

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

"Efeito de métodos de preservação dos grãos úmidos de milho e de sorgo sobre a estrutura do endosperma, dos grânulos de amido e desempenho de leitões".

**ANA BEATRIZ ROCHA DE CASTRO LOPES**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia – Área de Concentração: Nutrição e Produção Animal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU-SP

Agosto – 2004

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

"Efeito de métodos de preservação dos grãos úmidos de milho e de sorgo sobre a estrutura do endosperma, dos grânulos de amido e desempenho de leitões".

**ANA BEATRIZ ROCHA DE CASTRO LOPES**  
Zootecnista

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia – Área de Concentração: Nutrição e Produção Animal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor.

**BOTUCATU-SP**

Agosto – 2004

## DEDICATÓRIA

A meus filhos Diogo, Mariana e Felipe que me fizeram uma pessoa melhor, me ensinando a amar, respeitar, sonhar, acreditar e que me ajudaram a vencer.

Dedico a você, Júlio César Lopes, que esteve ao meu lado em todos os momentos dessa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as bênçãos recebidas ao longo dessa caminhada;

Ao Curso de Pós-graduação em Zootecnia, da FMVZ-UNESP - Campus de Botucatu - SP, pela oportunidade de realização do curso;

Ao Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto pela orientação, ensinamentos e confiança;

Ao Prof. Dr. Ciniro Costa pelos ensinamentos e sugestões;

À Profa. Dra. Marney Pascoli Cereda pela atenção e disponibilidade;

A Dra. Magali Leonel pelas contribuições.

Aos funcionários do setor de suinocultura José Antônio Franco e Sérgio, pela atenção, respeito e amizade durante a condução dos experimentos;

Ao Prof. Dr. Francisco Stéfano Wechsler pela disponibilidade na realização das análises estatísticas;

Ao Prof. Ass. Dr. José Roberto Sartori e Jane Cristina Gonçalves pelo apoio e colaboração;

Ao Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato pelo apoio, respeito e contribuições a este trabalho;

À minha amiga Anália Maria Ribeiro da Silva e sua família pelo carinho e amizade;

Às minhas amigas Cyntia Ludovico e Karina L. Lopes pelo apoio e convívio em todas as horas;

Aos colegas Marcos Livio Panhoza Tse e Camila Ambrosio de Tófoli pela amizade e contribuições ao trabalho;

Aos meus pais pelo amor e confiança;

Aos meus tios Vera e José Carlos Spadotto pela compreensão e amor;

Aos meus avós paternos, Yole e Naur e maternos, Anna e Nenê, que sempre foram exemplos vivos de amor, coragem e determinação;

A Laura e Marcelo Lopes pelo incentivo;

A Carmem S. de Oliveira Pólo e Seila C. Cassineli, funcionárias da Seção de Pós graduação/FMVZ/UNESP/Botucatu, e Carolina B. de Andrade pela atenção e auxílio prestados;

A Solange Aparecida Ferreira de Souza e José Luis Barbosa de Souza pela amizade e respeito ao longo dessa caminhada;

À Marley Batista Pinto pelo auxílio e contribuições na correção do trabalho;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo;

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a execução desta pesquisa;

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

#### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.INTRODUÇÃO.....	1
2. MILHO E SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS.....	1
2.1. DESAFIOS DA FASE PÓS DESMAME DE LEITÕES.....	3
2.2.MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DOS GRÃOS.....	4
2.2.1. MOAGEM.....	4
2.2.2. EXTRUSÃO.....	6
2.2.3.ENSILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS.....	6
2.2.4.ACIDIFICAÇÃO.....	14
3.MODIFICAÇÕES NA ESTRUTURA DO ENDOSPERMA DO GRÃO E DOS GRÂNULOS DE AMIDO.....	15
3.1.TRATAMENTO CALOR UMIDADE X ANELAMENTO.....	15
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

### CAPÍTULO II

#### ESTRUTURA DO ENDOSPERMA E DOS GRÂNULOS DE AMIDO DO MILHO E DO SORGO SUBMETIDOS À ENSILAGEM E PRESERVAÇÃO QUÍMICA

RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

### CAPÍTULO III

#### GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO ENSILADOS COM OU SEM ADIÇÃO DE PROPIONATO DE CÁLCIO PARA LEITÕES NA FASE INICIAL

RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

**CAPÍTULO IV****SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE SORGO COM ALTO E BAIXO TANINO PARA SUÍNOS EM FASE INICIAL**

RESUMO.....	71
ABSTRACT.....	72
INTRODUÇÃO.....	73
MATERIAL E MÉTODOS.....	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

**CAPÍTULO V**

IMPLICAÇÕES.....	87
------------------	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

#### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

**TABELA 1.** Produto final da ação das bactérias fermentativas.....9

### CAPÍTULO II

#### ESTRUTURA DO ENDOSPERMA E DOS GRÂNULOS DE AMIDO DO MILHO E DO SORGO SUBMETIDOS À ENSILAGEM E PRESERVAÇÃO QUÍMICA

**TABELA 1.** Valores médios de umidade, pH e amido total dos grãos moídos de milho e de sorgo dos diferentes tratamentos .....43

### CAPÍTULO III

#### GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO ENSILADOS COM OU SEM ADIÇÃO DE PROPIONATO DE CÁLCIO PARA LEITÕES NA FASE INICIAL

**TABELA 1.** Composição química do milho seco da variedade A, silagem de grãos úmidos de milho das variedades A e B, silagem de grãos úmidos acidificada da variedade A e grãos preservados quimicamente da variedade B (Experimentos 1 e 2).....66

**TABELA 2.** Composição centesimal e química das rações fornecidas até o 7º dia (Fase I), do 8º ao 22º dia (Fase II) e do 23º ao 30º dia (Fase III) do experimento.....67

**TABELA 3.** – Composição centesimal e química das rações fornecidas até o 8º dia (Fase I), do 9º ao 20º dia (Fase II) e do 21º ao 28º dia (Fase III) do experimento.....68

**TABELA 4.** Valores médios de pH e diâmetro geométrico médio (DGM) do milho seco (MS) e das silagens, perfil de ácidos orgânicos do milho úmido ensilado (SGUM) e milho úmido acidificado e ensilado (SGUMA), e resultados de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões durante a fase inicial.....69

**TABELA 5.** Valores médios de pH, diâmetro geométrico médio (DGM), perfil de ácidos orgânicos da silagem de grãos úmidos de milho (SGUM) e de grãos úmidos de milho acidificado com-2,4% de propionato de cálcio (GUMA), e resultados de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões durante a fase inicial.....70

#### **CAPÍTULO IV**

#### **SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE SORGO COM ALTO E BAIXO TANINO PARA SUÍNOS EM FASE INICIAL**

**TABELA 1.** Composição bromatológica do milho seco, sorgo seco baixo e alto tanino e silagem de grãos úmidos de sorgo baixo e alto tanino.....84

**TABELA 2.** Composição centesimal e química das rações a base de milho seco, sorgo baixo ou alto tanino secos, fornecidas até o 8º dia (Fase I), do 9º ao 20º dia (Fase II) e do 21º ao 30º dia (Fase III) do experimento.....85

<b>TABELA 3.</b> Valores de diâmetro geométrico médio (DGM), pH, umidade, teor de ácidos orgânicos, porcentagem de taninos totais e condensados, do milho seco (M), sorgo seco baixo tanino (S), sorgo seco alto tanino (SS), silagem de grãos úmidos de sorgo baixo tanino (SBT), silagem de grãos úmidos de sorgo alto tanino (SAT) e resultados de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões durante a fase inicial.....	86
--	----

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

#### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

- FIGURA 1.** Ciclo das bactérias Homofermentativas.....10
- FIGURA 2.** Ciclo das bactérias Heterofermentativas.....11
- FIGURA 3.** Constituição do amido e ação das amilases durante o processo de ensilagem.....12

### CAPÍTULO II

#### ESTRUTURA DO ENDOSPERMA E DOS GRÂNULOS DE AMIDO DO MILHO E DO SORGO SUBMETIDOS À ENSILAGEM E PRESERVAÇÃO QUÍMICA.

- FIGURA 1.** Variação da temperatura no interior dos silos com milho úmido (variedade A) moído (—), e milho úmido (variedade A) moído e acidificado com 1,2% de propionato de cálcio (—), em relação à média da temperatura ambiente.....39
- FIGURA 2.** Variação da temperatura no interior dos silos com milho úmido (variedade B) moído (—), e milho úmido (variedade B) moído e preservado quimicamente com 2, 4% de propionato de cálcio (—), em relação á média da temperatura ambiente.....40
- FIGURA 3.** Variação da temperatura no interior do silo com sorgo úmido (baixo tanino) moído, em relação à média da temperatura ambiente.....41

- FIGURA 4.** Variação da temperatura no interior do silo com sorgo úmido (alto tanino) moído, em relação à média da temperatura ambiente.....42
- FIGURA 5.** Grânulos de amido do milho seco inteiro (variedade A) – Aumento= 785x (barra = 0,1 mm).....44
- FIGURA 6.** Grânulos de amido do milho seco inteiro (variedade A) – Aumento =1570x (barra = 10  $\mu\text{m}$ ).....44
- FIGURA 7.** Grânulos de amido do milho seco moído (variedade A) – Aumento = 1570x (barra = 10  $\mu\text{m}$ ).....44
- FIGURA 8.** Grânulos de amido do milho úmido moído antes da confecção da silagem (variedade A) – Aumento = 850x (barra = 0,1 mm).....45
- FIGURA 9.** Grânulos de amido do milho úmido moído antes da confecção da silagem (variedade A) – Aumento= 1440x (barra = 10  $\mu\text{m}$ ).....45
- FIGURA 10.** Grânulos de amido do milho úmido moído antes da confecção da silagem (variedade A) – Aumento= 1570x (barra = 10  $\mu\text{m}$ ).....46
- FIGURA 11.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos de milho (variedade A) – Aumento= 3140x (barra = 10  $\mu\text{m}$ ) .....46

- FIGURA 12.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos de milho (variedade A)  
Aumento = 3140x (barra = 10  $\mu$ m).....46
- FIGURA 13.** Grânulos de amido do milho preservado com 1,2% de Propionato de Cálcio (variedade A) Aumento =3140x (barra = 10  $\mu$ m).....47
- FIGURA 14.** Grânulos de amido da silagem de grãos de milho úmidos (variedade B) –  
Aumento= 3260x (barra = 10  $\mu$ m).....47
- FIGURA 15.** Grânulos de amido do milho preservado com 2,4% de Propionato de Cálcio (variedade B) – Aumento =3260x (barra = 10  $\mu$ m).....47
- FIGURA 16.** Grânulos de amido do sorgo baixo tanino seco moído – Aumento =1785x  
(barra = 10  $\mu$ m).....48
- FIGURA 17.** Grânulos de amido do sorgo alto tanino seco moído – Aumento = 1570 x  
(barra = 10  $\mu$ m).....48
- FIGURA 18.** Grânulos de amido de grãos úmidos moídos de sorgo baixo tanino antes  
da ensilagem – Aumento = 890x (barra = 0,1 mm).....49
- FIGURA 19.** Grânulos de amido de grãos úmidos moídos de sorgo alto tanino antes  
da ensilagem – Aumento = 750x (barra = 0,1  
mm).....49
- FIGURA 20.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo baixo  
tanino – Aumento = 1010x (barra = 0,1 mm).....50
- FIGURA 21.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo baixo  
tanino – Aumento = 1500x (barra = 10  $\mu$ m).....50

- FIGURA 22.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo baixo tanino – Aumento = 1700 x (barra = 10  $\mu\text{m}$ ).....50
- FIGURA 23.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo alto tanino –Aumento = 1010x (barra = 0,1  $\mu\text{m}$ ).....51
- FIGURA 24.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo alto tanino – Aumento = 1210x (barra = 10  $\mu\text{m}$ ).....51
- FIGURA 25.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo alto tanino – Aumento = 2120x (barra = 10  $\mu\text{m}$ ).....51

## CAPÍTULO I

### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

#### 1. INTRODUÇÃO

Os grãos de cereais são largamente empregados na alimentação de suínos por apresentarem alto valor energético, principalmente em face ao elevado teor de amido, que representa de 70 a 80% do peso dos grãos. No Brasil o milho e o sorgo são os cereais mais comumente usados nas rações para suínos das diferentes categorias, participando nas formulações, em níveis que normalmente variam de 40 a 80%. Por este motivo exercem grande influência no custo final das rações e, conseqüentemente, no custo final dos animais terminados.

Na suinocultura moderna e tecnificada, o aumento na escala de produção e produtividade muitas vezes não têm sido suficientes para assegurar resultados econômicos favoráveis à atividade, pressionando os criadores a procurarem outros meios de reduzirem os custos de produção. Dentre as alternativas buscadas, a redução no custo da alimentação, pelo menor custo das rações e melhor eficiência das mesmas pelos animais tem sido objeto de grande preocupação.

Diante desta realidade, muitos criadores de suínos, têm encontrado na silagem de grãos úmidos de cereais alternativa de diminuição dos custos de produção.

Embora a técnica de preservação de grãos pela ensilagem, tenha sido introduzida no Brasil no início da década de 80, o número de pesquisas sobre o assunto é limitado. LOPES et al. (1999 a,b) conduziram os primeiros trabalhos sobre a silagem de grãos úmidos de milho para suínos, quando comprovaram o grande potencial na alimentação de leitões e animais em crescimento e terminação.

#### 2. Milho e sorgo na alimentação de suínos

O sorgo é utilizado na alimentação animal em áreas onde a falta de umidade é problema na produção de outros grãos, especialmente do milho, devido sua tolerância ao calor e seca (HILL et al.,1991). Possui composição e valor nutritivo

variáveis, em função da presença e concentração de taninos. O milho apresenta valor de energia digestível de 3460 kcal/kg e o sorgo com alto e baixo tanino de 3200 e 3460 kcal/kg, respectivamente (EMBRAPA,1991).

Os taninos são compostos fenólicos de alto peso molecular (500 – 20.000 g/mol) e podem ser hidrolisáveis ou condensados, tendo a capacidade de combinar-se com proteínas e outros polímeros (celulose, hemicelulose e pectinas) para formar complexos estáveis (INPA, 1996). Em termos gerais as ligações entre taninos e proteínas são feitas por pontes de hidrogênio entre grupos hidrofenois dos taninos e grupos carbonilas das ligações peptídicas (QUINTERO, 2000).

Segundo MAKKAR (1988) uma vez complexada a proteína com o tanino, ocorre redução da sua utilização e da digestibilidade do amido, celulose e hemicelulose, além de interferir na absorção e retenção de minerais e vitaminas. O tanino, se presente em elevada concentração numa dieta, além de comprometer a palatabilidade devido ao sabor adstringente, determina a suplementação de metionina e colina, que reduzem seus efeitos por apresentarem-se como doadores do grupo metila (QUINTERO, 2000).

Embora o tanino seja indesejável do ponto de vista nutricional, sua presença nos grãos confere bom nível de resistência ao ataque de pássaros, que são extremamente prejudiciais para a cultura em determinadas regiões, provocando enormes prejuízos a partir da maturidade fisiológica dos grãos (GIOMO, 1996).

Para minimizar os efeitos do tanino, algumas práticas têm sido adotadas, como a retirada da casca da semente (processo mecânico), a autoclavagem a 121°C /30 minutos (processo térmico), e o tratamento químico com hidróxido de sódio ou amônia (100g/kg de proteína) por sete dias (QUINTERO, 2000).

Nos grãos de sorgo com alta umidade (28%), preservados com uréia (2kg/100kg MS), ocorreu inibição do crescimento de fungos, alteração das propriedades físicas e/ou químicas dos grãos, aumentando a disponibilidade do amido. Fotos de microscopia eletrônica mostraram que grânulos de amido de grãos tratados com uréia apresentam menor cristalinidade, resultando em melhor digestibilidade *in vivo* que os grãos não tratados (HILL et al.,1991).

O processamento pode melhorar a disponibilidade e/ou utilização do amido dos grãos, dependendo do método de processamento, da espécie animal e da fonte

dos grãos (McNEILL et al., 1975; THEURER,1986). Seu efeito sobre a solubilidade da matriz protéica que encapsula os grânulos de amido do endosperma parece ser o fator que mais afeta a eficiência da utilização dos carboidratos (McNEILL et al.,1975).

A redução do pH devido a produção de ácidos orgânicos no processo de ensilagem dos grãos com alta umidade resulta em hidrólise ácida parcial tanto no amido, quanto na matriz protéica, aumenta o tempo de retenção gástrica e ativa pepsinas, determinando aumento na digestibilidade da silagem (JONES et al.,1974; JUCHEM e RODRIGUES, 1999). LOPES (2000) verificou que no processo de ensilagem, os grãos moídos de milho apresentaram rompimento da matriz protéica que envolve os grânulos de amido, bem como alterações na estrutura desses grânulos, favorecendo assim sua utilização pelos suínos.

A silagem de sorgo embora altamente digestível, é menos digestível que a silagem de milho, resultando em pior desempenho animal. A digestibilidade do sorgo é menor devido ao conteúdo de tanino e/ou características do endosperma (HIBBERD et al., 1985).

Segundo HARDY (1973) os grãos de sorgo podem ser ensilados eficientemente com nível de umidade variando entre 37 a 61%. Trabalhos mais recentes recomendam para boa preservação da silagem de grãos de sorgo, a colheita no estágio farináceo médio a duro, com 22 - 26% (PIONEER, 1990) ou 30% de umidade (SEWELL, 1993).

## **2.1. Desafios da fase pós desmame de leitões**

São muitos os fatores causadores de estresse nos leitões por ocasião do desmame: a separação da mãe, a mudança de ambiente e da dieta líquida por sólida e a substituição da lactose do leite pelos carboidratos de origem vegetal (VAN DER POEL et al., 1989; HONGTRAKUL et al.,1998), nutrientes estes que são digeridos de forma menos eficiente que aqueles presentes no leite (OWSLEY et al., 1986; FRIESEN et al.,1993; MAKKINK et al., 1994 ).

O sistema digestivo dos leitões nessa fase pós desmame é imaturo, dificultando a digestão dos ingredientes que normalmente compõem as rações

iniciais, principalmente aqueles de origem vegetal (SHIELDS et al.,1980). SHIELDS et al. (1980) e EFIRD et al. (1982) relataram que a produção de amilase no pâncreas aumenta progressivamente até 10 semanas de idade dos leitões.

Segundo BERTOL (1997), o desenvolvimento adequado em termos de capacidade de produção de enzimas digestivas não ocorre antes de 42 dias de idade nos suínos. Assim, o período pós desmame é caracterizado por consumo reduzido de ração (GOIHL, 1993), má absorção, perda de peso (SOHN et al.,1994) e ocorrência de diarreia nas primeiras duas semanas (ETHERIDGE et al.,1984).

Para contornar as dificuldades naturais existentes na produção de suínos, principalmente no que diz respeito à fase inicial em função dos aspectos apresentados (desmame precoce, imaturidade do sistema fisiológico e distúrbios gastrointestinais), faz-se necessário à utilização de métodos de processamentos dos ingredientes das rações que disponibilizem os nutrientes e promovam melhor aproveitamento pelos leitões.

## **2.2. Métodos de Processamento de grãos**

Segundo BIAGI (1990), processamento é qualquer tratamento que ração ou ingrediente de uma ração recebe antes de ser consumida pelos animais. Dentre os métodos de processamento de cereais pode-se destacar a moagem, a extrusão, a ensilagem e a acidificação dos grãos úmidos.

### **2.2.1. Moagem**

A redução do tamanho dos grãos aumenta o número de partículas e a área superficial por unidade de volume. O aumento desta área de exposição permite maior ação de enzimas digestivas e acesso aos componentes nutricionais (BIAGI, 1990).

