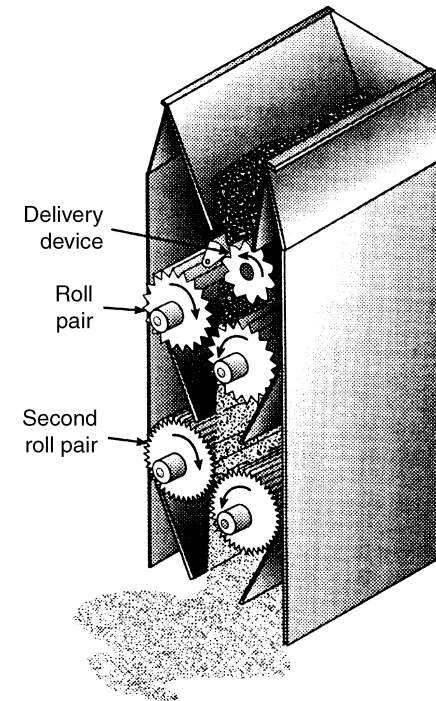
<sup>b</sup>GDP, ganho diário de peso; CDR, consumo diário de ração.

## 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 Hancock e Behnke, 2001)

## Tabela 2. Impacto do tamanho de partícula de ingredientes na fisiologia gastrointestinal 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 partículas 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**



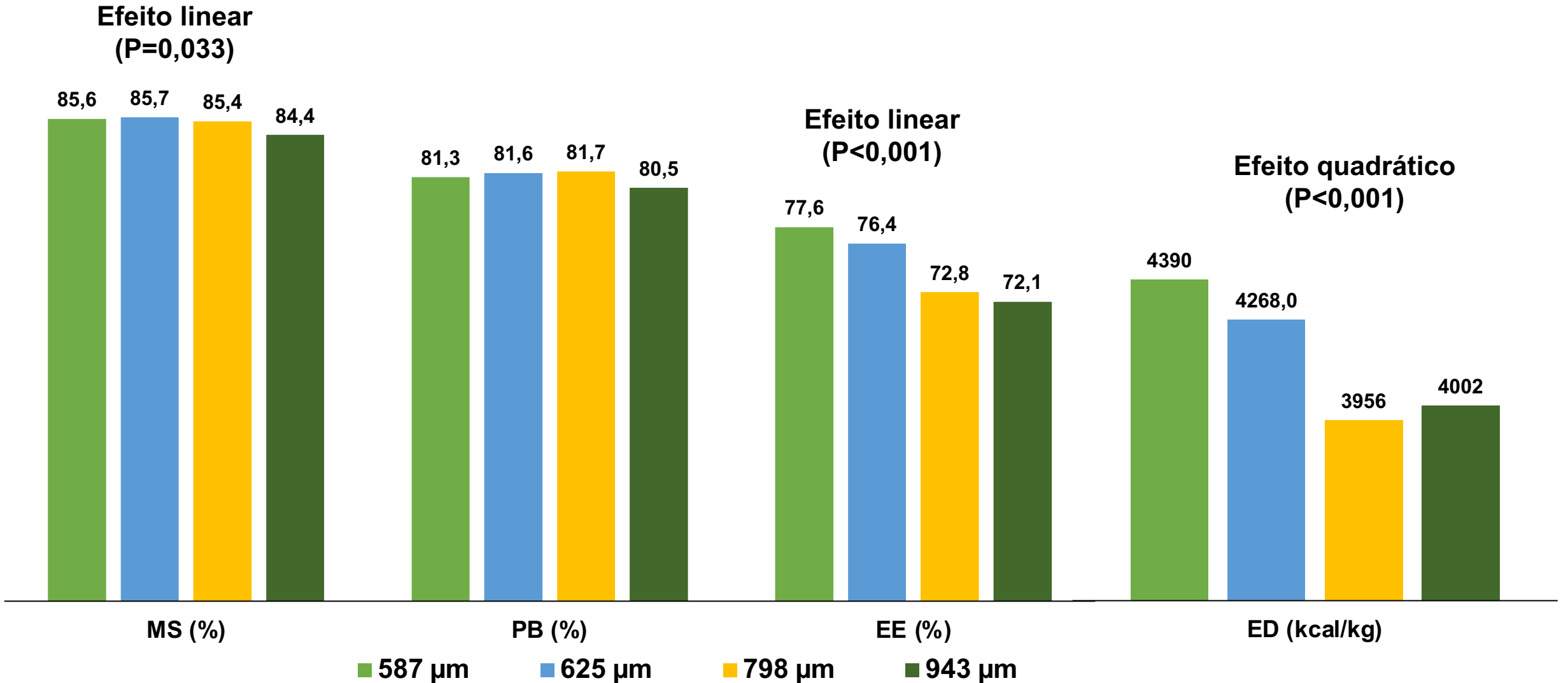
# Moagem

- 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

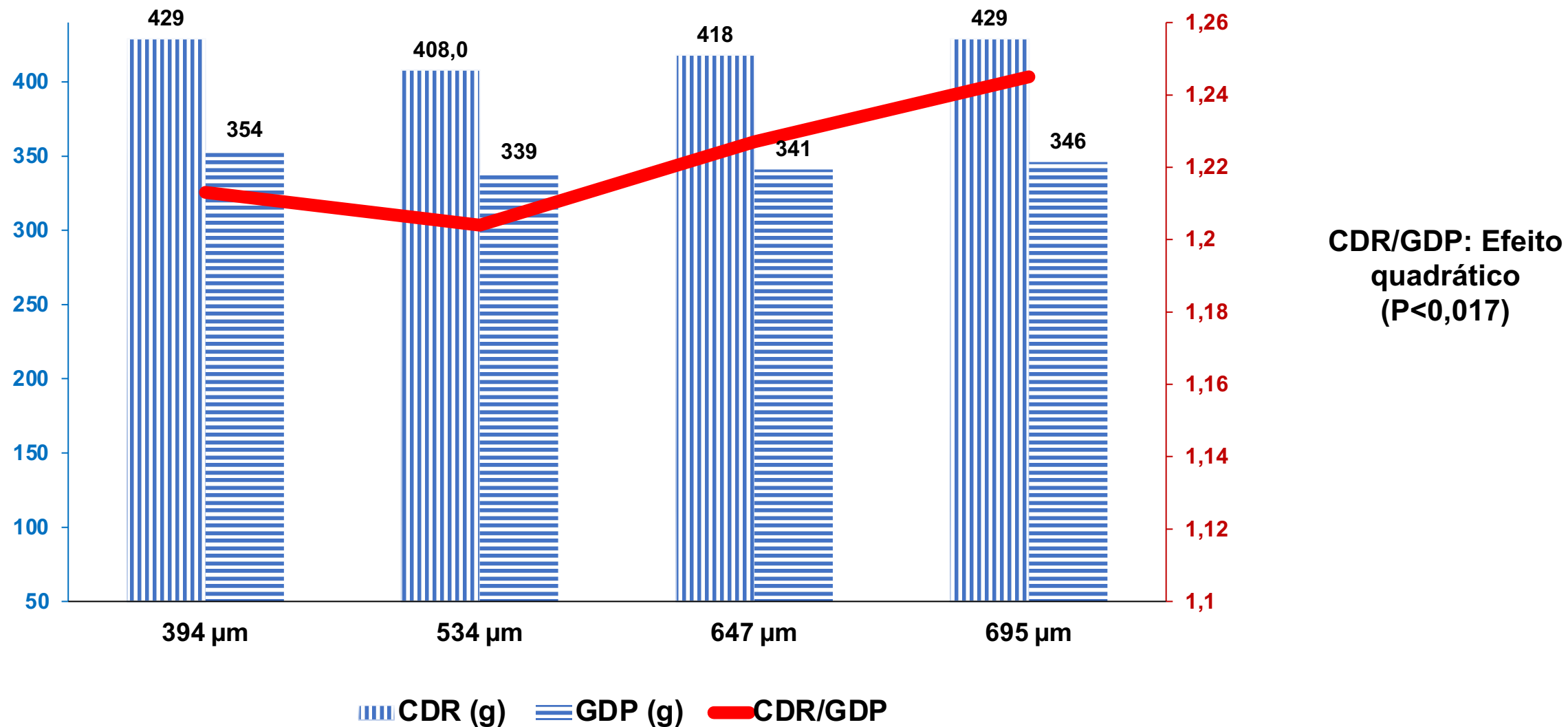
# Moagem

- 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 al., 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

