









# MILHO É MILHO?

**Vivian I. Vieira e Alex Maiorka**

Universidade Federal do Paraná



# Sumário

-  Introdução
-  Milho
-  Amido e proteína
-  Pré-processo
-  Armazenamento, processamento e enzimas
-  Implicações

# Evolução na área de plantio

internal

Histórico de safras Conab

Variação na área de plantio (mil hectares) nos últimos **5 anos** no Brasil (2019 – 2023)



## Milho verão

Redução de ~6%



**2019**  
**4,235.8**

**2023**  
**3,995.40**

Correlação negativa muito forte com a área de soja (-0,95)



## Milho safrinha

Aumento de 16%



**13,755.9**

**15,990.4**

Correlação positiva muito forte com a área de soja (0,97)



## Soja

Aumento de 23%



**36,949.7**

**45,733.2**

Correlação positiva moderada com a área de sorgo (0,67)



## Sorgo

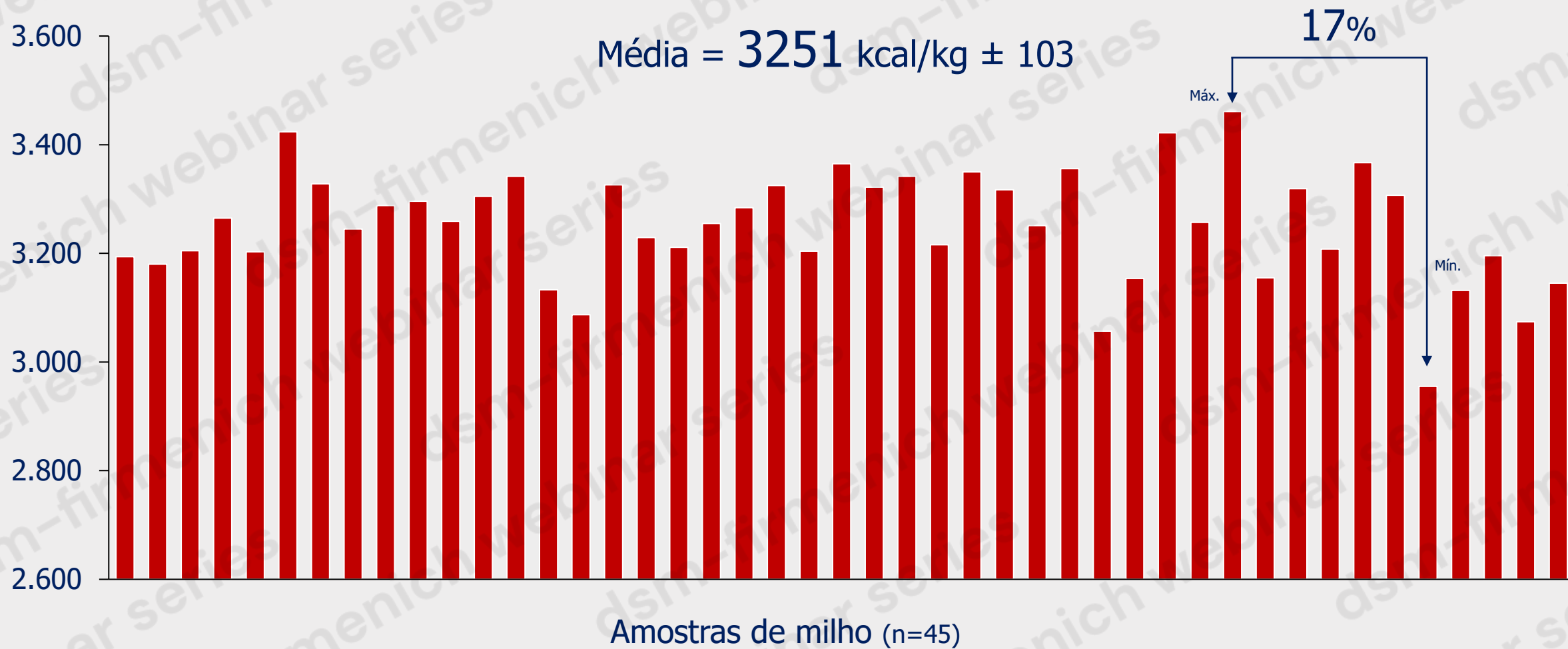
Aumento na área plantada (87%)



**835.4**

**1,562.4**

Correlação positiva moderada com a área de milho safrinha (0,61)

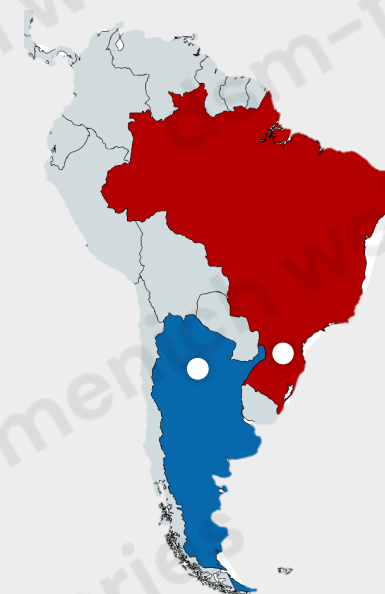
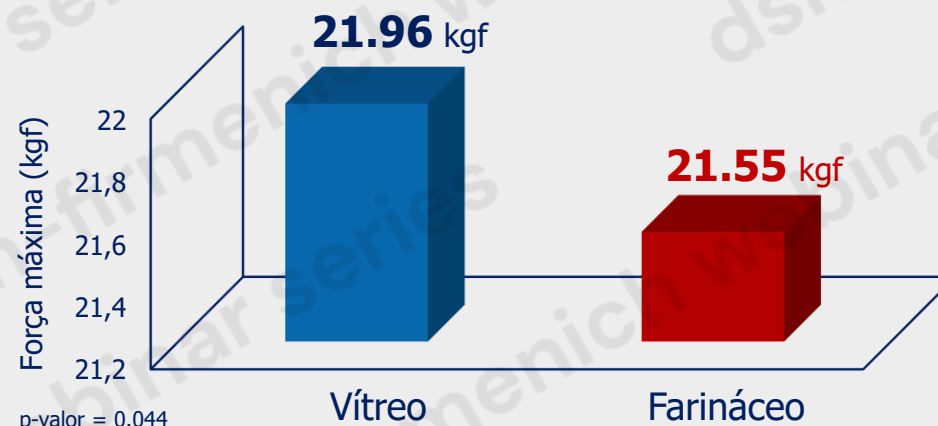


Desempenho de frangos de corte (**1 a 40** dias de idade) alimentados com milhos de diferentes origens

Milho	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar
Vítreo	4682	3015	1.553
Farináceo	4673	3056	1.534
p-valor	0.6856	0.0129	<0.01

Vítreo = Argentino  
Farináceo = Sul do Brasil

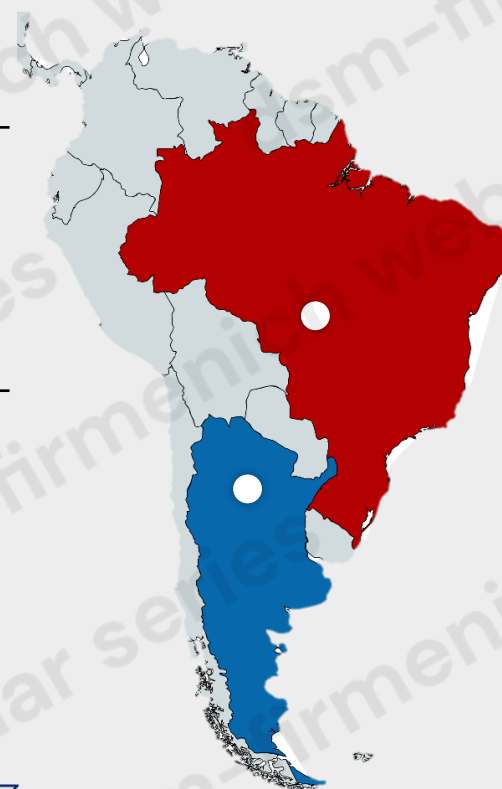
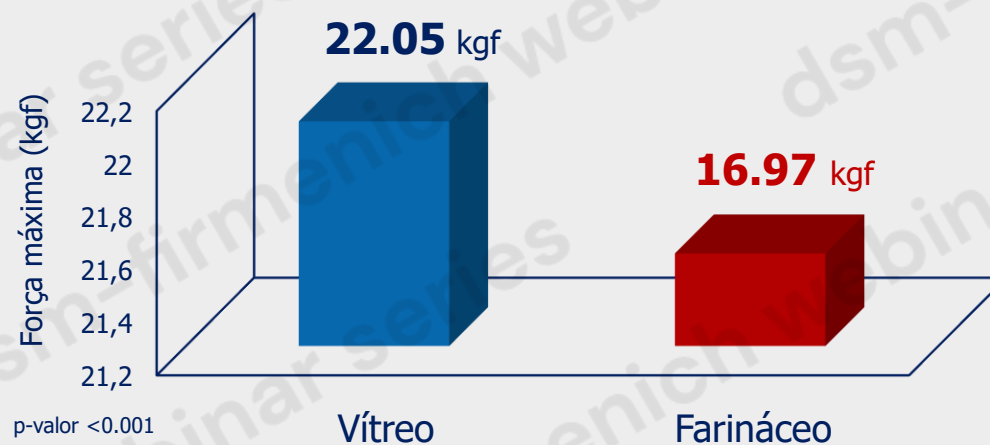
19 g