Este tipo de processamento modifica somente a estrutura física dos grãos inteiros, rompendo o endosperma e aumentando consideravelmente a superfície de exposição do amido as enzimas digestivas (MELLO JR, 1991). O grau de moagem (tamanho das partículas) influencia alguns aspectos de importância técnica e/ou

econômica na produção de suínos, tais como custo de produção da ração, digestibilidade dos nutrientes, desempenho animal e lesões esôfago-gástricas (MORES, 1998).

Em experimentos com suínos na fase inicial, de crescimento e terminação e fêmeas em lactação, os resultados indicaram que o melhor tamanho de partículas do milho seria menor ou igual a 600  $\mu\text{m}$  (WONDRA et al., 1996).

MONTICELLI et al. (1996) observaram que no milho o diâmetro geométrico médio das partículas de 542  $\mu\text{m}$  proporcionou maior incidência de animais com hiperqueratose e úlcera, em relação a granulometria de 998  $\mu\text{m}$ , demonstrando o efeito marcante que a moagem fina do milho exerce no desenvolvimento das alterações epiteliais do *Pars oesophagea* do estômago dos suínos. Efeitos similares da moagem fina de vários alimentos foram também demonstrados por POTKINS et al. (1989) .

HARLEY et al. (1994) citados por MORES (1998), estudaram os efeitos do tamanho das partículas com diâmetro geométrico médio: 900, 700, 500 e 300  $\mu\text{m}$ , de milho e de sorgo para leitões na creche, verificaram que os escores de queratose da região esofagea foram maiores nos animais que receberam dietas com 300  $\mu\text{m}$  do que nos animais que receberam dietas com partículas de 900  $\mu\text{m}$ .

A digestibilidade dos nutrientes e o desempenho dos suínos na fase inicial, crescimento, terminação e de porcas em lactação são influenciados pelo tamanho das partículas do milho, assim o uso de dietas contendo milho com diâmetro geométrico médio das partículas compreendido entre 500 e 650  $\mu\text{m}$  otimiza a digestibilidade dos nutrientes, da energia e o desempenho dos suínos (ZANOTTO e BELLAVER , 1998).

Os resultados obtidos por LOPES (2000) demonstraram vantagens do uso de silagem de grãos úmidos de milho em comparação ao milho seco na alimentação de leitões, apesar da granulometria da silagem (1306  $\mu\text{m}$ ) ser maior que a usada para o milho seco (653  $\mu\text{m}$ ). Provavelmente, este fato ocorreu devido ao menor pH (3,8 e 5,9 para a silagem e milho seco, respectivamente), resultando em rações mais ácidas e com maior digestibilidade, características estas diretamente associadas. Segundo BOLDUAN et al. (1988), leitões recém-desmamados naturalmente apresentam reduzida capacidade de acidificação dos alimentos no estômago.

Em função do teor de umidade dos grãos de milho na ensilagem, normalmente procede-se à moagem com diâmetro geométrico médio das partículas em torno de 1200 a 1300  $\mu\text{m}$ . Por outro lado, com objetivo de aumentar o rendimento de moagem e reduzir seu custo, os suinocultores têm manifestado grande interesse na moagem mais grosseira, entretanto, faltam informações sobre o valor nutricional do milho ensilado em partículas maiores.

### **2.2.2. Extrusão**

A extrusão tem sido utilizada no tratamento térmico dos alimentos para desnaturar enzimas indesejáveis, inativar fatores antinutricionais e reduzir sensivelmente a população microbiana presente. O cozimento alcançado nesse processo também melhora a digestibilidade de seus constituintes, principalmente por meio da geleificação do amido e da desnaturação das proteínas, enquanto minimiza a perda de vitaminas e da lisina, pela reação com açúcares redutores devido ao curto tempo de retenção (20 – 60 segundos) dentro do extrusor (BATAGLIA, 1990).

Muitos trabalhos têm relatado efeito benéfico do processamento de extrusão em dietas à base de milho e de sorgo no desempenho de suínos (FAPOJUWO et al., 1987; SAYRE et al., 1988), entretanto, em outros estudos isso não foi verificado (HERKELMAN e CROMWELL, 1990; RICHERT et al., 1992). Segundo HONGTRAKUL et al. (1998) possível explicação para a variação na resposta ao processo de extrusão poderia ser o tipo de extrusor (úmido x seco; simples x parafuso duplo) e/ou condições na extrusão (umidade, temperatura e pressão).

MERCIER (1980) e BOJORCK et al. (1985) relataram que a extrusão do milho moído aumentou a geleificação do amido, a qual melhorou a aceitabilidade de dietas de leitões desmamados. Apesar das prováveis vantagens nutricionais dos produtos extrusados, o custo elevado tem limitado o emprego deste método de processamento nos ingredientes destinados a alimentação de suínos.

### **2.2.3. Ensilagem de grãos úmidos**

A conservação dos grãos úmidos de milho na forma de silagem apresenta várias vantagens em relação ao milho seco tais como, antecipação da colheita, diminuição nas perdas devido ao clima e na colheita, além da economia de mão-de-obra e custos de armazenamento (JONES et al., 1974). Segundo JUCHEM e RODRIGUES (1999) a diminuição das perdas no campo e na colheita situa-se entre 3 a 10%.

Na confecção da silagem os grãos de milho devem ser moídos para facilitar a compactação, condição necessária para garantir boa qualidade ao produto final, além disso, a moagem e a ensilagem são métodos de processamento que visam aumentar o aproveitamento dos nutrientes presentes nos grãos.

Segundo SODERLUND (1997), os processos fermentativos que ocorrem na silagem de grãos úmidos são semelhantes aos que ocorrem em outras silagens e podem ser afetados pelo nível de oxigênio, nível de carboidratos fermentecíveis, umidade e população microbiana.

Durante o processo de ensilagem após o enchimento e a vedação do silo, ocorre uma primeira fase bastante curta (8 a 15 hs), onde todas as espécies de microorganismos presentes na massa ensilada se proliferam (GOUET e COLL, 1972; citados por GOUET, 1989). O aumento de temperatura, a umidade resultante da plasmólise e da respiração, a liberação de nutrientes prontamente fermentáveis, a anaerobiose ainda insuficiente e o pH próximo da neutralidade propicia o desenvolvimento de bactérias aeróbias restritas e anaeróbias facultativas. As bactérias aeróbias (*Flavobacterium*, *Achmobacter*, *Pseudomonas*) desaparecem logo no segundo dia, enquanto que os coliformes podem crescer até o final da primeira semana, caso o meio não se acidifique rapidamente. Simultaneamente os estreptococos e lactobacilos se multiplicam durante dois a seis dias, sendo que os estreptococos são os primeiros a desaparecer devido à queda do pH (GOUET, 1989).

As bactérias lácticas constituem o principal grupo de microorganismos que atuam no processo fermentativo para conservação da massa ensilada (JOBIM, 1996). São representadas pelos gêneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* e *Pediococcus*. São organismos sem motilidade, anaeróbios aerotolerante, em forma de bastonetes ou cocos, não esporulados e Gram+. São incapazes de sintetizar ATP

por meio respiratório, reflexo de sua incapacidade de produzir citocromos e enzimas contendo o grupo heme (a porfirina); as bactérias lácticas são catalase-negativas e, portanto, não podem mediar a decomposição de  $H_2O_2$  de acordo com a seguinte reação:  $2 H_2O_2 \rightarrow 2 H_2O + O_2$  (LIMA et al. ,1975).

Segundo LINDEN (1989) as bactérias apresentam especificidade de escolha do substrato, como glicose, frutose ou lactose podendo formar como produto final as seguintes configurações de ácido láctico: D-, D,L- ou L (Tabela 1).

A classificação das bactérias ocorre de acordo com o tipo de fermentação e podem ser homofermentativas ou heterofermentativas. As homofermentativas são aquelas que produzem como produto principal de fermentação da glicose o ácido láctico e as heterofermentativas são aquelas que metabolizam pentoses (JAY, 1994).

A importância de certas bactérias lácticas se multiplicarem em meio aeróbio, embora não respirem o oxigênio como as bactérias aeróbias, está no fato de que elas podem usar o oxigênio para converter ácido láctico em acético, sendo essa uma das causas do alto teor de ácido acético em algumas silagens (ROTZ e MUCK, 1994 citado por JOBIM, 1996).

Segundo JAY (1994), as bactérias homoláticas possuem as enzimas aldalase e hexose-isomerase e utilizam a via Embden- Meyerhoffparnas (EMP) para produzir duas moléculas de lactato a partir de uma de glicose, por outro lado as bactérias heteroláticas possuem fosfocetolase, e não possuem nem aldalase, nem hexose-isomerase, ao invés de degradar a glicose pela via EMP, estes microrganismos utilizam a via de hexoses ou das pentoses (Figuras 1 e 2 ).

As bactérias que produzem  $\alpha$ -amilase são *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Escherichia*, *Proteus*, *Thermomonospora* e *Serratia* (CRUEGER e CRUEGER,1989). Portanto, além da  $\alpha$ -amilase presente nos grãos de milho ou de sorgo, que possivelmente é ativada pelas condições favoráveis de temperatura e umidade na massa ensilada, a  $\alpha$ -amilase dos microrganismos também pode quebrar ligações do amido ( $\alpha$ -1,4 da amilose e amilopectina) e liberar os monossacarídeos para serem absorvidos e utilizados pelas bactérias para a produção de ácidos orgânicos (Figura 3). Segundo SNEATH (1986), alguns organismos como *Lactobacillus amylophilus*, *Lactobacillus amylovorus* e *Pediococcus dextrinicus* possuem a capacidade de degradar o amido.

Tabela 1. Produto final da ação das bactérias fermentativas<sup>1</sup>

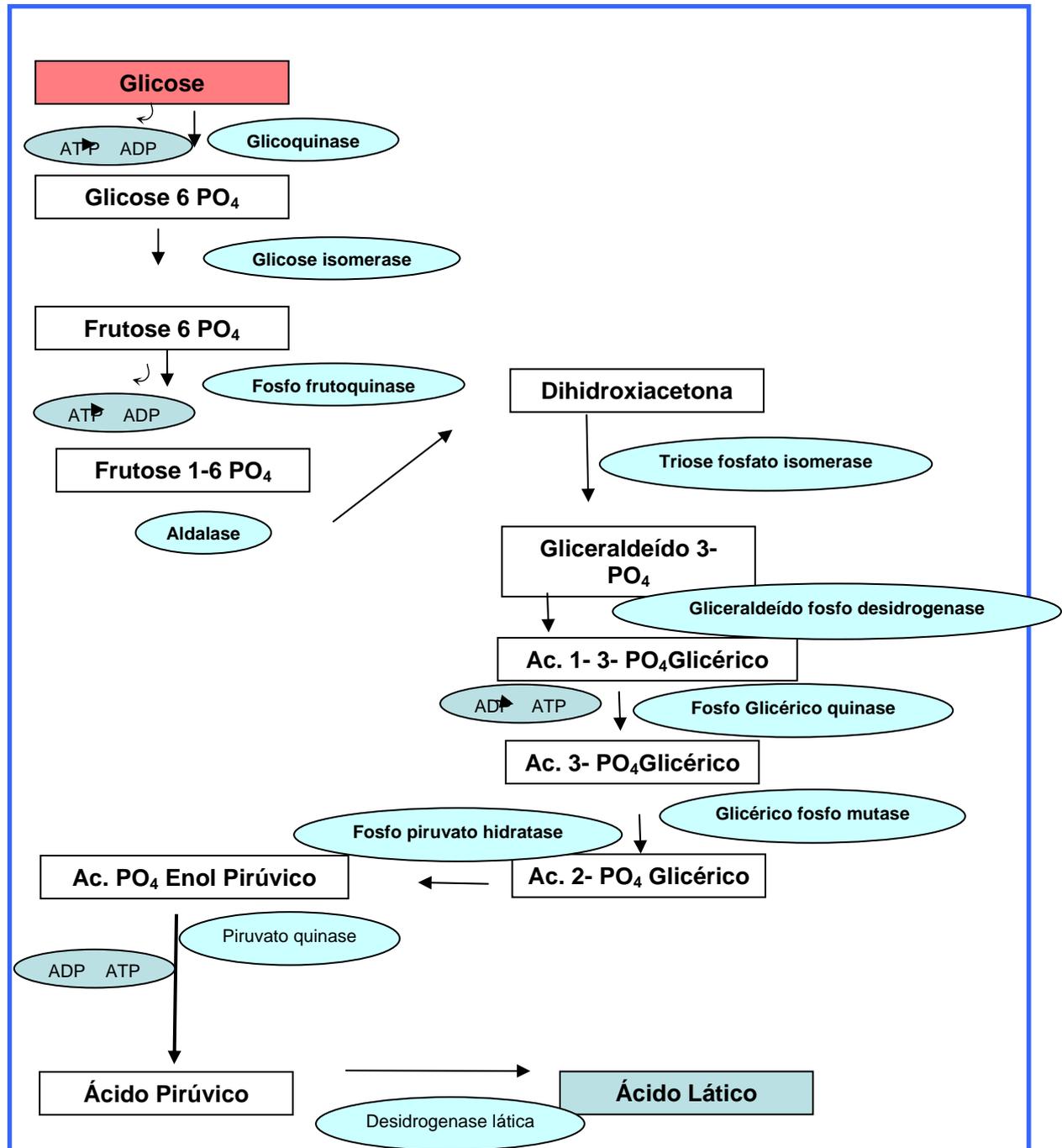
Homofermentativas	Configuração do Lactato	Heterofermentativas	Configuração do Lactato
<b>Lactobacillus:</b>		<b>Lactobacillus:</b>	
<i>L. acidophilus</i>	DL	<i>L. amylophilus</i> */**	L (+)
<i>L. bulgaricus</i>	D (-)	<i>L. amylovorus</i> */**	DL
<i>L. casei</i> **	L (+)	<i>L. brevis</i> **	DL
<i>L. coryniformis</i> **	DL	<i>L. buchneri</i> **	DL
<i>L. curvatus</i> **	DL	<i>L. cellobiosus</i>	DL
<i>L. delbrueckii</i> **	D (-)	<i>L. confusus</i>	DL
<i>L. helveticus</i>	DL	<i>L. coprophilus</i>	DL
<i>L. jugurturti</i>	DL	<i>L. fermentum</i> **	DL
<i>L. jensenii</i>	D (-)	<i>L. hilgardii</i>	DL
<i>L. latctis</i>	D (-)	<i>L. sanfrancisco</i>	DL
<i>L. leichmanii</i>	D (-)	<i>L. trichodes</i>	DL
<i>L. plantarum</i> **	D L	<i>L. viridescens</i>	DL
<i>L. salivarius</i>	L (+)	<b>Leuconostoc</b>	
<b>Streptococcus:</b>		<i>L. cremoris</i>	D(-)
<i>S. bovis</i>	D (-)	<i>L. dextrinicus</i> */**	D(-)
<i>S. thermophilus</i>	D (-)	<i>L. lactis</i>	D(-)
<i>S. faecalis</i> **	D(-)	<i>L. mesenteoides</i>	D(-)
<b>Pediococcus:</b>		<i>L. oenos</i>	D(-)
<i>P. acidilactici</i> **	DL	<i>L. paramesenteroides</i>	D(-)
<i>P. cerevisiae</i>	DL	<i>L. gelidum</i>	D(-)
<i>P. pentosaceus</i>	DL	<i>L. carnosum</i>	D(-)

\*Organismos que tem a capacidade de hidrolisar amido;

\*\* Organismos presentes na silagem segundo SNEATH (1986);

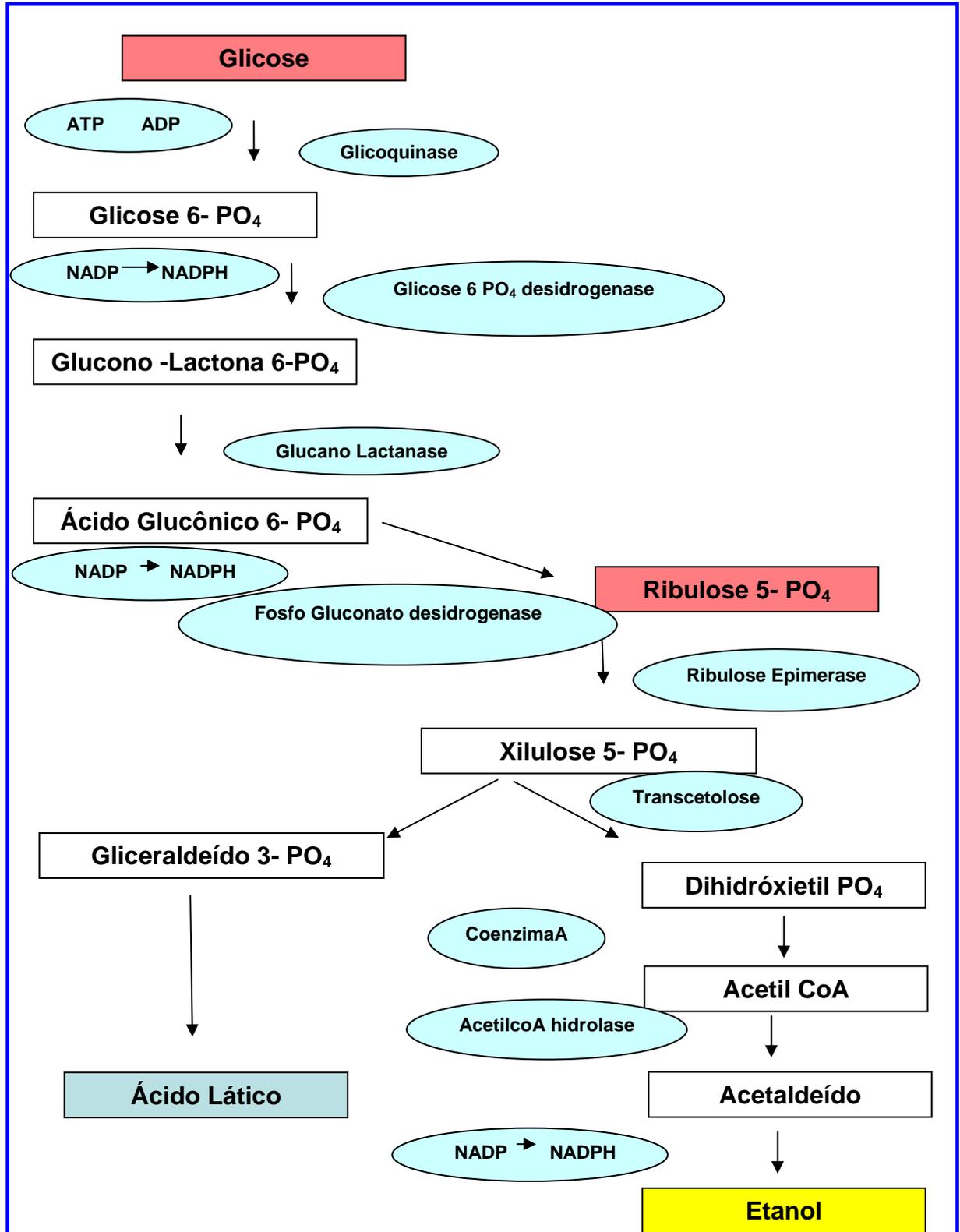
<sup>1</sup>Tabela adaptada de JAY(1994).