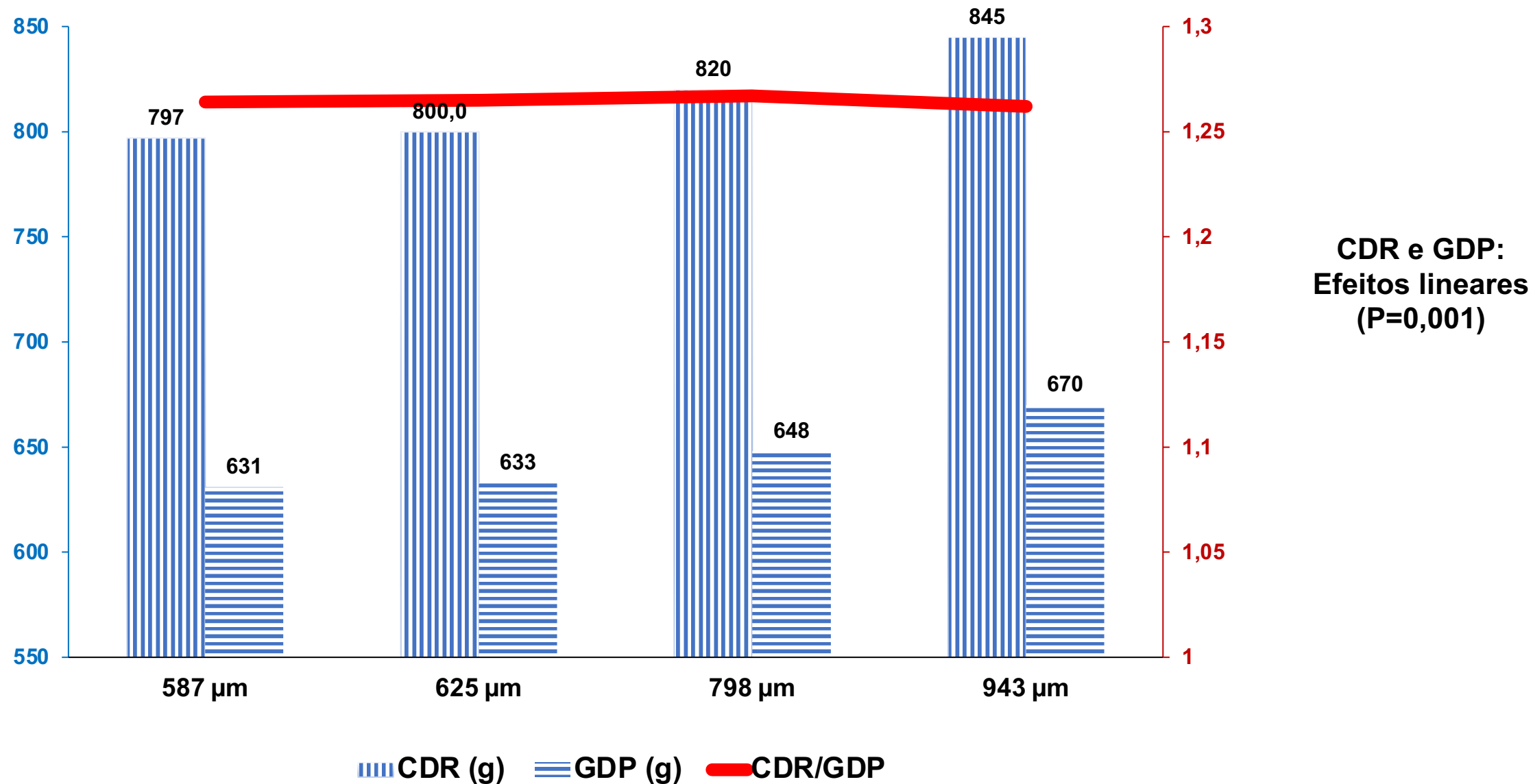
**DTA da MS, PB e EE, e ED de dietas peletizadas com milho moído a 587, 625, 798 e 943 µm de DGM em leitões dos 49 aos 53 dias de idade (Almeida et al., 2021).**



**CDR, GDP e CDR/GDP de leitões alimentados com dietas peletizadas, contendo milho moído a 394, 534, 647 e 695  $\mu\text{m}$  de DGM em leitões dos 28 aos 42 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  $\mu\text{m}$  de DGM em leitões dos 43 aos 63 dias de idade (Almeida et al., 2021).**

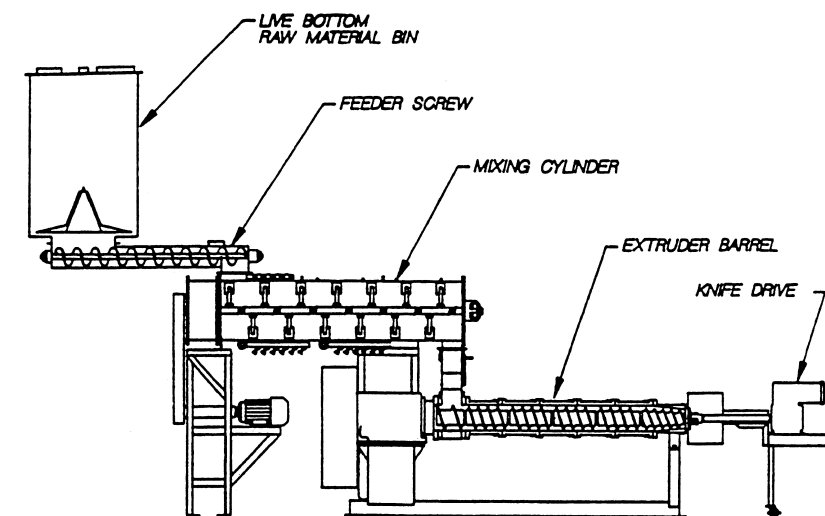


# Peletização e extrusão

- 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 (Hancock 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**

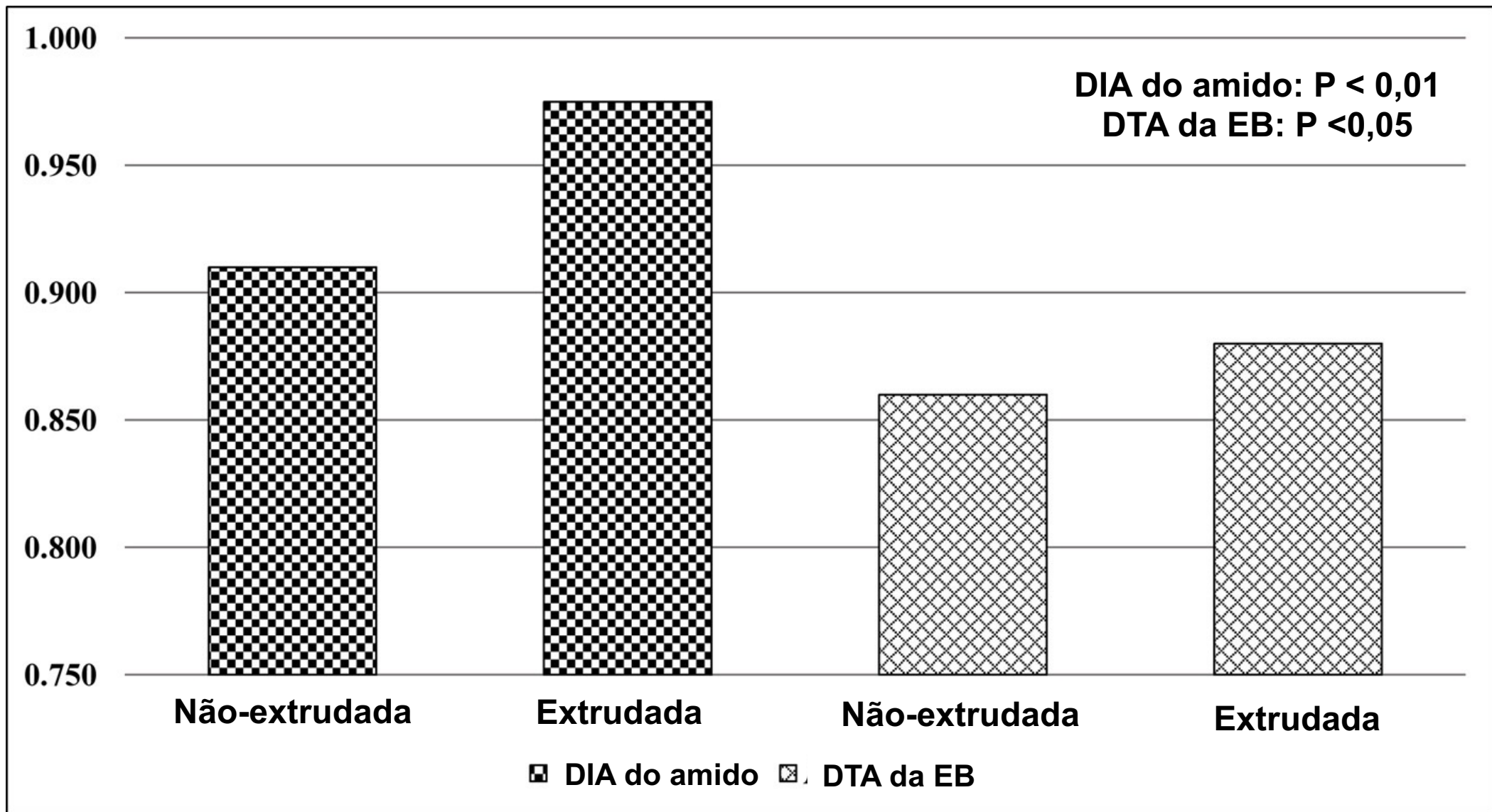


**Tabela 3. Efeito da peletização na digestibilidade total aparente (DTA) da energia bruta (EB) e no desempenho zootécnico de leitões e suínos em crescimento<sup>a</sup>**