Desempenho de frangos de corte (**14 a 21** dias) alimentados com milhos de diferentes origens

Milho	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar
Farináceo	642	466	1.378
Víteo	649	456	1.425
p-valor	0.894	0.483	0.005

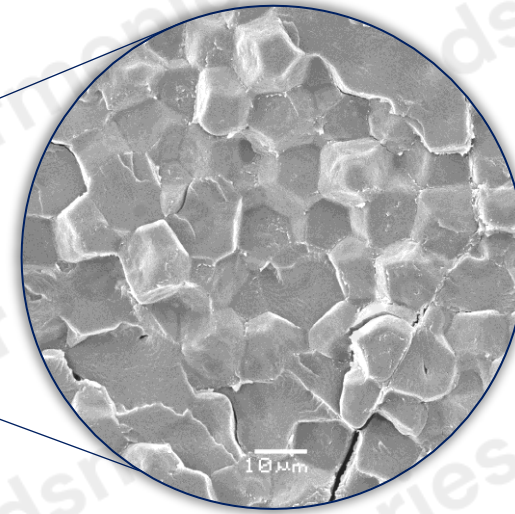
Víteo = Argentino  
Farináceo = Norte do Brasil



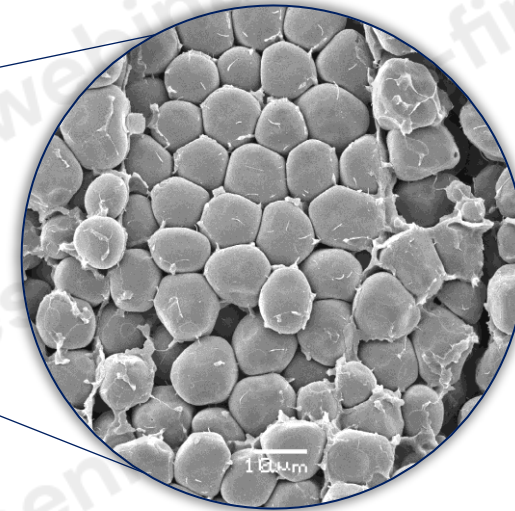


## Endosperma

Endosperma vítreo



Endosperma farináceo



## Amido

**ARD**

Amido rapidamente digestível

Prontamente disponível a absorção

Convertido em glicose em **20** minutos

**ALD**

Amido lentamente digestível

Convertido em glicose após **100** minutos

**AR**

Amido resistente

Resistente a ação das enzimas digestivas



Amido

AR 1



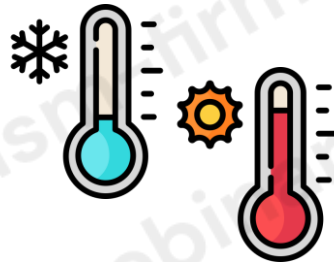
Fisicamente inacessível  
Parede celular ou proteína