**Figura 1.** Ciclo das bactérias Homofermentativas.



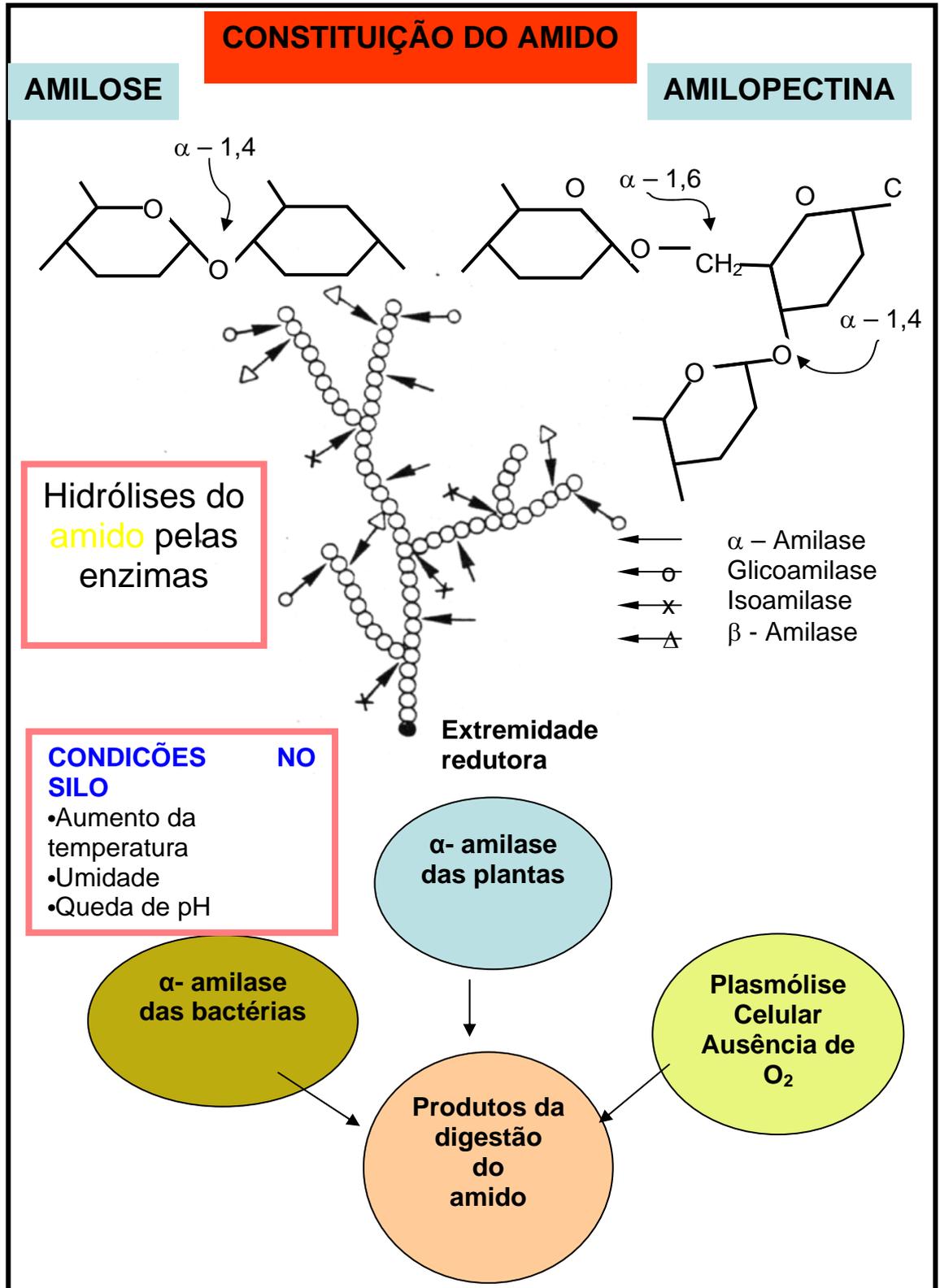
Fonte: Adaptado JAY (1994)

**Figura 2.** Ciclo das bactérias Heterofermentativas.



Fonte: Adaptado JAY (1994).

Figura 3. Constituição do amido e ação das amilases durante o processo de ensilagem.



A colheita dos grãos de milho para ensilagem deve ser realizada logo após a maturidade fisiológica, quando os grãos apresentam teor de umidade ao redor de 28%, na amplitude de 25% a 30% (COSTA et al., 1999). GOODRICH et al. (1975) observaram que o aumento no teor de umidade de 21,5; 27,5 e 33,1% nos grãos de milho reidratados favorecem as perdas de matéria seca (2,7; 3,7 e 5,6%, respectivamente) e podem alterar significativamente os valores de nitrogênio e a fração dos carboidratos solúveis da silagem.

A maturação fisiológica do milho ocorre quando cessa a translocação de nutrientes da planta para os grãos, ocasião em que apresentam teores máximos de amido, proteínas e óleo. Na prática é determinada pelo surgimento da camada preta na base dos grãos (COSTA et al., 1999).

O teor de umidade é bastante crítico para a boa preservação dos grãos de sorgo na forma de silagem, devendo o mesmo ser colhido quando os grãos se encontrarem em estágio farináceo médio a duro, com 22 a 26% de umidade (PIONEER, 1990 citado por JUCHEM e RODRIGUES, 1999).

CASTAING et al. (1987) observaram em leitões Large White, desmamados com 28 dias, consumo e ganho de peso maiores na fase de creche (9 a 25 kg) para os animais que receberam silagem de grãos úmidos de milho em relação àqueles que receberam rações com milho seco. Em experimento comparando silagem de grãos úmidos de milho com níveis diferentes de umidade (38 ou 36%) com rações à base de milho seco, CASTAING et al. (1989) não encontraram diferenças para o ganho de peso, mas a eficiência alimentar foi melhor para os animais que receberam a silagem.

Segundo CRESHAW et al. (1986) leitões alimentados com silagem de grãos úmidos de sorgo (23,4% umidade) apresentaram maior digestibilidade aparente do nitrogênio quando comparada com sorgo seco.

Em experimento de desempenho com leitões (8,40 aos 29,50 kg), LOPES et al. (1999a) compararam rações à base de milho seco ou silagem de grãos úmidos de milho, observando diferenças a favor da silagem de grãos úmidos para ganho diário de peso e conversão alimentar (572,88 x 632,45 e 1,64 x 1,53, respectivamente). Melhores resultados de conversão alimentar também foram

observados em suínos nas fases de crescimento e terminação, alimentados com rações contendo silagem em relação àqueles que receberam rações com milho seco (LOPES et. al., 1999b).

#### **2.2.4. Acidificação de grãos úmidos**

A preservação de grãos úmidos pode ser melhorada pelo tratamento químico com ácidos orgânicos, propiônico, misturas de ácidos propiônico e acético ou propiônico e isobutírico. Grãos de cereais tratados com ácidos orgânicos têm sido armazenados com sucesso, reduzindo a atividade microbiana (JONES et al., 1974).

LYNCH et al. (1975) monitoraram a temperatura de grãos úmidos de milho, preservados quimicamente com ácidos orgânicos e silagem de grãos úmidos, por 14 dias após abertura do silo em uma sala com temperatura ambiente de 24 a 27 °C, observaram aumento da temperatura inicial em 15°C no intervalo de 24 horas na silagem de grãos úmidos e nenhuma variação no milho acidificado.

A aplicação desses ácidos em quantidades adequadas, baseada no teor de umidade, duração do tempo de armazenamento e taxa de descarregamento, reduz o pH dos grãos para próximo de 4,0 e inibe o número de microrganismos inclusive aqueles responsáveis pelo apodrecimento (JUCHEM e RODRIGUES, 1999). Recomenda-se para a preservação do milho com 30% de umidade durante 12 meses de armazenamento, concentração de ácido propiônico de 1,0 a 1,25% (JUCHEM e RODRIGUES, 1999).

KNABE et al. (1989) reportaram que suínos (17 a 95 kg), alimentados com silagem de grãos úmidos e milho úmido acidificado tiveram eficiência alimentar melhorada em 5% quando comparados com animais que receberam milho seco. Nesta mesma pesquisa, suínos alimentados com silagem de grãos úmidos de sorgo (20 – 24% de umidade) tratados com 1,1 ou 1,45% de uma mistura de ácido propiônico:acético (80:20), apresentaram eficiência alimentar melhorada em 4% quando comparado com animais que receberam milho seco.

Alguns artigos demonstraram que grãos úmidos tratados com ácidos orgânicos apresentaram níveis menores de caroteno e vitamina E, portanto

suplementações apropriadas destes nutrientes devem ser feitas (LYNCH et al., 1975).

### **3. MODIFICAÇÕES NA ESTRUTURA DO ENDOSPERMA DO GRÃO E DOS GRÂNULOS DE AMIDO**

Alguns fatores como temperatura, umidade, pressão, atividade microbiana e adição de reagentes químicos, podem afetar a estrutura do endosperma e dos grânulos de amido.

#### **3.1. Tratamento calor-umidade x anelamento**

JACOBS et al. (1996) discutiram as diferenças entre tratamento calor umidade e anelamento. Tratamento calor-umidade é descrito como aquele que ocorre em teor de umidade abaixo de 35% e anelamento quando o conteúdo de umidade é maior que 60% ou valores intermediários, entre 40 e 50% .

Para COLLADO e CORKE (1999); citados por TESTER e DEBON (2000), o tratamento calor-umidade refere-se à exposição do amido a altas temperaturas sob conteúdo de umidade restrito (18-27%), enquanto anelamento representa modificações físicas da pasta do amido em água, abaixo da temperatura de geleificação.

O tratamento calor-umidade causa notáveis mudanças na cristalinidade das cadeias das moléculas do amido, devido ao rearranjo ou maior grau de associação das cadeias, demonstrados pelas mudanças nas características do viscograma Brabender, poder de absorção e padrão de difração raio X (MARUTA et al., 1994).

A avaliação de diagrama raio X permite confirmar que o tratamento calor-umidade promove alteração estrutural do tipo B para o tipo A no amido de batata, enquanto o amido de milho manteve uma estrutura tipo A (KAWABATA et al., 1994). Segundo LORENZ e KULP (1982), o tratamento calor-umidade dos grânulos de amidos de cereais, embora não alterasse no seu padrão raio X, causou perda da cristalinidade.

As diferenças na distribuição da região cristalina e amorfa podem se manifestar nas propriedades como solubilidade e degradação enzimática (SAHAI e JACKSON, 1994).

Segundo JANE et al. (1994) o estudo de grânulos de amido por meio da microscopia eletrônica demonstrou que diferentes fontes biológicas de amido apresentam grande variedade morfológica, mas que existem características comuns.

Em experimentos com silagem de grãos úmidos para ruminantes e monogástricos associou-se o melhor desempenho proporcionado pela silagem a geleificação do amido ocorrida durante o processo de ensilagem (KNOWLTON et al., 1998). A geleificação do amido ocorre quando os grânulos são expostos à umidade e temperaturas elevadas, condições que determinam ruptura das ligações de hidrogênio mais fracas, que unem as cadeias de amilose e amilopectina, resultando em absorção de água e conseqüente entumescimento dos grânulos, causando exsudação de parte da amilose tornando os grânulos mais susceptíveis à digestão enzimática. O intervalo de temperatura no qual se dá a gelatinização varia em função do cereal, sendo de 62 a 72 °C para o milho e 68 a 75°C para o sorgo (MELLO JR., 1991).

A necessidade de esclarecer quais as modificações ocorridas no processo de ensilagem e o interesse crescente por parte de criadores e técnicos ligados à suinocultura em relação à silagem, justifica as pesquisas apresentadas nos capítulos 2, 3 e 4 da presente Tese.

O Capítulo 2, denominado “ESTRUTURA DO ENDOSPERMA E DOS GRÂNULOS DE AMIDO DO MILHO E DO SORGO SUBMETIDOS À ENSILAGEM E PRESERVAÇÃO QUÍMICA”, apresenta-se de acordo com as normas para publicação na revista, **Bioscience Journal** e teve por objetivo avaliar os efeitos da ensilagem e do tratamento dos grãos úmidos com propionato de cálcio sobre as modificações na estrutura do endosperma e dos grânulos de amido.

O Capítulo 3, denominado “GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO ENSILADOS COM OU SEM ADIÇÃO DE PROPIONATO DE CÁLCIO PARA LEITÕES NA FASE INICIAL” apresenta-se de acordo com as normas para publicação na revista **Bioscience Journal** e teve por objetivo avaliar os efeitos da ensilagem e da

preservação química dos grãos úmidos de milho sobre a qualidade do produto final e o desempenho de leitões.

O Capítulo 4, denominado “SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE SORGO COM ALTO E BAIXO TANINO PARA SUÍNOS EM FASE INICIAL” apresenta-se de acordo com as normas para publicação na revista **Bioscience Journal** e teve por objetivo avaliar os efeitos da ensilagem de grãos úmidos de sorgo com alto e baixo teor de tanino sobre a qualidade do produto final e o desempenho de leitões.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATAGLIA, A. M. A extrusão no preparo de alimentos para animais. In: SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3., SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE RAÇÕES , 2., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1990. p.73-82.

BERTOL, M. T. Alimentação dos leitões no aleitamento e creche. IN: CURSO DE SUINOCULTURA. 10, 1997, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 1997, p.93 –110.

BIAGI, J. D. Tecnologia de peletização de rações. In: SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1990. p. 37-59.

BOLDUAM, G et al.. Recent advances in the nutrition of weaned piglets. **Pig News and information**, Farnham Royal, v.9, n.4, p.381-385, Jan.,1988.

BOJORCK, I.; MATOBA, T.; NAIR, B. M. In vitro enzymatic determination of the protein nutritional value and amount of available lysine in extruded cereal-based products. **Agriculture Biology and Chemistry**, Bunkyo-ku, v.49, p. 945-951, June.1985.

CASTAING, J.; COUDURE, R.; FEKETE, J. Utilisation de l'ensilage de maïs grain ou de maïs grain rafle par le porcelet serve.Synthese de quatre essais. **Journal Rocher Pocine France**, n.19, p .311-318, Feb.,1987.

CASTAING, J.; CAMBEILH, D.; COUDURE, R. Valeur d'utilisation du maïs grain inerte pour l'alimentation des porcelets de 9 a 25 kg. Influence de l' humidite a recolte. **Journal Rocher Porcine France**, n.21, p.1-6, March.1989.

COSTA, C. et al. Silagem de grãos úmidos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7.,1999,Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 69-87.

CRENSHAW, J. D. et al. The effects of sorbic acid in high moisture sorghum grain diets on performance of weanling swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, n.3, p. 831-837, Sept.,1986.

CRUEGER, W.; CRUEGER, A. Enzimas: **Biotechnologia**: manual de microbiologia industrial. 3nd. ed., 1989. Cap. 9, p. 214-227.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES (Concórdia, SC). **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3.ed. Concórdia,1991. 97p. (Documentos,19).

EFIRD, R. C.; ARMSTRON, W. D.; HERMAN, D. L. The desenvolvimento of capacity in young pigs: effects of weaning regimen and dietary treatment. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, n. 6, p. 1370-1379, Dec., 1982.

ETHERIDGE, R. D.; SEERLEY, R. W.; WYATT, R. D. The effects of diet on performance digestibility blood composition and intestinal microflora of weaned pigs. **Journal of Animal Science** Champaign, v. 58, n.6, p.1396-1402, June., 1984.

FAPOJUWO, O. O.; MAGA, J. A.; JANSEN, R. G. Effect of extrusion cooking on in vitro protein digestibility of sorghum. **Journal Food Science**., Chicago, v.52, n.1, p. 218-219, Nov., 1987.

FRIESEN, K. G. et al. The effect of pre-and post weaning exposure to soybean meal on growth performance and immune response in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n.8, p. 2099-2109, Aug., 1993.

GIOMO, G. S. Implantação da cultura do sorgo granífero. In: BRINHOLI, O. *Cultura do sorgo granífero (Sorghum bicolor L.)*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas Universidade Estadual Paulista, 1996. p 70-109.

GOIHL, J. Research examines direct fed microbial effect in swine rations. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.65, n.48, p. 32-33, Nov., 1993.

GOODRICH, R. D.; BYERS, F. M.; MEISKE, J. C. Influence of moisture content, processing and reconstitution on the fermentation of corn grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 41, n.3, p.876 – 881, Sept., 1975.

GOUET, Ph. L'ensilage des végétaux. **Microbiologie Alimentaire: Les fermentations alimentaires**. 2 nd. ed. 1989, Cap. 8, p. 150 – 159.

HARDY, C. Ensiled high-moisture sorghum grain. 2. Influence of moisture content at harvest on fermentation parameters. **Cuban Journal of Agricultural Science**, Havana, v.7, n.1, p.61-68, July, 1973.

HERKELMAN, K. L.; CROMWELL, G. L. Utilization of full –fat soybeans by swine reviewed. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 62, n. 52, p. 15-22, December, 1990.

HIBBERD, C. A. et al. Effect of sorghum grain variety and reconstitution on site and extent of starch and protein digestion in steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.61, n.3, p. 702 –712, Sept., 1985.

HILL, T. M. et al. Comparasion of urea treatment with established methods of sorghum grain preservation and processing on site and extent of starch digestion by cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, n.11, p.4570-4576, Nov., 1991.

HONGTRAKUL, R. D. et al. The effects of extrusion processing of carbohydrate sources on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n.12, p. 3034-3042, Dec., 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA . **Fundamentos de nutrición em acuicultura**. Colombia, 1996. 343 p. (Serie Fundamentos).

JACOBS, H.; EELINGEN, R.C.; DELCOUR, J. A. Factors affecting the visco-amylograph and rapid visco-analyzer evaluation of the impact of annealing on starch pasting properties. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 48, n.7, p. 266-270, July.,1996.

JANE, J. et al. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy. **Starch/Stärke**, Weinheim , v. 46, n. 4, p.121-129, Apr., 1994.

JAY, J. M. Alimentos fermentados y productos de fermentación afines. **Microbiología moderna de los alimentos**. 3 nd. ed.1994, Cap. 16, p. 441– 455.

JOBIM, C. C. **Avaliação das características microbiológicas, químicas e digestibilidade das silagens de grãos úmidos e de espigas de milho**. 1996. 98f. (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

JONES, G. M et al. Organic acid preservation of high moisture corn and other grains and the nutritional value: a review. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 54, n. 4, p. 499-517, Dec., 1974.

JUCHEM, S.; RODRIGUES, P. H. M. **Conservação de grãos de cereais sob alta umidade**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1999.

KAWABATA, A. et al. Microscopic observation and X-ray diffractometry of heat/moisture-treated starch granules. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.46, n.12, p. 463-469, Dec., 1994.

KNABE, D. A. et al. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n.2, p. 441-458, Feb.,1989.

KNOWLTON, K. F. et al. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n.7, p. 1972-1984, Feb.,1998.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. Fermentação láctica. **Biotecnologia: tecnologia das fermentações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1975, 286 p.

LINDEN, J. C. Industrially important strains and pathways. **Handbook on anaerobic Fermentations**. ERICKSON, L.E. e FUNG, D. Y.C. 3 nd. ed. Cap. 3. p. 59– 80,1989.

LOPES, A. B. R. C. Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos em fase inicial. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36.,1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Gnosis, 1999 a. p.224.

LOPES, A. B. R. C. Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos nas fases crescimento e terminação. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA,36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Gnosis, 1999 b. p.225.

LOPES, A. B. R. C. **Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos nas fases inicial, de crescimento e de terminação**. 42 f. Tese (Mestrado em Zootecnia) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LORENZ, K.; KULP, K. Cereal- and root starch modification by heat- moisture treatment. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.34, n.2, p.50-54, Apr., 1982.

LYNCH, P. B. et al. Chemically preserved high-moisture corns in diets for growing – finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.40, n. 6, p.1063-1069, June, 1975.

MAKKAR, H. P. S. Do tannins affect only protein utilization?. **Indian Daryman**, v.41, n.7, p.135-156, Jan.,1988.

MAKKINK, C. A. et al. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly weaned piglets. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 72, p. 353-368, July,1994.

MARUTA, I. et al. Reduced-pressurized heat-moisture treatment: a new method for heat-moisture treatment of starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.46, n.5, p. 177-181, May., 1994.

McNEILL, J. W. et al. Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.40, n.2, p.335-341, Feb., 1975.

MELLO JR., C. A . Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4.,1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.263-283.

MERCIER, C. Structure and digestibility alterations of cereal starches by twin- screw extrusion – cooking. In: LINLI, P.; MALKKI, Y.; LARINKARI, J. J. J. (Ed). **Food process Engineering**. food process systems. 1980, v. 1, p. 795-807.