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

<sup>a</sup>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)

<sup>b</sup>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 Bohlike (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<sup>a</sup>**

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

<sup>a</sup>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)

<sup>b</sup>GDP, ganho diário de peso; CDR, consumo diário de ração.

# Peletização e extrusão

## ▪ Efeitos

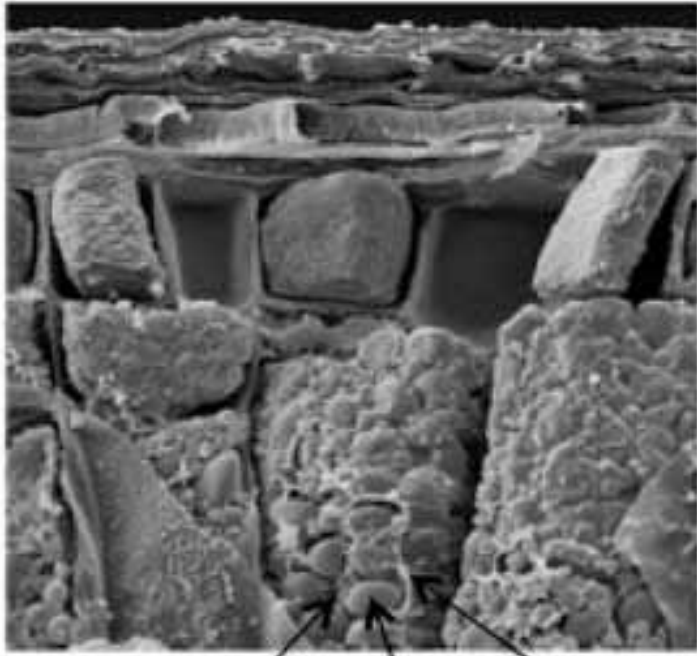
– Parâmetros operacionais

– Ingrediente (composições química e física)

- Amido (tipo, formato, relação amilose/amilopectina)
- Fibra
- Proteínas
- Lipídios

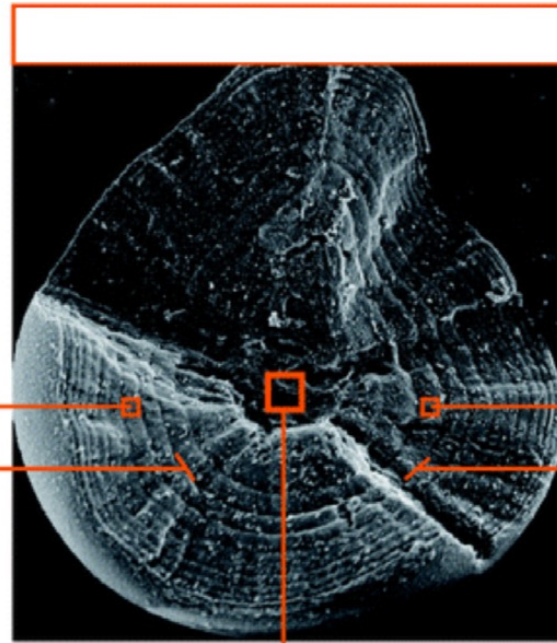
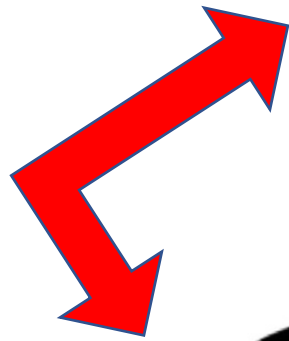
– Idade do suíno

– “Forma de utilização do ingrediente processado”

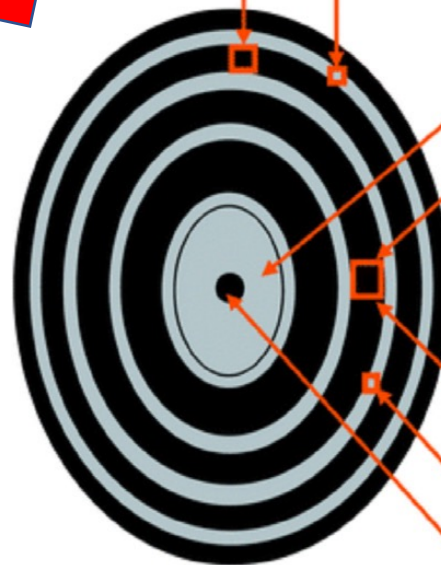


Matriz proteica      Grânulo de amido      Paredes celulares

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



Wang e  
Copeland  
(2013)



Modelo do anel  
de crescimento

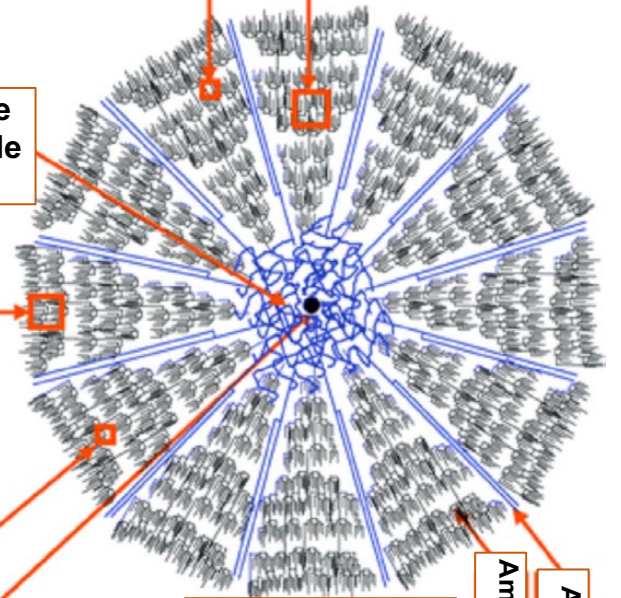
Região amorfa (amilose e  
extremidades reductores de  
amilopectina)

Lamela  
cristalina

Lamela  
amorfa

Anel de crescimento amorfo  
(cadeias de amilopectina  
laterais estendidas e  
desordenadas e amilose)