AR 2

Grânulos resistentes  
Alta amilose

AR 3



Retrogradado



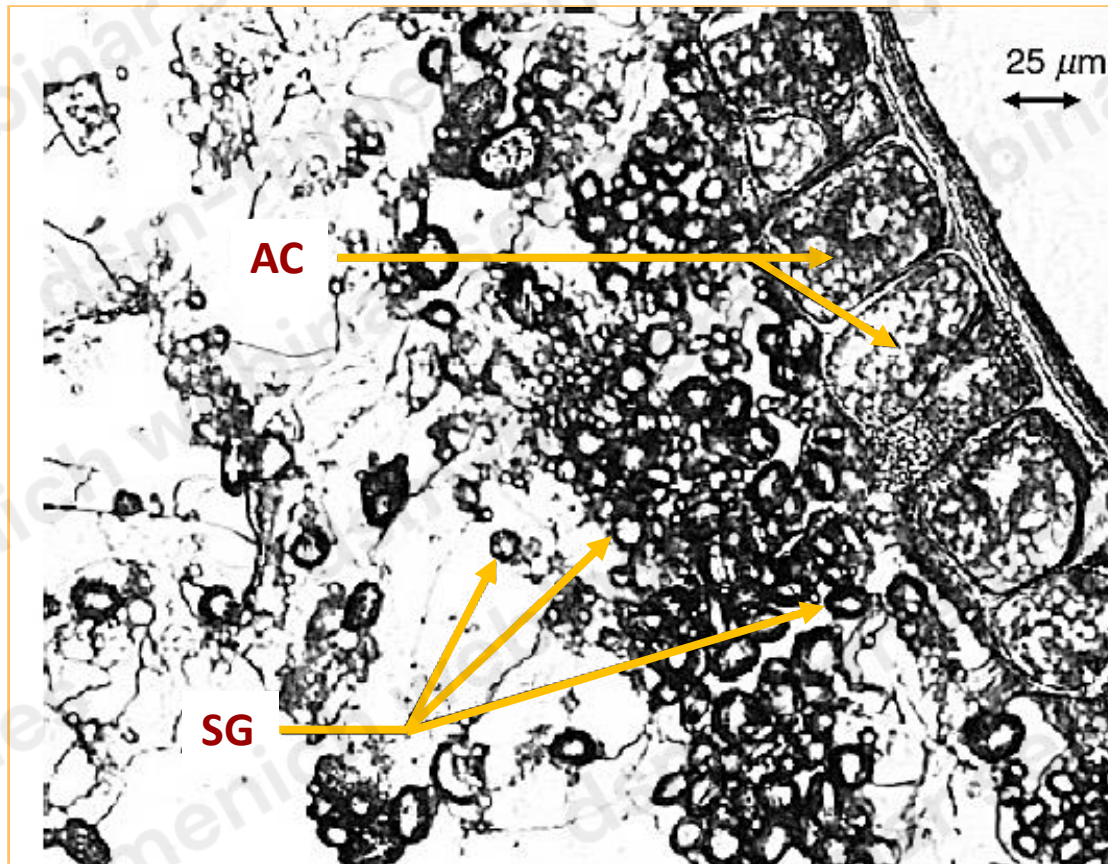
AR 4

Modificado quimicamente

## Amido

### Amido Resistente **Tipo 1**

Grânulos de amido presos nas células do endospema no conteúdo ileal

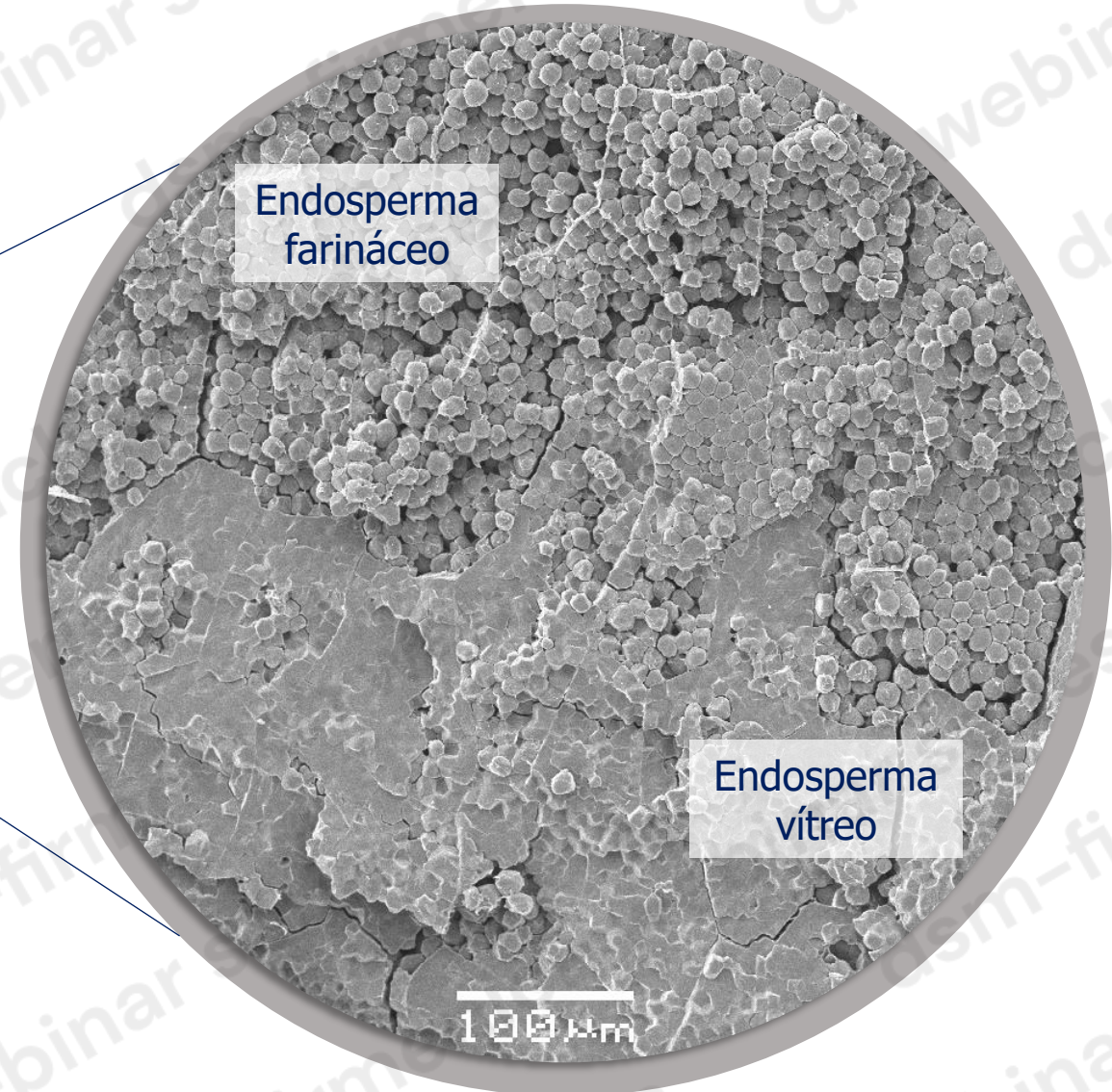
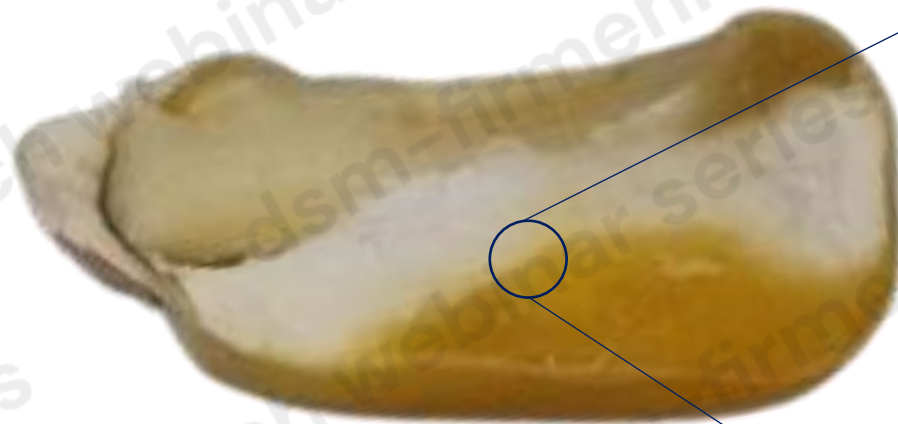


Visão ampliada da área subaleurona observada com microscopia de varredura: Células do aleurona (**AC**), grânulos de amido (**SG**)



## Amido

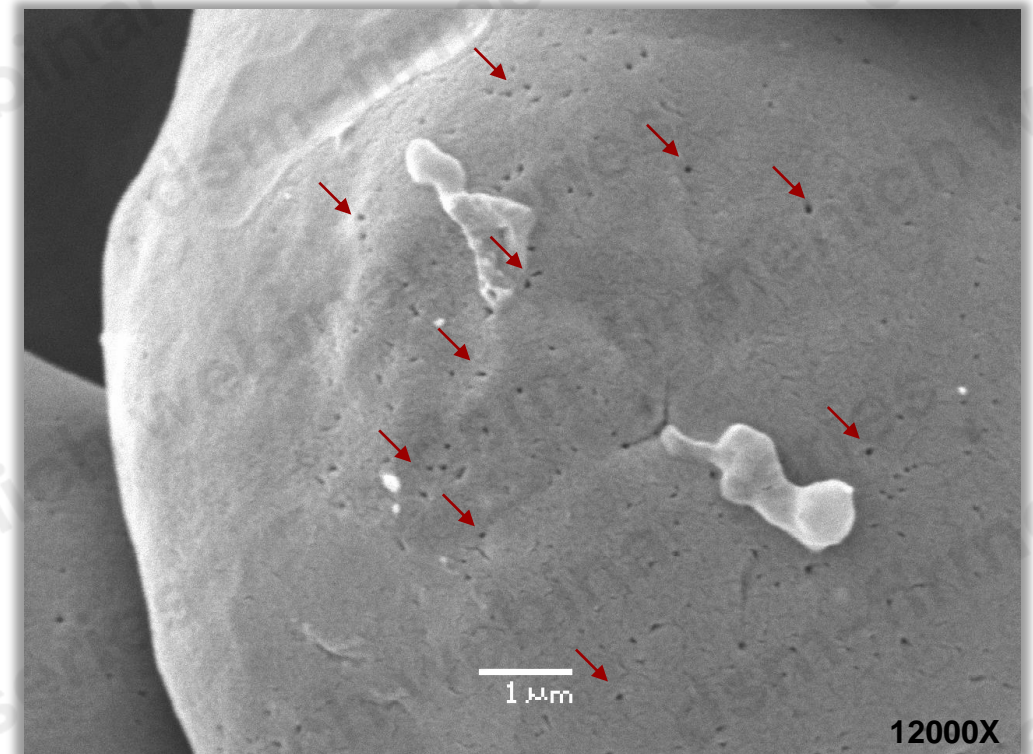
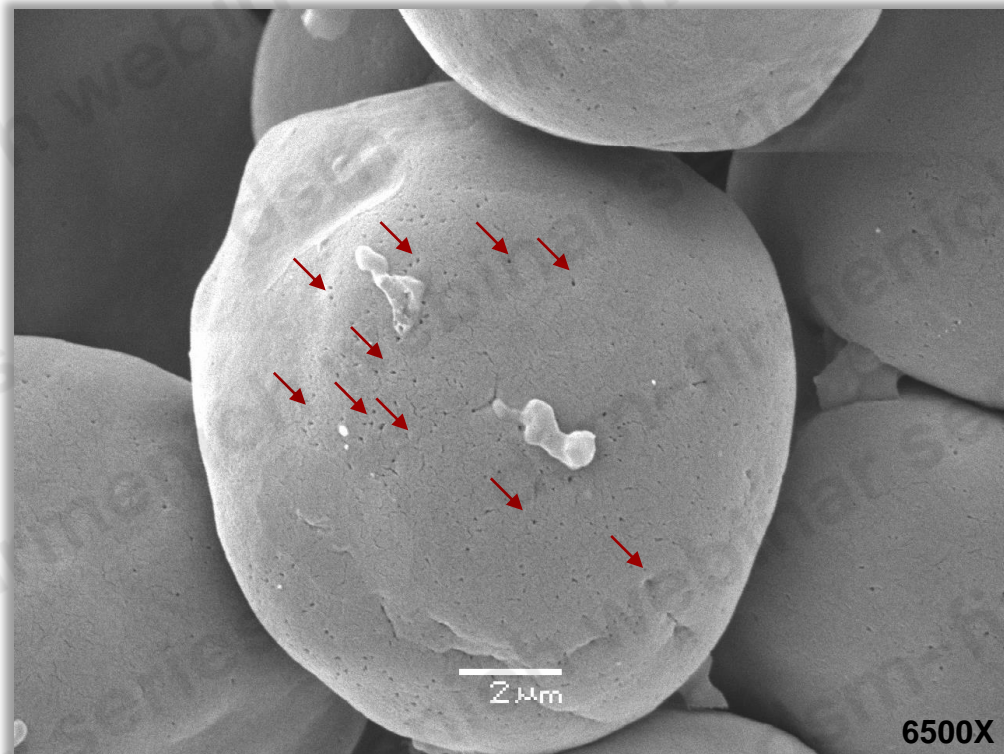
Região de transição entre os endospermas **farináceo** e **vítreo**





## Amido

Os grânulos de amido de milho podem apresentar poros



## Amido

Os poros representam **canais** que se formam no interior do grânulo

Os canais variam em **quantidade, profundidade e dimensão**

São preenchidos por **proteína**



Coloração mais intensa

Microscopia confocal de varredura a laser

As proteínas internas dos canais podem estar relacionadas com a adesão das zeínas na superfície do grânulo