MONTICELLI, J. C. et al. Efeito da granulometria do milho e da área por animal sobre lesões gástricas de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n. 6, p. 1163-1177, 1996.

MORES, N. Influência da granulometria de ingredientes de dietas no desenvolvimento de lesões gástricas em suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES,1998 Concórdia, **Anais...** Concórdia: EMBRAPA,1998. p.13- 25.

OWESLEY, W.F.; ORR JR., D. E.; TRIBBLE, L. F. Effects of age and diet on the development of the pancreas and synthesis and secretion of pancreatic enzymes in young pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n.2, p. 497-504, Aug., 1986.

**PIONEER HI-BRED INTERNATIONAL**. Silage management. 1990. p. 1-8.

POTKINS, Z. V.; LAWRENCE, T. L. J.; THOMLINSON, J. R. Oesophagogastric parakeratosis in the growing pig :Effects of the physical form of barley-based diets and added fibre. **Research in Veterinary Science**, London, v.47, p.60-67, Jan., 1989.

QUINTERO, L.G.P. **Tanino em rações para peixes tropicais**. 2000. 55 f. Tese (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

RICHERT, B. T. et al. Extrusion processing of cereal grains and soybean meal for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, supl.1, p. 232 , Feb.,1992.

SAHAI, D.; JACKSON, D. S. Structure and chemical properties of partially heated corn starch granules. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.46, n.12, p.457-463, Dec. 1994.

SAYRE, R. N. et al. Effects of diets containing raw and extrusion cooked rice bran on growth and efficiency of food utilization of broilres. **British Poultry Science**, Abingdon, v.29, p. 815-823, Feb.,1988.

SEWELL, H.B. High moisture grain for beef cattle. **Net**, Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: [http:// muextension.missouri .edu/xplor/agguides/ansci/g02056.htm](http://muextension.missouri.edu/xplor/agguides/ansci/g02056.htm)>. acesso em 21/10/2000.

SHIELDS,R. G.; EKSTROM, K. E.; MAHAN, D.C. Effect of weaning age and feeding method on digestive enzyme development in swine from birth to ten weeks. **Journal of Animal Science**, Champaign,v.50, n.2, p. 257-265, Feb., 1980.

SNEATH, P. H. A. **BERGEY`S MANUAL OF SYSTEMATIC BACTERIOLOGY**. v. 2,1986.

SODERLUND, S. Managing and feeding high-moisture corn. In: Proceedings from the silage:field to feedbunk. NRAES-99, **Anais ...** p.319-338, 1997.

SOHN, K. S. et al. Improved soybean protein sources for early-weaned pigs. I. Effects on performance and total tract amino acid digestibility. **Journal of Animal Science**, Champaing, v.72, n.3, p. 622-630, Mar.,1994.

TESTER, R. F.; DEBON, S. J. J. Annealing of starch a review. **Internacional Journal of Biological Macromolecules**, Guildford, v.27, p.1-12, 2000.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1649-1662, Nov., 1986.

VAN DER POEL, A. F. B. et al. Effects of infrared irradiation or extrusion processing of maize on its digestibility in piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 26, p. 29-43, Mar., 1989.

WONDRA, K. J. et al. Grinding, pelleting affects nutritional value of cereal grains, diets for swine. **Feedstuffs**, Minneapolis v.68, n.5, p. 13-17, Jan. 1996.

ZANOTTO, L. D.; BELLAVER, C. Granulometria do milho em rações para suínos e aves: Digestibilidade de nutrientes e Desempenho animal. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998. p.26- 47.

## CAPÍTULO II

### ESTRUTURA DO ENDOSPERMA E DOS GRÂNULOS DE AMIDO DO MILHO E DO SORGO SUBMETIDOS À ENSILAGEM E PRESERVAÇÃO QUÍMICA

Lopes, A.B.R.C.<sup>\*2</sup>, Berto,D.A.<sup>3</sup>, Costa,C.<sup>3</sup>, Leonel,M., Cereda,M.

<sup>1</sup>. Parte da tese de doutorado do primeiro autor, financiado pela FAPESP.

<sup>2</sup>. Pós Graduanda da FMVZ/UNESP. Depto. de Prod. Expl. Animal. Cx. Postal 560 – 18618-000 – Botucatu – bia@fca.unesp.br

<sup>3</sup>. Professores da FMVZ/UNESP . Cx. Postal. 560 – 18618-000 – Botucatu – SP .

#### RESUMO

Para avaliar os efeitos da ensilagem e da preservação química dos grãos úmidos de milho e sorgo sobre as modificações no endosperma e nos grânulos de amido, foram estudados os seguintes tratamentos (T): **T1**- Milho seco (variedade A) inteiro; **T2**- Milho seco (variedade A) moído; **T3**- Milho úmido (variedade A) moído e ensilado, **T4**- Milho úmido(variedade A) moído, acidificado com 1,2% de propionato de cálcio e ensilado; **T5**- Milho úmido (variedade B) moído e ensilado; **T6** – Milho úmido (variedade B) moído e preservado quimicamente (2,4% de propionato de cálcio); **T7**- Sorgo seco (baixo tanino) moído, **T8**- Sorgo seco (alto tanino) moído; **T9**- Sorgo úmido (baixo tanino) moído e ensilado;. **T10**- Sorgo úmido (alto tanino) moído e ensilado. Os processamentos de ensilagem e preservação química dos grãos úmidos, determinaram redução no teor de amido em relação ao milho ou sorgo secos. No processo de ensilagem ocorreu rompimento da matriz protéica que envolve os grânulos de amido e alterações estruturais nos grânulos, como aumento no diâmetro dos poros e concavidade central, semelhante ao que ocorre nos processos de digestão enzimática, sendo que estas alterações foram mais intensas nos grânulos de amido de milho do que de sorgo. A temperatura máxima no interior do silo não é suficiente para geleificar o amido.

**Unitermos:** amido, monitoramento de temperatura e silagem de grãos úmidos.

## **THE STRUCTURE OF ENDOSPERM AND STARCH GRANULES IN ENSILED OR CHEMICALLY PRESERVED CORN AND SORGHUM GRAINS**

### **ABSTRACT**

To evaluate the effect of ensiling or chemical preservation of high-moisture corn and sorghum grain on the modifications occurring in the endosperm and starch granules, the following treatments (T) were studied: T1 - whole dry corn grain (variety A); T2 - ground dry corn grain (variety A); T3 - high-moisture corn grain (variety B), ground and ensiled; T4 - high-moisture corn grain (variety A), ground, acidified with 1.2 % calcium propionate and ensiled; T5 - high-moisture corn grain (variety B), ground and ensiled; T6 - high-moisture corn grain (variety B), ground and chemically preserved with 2.4 % calcium propionate; T7 - dry and ground low-tannin sorghum; T8 - dry and ground high-tannin sorghum; T9 - high-moisture, low-tannin sorghum, ground and ensiled; T10 - high-moisture, high-tannin sorghum, ground and ensiled. Ensiling or chemically preserving reduced the starch content, as compared to dry corn or sorghum. A rupture of the protein matrix (which covers the starch granules) was observed during the ensiling process; structural changes were also detected, such as the increase in pore diameters and in the central concavity, similar to what occurs during enzymatic digestion. These changes were more intense in the corn starch granules than in the sorghum granules. Even the highest temperature detected inside the silos was not enough to gelatinize starch.

**UNITERMS:** silage of high-moisture grains, starch and temperature monitoring

## INTRODUÇÃO

As matérias primas disponíveis para alimentação animal podem ser submetidas a diversas formas de processamento, que têm como objetivos inativar ou destruir eventuais fatores antinutricionais e melhorar a disponibilidade dos diferentes constituintes bioquímicos (BRAUNA, 2002), aumentando seu valor nutricional.

Dentre os métodos de processamento e preservação dos cereais com alta umidade destacam-se a ensilagem e a acidificação. A silagem de grãos úmidos pode ser definida como o produto da conservação em meio anaeróbio de sementes ou grãos de cereais logo após a maturação fisiológica, com teor de umidade ao redor de 28%, na amplitude de 25% a 30% (COSTA et al., 1999). Como alternativa a ensilagem, tem sido proposta a preservação química dos grãos úmidos com adição de ácidos orgânicos e seus sais.

A ação isolada ou conjunta de fatores como temperatura, umidade, pressão, atividade microbiana e reagentes químicos, podem causar modificações estruturais nos grânulos de amido durante o processamento.

A geleificação do amido ocorre quando os grânulos são expostos à umidade e temperaturas elevadas, condições que determinam ruptura das ligações de hidrogênio mais fracas, que unem as cadeias de amilose e amilopectina, resultando em absorção de água e conseqüente entumescimento dos grânulos, causando exsudação de parte da amilose, tornando os grânulos mais susceptíveis à digestão enzimática. O intervalo de temperatura no qual se dá a gelatinização varia em função do cereal, sendo de 62 a 72 °C para o milho e de 68 a 75°C para o sorgo (MELLO JR., 1991).

O processo de ensilagem promove alterações no endosperma e na superfície dos grânulos de amido, que constatadas por meio de observações em microscopia ótica, eletrônica, e de varredura por LOPES et al. (2002), podendo aumentar a susceptibilidade ao

ataque enzimático durante a digestão. Essas alterações possivelmente podem ser causadas pela associação dos fatores ligados ao processo de fermentação anaeróbia que ocorre durante a ensilagem: temperatura, umidade e acidez (LOPES et al., 2002).

Mais recentemente, alguns especialistas em amido, têm detalhado o processo envolvendo a ação conjunta da temperatura e da umidade.

JACOBS et al. (1996) discutiram as diferenças entre tratamento calor-umidade e anelamento. Tratamento calor-umidade é descrito como aquele que ocorre com teor de umidade abaixo de 35% e anelamento quando o conteúdo de umidade é maior que 60% ou valores intermediários entre 40 e 50% .

Para COLLADO e CORKE (1999); citados por TESTER e DEBON (2000), o tratamento calor-umidade refere-se à exposição do amido a altas temperaturas sob limitado conteúdo de umidade (18-27%), enquanto que anelamento diz respeito às modificações do amido sob água restrita, abaixo da temperatura de geleificação.

A microscopia dos grânulos de amido de cereais ensilados pode caracterizar as modificações que ocorrem durante o processo de ensilagem, ajudando a identificar corretamente o processo envolvido.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da ensilagem e da preservação química dos grãos úmidos de milho e de sorgo sobre as modificações no endosperma e nos grânulos de amido.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados os seguintes tratamentos (T): **T1-** Milho seco (variedade A) inteiro; **T2-** Milho seco (variedade A) moído; **T3-** Milho úmido (variedade A) moído e ensilado, **T4-** Milho úmido (variedade A) moído, acidificado com 1,2% de propionato de

cálcio e ensilado; **T5**- Milho úmido (variedade B) moído e ensilado; **T6** – Milho úmido (variedade B) moído e preservado quimicamente (2,4% de propionato de cálcio); **T7**- Sorgo seco (baixo tanino) moído, **T8**- Sorgo seco (alto tanino) moído; **T9**- Sorgo úmido (baixo tanino) moído e ensilado;. **T10**- Sorgo úmido (alto tanino) moído e ensilado. Os grãos úmidos de milho e sorgo foram moídos em moinho com peneiras de 6 e 4 mm, respectivamente, enquanto o milho e o sorgo seco foram triturados em peneira de 2mm.

As silagens e os grãos úmidos preservados com propionato de cálcio foram armazenados em silos plásticos de 100 litros de capacidade. O monitoramento da temperatura no interior de quatro silos de cada tratamento, foi realizado com termopares de cobre-constantan (tipo T), com isolamento em PVC, bitola 2 X 24 AWG, acoplados a um sistema de aquisição de dados, dotado de duas placas multiplexadoras para 32 canais cada, módulo de memória e interfaces para comunicação direta com microcomputador. O sistema de aquisição de dados, dotado de software próprio foi programado para fazer leituras em intervalos regulares de 10 segundos. As temperaturas foram armazenadas e o sistema produziu uma média a cada duas horas, registrando também a temperatura do ambiente onde se encontravam os silos.

As amostras de grãos secos, úmidos ensilados ou preservados com propionato de cálcio foram coletadas e imediatamente submetidas à análise de umidade segundo AOAC (1984).

A determinação do conteúdo de amido total e porcentagem de amilose aparente seguiu a metodologia da Norma Internacional ISO 6647 (1987), e realizada no Centro de Raízes e Amidos Tropicais, CERAT- UNESP- Botucatu.

Para avaliação da estrutura do endosperma e dos grânulos de amido foram realizadas as análises em microscópio de varredura no laboratório do Centro de Microscopia Eletrônica

do Instituto de Biociências da UNESP - Botucatu. As amostras de todos os tratamentos foram fixadas em glutaraldeído 2,5% em tampão fosfato (pH 7,3-0,1) e lavadas em água destilada (3 vezes de 10 minutos cada). Em seguida foram pós fixadas em tetróxido de ósmio 0,5% em água destilada por 30 minutos e desidratadas em série crescente de etanol (7,5 a 100%). As amostras seguiram para secagem em aparelho de ponto crítico Balzers CPD-020, utilizando-se de dióxido de carbono líquido. Após este procedimento as amostras foram cobertas com 10 nm de ouro metalizador MED 010 da Balzers e analisadas em microscópio eletrônico de varredura SEM 515 da Philips , sob tensão 20 KV.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A silagem de grãos úmidos e a silagem de grãos úmidos acidificados de milho da variedade A, apresentaram temperatura interna superiores à temperatura ambiente até por volta do final da primeira semana após o fechamento dos silos, demonstrando intensa atividade microbiana na massa ensilada neste período (Figura 1). Resultados semelhantes também foram observados com as silagens de sorgo com alto ou baixo tanino nos três ou cinco primeiros dias de armazenamento, respectivamente (Figuras 2 e 3). A temperatura máxima atingida no interior dos silos foi inferior a temperatura de geleificação do amido de milho e de sorgo para todos os tratamentos .

A preservação do milho úmido (variedade B) com 2,4% de propionato de cálcio foi eficiente em controlar a atividade microbiana no armazenamento, pois foi o tratamento no qual a temperatura se manteve mais baixa nos primeiros cinco dias após fechamento do silo (Figura 4). Do mesmo modo, para a silagem de grãos úmidos (variedade B), não verificou-se aumento acentuado da temperatura no silo (Figura 4), provavelmente devido, em parte, a eficiente remoção do oxigênio da massa ensilada na operação de compactação. Tanto a

ensilagem quanto a preservação química dos grãos úmidos foram realizadas num período mais frio do ano, em silos com volume de 100 litros, o que pode ter dificultado a multiplicação dos microrganismos e facilitado a dissipação de calor para o ambiente.

O monitoramento da temperatura nos silos demonstrou que após a primeira semana de armazenamento a massa ensilada em alguns momentos permaneceu levemente acima ou abaixo da temperatura ambiente, principalmente devido a variação brusca da temperatura do ar, que não foi acompanhada em mesma intensidade pela variação da temperatura na massa ensilada, devido ao volume do silo que dificultou o ganho ou dissipação rápida de calor.

O teor de umidade das silagens e dos grãos úmidos acidificados variou de 25,96 a 29,50% (Tabela 1) e ficaram dentro dos limites recomendados por COSTA et al. (1999), para ensilagem de grãos úmidos de milho e de sorgo.

Os valores de pH dos tratamentos (Tabela 1) ficaram próximos da faixa mais adequada para conservação de grãos úmidos que é de 3,8 a 4,2 (MAHANNA, 1994), exceto o tratamento com milho úmido da variedade B preservado com 2,4% de propionato de cálcio que apresentou um pH de 4,8.

Os resultados da análise do teor de amido mostraram que o milho seco (variedade A) apresentou 76% de amido total. As silagens de grãos úmidos de milho tiveram redução no teor de amido em relação ao milho seco de 4,86 e 6,52%, respectivamente para as variedades A e B, enquanto a redução ocorrida nas silagens de grãos úmidos de sorgo baixo e alto tanino em relação ao sorgo seco correspondente foram de 13,23 e 11,75%, respectivamente (Tabela 1). Os grãos úmidos de milho com 1,2% de propionato de cálcio (variedade A) e 2,4% de propionato de cálcio (variedade B), apresentaram redução de 11,53 e 11,30% no teor de amido, respectivamente, quando comparado com o milho seco. A redução nos valores de amido dos grãos úmidos de milho e de sorgo, provavelmente ocorreu devido às condições

favoráveis de temperatura, umidade e pH no interior dos silos, que possibilitaram a plasmólise celular e a ação sobre o amido das enzimas naturais dos grãos, bem como daquelas produzidas por alguns microrganismos presentes.

A análise microscópica comparativa do endosperma do milho seco inteiro (Figura 5 e 6), milho seco moído (Figura 7) e milho úmido moído da variedade A (Figuras 8, 9 e 10), demonstrou que a moagem determinou a ruptura parcial das células e da matriz protéica que envolve os grânulos de amido, causando a liberação de parte desses grânulos, mas mantendo intacta a superfície externa.

De acordo com HALE (1973), no endosperma dos cereais os grânulos de amido encontram-se envoltos por uma matriz de natureza protéica e dependendo do método de processamento a que os grãos são submetidos, pode ocorrer o rompimento destas estruturas facilitando a ação enzimática e a digestão de amido.

Na Figura 11 pode-se observar modificação nos grânulos de amido da silagem de grãos úmidos de milho da variedade A, que apresentaram poros facilmente visíveis e com maior diâmetro. Esse aspecto é característico de digestão enzimática, que confere aos mesmos uma alveolação, concordando com o observado por FITT e SNYDER (1984), após submeterem o amido a ação da enzima glicoamilase (*Aspergillus niger*).

A existência de poros na superfície dos grânulos de amido de milho e de sorgo foi verificada por DOMBRINK-KURTZMAN e KUTSON (1997), sugerindo que poderiam caracterizar os locais de início da ação enzimática nos processos de germinação das sementes, fermentação microbiana e digestão no organismo animal. Vários microrganismos como *Lactobacillus amylophilus*, *Lactobacillus amylovorus* e *Pediococcus dextrinicus* possuem a capacidade de degradar o amido na forma granular. Alguns *Lactobacillus*, produzem  $\alpha$ -amilase (SNEATH, 1986, CRUEGER e CRUEGER, 1989), além disso, a  $\alpha$ -amilase presente

no grão de milho ou de sorgo possivelmente é ativada pelas condições favoráveis de temperatura e umidade, podendo quebrar ligações do amido .

Na Figura 12 pode-se ver os grânulos de amido da silagem de grãos úmidos de milho da variedade A com a matriz protéica bastante rompida e um padrão de modificação nos grânulos com invaginação central (concavidade central). KAWABATA et al. (1994) verificaram que os grânulos de amido submetidos ao tratamento calor - umidade (125°C/ 5 minutos), apresentaram alterações na superfície externa do tipo concavidade central, sugerindo desintegração da estrutura. Em outro trabalho com amido submetido ao tratamento calor – umidade (124°C/ 20 minutos), MARUTA et al. (1994) também encontraram o mesmo tipo de modificação estrutural.

As Figuras 11 e 12 demonstram que boa parte dos grânulos de amido apresentaram modificações na estrutura externa, mas não perderam o formato arredondado, mostrando a não ocorrência de geleificação, processo em que há perda da estrutura granular do amido em água, fazendo com que sua forma original seja profundamente modificada, apresentando-se em microscopia de varredura como um borrão.

Na Figura 13, os grãos úmidos de milho acidificados com 1,2 % de propionato de cálcio e ensilados, apresentaram matriz protéica que envolve os grânulos de amido rompida, entretanto, foi mais difícil a visualização dos poros existentes na superfície externa dos grânulos.