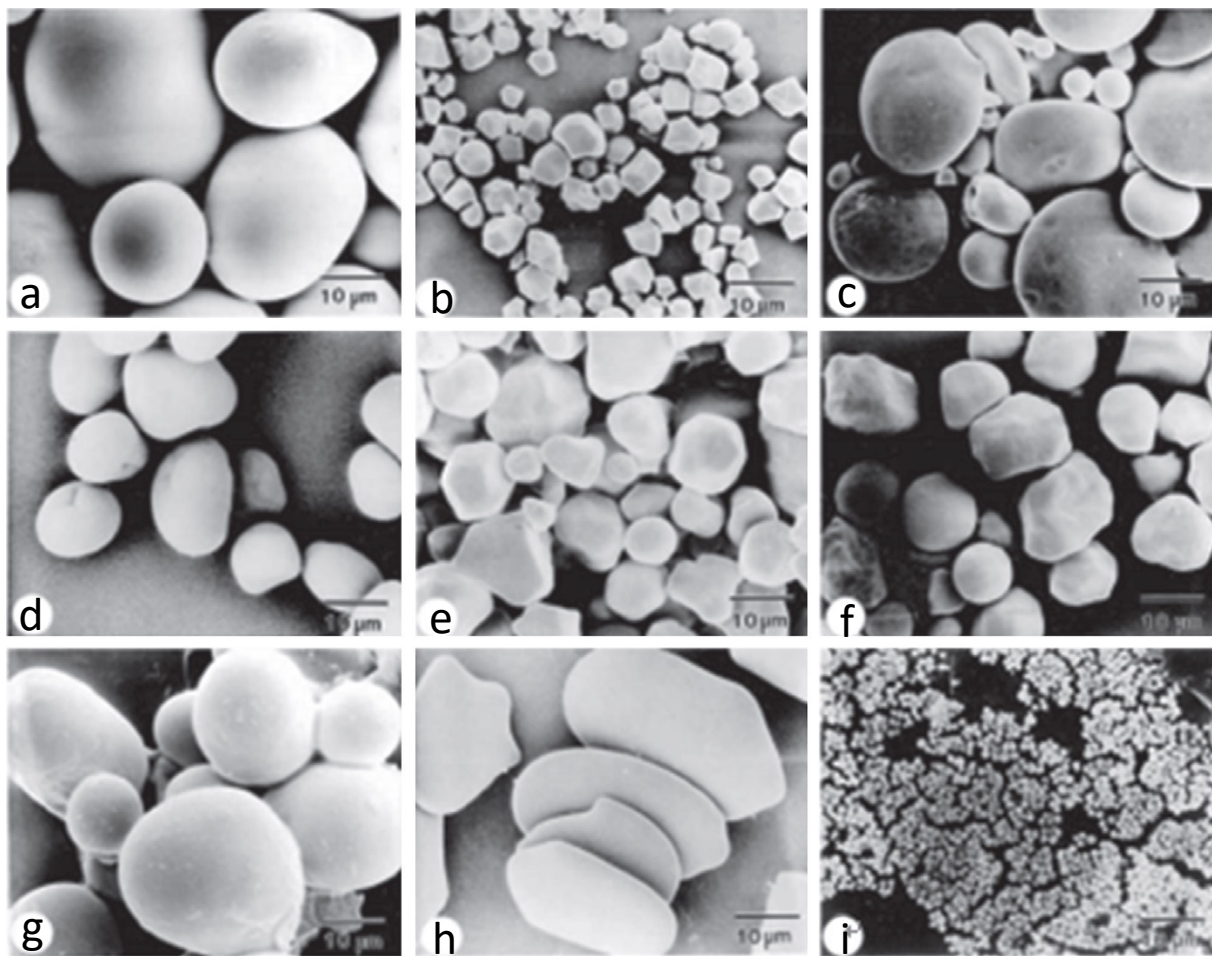
Hilo



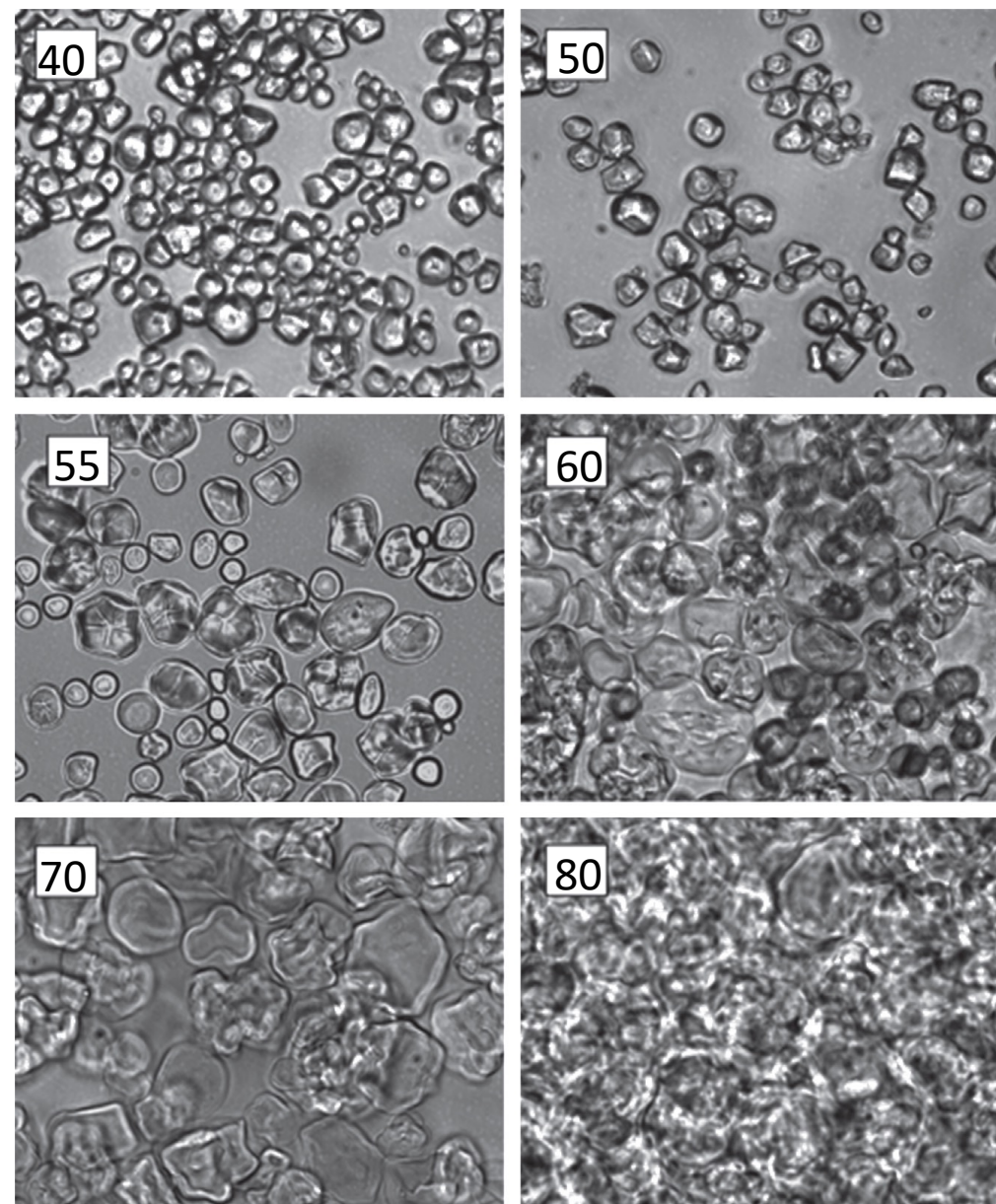
Modelo de  
distribuição em  
cadeia

Amilopectina

Amilose

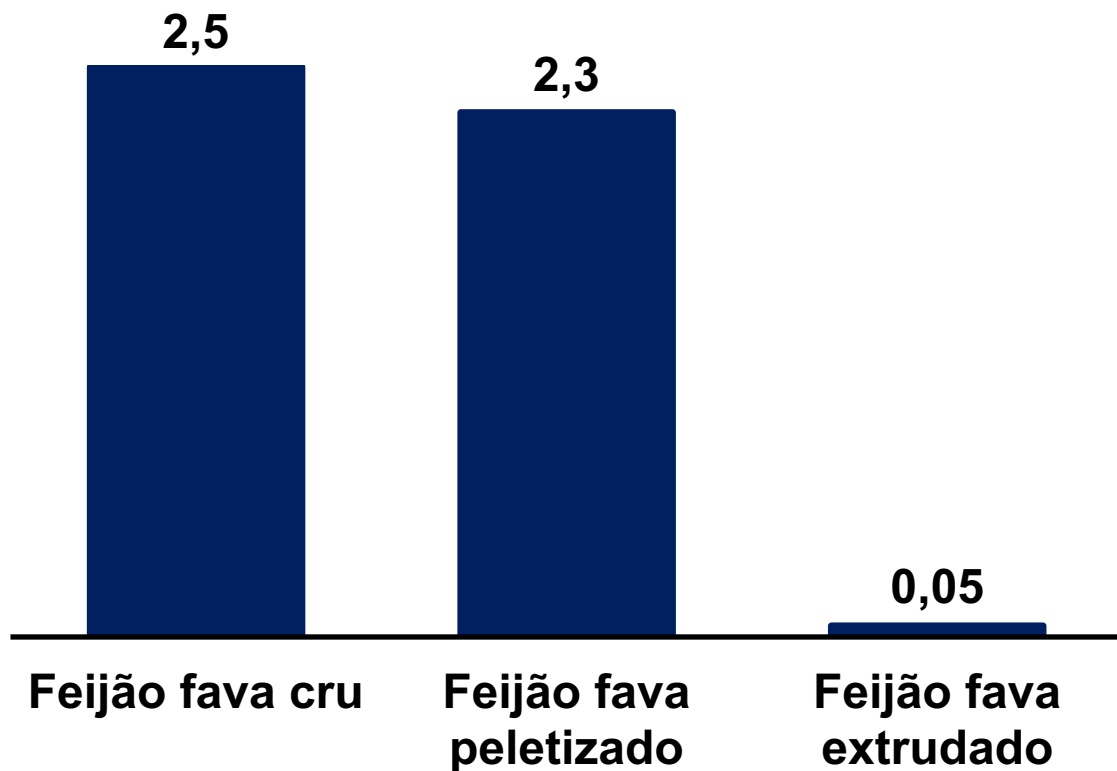


Eletronmicrografias de vários grânulos de amido de diversas fontes: a) batata; b) arroz; c) trigo; d) feijão mung; e) milho; f) milho waxy; g) mandioca; h) shoti; i) leaf starch. Robyt, 2008.