Amido

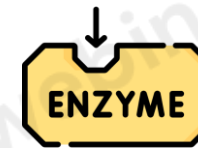
## Relação **Arabinose/Xilose**



Indição da estrutura da **parede celular** das matérias primas



**Maior relação** Arabinose/Xilose  
**milho** comparada ao **trigo**



**Xilanases** podem estar mais ou menos aptas a  
degradar os diferentes **polissacarídeos**





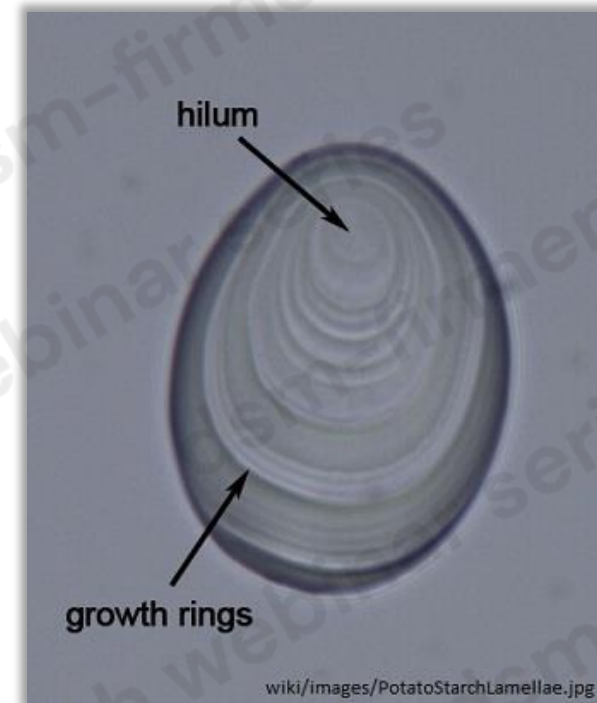
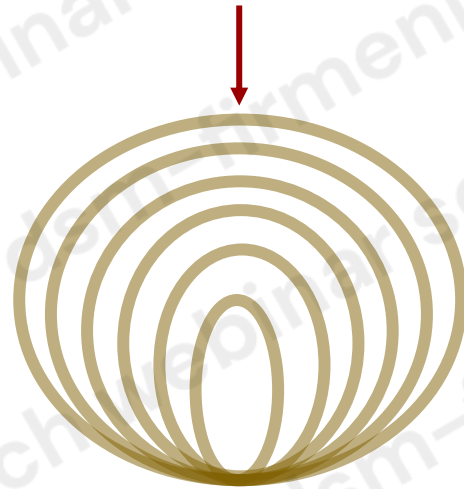
## Amido

### Amido Resistente **Tipo 2**

Padrão radial (amido cru)

Amido não gelatinizado

Grânulos (ex. amido de alta amilose)



## Amido Resistente **Tipo 2**

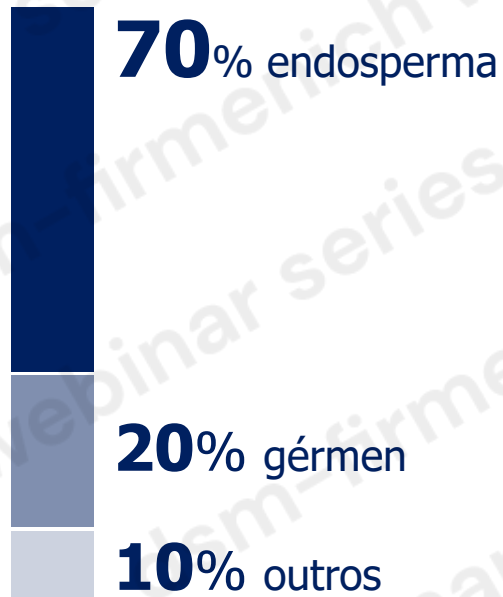
### Amido

Amostra	% Amilopectina (método GPC)	% AR (AOAC 991.43)	% Fração de amido (método Englyst <i>et al.</i> , 1992)	
			AR	ARapD
GSOH1	11.6 ± 0.4	42.4 ± 1.7	34.3 ± 0.7	64.7 ± 4.0
GSOH2	10.7 ± 0.3	43.2 ± 0.1	31.7 ± 0.7	65.2 ± 3.3
GSOH3	13.9 ± 1.1	39.4 ± 0.5	30.9 ± 3.0	66.2 ± 4.4
H99ae	33.5 ± 0.9	19.1 ± 0.5	18.6 ± 2.1	79.5 ± 1.4
OH43ae	25.4 ± 0.6	14.0 ± 0.5	18.9 ± 1.8	77.9 ± 0.8
B89ae	33.0 ± 0.6	14.9 ± 0.6	19.5 ± 3.5	77.9 ± 3.4
B84ae	32.3 ± 0.7	11.5 ± 1.4	20.9 ± 2.7	75.0 ± 0.3

AR – Amido resistente; ARapD – Amido rapidamente digestível



## Proteína



≅ **60%**  
Zeínas

≅ **30%**  
Glutelina

≅ **6%**  
Albuminas e  
globulinas

α-zeínas (60 a 70%)  
β-zeínas (5 a 10%)  
γ-zeínas (20 a 25%)  
δ-zeínas (<5%)

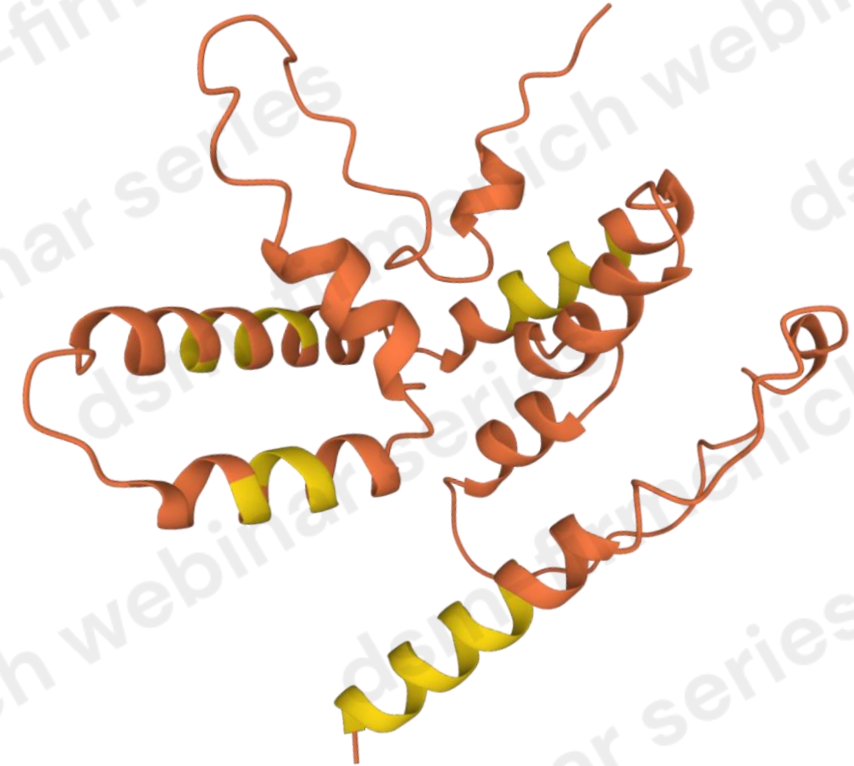
Proteína



$\alpha$ -zeína

22KDa

240 – 245 aminoácidos



$\beta$ -zeína

15KDa

160 aminoácidos

Proteína

Composição de **amiloze** e **proteína** em diferentes cultivares de milho

Cultivar	Tipo de endosperma	Conteúdo de amiloze (%)	Conteúdo de proteína (%)
Xianyu 335	Vítreo	25.41 ± 0.4 <sup>a</sup> ↓	10.37 ± 0.2 <sup>a</sup> ↑
	Farináceo	20.96 ± 0.5 <sup>c</sup>	9.18 ± 0.1 <sup>c</sup>
Qingnong 105	Vítreo	23.44 ± 0.3 <sup>b</sup> ↓	10.57 ± 0.4 <sup>a</sup> ↑
	Farináceo	19.92 ± 0.7 <sup>d</sup>	8.96 ± 0.2 <sup>cd</sup>
Longping 206	Vítreo	21.79 ± 0.3 <sup>c</sup> ↓	9.93 ± 0.1 <sup>b</sup> ↑
	Farináceo	18.16 ± 0.4 <sup>e</sup>	8.80 ± 0.1 <sup>d</sup>