Os grânulos de amido soltos pelo rompimento da matriz protéica na silagem de milho da variedade B podem ser vistos na Figura 14, onde também é possível observar facilmente a presença de poros com grande diâmetro. Por outro lado, na Figura 15, que mostra os grânulos de amido dos grãos úmidos de milho tratados com 2,4 % de propionato de cálcio, pode-se

verificar um padrão de modificação da estrutura externa dos grânulos diferente, como se fossem rachaduras.

As Figuras 16 e 17 mostram sorgo seco baixo e alto tanino, ambos moídos, evidenciando que o processo de moagem promoveu, por meio da ação mecânica, a liberação parcial dos grânulos de amido, a semelhança do que ocorreu com o milho seco moído. O mesmo efeito também ocorreu nas amostras de grãos úmidos de sorgo baixo e alto tanino moídos (Figuras 18 e 19).

As Figuras 20, 21 e 22 evidenciam o rompimento da matriz protéica e as alterações nos grânulos de amido da silagem de grãos úmidos de sorgo baixo tanino, também característico do padrão de modificação causado por ação enzimática, com aumento no diâmetro dos poros. Na Figura 22 verifica-se a presença de colônias de bactérias, que provavelmente de *Lactobacillus*, devido sua forma de bastonete.

As Figuras 23, 24 e 25 representam os grânulos de amido da silagem de grãos úmidos de sorgo alto tanino, onde foi mais difícil verificar modificações na superfície externa dos grânulos, mas foi visível o rompimento da matriz protéica.

As modificações na superfície externa dos grânulos de amido foram mais visíveis nas amostras de milho do que de sorgo. Além das diferenças no tamanho e forma dos grânulos, outras diferenças entre sorgo e milho estão relacionadas com o tipo e distribuição das proteínas que circundam o amido no endosperma. Segundo ROONEY e PFLUGFELDER (1986), citados por CRUZ e NUCCIO (2002), o sorgo apresenta maior proporção do chamado endosperma periférico, região densa e resistente a penetração de água e as células dessa região apresentam maior porcentagem média de proteína e resistem a degradação enzimática ou física. A porcentagem de proteína do endosperma é de 12,3% para sorgo e 8,65% para o milho (WATSON, 1984). Além disso os grânulos de amido nativos não são homogêneos,

possuem ampla variação de forma, tamanho e em suas propriedades funcionais, devido a isso é improvável que sejam uniformemente atingidos pelos métodos de processamento (SAHAI e JACKSON, 1994).

## CONCLUSÕES

Durante o processo de fermentação anaeróbia o aumento de temperatura no interior do silo é insuficiente para que ocorra geleificação do amido.

O rompimento da matriz protéica inicia-se com a ação mecânica da moagem, enquanto que a ensilagem promove modificações na estrutura externa dos grânulos de amido do tipo concavidade central e aumento do diâmetro dos poros, sendo mais intensas nos grânulos de amido de milho do que de sorgo.

O processo de ensilagem promove redução no teor de amido total.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 14. ed. Washington, 1984. 1121p.

BRAUNA, R.O. **Técnicas de procesamiento de granos que mejoran la eficiencia alimentaria em la producción animal**. Disponível em :<<http://www.acontece.com.ar/0334.htm>.> acesso em 23 out. 2002.

COSTA, C. et al. Silagem de grãos úmidos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS,7., 1999,Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1999 p.69-87.

CRUEGER, W.; CRUEGER, A. Enzimas: **Biotecnologia**: Manual de microbiologia industrial. 3<sup>nd</sup>. ed. 1989. Cap. 11. p. 213-247.

CRUZ, G. M.; NUCCIO, C. M. B. Sorgo na alimentação de bovinos. . In SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2002. Uberlândi.. **Anais...**Cbna: Uberlândia, 2002. p. 91–104.

DOMBRINK-KURTZMAN, M. A.; KNUTSON, C. A. A study of maize endosperm hardness in relation to amylose content and susceptibility to damage. **Cereal Chemistry**, v. 74, p. 776-780, 1997.

FITT, L. E.; SNYDER, E. M. Photomicrographs of starches. **Starch Chemistry and Technology**. 2<sup>nd</sup>. ed. Cap. 23. p. 675 – 689,1984.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.** Norme Internacionale: dosage l'amidon. Suisse, 1987. 4 p. (ISO. 6647).

HALE, W. H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. Tucson. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.37, n.4, p.1075-1083, 1973.

JACOBS, H.; EELINGEN, R. C.; DELCOUR, J. A. Factors affecting the visco-amylograph and rapid visco-analyzer evaluation of the impact of annealing on starch pasting properties. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 48, n.7, p. 266-270, July,1996.

JANE, J. et al. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy. **Starch/Stärke**, Weinheim , v.46, n. 4,p. 121-129, April, 1994.

KAWABATA, A. et al. Microscopic observation and X-ray diffractometry of heat/moisture-treated starch granules. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.46, n.12, p. 463-469, Dec., 1994.

LYNCH, P. B. et al. Chemically preserved high-moisture corns in diets for growing – finishing swine. **Journal Animal Science**, Champaign, v.40, n. 6, p.1063-1069, June., 1975.

LOPES, A.B.R.C. et al Efeito do processo de ensilagem de grãos úmidos de milho nas características microscópicas do amido. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.5, n.96, p.177-181, 2002.

LORENZ, K.; KULP, K. Cereal- and Root starch modification by heat- moisture treatment. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.34, n.2 p.50-54, Apr., 1982.

MAHANNA, B. Proper management assures high quality silage, grains. **Feedstuffs**. Minneapolis, v.10, p. 12-23, Jan., 1994.

MARUTA, I. et al. Reduced-pressurized heat-moisture treatment: a new method for heat-moisture treatment of starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.46, n.5, p. 177-181, May, 1994.

MELLO JR., C. A . Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4.,1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.263-283.

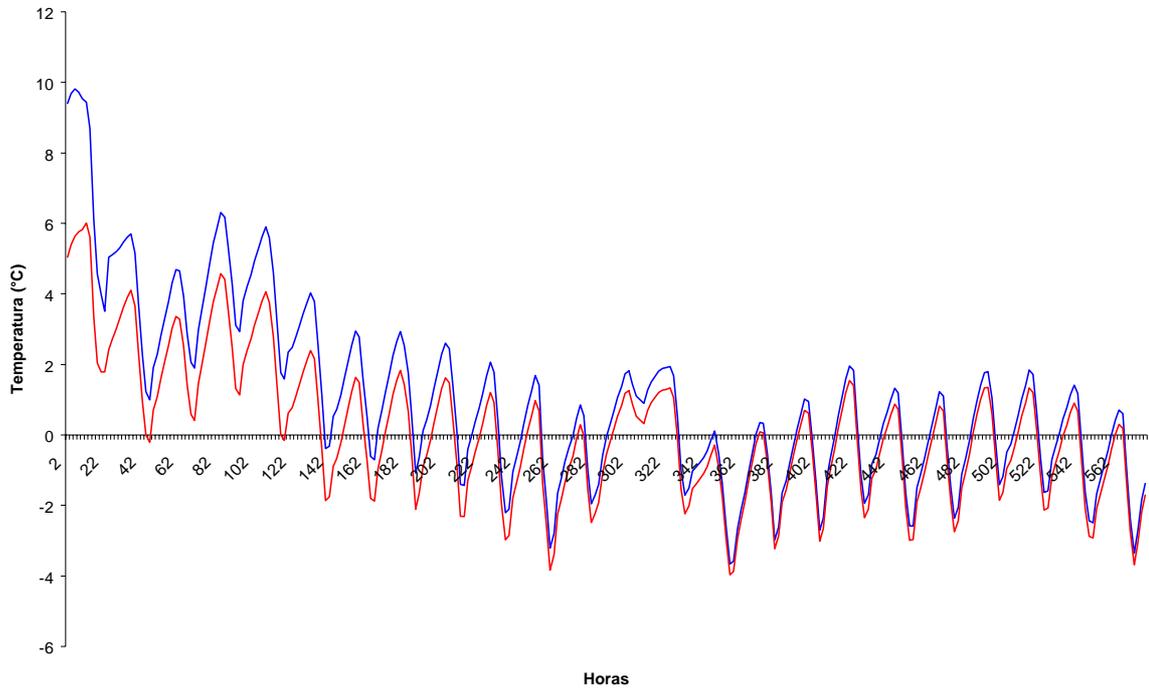
SAHAI, D. and JACKSON, D. S. Structure and chemical properties of partially heated corn starch granules. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.46, n.12, p.457-463, Dec. 1994.

SNEATH, P. H. A. **Bergey`s manual of systematic bacteriology**. MAIR, N.S. e SHARPE, E. v. 2, p. 965-1599, 1986.

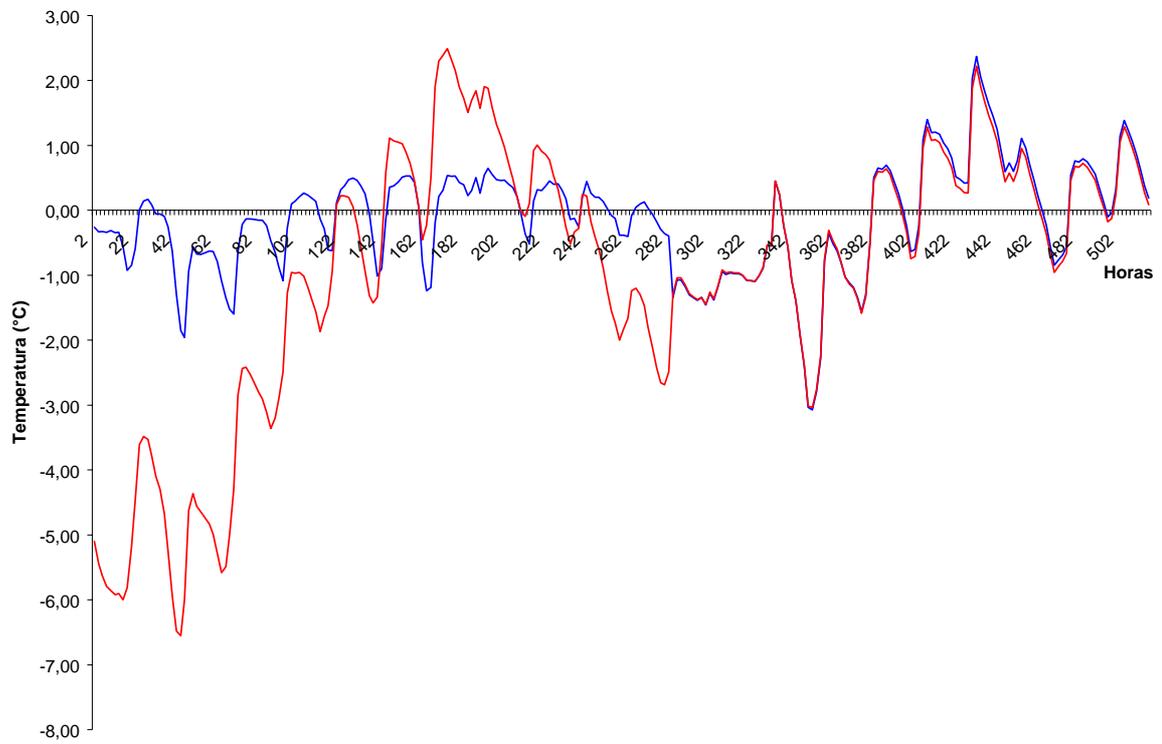
TESTER, R. F.; DEBON, S. J. J. Annealing of starch-a review. **Internacional Journal of Biological Macromolecules**, Guildford, v.27, p. 1-12, 2000.

WATSON, S. A. Corn and Sorghum Starches:Production. **Starch chemistry and technology.**

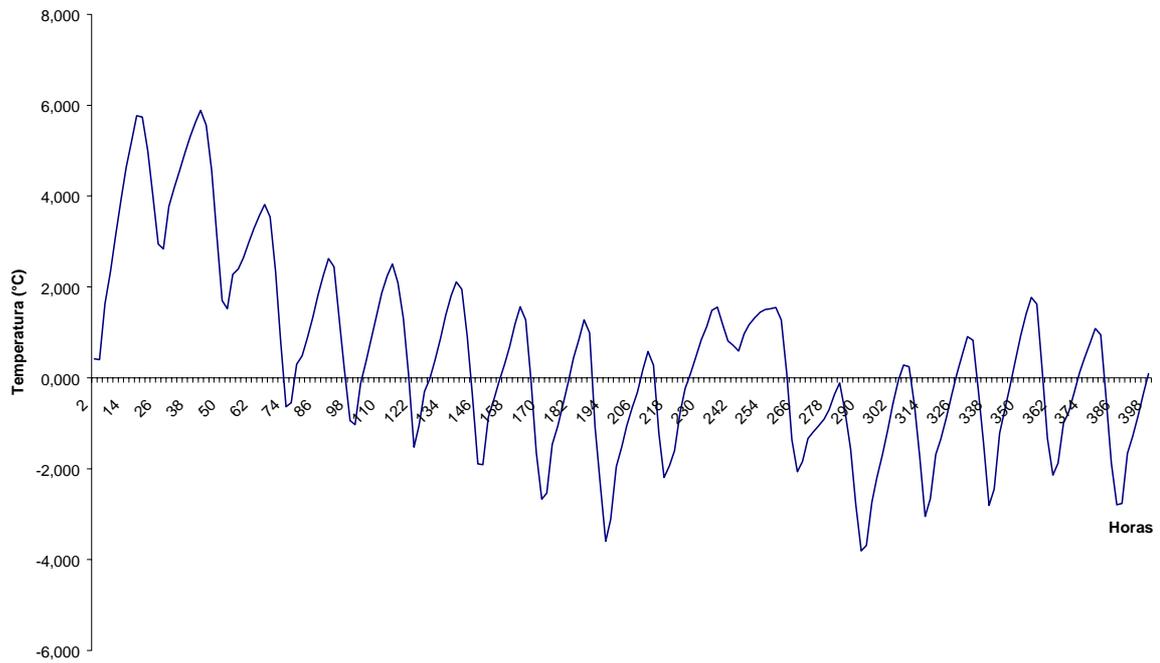
2<sup>nd</sup>. ed. 1984. Cap. 12. p. 417 – 464.



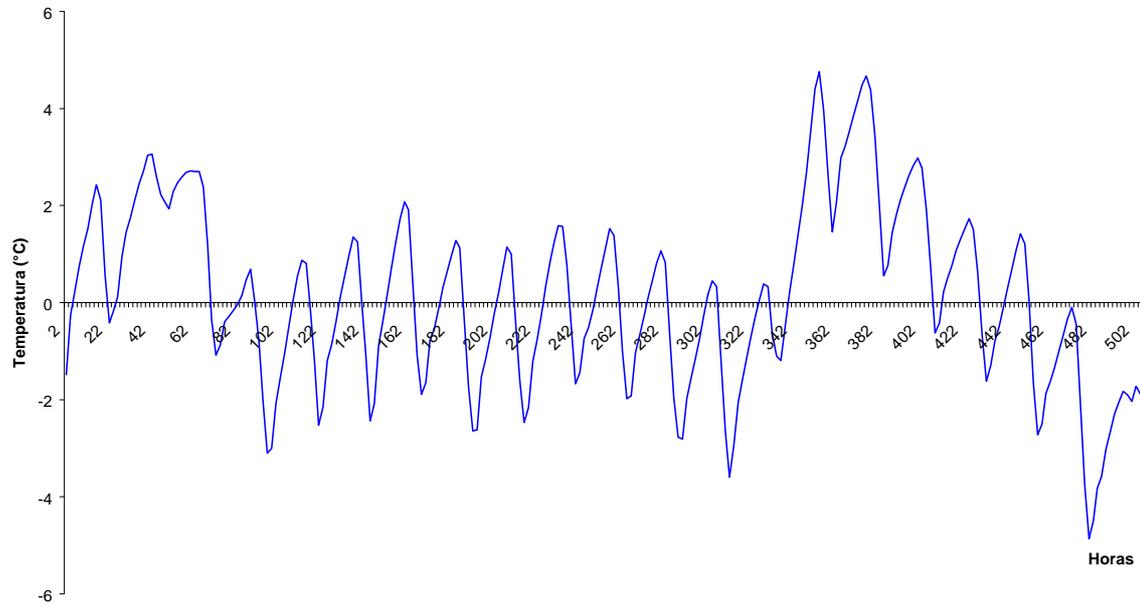
**Figura 1.** Variação da temperatura no interior dos silos com milho úmido (variedade A) moído (—), e milho úmido (variedade A) moído e acidificado com 1,2% de propionato de cálcio (—), em relação à média da temperatura ambiente. Temperatura máxima no interior dos silos foi de 30,08 e 34,93 °C , respectivamente para silagem e milho acidificado.



**Figura 2.** Variação da temperatura no interior dos silos com milho úmido (variedade B) moído (—), e milho úmido (variedade B) moído e preservado quimicamente com 2, 4% de propionato de cálcio (—), em relação à média da temperatura ambiente. Temperatura máxima no interior dos silos foi de 24,13 e 21,47 °C, respectivamente para silagem e milho preservado quimicamente.



**Figura 3.** Variação da temperatura no interior do silo com sorgo úmido (baixo tanino) moído, em relação à média da temperatura ambiente. Temperatura máxima no interior dos silos foi de 28,00°C.



**Figura 4.** Variação da temperatura no interior do silo com sorgo úmido (alto tanino) moído, em relação à média da temperatura ambiente. Temperatura máxima no interior dos silos foi de 25,55°C.