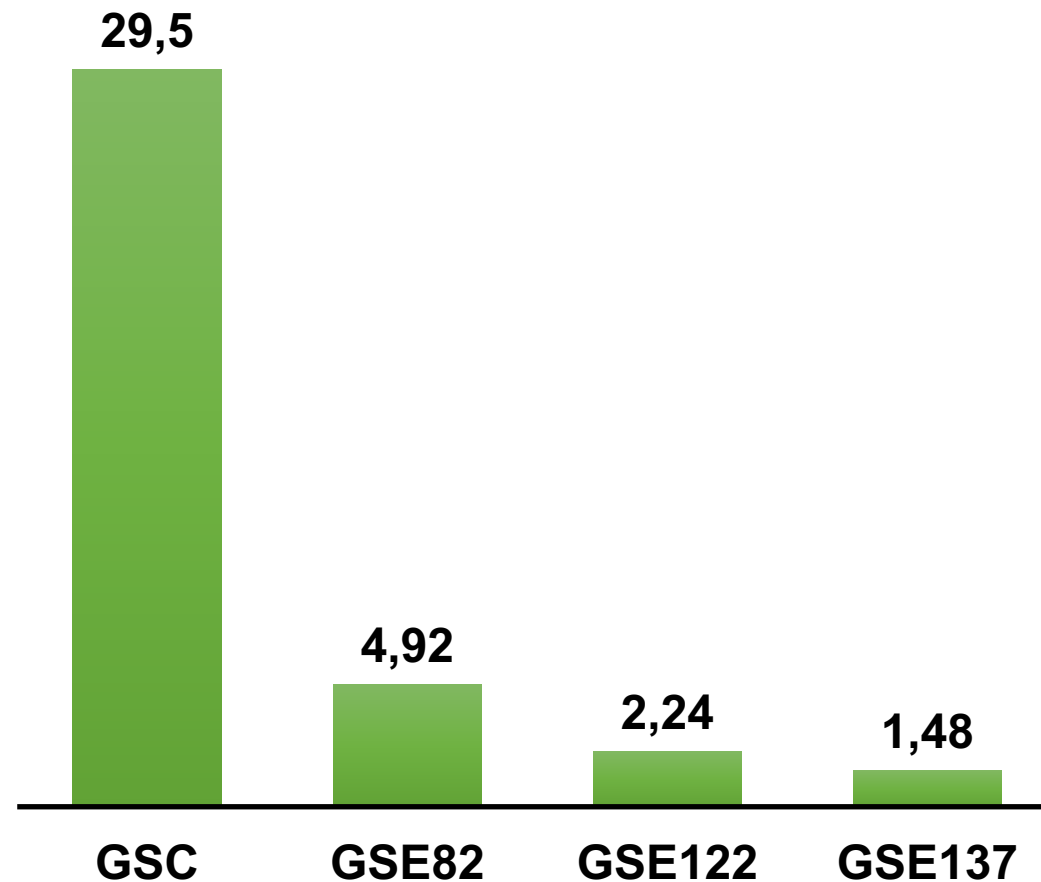


Imagens de grânulos de amido de milho em diferentes temperaturas (°C) mostram o intumescimento e ruptura dos grânulos conforme a desnaturação progride. Ratnayake e Jackson, 2006.

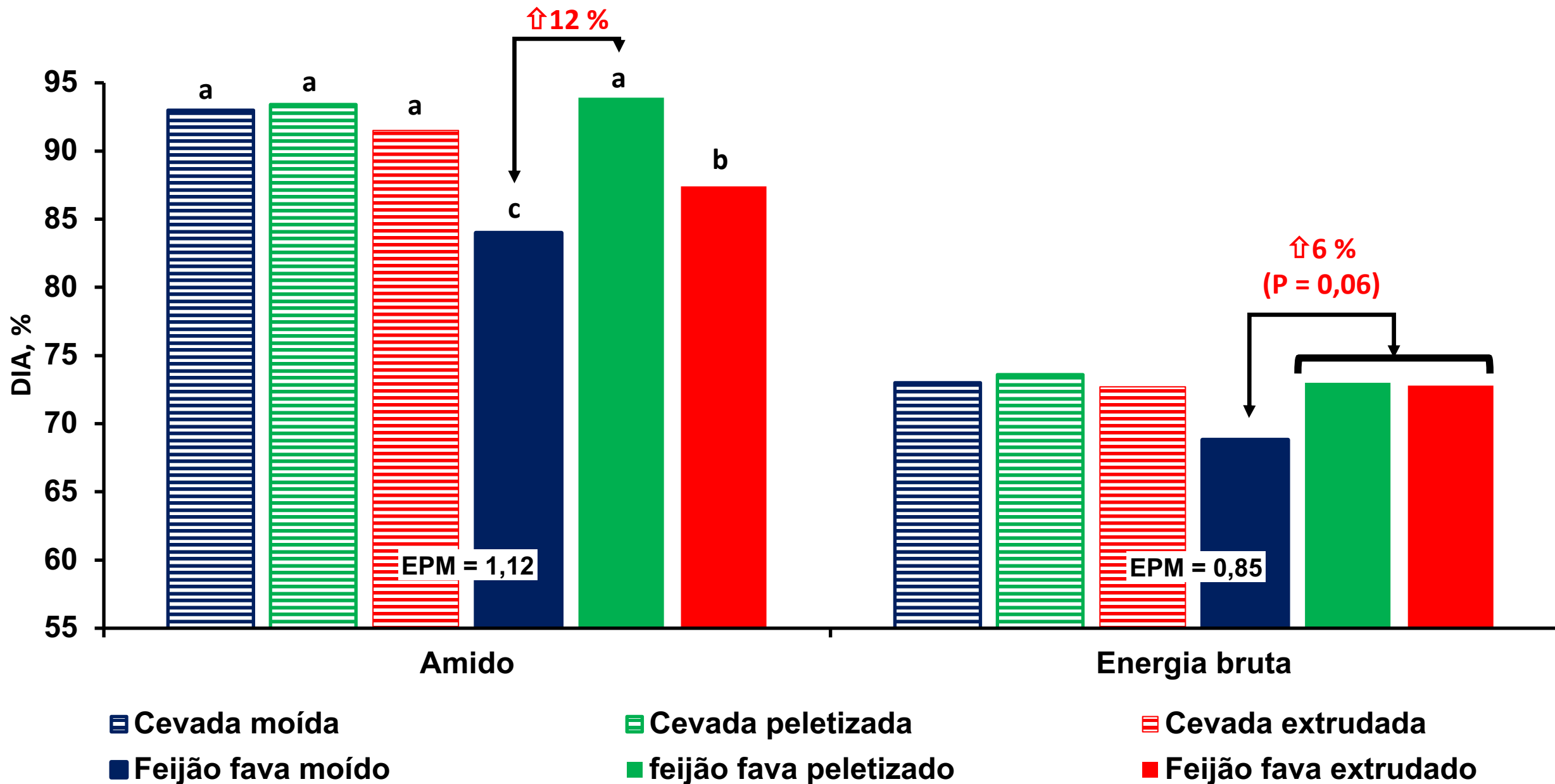
Atividade de inibidor de tripsina (mg/g PB) do feijão fava cru, peletizado (70° C) ou extrudado (115° C) (Ruiz et al., 2017).