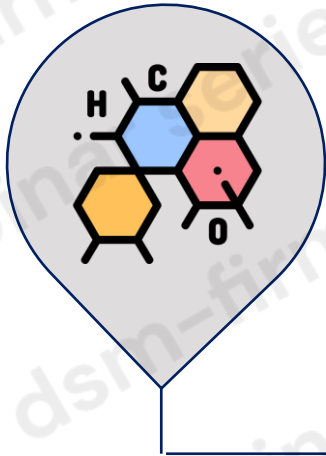


# **FATORES QUE INFLUENCIAM A UTILIZAÇÃO DO MILHO**



# Fatores que afetam a utilização do milho<sup>internal</sup>

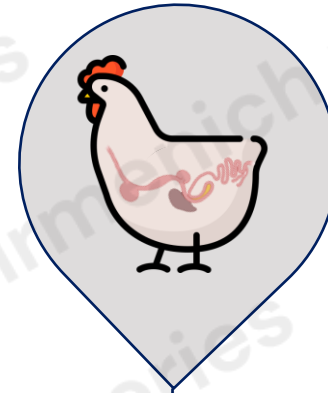
Composição química



Processamento



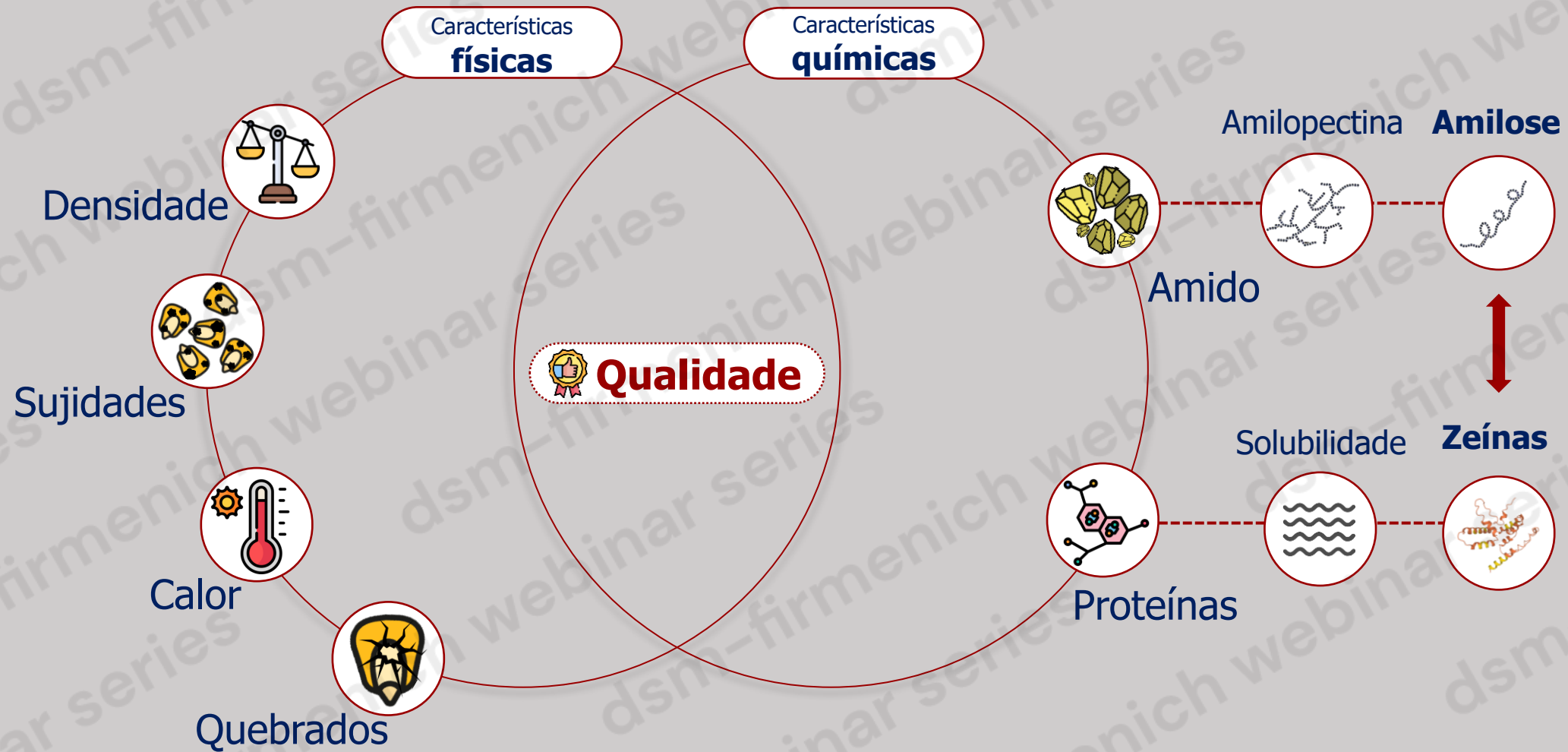
Fisiologia



Digestibilidade



# Fatores que afetam a utilização do milho <sup>internal</sup>





# Fatores que afetam a utilização do milho <sup>internal</sup>

## Armazenamento

### Solubilização e proteólise de **zeínas**

Ocorre sob condições ácidas

↓ pH drástica favorece ação da protease do grão

Tempo de estocagem e temperatura no armazenamento do grão

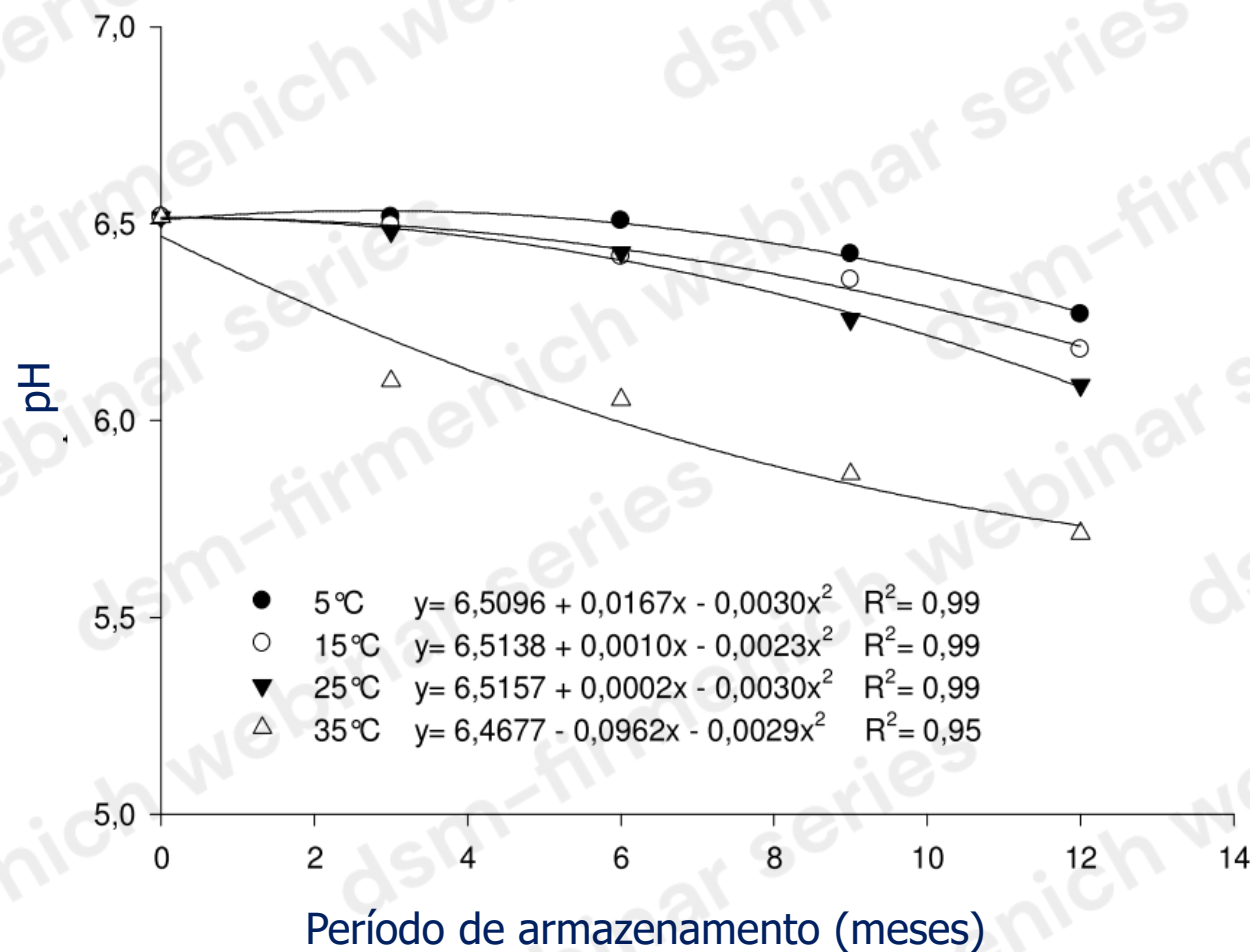
Teor de zeína afeta disponibilidade do amido