**Tabela 1.** Valores médios de umidade, pH e amido total dos grãos moídos de milho e de sorgo dos diferentes tratamentos

<b>Variável</b>	<b>MS (A)</b>	<b>SGUM (A)</b>	<b>SGUM (B)</b>	<b>SGUMA (A)</b>	<b>GUMA (B)</b>	<b>SS (BT)</b>	<b>SGUS (BT)</b>	<b>SGUS (AT)</b>
<b>Umidade (%)</b>	11,03	26,71	27,27	25,96	26,36	12,08	29,33	29,50
<b>pH</b>	5,77	3,80	4,00	4,11	4,80	6,20	3,80	4,00
<b>Amido (% na MS)</b>	76,00	2,30	71,04	67,23	67,41	84,57	73,38	75,13

MS (A)= Milho seco (variedade A)

SGUM(A)= Silagem de grãos úmidos de milho (variedade A)

SGUM(B)= Silagem de grãos úmidos de milho (variedade B)

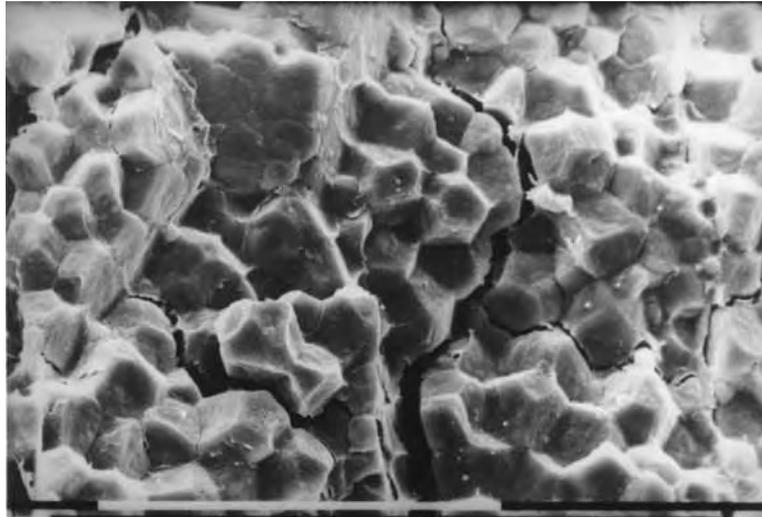
SGUMA(A)= Silagem de grãos úmidos de milho acidificados com 1,2% de propionato de cálcio (variedade A)

GUMA (B) = Grãos úmidos de milho acidificados com 2,4% de propionato de cálcio (variedade A)

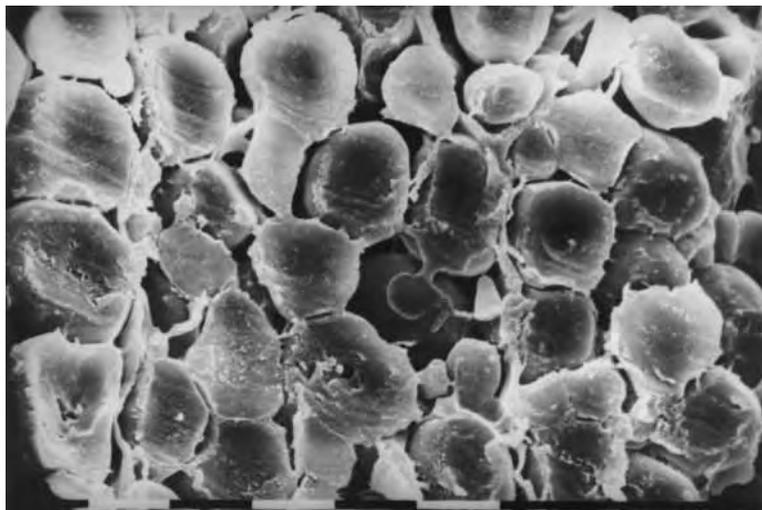
SS(BT)= Sorgo seco (variedade baixo tanino)

SGUS(BT) = Silagem de grãos úmidos de sorgo (variedade baixo tanino)

SGUS(AT) = Silagem de grãos úmidos de sorgo (variedade alto tanino)



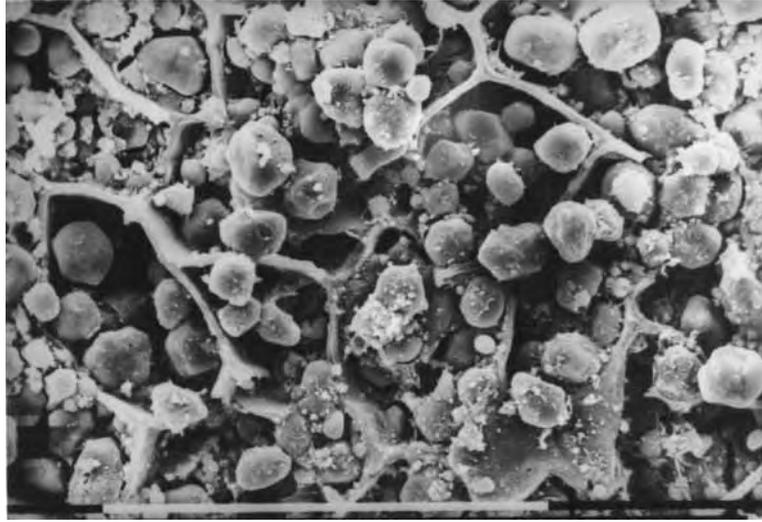
**Figura 5.** Grânulos de amido do milho seco inteiro (variedade A) – Aumento= 785x (barra = 0,1 mm)



**Figura 6.** Grânulos de amido do milho seco inteiro (variedade A) – Aumento =1570x (barra = 10  $\mu$ m)



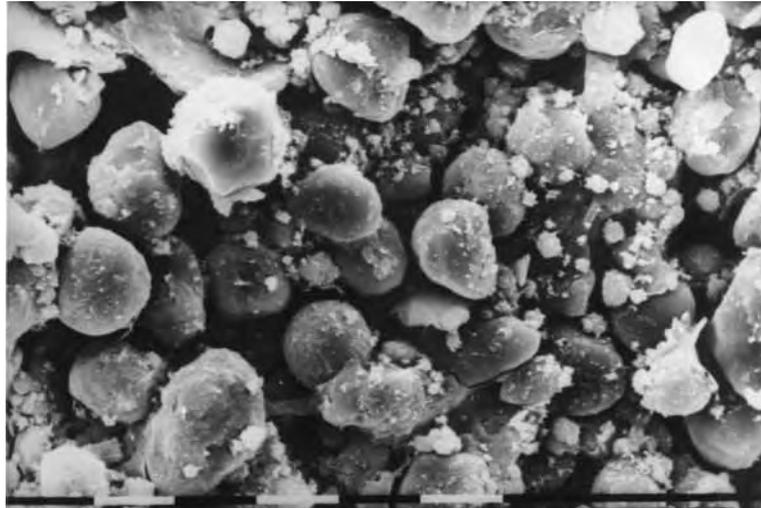
**Figura 7.** Grânulos de amido do milho seco moído (variedade A) – Aumento = 1570x (barra = 10  $\mu$ m)



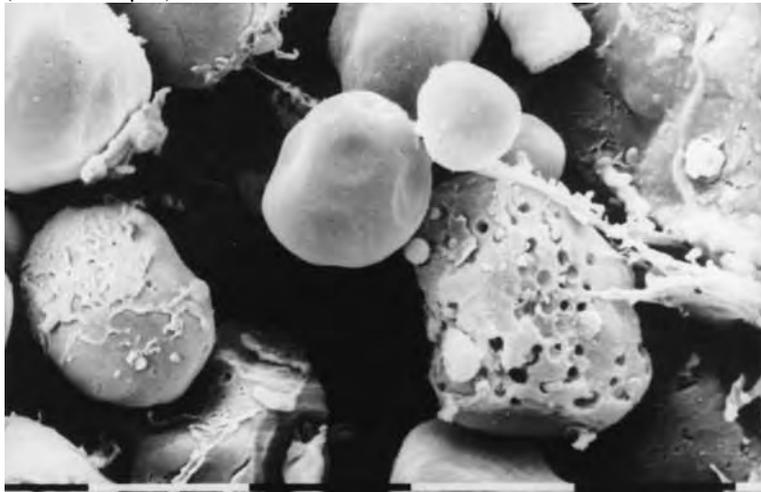
**Figura 8.** Grânulos de amido do milho úmido moído antes da confecção da silagem (variedade A) – Aumento = 850x (barra = 0,1 mm)



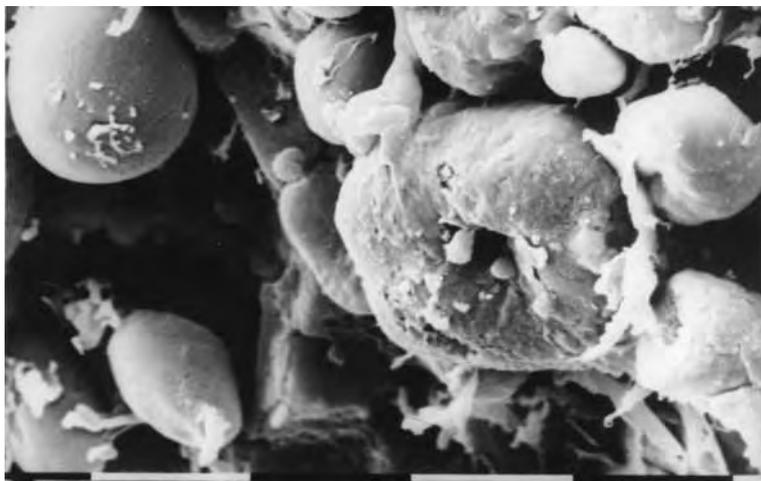
**Figura 9.** Grânulos de amido do milho úmido moído antes da confecção da silagem (variedade A) – Aumento= 1440x (barra = 10  $\mu$ m)



**Figura 10.** Grânulos de amido do milho úmido moído antes da confecção da silagem (variedade A) – Aumento= 1570x (barra = 10  $\mu\text{m}$ )



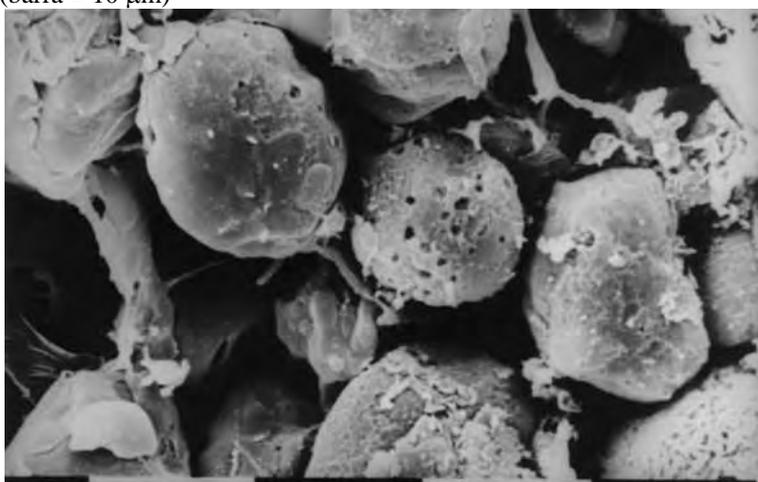
**Figura 11.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos de milho (variedade A) – Aumento= 3140x (barra = 10  $\mu\text{m}$ )



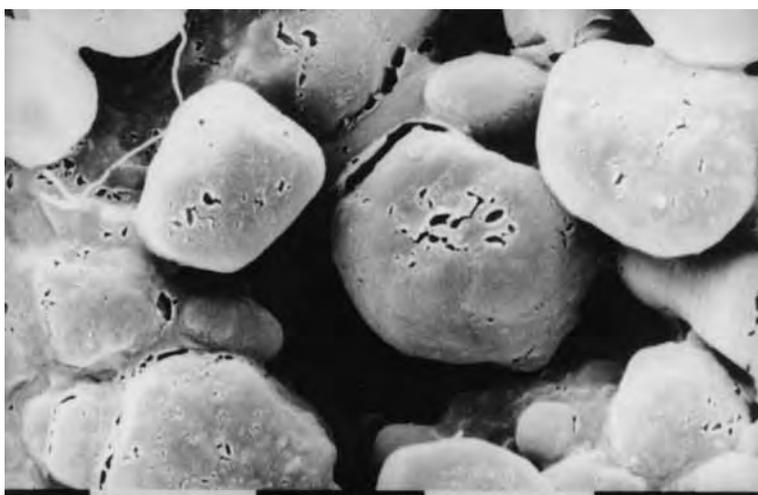
**Figura 12** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos de milho (variedade A) – Aumento = 3140x (barra = 10  $\mu\text{m}$ )



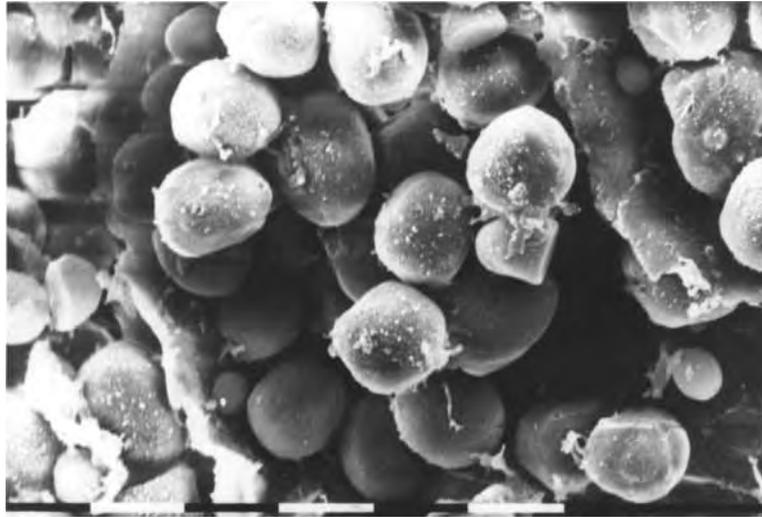
**Figura 13.** Grânulos de amido do milho preservado com 1,2% de Propionato de Cálcio (variedade A) Aumento  $\approx 3140\times$  (barra =  $10\ \mu\text{m}$ )



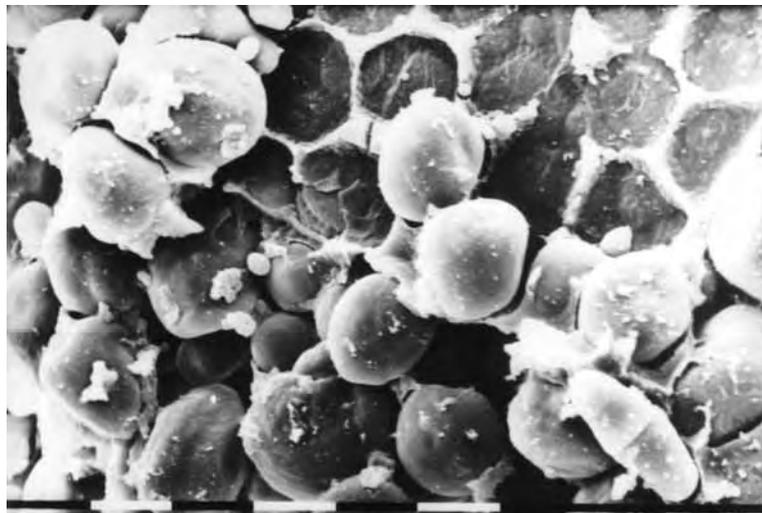
**Figura 14.** Grânulos de amido da silagem de grãos de milho úmidos (variedade B) – Aumento =  $3260\times$  (barra =  $10\ \mu\text{m}$ )



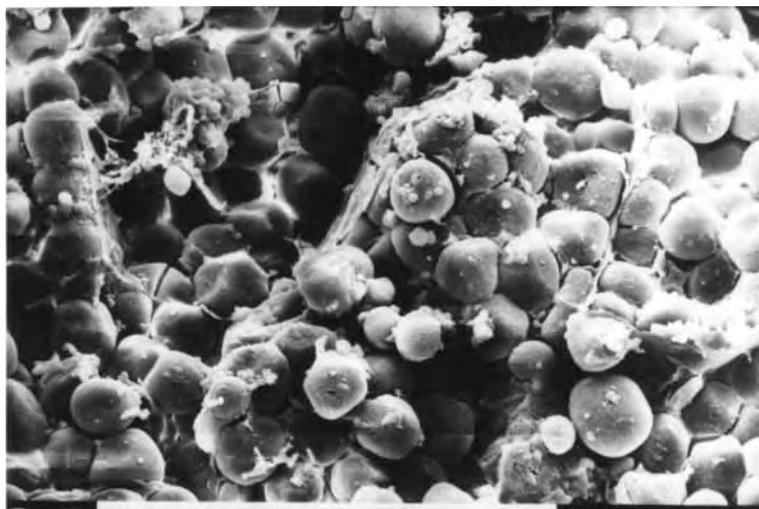
**Figura 15.** Grânulos de amido do milho preservado com 2,4% de Propionato de Cálcio (variedade B) – Aumento  $\approx 3260\times$  (barra =  $10\ \mu\text{m}$ )



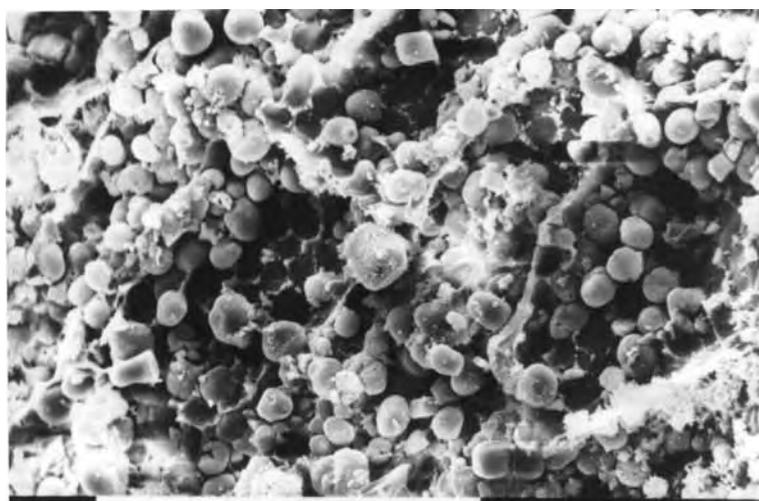
**Figura 16** Grânulos de amido do sorgo baixo tanino seco moído – Aumento = 1785x (barra = 10  $\mu$ m)



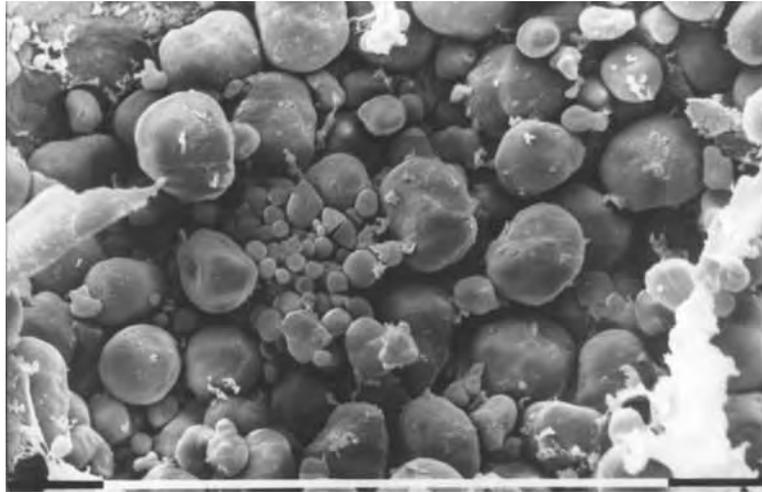
**Figura 17.** Grânulos de amido do sorgo alto tanino seco moído – Aumento = 1570 x (barra = 10  $\mu$ m)



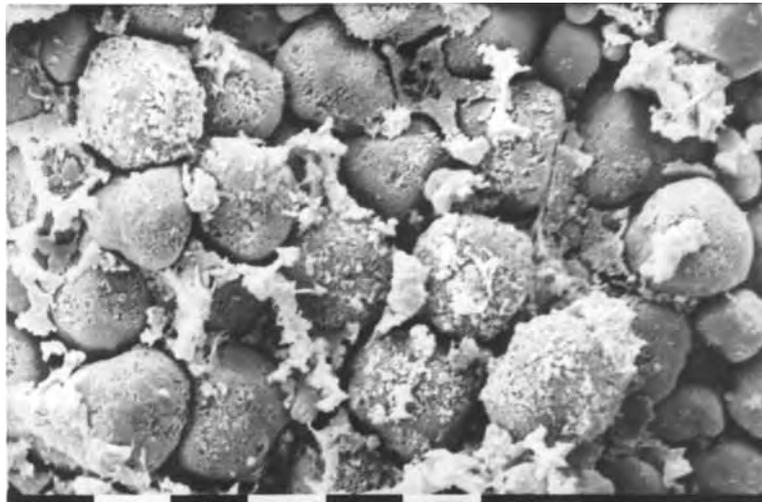
**Figura 18.** Grânulos de amido dos grãos úmidos moídos de sorgo baixo tanino antes da ensilagem – Aumento = 890x (barra = 0,1 mm)



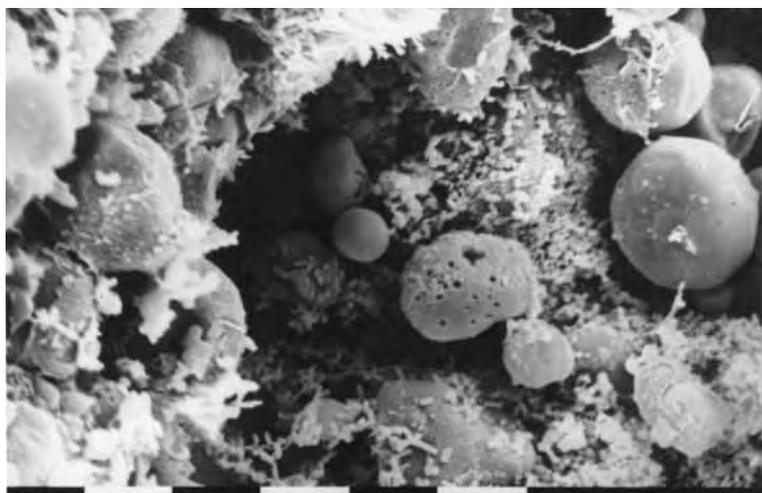
**Figura 19.** Grânulos de amido dos grãos úmidos moídos de sorgo alto tanino antes da ensilagem – Aumento = 750x (barra = 0,1 mm)