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

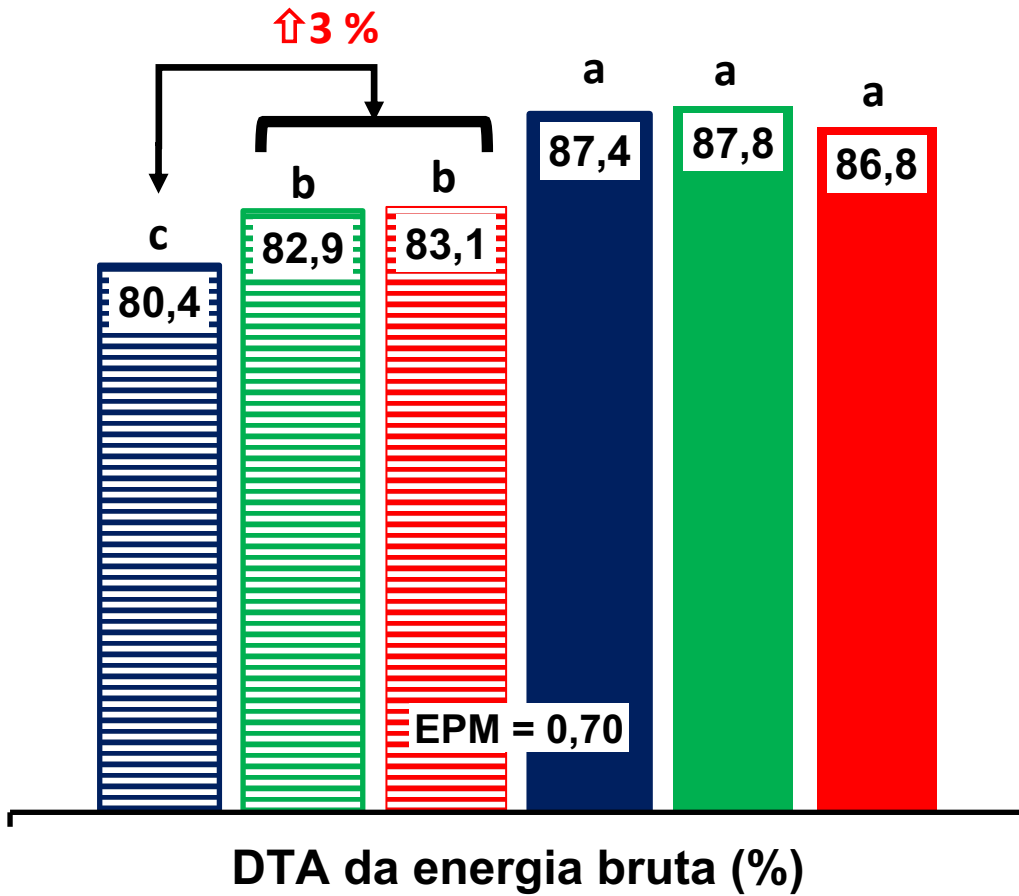


Efeitos da moagem, peletização (70° C) e extrusão (115° C) sobre a digestibilidade ileal aparente (DIA) do amido e EB da cevada e do feijão fava em suínos em crescimento (Ruiz et al., 2017).

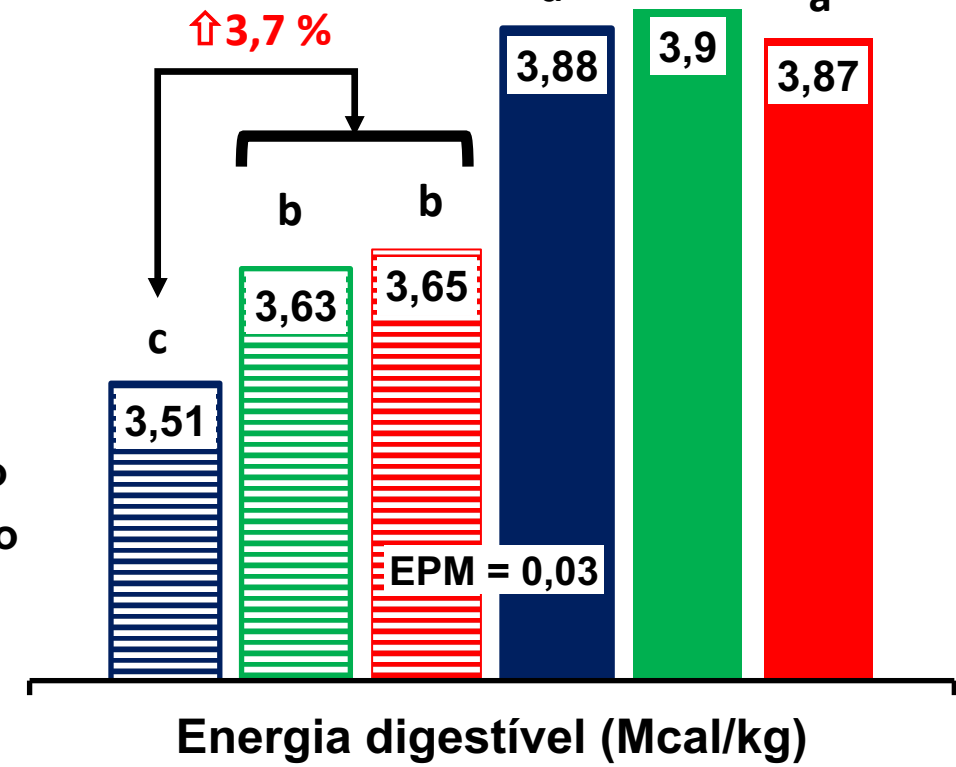




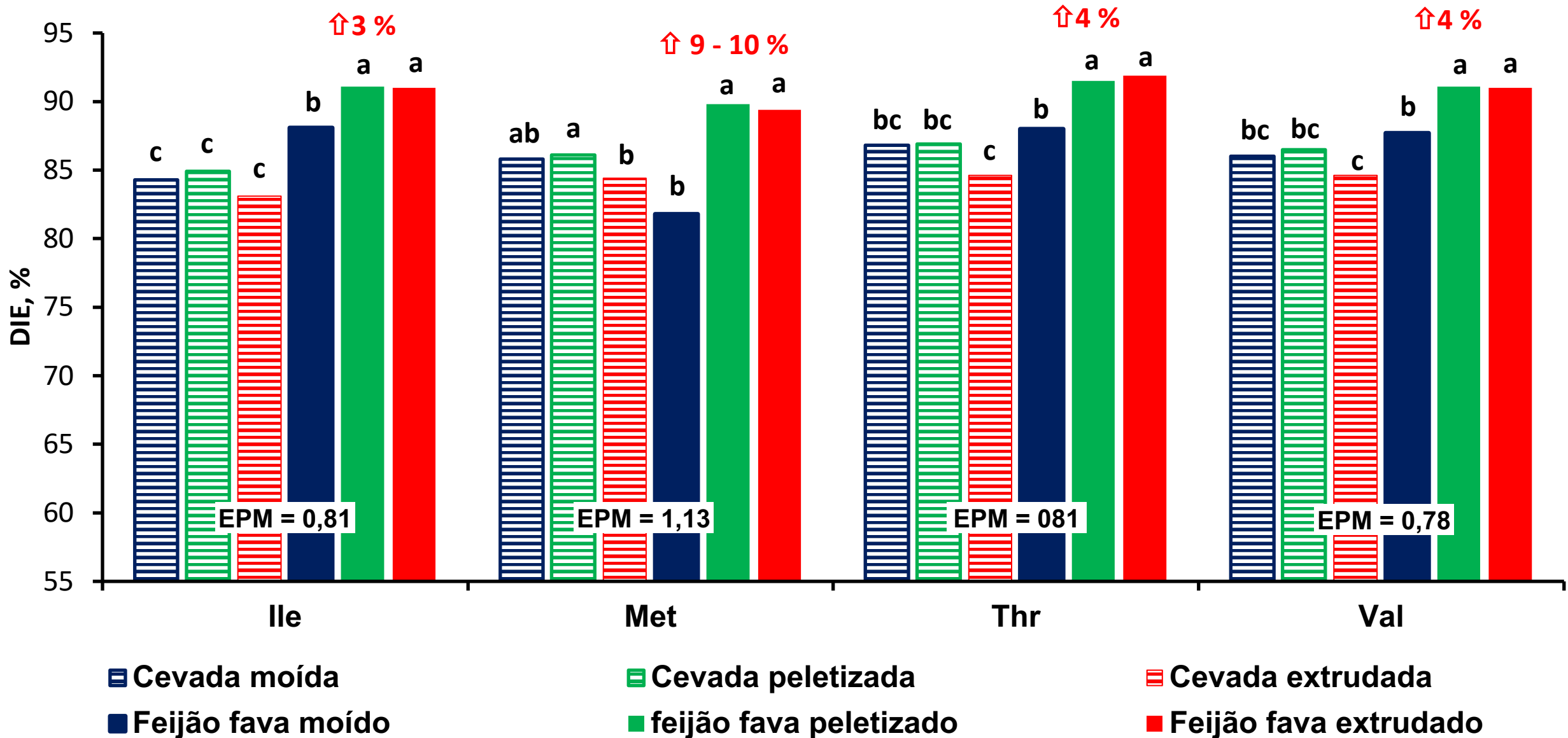
Efeitos da moagem, peletização (70° C) e extrusão (115° C) sobre a digestibilidade total aparente (DTA) da EB, energias digestível (ED) e líquida (EL) estimada da cevada e do feijão fava em suínos em crescimento (Ruiz et al., 2017).