# Fatores que afetam a utilização do milho

internal

## Armazenamento

**pH** dos grãos de milho armazenados durante **12 meses** em diferentes temperaturas

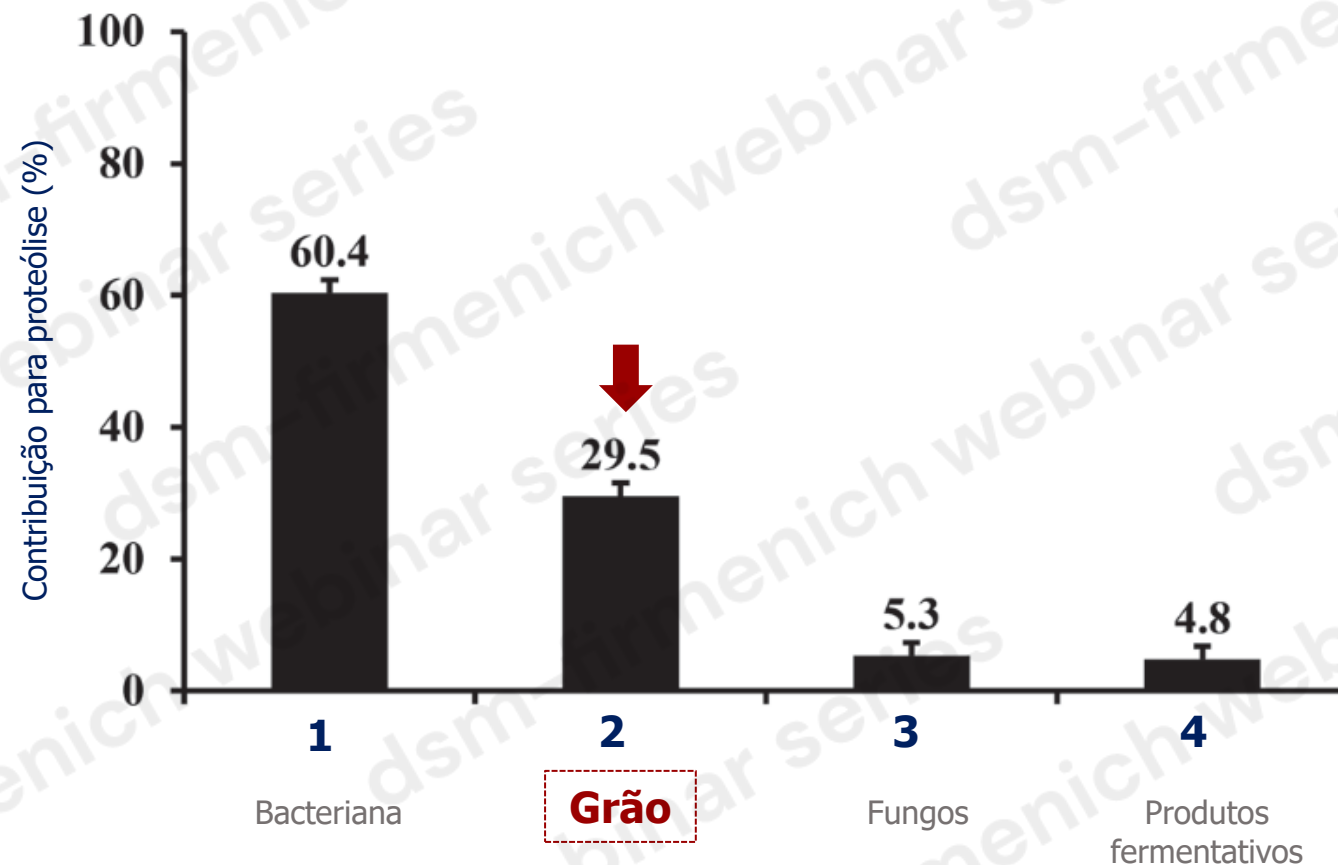


# Fatores que afetam a utilização do milho<sup>internal</sup>

## Armazenamento

### Proteólise em silagem de grãos reconstituídos

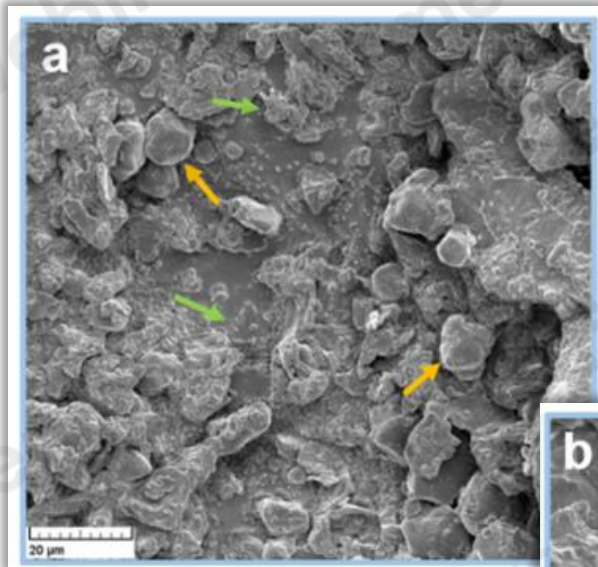
Contribuição da protease de diferentes origens



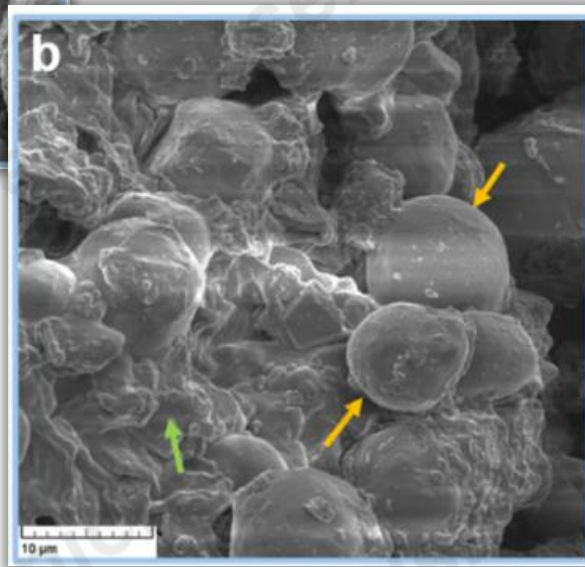


# Fatores que afetam a utilização do milho<sup>internal</sup>

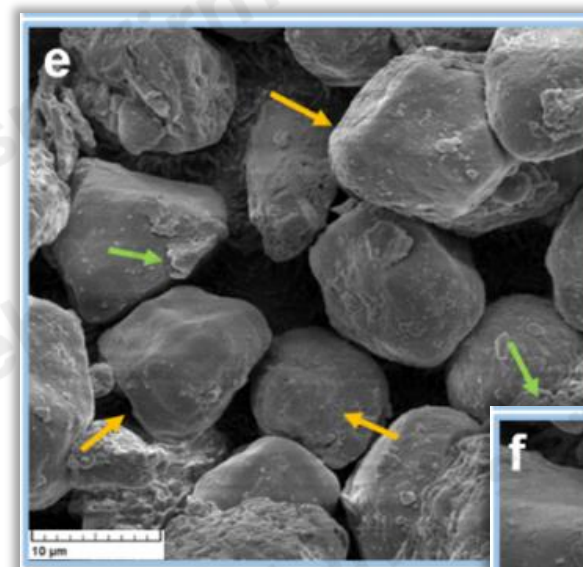
## Armazenamento



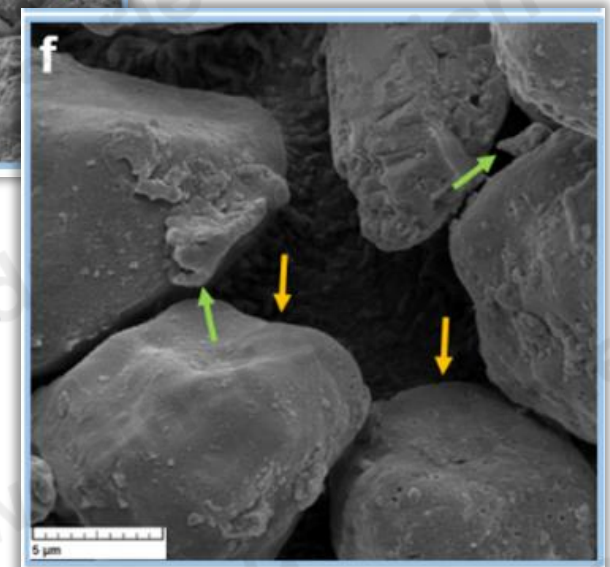
Camadas de zeína circundando os grânulos de amido