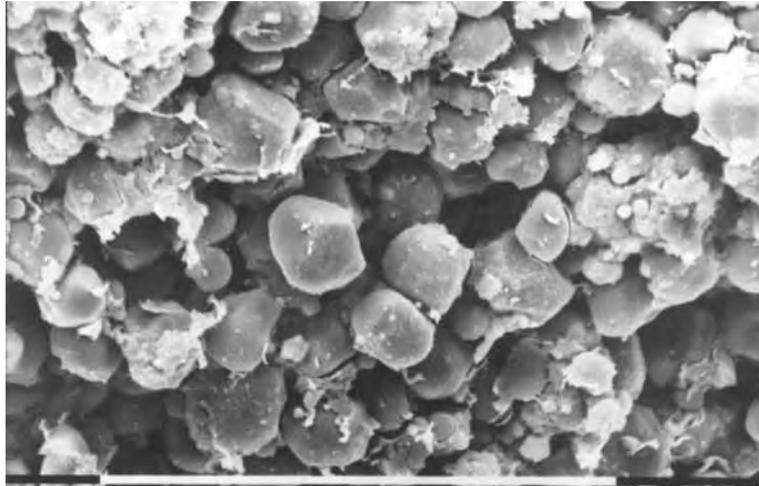
**Figura 20.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo baixo tanino – Aumento = 1010x (barra = 0,1 mm)



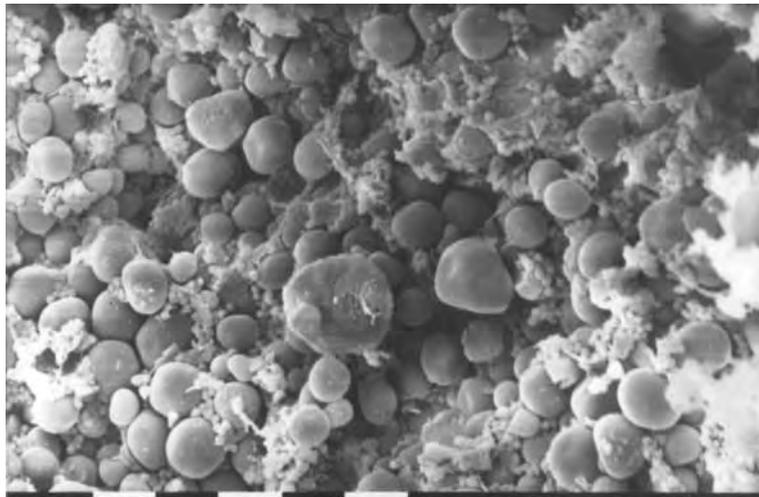
**Figura 21** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo baixo tanino –Aumento = 1500x (barra = 10  $\mu$ m)



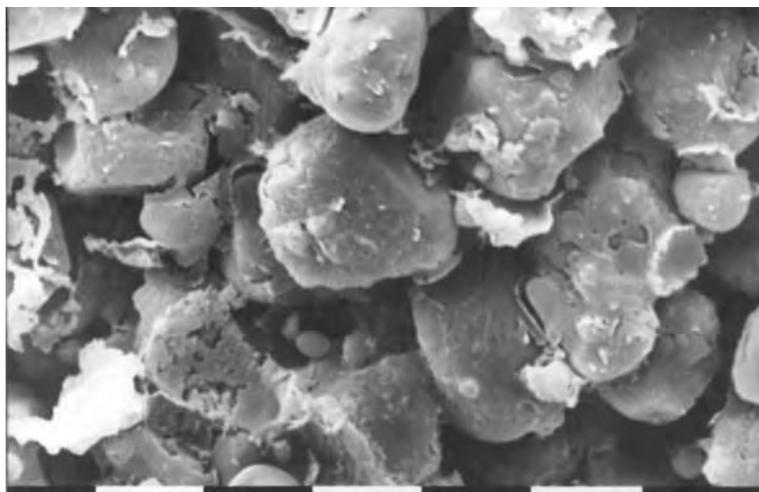
**Figura 22.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo baixo tanino – Aumento = 1700 x (barra = 10  $\mu$ m)



**Figura 23.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo alto tanino –Aumento = 1010x (barra = 0,1 mm)



**Figura 24.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo alto tanino – Aumento = 1210x (barra = 10  $\mu$ m)



**Figura 25.** Grânulos de amido da silagem de grãos úmidos moídos de sorgo alto tanino – Aumento = 2120x (barra = 10  $\mu$ m)

### CAPÍTULO III

## GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO ENSILADOS COM OU SEM ADIÇÃO DE PROPIONATO DE CÁLCIO PARA LEITÕES NA FASE INICIAL<sup>1</sup>

Lopes, A. B. R. C.<sup>\*2</sup>, Berto, D.A.<sup>3</sup>, Costa, C.<sup>3</sup>, Wechsler, F.S.,<sup>3</sup> Biagonni, M. A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Parte da tese de doutorado do primeiro autor, financiado pela FAPESP.

<sup>2</sup> Pós-Graduando da FMVZ/UNESP. Depto. de Produção Animal. Cx. Postal 560 – 18618-000 – Botucatu – SP.

[anabeatriz.lopes@bol.com.br](mailto:anabeatriz.lopes@bol.com.br)

<sup>3</sup> Professores da FMVZ/UNESP, Cx. Postal 560 – 18618-000 – Botucatu – SP

<sup>4</sup> Professor da FCA/UNESP, Cx. Postal 237 - 18603-970 - Botucatu - SP

### RESUMO

No experimento I foram utilizados 63 leitões, o delineamento experimental foi em blocos completamente casualizados com três tratamentos: T1- Rações à base de grãos de milho seco moído (MS), T2 - Rações à base de silagem de grãos úmidos de milho (SGUM) e T3- Rações à base de silagem de grãos úmidos de milho acidificado com 1,2% propionato de cálcio (SGUMA) e seis repetições. No experimento II foram utilizados 36 leitões, num delineamento em blocos completamente casualizados com dois tratamentos: T1 - Rações à base de silagem de grãos úmidos de milho (SGUM) e T2- Rações à base de grãos úmidos de milho moído, acidificado com 2,4% propionato de cálcio (GUMA) e seis repetições. No primeiro experimento não houve efeito dos tratamentos no CDR em nenhum dos períodos. O GDP nos primeiros sete dias foi menor nos leitões que receberam SGUMA, comparado àqueles que receberam milho seco, embora, no período total estudado não tenha ocorrido diferenças entre os tratamentos. Na primeira semana a CA dos leitões que receberam SGUMA foi pior em relação aos demais, enquanto no período total os animais alimentados com silagens de grãos úmidos de milho foram mais eficientes em relação àqueles alimentados com milho seco. No segundo experimento não houve efeito dos tratamentos no CDR em nenhum dos períodos. O GDP nos primeiros oito dias e no período total foi menor nos leitões que receberam grãos úmidos de milho acidificados com 2,4% de propionato de cálcio. Na primeira semana não houve diferença na CA dos leitões, enquanto no período total os animais alimentados com silagem de grãos úmidos foram mais eficientes. Não houve vantagem no desempenho de leitões em função do uso do propionato de cálcio como aditivo no processo de ensilagem.

**UNITERMOS:** leitões, silagem de grãos úmidos de milho, propionato de cálcio.

**PERFORMANCE OF NURSERY PIGLETS FED HIGH-MOISTURE CORN GRAIN  
ENSILED WITH OR WITHOUT CALCIUM PROPIONATE**

**ABSTRACT**

Experiment I used 63 piglets in a randomized block design with six replicates and three treatments: T1- ration with dry ground corn grain; T2 – ration with high-moisture, ground and ensiled corn grain; and T3 - ration with high-moisture, ground corn grain, ensiled with 1.2% calcium propionate (SGUMA). Experiment II used 36 piglets in a randomized block design with six replicates and two treatments: T1 - ration with silage from high-moisture corn grain (SGUM); and T2 - ration with high-moisture corn grain, which was ground and acidified with 2.4% calcium propionate (GUMA). In the first experiment, no treatment effect on daily feed intake was observed in any period. The daily weight gain during the first seven days was smaller for the SGUMA-fed piglets, as compared to those fed dry corn grain, although no difference was observed for the whole period. In the first week, the feed conversion of the SGUMA-fed piglets was worse than that of the other piglets, whereas the silage-fed piglets showed higher conversion than those fed dry grain, when the whole period was considered. In the second experiment, no treatment effect on daily feed intake was observed for any period. Daily weight gain was smaller for the GUMA-fed piglets, in the first eight days or in the whole period. In the first week, no difference was observed for feed conversion, whereas in the whole period the silage-fed animals were more efficient. No advantage was observed in using calcium propionate as a silage additive.

**UNITERMS:** piglets, high-moisture corn grain, calcium propionate

## INTRODUÇÃO

Na suinocultura moderna e tecnificada o aumento na escala de produção e produtividade, muitas vezes não têm assegurado resultados econômicos favoráveis na atividade, o que tem pressionado os criadores a buscarem alternativas para redução nos custos da produção, e uma delas tem sido o uso da silagem de grãos úmidos de milho (65 a 75%MS).

Além do menor custo em relação ao milho seco, a redução do pH, devido à produção de ácidos orgânicos no processo de ensilagem, prolonga o tempo de retenção gástrica e ativa pepsinas, determinando aumento na digestibilidade (JONES et al.,1974, JUCHEM E RODRIGUES,1999). O melhor valor nutricional da silagem também pode ser devido às modificações que ocorrem no endosperma dos grãos úmidos de milho ensilado, como rompimento da matriz protéica que envolve os grânulos de amido e alterações na estrutura desses grânulos (LOPES et al., 2001 a, b).

Visando a melhora na qualidade da silagem de grãos úmidos, tem sido proposto o uso de aditivos, principalmente biológicos ou químicos, no momento de confecção da silagem. Os aditivos para silagem podem ser classificados nas categorias: estimulantes da fermentação (culturas bacterianas ou fontes de carboidratos); inibidores da deterioração aeróbia; nutrientes e absorventes (McDONALD et al., 1991 citados por COSTA et al., 2001).

Existem duas alternativas de uso dos ácidos orgânicos e de seus sais, especialmente de sódio e cálcio, para preservação do milho colhido com teor alto de umidade. Em dosagens menores contribuem para melhorar a estabilidade aeróbia da silagem, dificultando o crescimento de fungos e leveduras após abertura do silo e em dosagens maiores, determinam a inibição completa do processo de fermentação (HOFFMAN e POSSIN, 2001).

LYNCH et al. (1975) monitoraram a temperatura de grãos úmidos de milho, preservados com ácidos orgânicos ou ensilados, após exposição ao ar em uma sala mantida a temperatura de 24 a 27 °C, observando aumento na temperatura inicial de 15 °C dentro das primeiras 24 horas na silagem e nenhuma variação no milho acidificado.

JUCHEM e RODRIGUES (1999) recomendaram para preservação dos grãos de milho com 30% de umidade, durante 12 meses de armazenamento, uma concentração de ácido propiônico de 1,00 a 1,25%, entretanto, lembraram que a aplicação correta de ácidos deve baixar o pH para próximo de 4,0 e que para isso deve ser levado em consideração o teor de umidade dos grãos, a duração do período de armazenamento e a taxa de descarregamento do silo.

O presente trabalho foi realizado para avaliar os efeitos da ensilagem e da preservação química dos grãos úmidos de milho sobre a qualidade do produto final e o desempenho de leitões na fase inicial.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os grãos de milho, após serem colhidos com 25,72% de umidade (Experimento 1) e 26,82% de umidade (Experimento 2), foram triturados em moinho com peneira de 6mm e em seguida ensilados em tambores plásticos de 100 litros, conforme COSTA et al. (1999).

As amostras de grãos úmidos ensilados foram coletadas na abertura dos tambores para confecção das rações e imediatamente submetidas à análise de pH, granulometria e perfil de ácidos orgânicos. Para a análise de pH, 20 g de amostra foi suspensa em 30 ml de água deionizada, formando uma massa homogênea, que foi agitada, por barra magnética e agitador elétrico por 10 minutos e imediatamente realizada a leitura em um potenciômetro; para cada amostra foram feitas três repetições tomando-se a média como valor do pH. As análises de

granulometria foram realizadas de acordo com metodologia descrita por ZANOTTO e BELLAVER (1996). As análises de umidade foram realizadas segundo AOAC (1984), enquanto que o perfil de ácidos orgânicos foi determinado a partir das amostras que foram centrifugadas a 12.000 rpm durante 8 minutos, em seguida foram filtradas em membrana pvdf (0,22µm de poro 13 mm de diâmetro hieroglífica) da marca MILLI PORE, para reter o material sólido e posteriormente colocadas no frasco do injetor automático do cromatógrafo líquido Varian, modelo PRO STAR 410, com duas bombas binárias, injetor automático e detector IR (Índice de refração), coluna BIO RAD HPX87H (65°C) e tempo de corrida 0,6 ml por minuto, num tempo total de 35 minutos.

Foram conduzidos dois experimentos no setor de suinocultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP, Câmpus de Botucatu, durante o período de 7 de agosto a 6 de setembro e de 18 de setembro a 16 de outubro de 2001, experimentos 1 e 2, respectivamente.

Os animais utilizados nos dois experimentos de desempenho foram alojados em salas de creche contendo baias metálicas suspensas, medindo 1,0 x 1,75m, equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula para aquecimento, durante toda a fase inicial.

### **Experimento I**

Utilizou-se 63 leitões mestiços (Large white x Landrace) com peso médio de  $6,83 \pm 1,02$  a  $24,01 \pm 2,51$  Kg, com idade média inicial de 30 dias, num experimento com três tratamentos e seis repetições. O delineamento foi o de blocos ao acaso. Os critérios para a formação dos blocos foram o peso, o sexo e a leitegada.

A cada parcela, formada por três ou quatro leitões, atribuiu-se um dos seguintes tratamentos: T1 - rações à base de grãos de milho seco moído, T2 - rações à base de silagem de

grãos úmidos de milho- (SGUM) e T3- rações à base de silagem de grãos úmidos de milho acidificados com 1,2% propionato de cálcio (SGUMA). Usou-se em todos os tratamentos uma única variedade de milho (variedade A), produzida em mesmas condições de solo, clima, adubação e tratos culturais, que foi colhida com teores distintos de umidade. A composição química do milho seco, da silagem de grãos úmidos de milho e grãos acidificados é apresentada na Tabela 1.

Para cada um dos tratamentos, durante o período experimental (30 dias), foram fornecidas três rações à vontade, ração inicial I até o 7<sup>o</sup> dia, ração inicial II do 8<sup>o</sup> ao 22<sup>o</sup> dia e ração inicial III do 23<sup>o</sup> ao 30<sup>o</sup> dia. As rações foram formuladas para atender no mínimo as exigências nutricionais propostas pelo NRC (1998), exceto para proteína bruta (Tabela 2).

O consumo de ração e o ganho de peso foram calculados com base na pesagem dos animais no início do experimento, no sétimo, no vigésimo segundo e no trigésimo dia e da ração fornecida diariamente.

Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância e às médias comparadas por contrastes ortogonais e pelo teste de Tukey.

## **Experimento II**

Foram usados 36 leitões mestiços (Large white x Landrace) com peso médio de  $8,28 \pm 0,68$  a  $26,65 \pm 1,29$  Kg, com idade média inicial de 30 dias, num experimento com dois tratamentos e seis repetições. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso. Os critérios para a formação dos blocos foram o peso, o sexo e a leitegada.

Cada parcela foi formada por três leitões. A cada unidade experimental foi, aleatoriamente, atribuído um dos seguintes tratamentos: T1 - Rações à base de silagem de grãos úmidos de milho moído e T2- Rações à base de grãos úmidos de milho moído e preservado quimicamente (2,4% de propionato de cálcio).

Utilizou-se em todos os tratamentos, uma única variedade de milho (variedade B), produzida em mesmas condições de solo, clima, adubação e tratos culturais. A composição bromatológica da silagem de grãos úmidos de milho e grãos preservados quimicamente é apresentada na Tabela 1.

Para cada um dos tratamentos, durante o período experimental (28 dias), foram fornecidas três rações à vontade, ração inicial I nos primeiros 8 dias, ração inicial II do 9<sup>o</sup> ao 20<sup>o</sup> dia e ração inicial III do 21<sup>o</sup> ao 28<sup>o</sup> dia. As rações foram formuladas para atender em no mínimo as exigências nutricionais propostas pelo NRC (1998), exceto para proteína bruta, para cada uma das fases estudadas (Tabela 3).

O consumo de ração e o ganho de peso foram calculados com base na pesagem dos animais no início do experimento, no 8<sup>o</sup>, 20<sup>o</sup> e no 28<sup>o</sup> dia e da ração fornecida diariamente. Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância e às médias comparadas pelo teste F.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os valores médios de pH e diâmetro geométrico médio do milho seco ou armazenados úmidos, perfil de ácidos orgânicos das silagens e do milho úmido preservado com propionato de cálcio e dos resultados de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar observados nos experimentos um e dois, são apresentados nas tabelas 4 e 5, respectivamente.

Os valores de pH das silagens de grãos úmidos de milho e grãos úmidos acidificados ficaram próximos da faixa considerada mais adequada para a conservação de grãos úmidos, que é de 3,8 a 4,2% (MAHANNA, 1994; VILELA, 1998). Apenas o milho úmido da variedade B acidificado com 2,4% de propionato de cálcio apresentou pH de 4,8, um pouco

acima do ideal (Tabela 5). Segundo SHAVER (2000) citado por COSTA et al. (2001) é difícil para um inoculante reduzir pH muito inferior ao originado na fermentação natural ocorrida em silagem de grãos úmidos.

JOHNSON et al. (2003) em experimento com silagem de grãos úmidos de milho, de duas variedades de milho (*flint* e *dent*), observaram aos 57 dias de armazenamento pH de 4,05 e 3,86, respectivamente.

O diâmetro geométrico médio das partículas de silagem de grãos úmidos de milho (Experimentos 1 e 2) foram maiores do que as partículas de milho seco. Resultados semelhantes foram obtidos por LOPES et al. (2001 a,b), que mesmo assim demonstraram vantagens do uso de silagem de grãos úmidos de milho em comparação ao milho seco para leitões, apesar da granulometria da silagem (1306  $\mu\text{m}$ ) ser maior que a usada para o milho seco (653  $\mu\text{m}$ ).

A adição de 1,2% de propionato de cálcio na silagem de grãos úmidos de milho (variedade A) alterou a relação de ácidos orgânicos da silagem, reduzindo a porcentagem de ácido láctico e aumentando as porcentagens de acético e propiônico em relação ao total de ácidos orgânicos (Tabela 4).

Quando adicionou-se 2,4% de propionato de cálcio nos grãos úmidos de milho (variedade B), o perfil de ácidos orgânicos foi totalmente alterado e verificou-se predominância do ácido propiônico, o que já era esperado.

O maior teor de ácido láctico é indicativo de uma silagem de melhor qualidade, enquanto o teor de ácido butírico indica perdas significativas de matéria seca, redução da aceitabilidade e da estabilidade da silagem. Segundo MAHANNA (1994), em uma silagem de grãos naturalmente úmidos de boa qualidade, o ácido láctico deve ser dominante e estar presente de 1 a 3%, o ácido butírico e acético em níveis menores que 0,1% e o ácido

propiónico em torno de 1% na matéria seca da silagem, sendo que estas porcentagens, representam em relação aos demais ácidos orgânicos que o ácido láctico pode variar de 24 a 73% e que o ácido butírico deve ter valor menor ou igual a 2,4%. Portanto, a análise de qualidade pelo perfil de ácidos orgânicos indicou melhor qualidade para a silagem de grãos úmidos de milho e silagem acidificada com 1,2% de propionato de cálcio, ambos da variedade A.