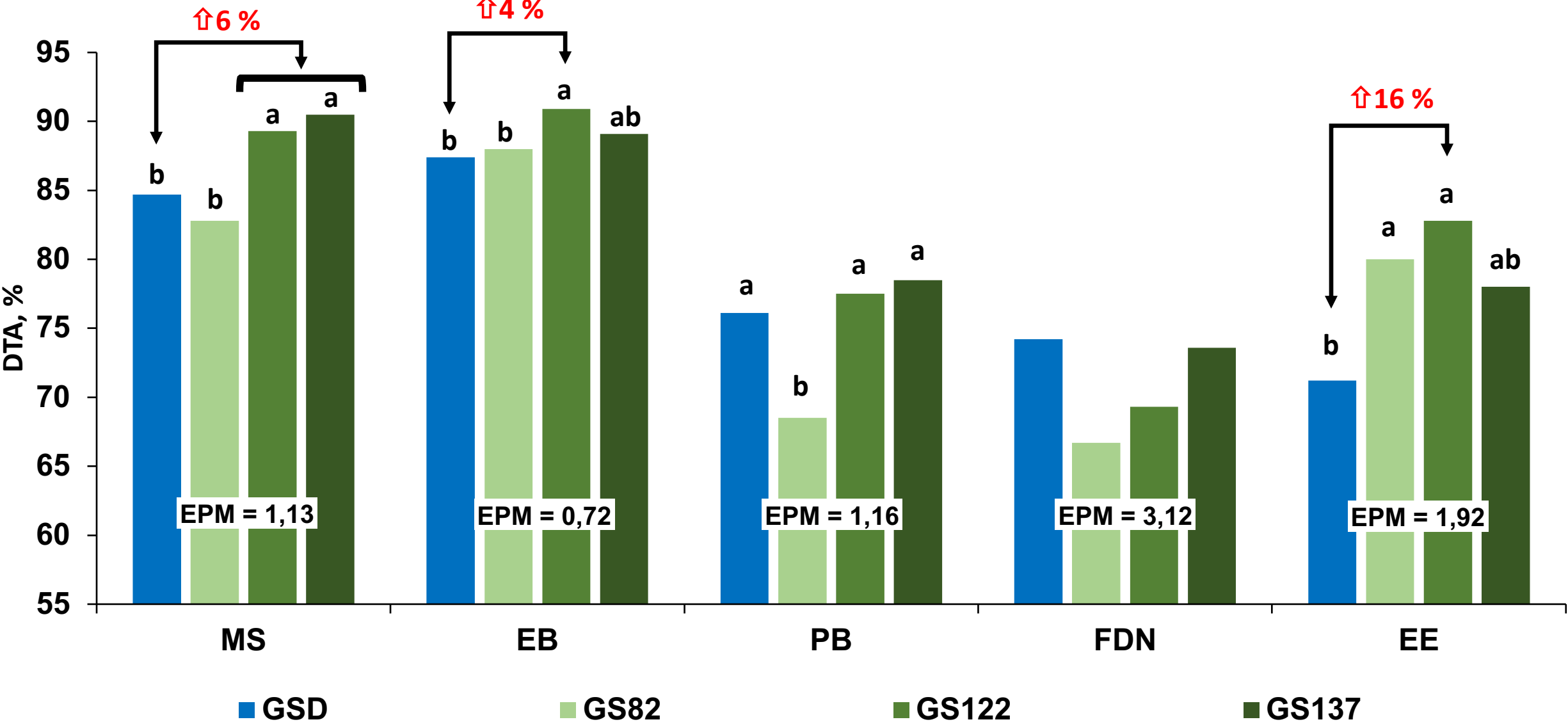
- Cevada moída
- Cevada peletizada
- Cevada extrudada
- Feijão fava moído
- feijão fava peletizado
- Feijão fava extrudado



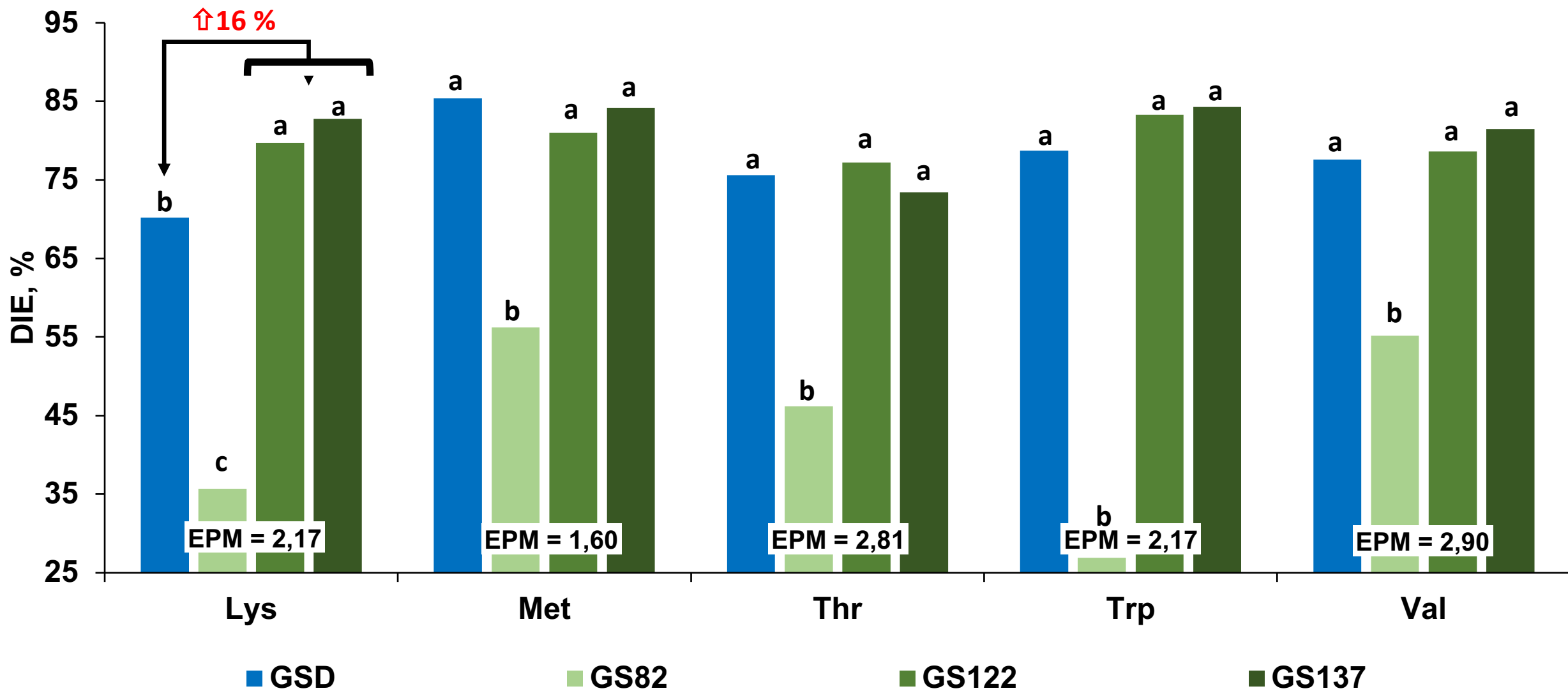
Efeitos da moagem, peletização (70° C) e extrusão (115° C) sobre as digestibilidades ileais estandardizadas (DIE) da Ile, Met, Val e Thr da cevada e do feijão fava em suínos em crescimento (Ruiz et al., 2017).