Grânulos de amido de **milho fresco**



**Redução** da camada de zeína circundando os grânulos de amido

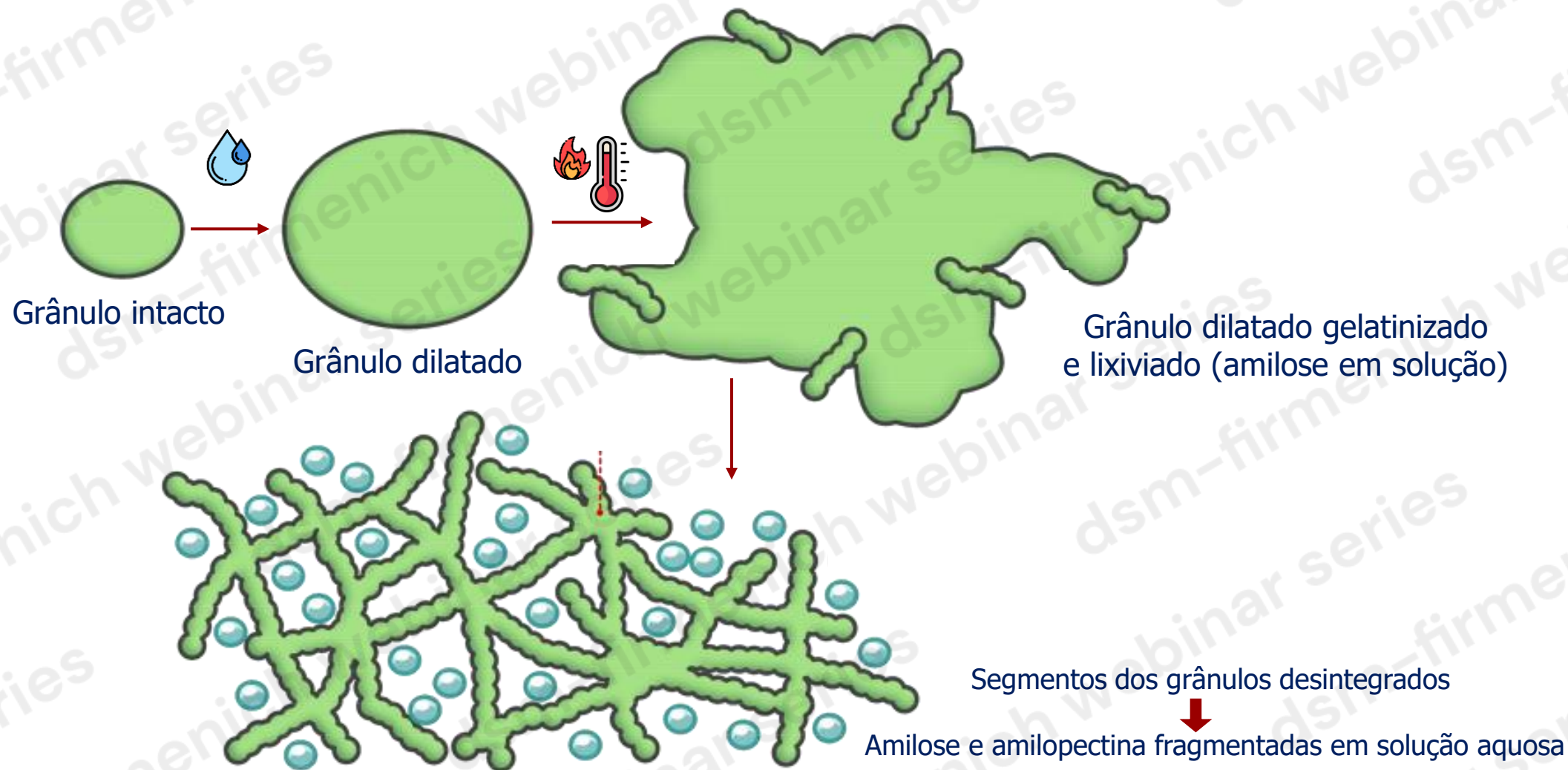


Grânulos de amido de **milho ensilado**

# Fatores que afetam a utilização do milho

internal


## Processamento



# Fatores que afetam a utilização do milho<sup>internal</sup>

## Processamento

Coeficientes de **digestibilidade ileal aparente** (CDAI) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), amido e de energia metabolizável aparente (EMA) de dietas de frangos **fareladas ou peletizadas/trituradas (21 dias)** com diferentes **temperaturas** (°C) de condicionamento

	Tratamentos					P-valor
	 Farelada	P60	P70	P80	P90	
MS(%)	69,84	72,31	71,61	73,62	76,62	<0,001
PB(%)	76,30	78,25	77,39	79,14	79,98	<0,001
Amido (%)	93,20	93,30	92,10	93,70	94,40	0,012
EMA(kcal/kg)	3764	3770	3879	3897	3933	<0,001