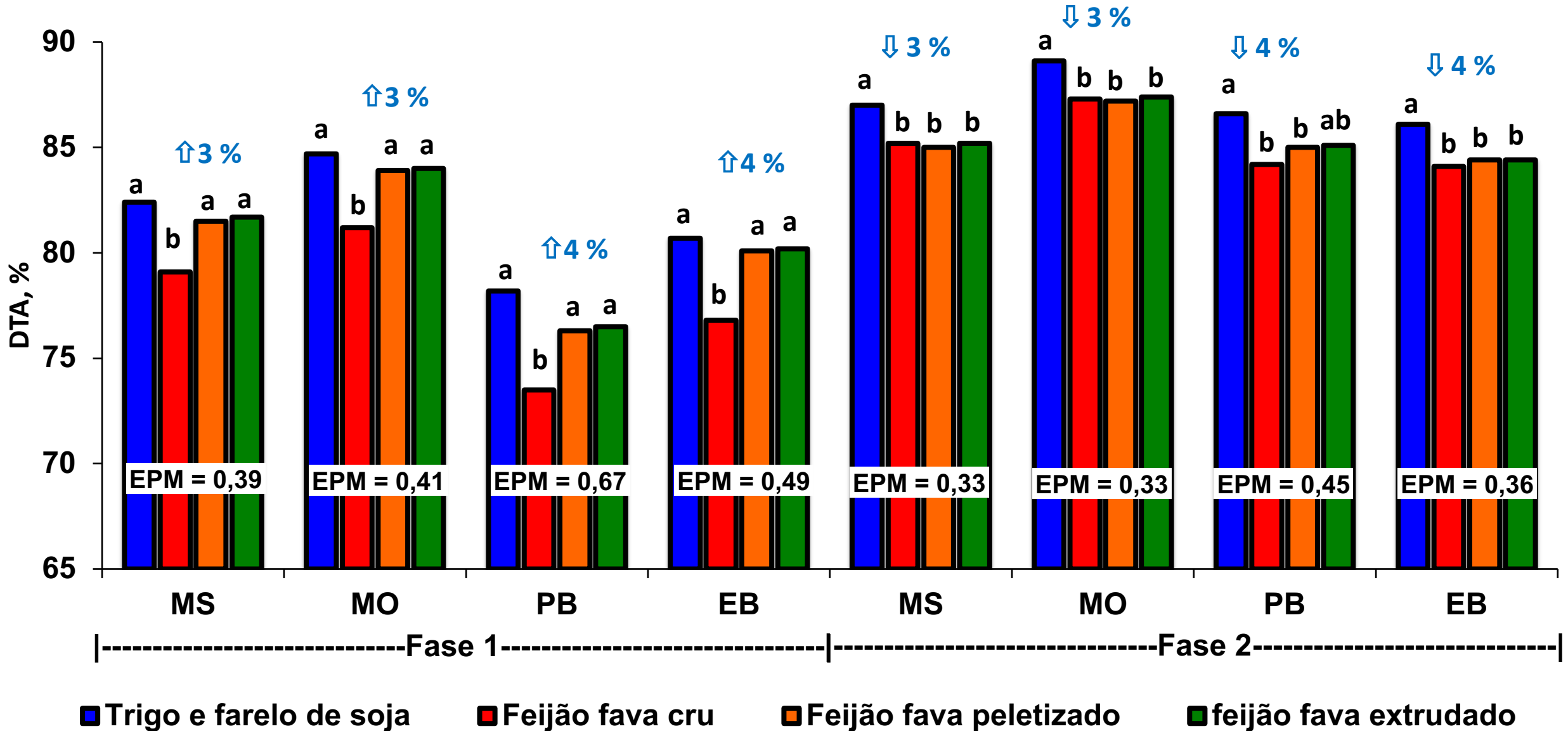
Digestibilidades totais aparentes (DTA) da MS, EB, PB, FDN e EE do grão de soja desativado (GSD) e do grão de soja extrudado a 82, 122 e 137° C (GS82, GS122 e GS137, respectivamente) em leitões com 29 dias de idade e 7,64± 0,88 kg de peso vivo (Milani et al., 2020)



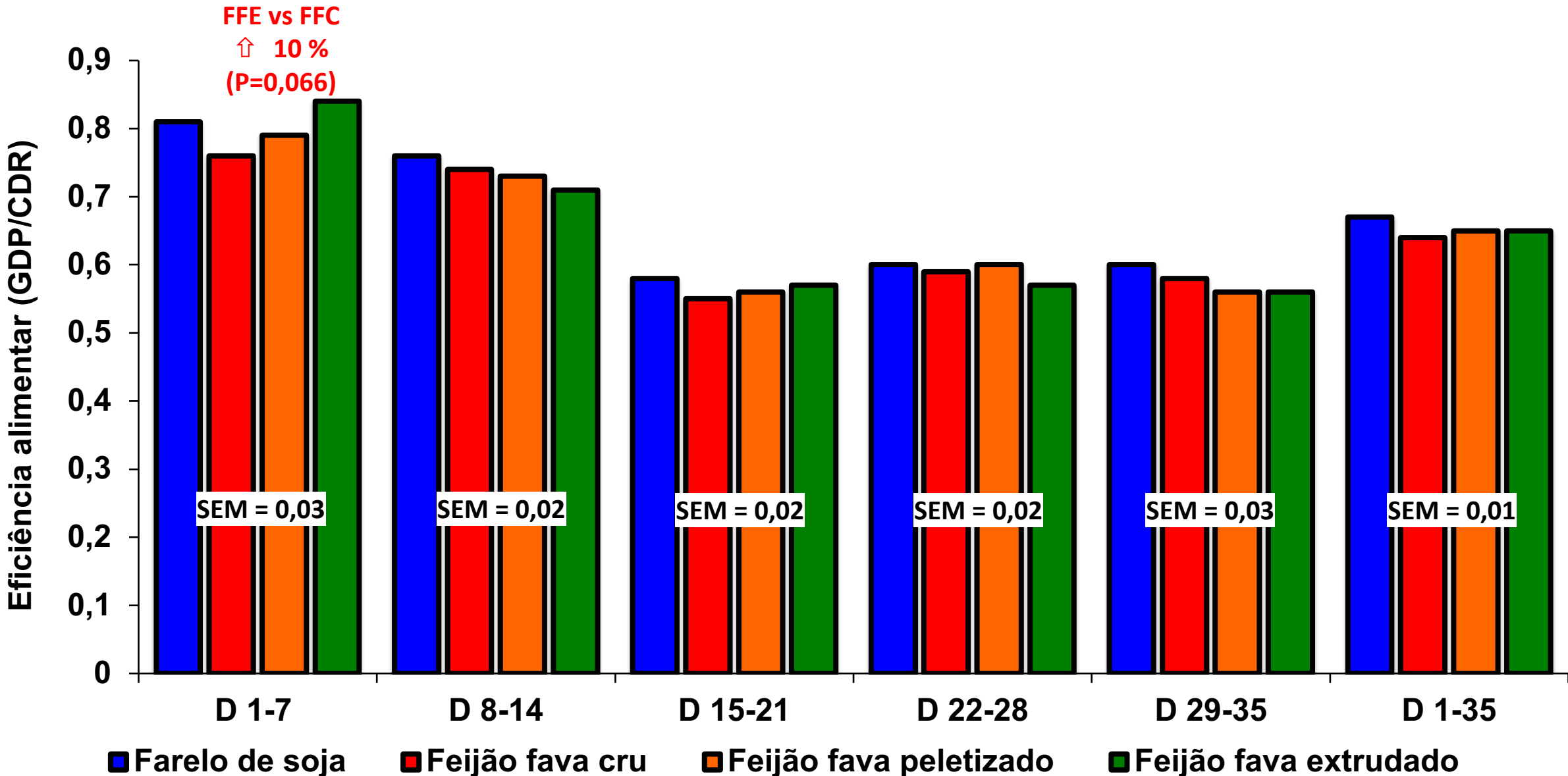
Digestibilidades ileais standardizadas (DIE) da Lys, Met, Thr, Trp e Val do grão de soja desativado (GSD) e do grão de soja extrudado a 82, 122 e 137° C (GS82, GS122 e GS137, respectivamente) em leitões com 29 dias de idade e 7,64± 0,88 kg de peso vivo (Milani et al., 2020)



Digestibilidades totais aparentes (DTA) da MS, MO, PB e da EB de dietas contendo **feijão fava (30-40%), cru ou peletizado (70° C) ou extrudado (115° 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 (70° C) ou extrudado (115° 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







**33ª Reunião Anual do CBNA - 2021**  
Congresso Sobre Nutrição Pré-Natal e de Animais Jovens

AVES  
SUÍNOS  
BOVINOS

COLÉGIO BRASILEIRO  
DE NUTRIÇÃO ANIMAL  
**cbna**

# Processamento de ingredientes para leitões

**Urbano dos Santos Ruiz**

[usruiz@usp.br](mailto:usruiz@usp.br)



**ESALQ**

Novembro de 2021

**USP**