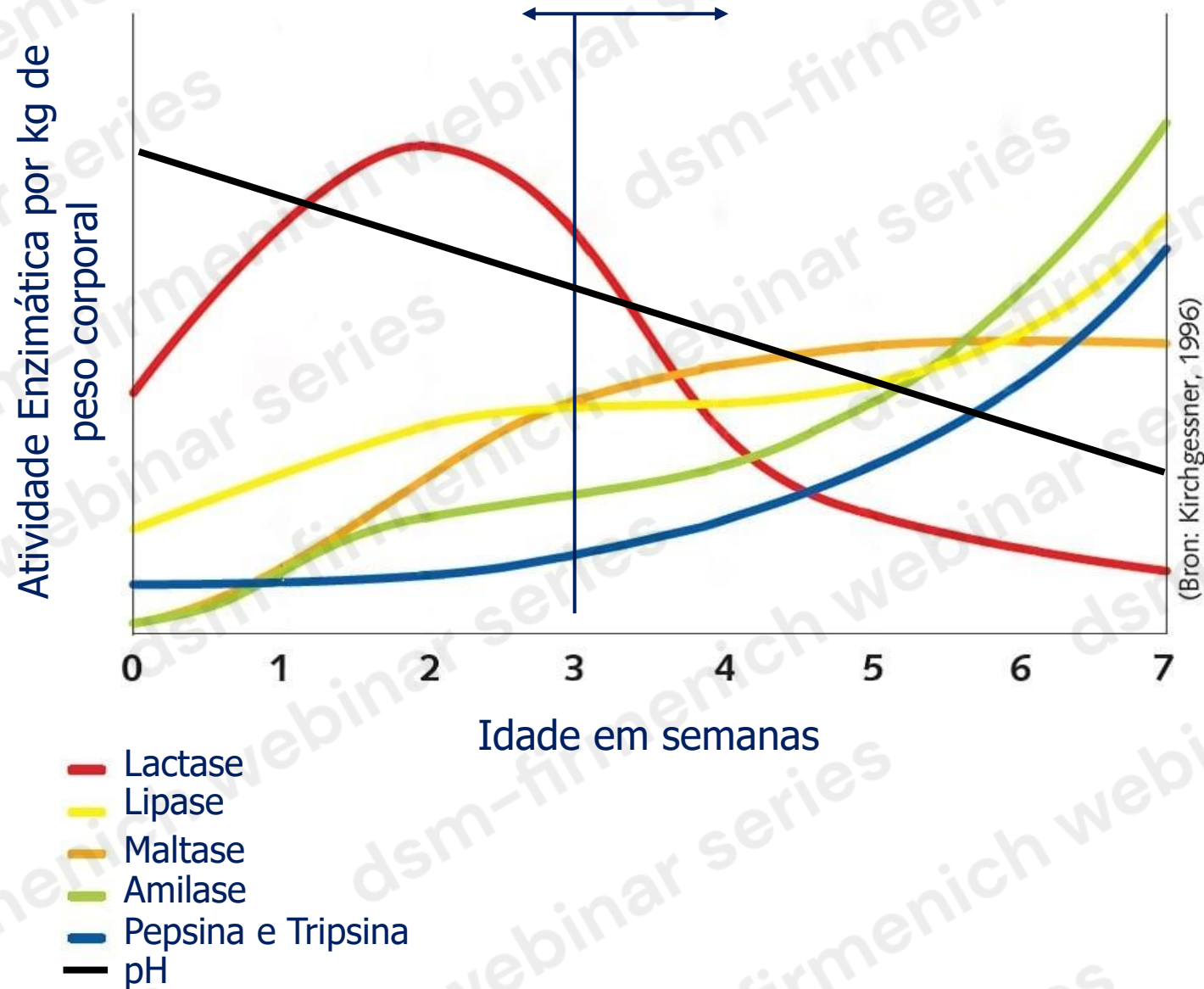




# Fatores que afetam a utilização do milho

internal

## Enzimas



# Fatores que afetam a utilização do milho <sup>internal</sup>

## Enzimas

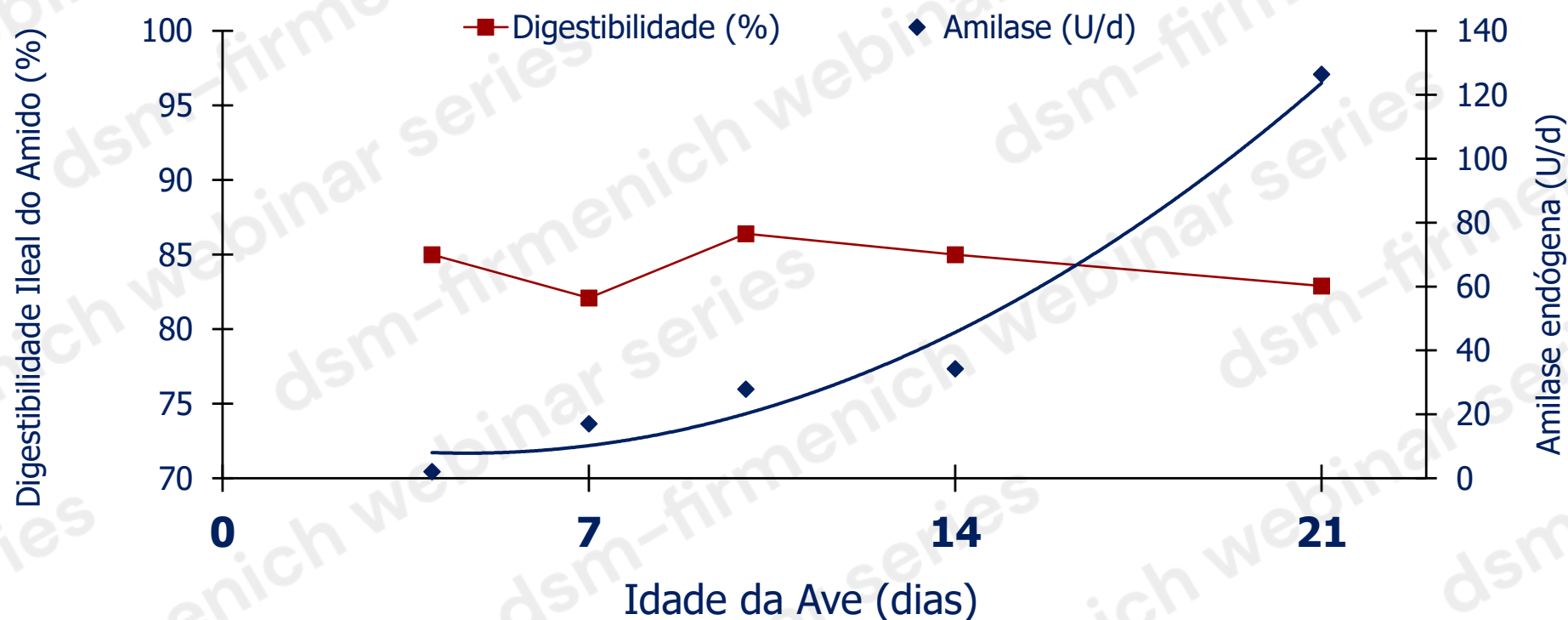
DGM, µm	Amilase, KNU/kg	CRD, g	GPD, g	CA	CRD, g	GPD, g	CA
		28 a 42 dias			28 a 63 dias		
339/588*	0	337	273	1,234	571	453	1,260
	80	393	324	1,215	598	479	1,250
696/920*	0	373	298	1,254	612	481	1,273
	80	398	322	1,240	627	499	1,255
DGM da ração							
339/588*		365	299	1,224	584	466	1,255
696/920*		386	311	1,247	619	490	1,264
Amilase							
0		355	286	1,244	591	467	1,267
80		396	324	1,228	612	489	1,253
P DGM		0,091	0,252	<0,01	<0,01	<0,01	0,098
P Amilase		<0,01	<0,01	0,031	<0,01	<0,01	<0,01
P DGM*Amilase		0,201	0,203	0,735	0,364	0,552	0,532

CRD- Consumo de Ração Diário, GPD- Ganho de Peso Diário, CA- Conversão Alimentar, DGM- Diâmetro Geométrico Médio

# Fatores que afetam a utilização do milho<sup>internal</sup>

## Enzimas

### Digestibilidade do amido no intestino delgado

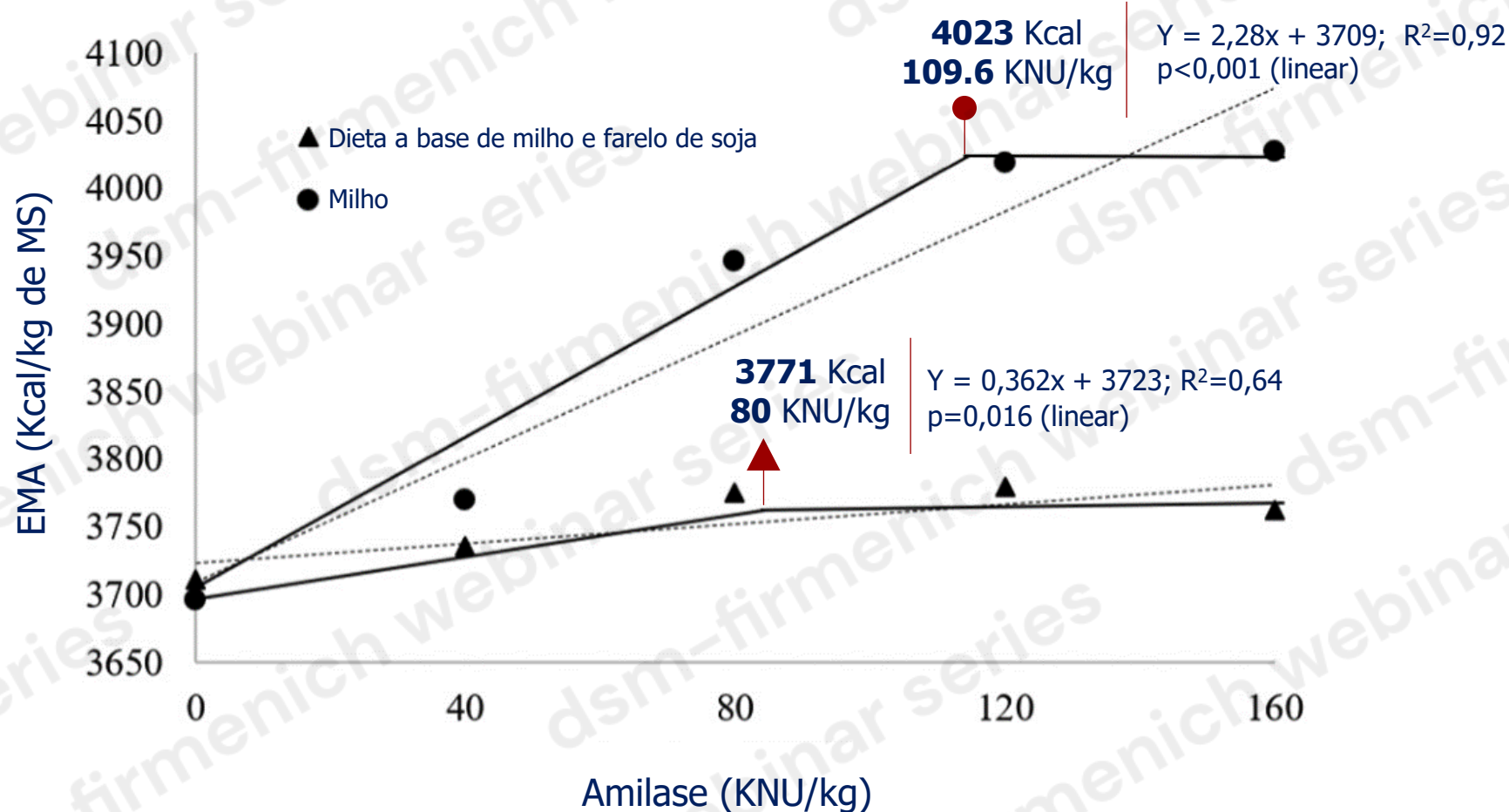




# Fatores que afetam a utilização do milho<sup>internal</sup>

## Enzimas

Efeito do aumento das **doses de amilase** na **EMA** de frangos de corte aos **25 dias** de idade



# Fatores que afetam a utilização do milho

## Enzimas

**EM** do amido para aves e suínos

**Média**

3500 kcal/kg

ou 35 kcal a cada 10g de amido

3528 Kcal/kg

3533 Kcal/kg



Rostagno et al. (2024)

Dieta frangos de corte  
1 a 25 dias de idade

Schramm et al. (2021)

Composição

Milho = 56,35%

Farelo de soja = 34,35%

EM = **3100** Kcal/kg

Amido total = **46,08%**

Inclusão de doses de amilase  
**0, 40, 80, 120 e 160KNU**

Inclusão de 80KNU  
proporcionou aumento de  
**60 kcal EMA**

35 kcal → 10 g de amido

60 kcal → ?

**17** g de amido a mais

# Considerações Finais



- Conhecer a composição e as estruturas químico/físicas do milho deve ser considerada um **custo estratégico**



- Conhecer as interações entre o **milho** e as etapas do **processamento** escolhido são vitais afim de aproveitar todas as suas possíveis vantagens



- Otimizar a utilização das diferentes frações dos alimentos e **melhora** as respostas econômicas da **exploração zootécnica**





Vivian I. Vieira

PhD candidate in Animal Science  
Universidade Federal do Paraná  
vivian.vieira@ufpr.br



## PÓS-GRADUANDOS

Alana B. Serraglio  
Ana C. B. Doi  
Guilherme F. Deda  
Isabella de C. Dias  
Maria L. B. Mariani

Milena Toporovicz  
Patrícia Tomazini  
Roberto A. Yamawaki  
Suzete P. M. Neta  
Vivian I. Vieira

## GRADUANDOS

Alessandra M. Camargo  
Alice S. Santana  
Brenda C. Pereira  
Eduarda Rychaw  
Juliane K. Baron

Kyaha K. T. Proença  
Luana Graziotto  
Lucas Balduino  
Marina Ukan

## PROFESSORES/COLABORADORES

Alex Maiorka	Fabiano Dahlke
Ana Vitoria F. Silva	Leandro N. Kuritza
Ananda P. Félix	Sebastião A. Borges
Chayane da Rocha	Simone G. de Oliveira
Everton L. Krabbe	



Alex Maiorka

Professor titular de nutrição animal  
Universidade Federal do Paraná  
amaiorka@ufpr.br



LEPNAN

Laboratório de Estudos e Pesquisa em Nutrição de Animais Não-Ruminantes  
Grupo de Pesquisa em Nutrição de Não-Ruminantes (CNPq)