Provavelmente os resultados da silagem de grãos úmidos variedade B com teores menores de ácido láctico e maiores de ácido butírico, em relação aos demais ácidos, possam ser explicados pela época do ano que foram confeccionadas, já que o teor de umidade dos grãos, a granulometria e as técnicas de enchimento, compactação e vedação dos silos foram semelhantes em todos os tratamentos. Os grãos úmidos da variedade A foram ensilados em abril e os grãos da variedade B ensilados em maio, assim as diferenças de temperatura podem ser a provável causa da variação da atividade microbiana, com a conseqüente variação no perfil de ácidos orgânicos das silagens.

JOHNSON et al. (2003) em experimento com silagens de grãos úmidos de milho de duas variedades (*flint* e *dent*), observaram aos 57 dias de armazenamento valores de ácido láctico e acético (cromatografia gasosa) de 2,87 ; 1,54 % e 3,41; 1,89%, respectivamente.

GONÇALVES (2003) trabalhando com silagem de grãos úmidos de milho com 750 µm de DGM, verificou valores de ácido láctico de 3,31% na matéria seca.

No primeiro experimento não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo diário de ração em nenhum dos períodos. O ganho diário de peso nos primeiros sete dias foi menor ( $P < 0,05$ ) nos leitões que receberam silagem de grãos úmidos acidificados com 1,2% de propionato de cálcio, comparado àqueles que receberam milho seco, embora, no período total estudado não tenha havido diferenças entre os tratamentos. Na primeira semana a conversão

alimentar dos leitões que receberam silagem de grãos úmidos acidificados com 1,2% de propionato de cálcio foi pior ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais.

A comparação do desempenho dos animais alimentados com milho seco ou silagens revelou piora no ganho diário de peso ( $P < 0,05$ ) na primeira semana daqueles que receberam silagens, provavelmente devido ao fato dos leitões estarem se adaptando as silagens, que propiciaram rações mais ácidas e com maior granulometria, causando redução de aproximadamente 6% no consumo médio neste período. Quando foi considerado todo período de creche tanto o ganho diário de peso quanto a conversão alimentar dos leitões alimentados com milho seco foram piores ( $P < 0,05$ ).

Quando comparado o desempenho dos leitões que receberam silagem de grãos úmidos de milho ou silagem de grãos úmidos acidificado com 1,2% de propionato de cálcio, verificou-se menor consumo diário de ração ( $P < 0,05$ ) para aqueles alimentados com silagem de grãos úmidos de milho no período total e melhor conversão alimentar ( $P < 0,05$ ) nos dois períodos estudados, não demonstrando vantagem do uso de propionato de cálcio como aditivo no processo de ensilagem. O uso de ácido propiônico têm sido eficiente na restrição do crescimento fúngico, mas seu uso é limitado pelo alto custo (WEISS e UNDERWOOD, 2001 citados por COSTA et al., 2001). A utilização de ácidos orgânicos ficaria restrita a condições desfavoráveis à fermentação natural como, por exemplo, baixo teor de umidade ( $< 26\%$ ), condições inadequadas de armazenamento, esvaziamento lento do silo, histórico de aquecimento ou presença de fungos ou quando fosse necessária a transferência do material ensilado de um lugar para outro (HOFFMAN e POSSIN, 2001 citados por COSTA et al., 2001).

Melhores respostas no desempenho, especialmente na conversão alimentar, foram verificadas por LOPES et al. (2001a) e OLIVEIRA et al. (2001), quando forneceram rações

com silagem de grãos úmidos de milho para leitões na fase de creche, o que foi atribuído as alterações estruturais que ocorreram no endosperma do milho ensilado (LOPES et al., 2001a, LOPES et al., 2002) e ao menor pH das rações com silagem (LOPES et al., 2001a; OLIVEIRA et al., 2001).

No segundo experimento não houve efeito dos tratamentos no consumo diário de ração em nenhum dos períodos. O ganho diário de peso nos primeiros oito dias e no período total foi menor ( $P < 0,05$ ) nos leitões que receberam grãos úmidos de milho acidificados com 2,4% de propionato de cálcio. Na primeira semana não houve diferença na conversão alimentar dos leitões, enquanto no período total os animais alimentados com silagem de grãos úmidos foram mais eficientes ( $P < 0,05$ ).

O pior desempenho dos animais alimentados com grãos úmidos de milho acidificados com 2,4% de propionato de cálcio talvez possa estar relacionado a utilização de um sal do ácido propiônico para a redução do pH e preservação do milho úmido, pois KNABE e TANKSLEY (1982) reportaram que suínos (17–95 kg) alimentados com silagem de grãos úmidos e sorgo úmido tratado com 1,10 ou 1,45% de uma mistura de ácidos propiônico: acético (80:20), tiveram eficiência alimentar melhorada em 4,0%, quando comparado com suínos que receberam sorgo seco.

## CONCLUSÕES

- A silagem de grãos úmidos de milho apresenta melhor valor nutricional para leitões na fase de creche comparado com o milho seco e grãos acidificados;
- Não há vantagem no desempenho de leitões com o uso do propionato de cálcio como aditivo no processo de ensilagem de grãos úmidos de milho;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 14. ed. Washington, 1984. 1121p.

COSTA, C. et al. Silagem de grãos úmidos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1999 p.69-87.

COSTA, C. et al. Impacto do uso de aditivos e/ou inoculantes comerciais na qualidade de conservação e no valor alimentício de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2001 p.87-126.

GONÇALVES, J. C. **Silagem de grãos úmidos de milho para frango de corte nos sistemas convencional e alternativo**. 2003. 45f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2003.

HOFFMAN, P.; POSSIN, I. Adding organic acids to high moisture corn. Disponível em [http://wwwuwex.edu/ces/crops/uwforage./Adding\\_Oas\\_to\\_HMC\\_.htm](http://wwwuwex.edu/ces/crops/uwforage./Adding_Oas_to_HMC_.htm).> acesso em 16 set.2001.

JOHNSON, L. M.; HARRISON, J. H.; DAVIDSON, D.; MAHANNA, W.C.; SHINNERS, K. Corn silage management: effects of hybrid, maturity, Inoculation and mechanical processing on fermentation characteristics. **Journal of Dairy Science**.v.86, n.1, p.287-308, 2003.

JONES, G. M et al. Organic acid preservation of high moisture corn and other grains and the nutritional value: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 54, n. 4, p. 499-517, Dec., 1974.

JUCHEM, S.; RODRIGUES, P. H. M. **Conservação de grãos de cereais sob alta umidade**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1999.

KNABE, D. A.; TANKSLEY, T. D. Organic acid-preserved high moisture sorghum for growing-finishing swine. **Journal Animal Science**, Champaign, v.55, n. 4, p.745-751, July., 1982.

LYNCH, P. B. et al. Chemically preserved high-moisture corns in diets for growing – finishing swine. **Journal Animal Science**, Champaign, v.40, n. 6, p.1063-1069, June., 1975.

LOPES, A. B. R. C. et al. Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos em fase inicial dos 8 aos 30 kg. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.58, n.2, p.181-190, 2001a.

LOPES, A. B. R. C. et al. Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Boletim da Indústria Animal**. Nova Odessa, v.58, n.2, p. 191-200, 2001b.

LOPES, A.B.R.C. et al Efeito do processo de ensilagem de grãos úmidos de milho nas características microscópicas do amido. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.5, n.96, p.177-181, 2002.

MAHANNA, B. Proper management assures high quality silage, grains. **Feedstuffs**. Minneapolis, v.10, p. 12-23, Jan., 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of swine**. 20.ed. Washington: National University Press, p.189. 1998.

OLIVEIRA, R. P. **Utilização da silagem de grãos úmidos de milho na alimentação de suínos em fase de creche.** 2002 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, 2002.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F.T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. SIMPÓSIO SOBRE O USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, Botucatu. 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.73-108.

ZANOTTO, L. D.; BELLAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. **Comunicado Técnico Centro Nacional de Pesquisa Suínos Aves/EMBRAPA** , Concórdia, n. 215, p.1-15, 1996.

**Tabela 1.** Composição química do milho seco da variedade A, silagem de grãos úmidos de milho das variedades A e B, silagem de grãos úmidos acidificada da variedade A e grãos preservados quimicamente da variedade B (Experimentos 1 e 2)

Amostras	PB (%)	EE (%)	Minerais (%)	ENN(%)	FB (%)
Milho seco (A)	9,53	5,11	1,01	81,75	2,60
Silagem (A)	9,13	5,63	1,09	81,87	2,28
Silagem acidificada (A)	9,04	5,11	1,68	82,05	2,12
Silagem (B)	9,11	5,71	0,98	82,56	1,64
Grãos úmidos preservados quimicamente (B)	8,39	4,96	2,08	83,14	1,43

**Tabela 2.** Composição centesimal e química das rações fornecidas até o 7º dia (Fase I), do 8º ao 22º dia (Fase II) e do 23º ao 30º dia (Fase III) do experimento<sup>1</sup>.

INGREDIENTES (%)	Fase I	Fase II	Fase III
- Milho Seco	40,212	53,154	64,391
- Farelo de soja	20,000	26,000	27,540
- Soro de leite	19,700	9,900	----
- Células sanguíneas <sup>2</sup>	2,610	0,810	----
- Farinha de trigo	9,600	1,800	----
- Açúcar	4,000	5,000	3,000
- Óleo de soja	----	----	1,500
- Fosfato bicálcico	1,800	1,540	1,740
- Calcário	0,620	0,760	0,820
- Sal	0,350	0,350	0,350
- Suplemento mineral <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100
- Suplemento vitamínico <sup>4</sup>	0,050	0,050	0,050
- Sulfato de cobre	----	0,077	---
- Óxido de zinco	0,290	----	---
- Cloreto de colina	0,040	0,030	0,030
- L – Lisina HCL	0,344	0,269	0,351
- DL – Metionina	0,098	0,052	0,042
- L-Treonina	0,150	0,072	0,080
-Olaquinox	0,006	0,006	0,006
-Antioxidante	0,030	0,030	-----
TOTAL	100,000	100,000	100,000
VALORES CALCULADOS <sup>5</sup>			
- ED (kcal/kg)	3.350	3.365	3.426
- PB (%)	18,56	18,58	18,01
- Ca (%)	0,86	0,79	0,79
- P total (%)	0,69	0,64	0,64
- Lisina (%)	1,39	1,24	1,20
- Metionina (%)	0,37	0,34	0,33
- Treonina (%)	0,90	0,81	0,78
- Triptofano (%)	0,23	0,23	0,22

<sup>1</sup>- A silagem de milho substituiu o milho seco nas rações com base na mesma matéria seca.

<sup>2</sup>- AP-301 da American Protein Corporation

<sup>3</sup>- Mistura mineral suprindo as seguintes quantidades /kg de ração: Ferro 240 mg; Cobre 7,2 mg; Zinco 80mg; Manganês 48 mg Iodo 0,48 mg.

<sup>4</sup>- Mistura vitamínica suprindo as seguintes quantidades / kg de ração: Vit.A,15.000 UI; vit.D<sub>3</sub>, 1.500UI ; Vit. E, 50mg; vit. K<sub>3</sub>, 3mg; Tiamina, 2,50 mg; Riboflavina, 7mg;Pirodoxina, 4 mg; Cianocobalamina, 35mcg; Ácido fólico,1,5 mg ; Biotina, 150mcg; Ácido Pantotênico,20mg; Niacina, 35 mg; Selenio, 300mcg .

<sup>5</sup>- Valores calculados com base em análises bromatológicas e na composição média das matérias primas apresentadas por ROSTAGNO et al. (2000).

**Tabela 3.** Composição centesimal e química das rações fornecidas até o 8º dia (Fase I), do 9º ao 20º dia (Fase II) e do 21º ao 28º dia (Fase III) do experimento II<sup>1</sup>.

INGREDIENTES (%)	Fase I	Fase II	Fase III
- Milho Seco	39,999	55,948	64,391
- Farelo de soja	20,000	23,000	27,540
- Soro de leite	19,700	9,900	----
- Células sangüíneas <sup>2</sup>	2,580	2,350	----
- Farinha de trigo	9,900	0,500	----
- Açúcar	4,000	5,000	3,000
- Óleo de soja	----	----	1,500
- Fosfato bicálcico	1,670	1,580	1,740
- Calcário	0,740	0,750	0,820
- Sal	0,300	0,350	0,350
- Suplemento mineral <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100
- Suplemento vitamínico <sup>4</sup>	0,050	0,050	0,050
- Sulfato de cobre	----	0,077	---
- Óxido de zinco	0,290	----	---
- Cloreto de colina	0,040	0,030	0,030
- L – Lisina HCL	0,347	0,205	0,351
- DL – Metionina	0,098	0,056	0,042
- L-Treonina	0,150	0,068	0,080
-Olaquinox	0,006	0,006	0,006
-Antioxidante	0,030	0,030	-----
TOTAL	100,000	100,000	100,000
VALORES CALCULADOS <sup>5</sup>			
- ED (kcal/kg)	3.351	3.384	3.426
- PB (%)	18,54	18,70	18,01
- Ca (%)	0,87	0,78	0,79
- P total (%)	0,67	0,63	0,64
- Lisina (%)	1,39	1,25	1,20
- Metionina (%)	0,37	0,34	0,33
- Treonina (%)	0,90	0,82	0,78
- Triptofano (%)	0,23	0,23	0,22

<sup>1</sup>- A silagem e o milho preservado com propionato de cálcio substituiu o milho seco nas rações com base na mesma matéria seca.

<sup>2</sup>- AP-301 da American Protein Corporation

<sup>3</sup>- Mistura mineral suprindo as seguintes quantidades /kg de ração: Ferro 240 mg; Cobre 7,2 mg; Zinco 80mg; Manganês 48 mg Iodo 0,48 mg.

<sup>4</sup>- Mistura vitamínica suprindo as seguintes quantidades / kg de ração: Vit.A,15.000 UI; vit.D<sub>3</sub>, 1.500UI ; Vit. E, 50mg; vit. K<sub>3</sub>, 3mg; Tiamina, 2,50 mg; Riboflavina, 7mg;Pirodoxina, 4 mg; Cianocobalamina, 35mcg; Ácido fólico,1,5 mg ; Biotina, 150mcg; Ácido Pantotênico,20mg; Niacina, 35 mg; Selenio, 300mcg .

<sup>5</sup>- Valores calculados com base em análises bromatológicas e na composição média das matérias primas apresentadas por ROSTAGNO et al. (2000).

**Tabela 4.** Valores médios de pH e diâmetro geométrico médio (DGM) do milho seco (MS) e das silagens e perfil de ácidos orgânicos do milho úmido ensilado (SGUM) e do milho úmido acidificado e ensilado (SGUMA) e dos resultados de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões durante a fase inicial.\*

Variável	Período (dias)	MS	SGUM	SGUMA	CV(%)
pH	----	5,77	3,80	4,11	----
DGM (µm)	-----	653	1205	1285	----
Total de ácidos orgânicos (% na MS)	-----	-----	0,87	3,23	----
Lático (%)	----	----	61,14	40,10	----
Acético (%)	----	----	25,69	36,07	----
Propiônico (%)	----	----	12,18	23,81	----
Butírico (%)	----	----	0,97	0	----
CDR (g) <sup>2</sup>	0 – 7	686 a	633 a	657 a	13,00
CDR (g) <sup>2,4</sup>	0 - 30	933 a	905 a	961a	8,63
GDP(g) <sup>3</sup>	0 – 7	579 b	544 ab	519 a	12,74
GDP(g) <sup>3</sup>	0 - 30	559 a	585 a	595 a	8,81
CA <sup>4</sup>	0 – 7	1,19 a	1,16 a	1,28 b	8,18
CA <sup>3,4</sup>	0 - 30	1,66 b	1,55 a	1,62 ab	5,66

\* Experimento 1.

<sup>1</sup> Valores seguidos de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P> 0,05).

<sup>2</sup> Valores de CDR ajustados para mesma base de matéria seca do milho seco (88,97%).

<sup>3</sup> Seco x Ensilado (P<0,05)

<sup>4</sup> Acidificado e ensilado x ensilado (P<0,05)

**Tabela 5.** Valores médios de pH, diâmetro geométrico médio (DGM) e perfil de ácidos orgânicos das partículas de silagem de grãos úmidos de milho(SGUM) e de grãos úmidos de milho acidificado- 2,4% propionato de cálcio (GUMA), e dos resultados de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões durante a fase inicial<sup>1</sup>.

Variável	Período - (dias)	SGUM	GUMA	CV (%)
pH	----	4,00	4,80	----
DGM (µm)	----	1.115	1.153	----
Total de ácidos orgânicos (% na MS)	----	0,83	1,92	----
Lático (%)	----	22,31	10,49	----
Acético (%)	----	37,56	7,31	----
Propiônico (%)	----	28,62	80,15	----
Butírico (%)	----	11,49	1,04	----
CDR (g)	0 – 8	614 a	592 a	3,32
	0 - 28	1090 a	1102 a	2,63
GDP(g)	0 – 8	461 a	390 b	9,94
	0 – 28	682 a	631 b	3,13
CA	0 – 8	1,33 a	1,55 a	13,37
	0 - 28	1,60 b	1,75 a	5,52

<sup>1</sup>- Experimento 2.

<sup>2</sup>- Valores seguidos de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05).

## CAPÍTULO IV

### SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE SORGO COM ALTO E BAIXO TANINO PARA SUÍNOS EM FASE INICIAL<sup>1</sup>

Lopes, A.B.R.C.<sup>\*2</sup>, Berto, D.A.<sup>3</sup>, Costa, C.<sup>3</sup>, Wechsler, F.S.<sup>3</sup>, Silva, A. M.R.<sup>4</sup>, Pereira, C.S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. Parte da tese de doutorado do primeiro autor, financiado pela FAPESP.

<sup>2</sup>. Pós Graduando da FMVZ/UNESP. Depto. de Prod. Expl. Animal. Cx. Postal 560 – 18618-000 – Botucatu – SP-[bia@fca.unesp.br](mailto:bia@fca.unesp.br)

<sup>3</sup>. Professores da FMVZ/UNESP. Cx. Postal. 560 – 18618-000 – Botucatu – SP .

<sup>4</sup>. Graduandos de Zootecnia da FMVZ/UNESP-Botucatu

**RESUMO:** Foram utilizados 72 leitões, com peso médio inicial de 7,11±0,76Kg. O delineamento experimental foi o de blocos completamente casualizados com quatro tratamentos: T1- rações à base de grãos de milho seco (M), T2- rações à base de grãos de sorgo baixo tanino seco (S), T3 - rações à base de silagem de grãos úmidos de sorgo baixo tanino (SBT) e T4- rações à base de silagem de grãos úmidos de sorgo alto tanino (SAT) e seis repetições; a duração da fase experimental foi de 30 dias. Os teores de taninos totais e condensados foram reduzidos devido ao processo de ensilagem, em 31,00 e 79,47% e 97,92 e 93,16%, para o sorgo baixo e alto tanino, respectivamente. Não houve efeito dos tratamentos no consumo diário de ração e ganho diário de peso em nenhum dos períodos estudados. A conversão alimentar dos leitões que receberam SBT foi melhor em relação àqueles alimentados com sorgo seco, nas duas fases estudadas. No período total, os leitões que receberam rações à base de SAT apresentaram conversão alimentar semelhante àqueles que receberam milho ou sorgo seco, mas pior do que os animais alimentados com SBT. As silagens de grãos úmidos de sorgo baixo ou alto tanino podem substituir o milho e o sorgo seco das rações sem prejuízo no desempenho de leitões na fase de creche.

**UNITERMOS:** leitões, silagem de grãos úmidos, sorgo, tanino.

**PERFORMANCE OF NURSERY PIGLETS FED SILAGE FROM HIGH-MOISTURE SORGHUM GRAIN HAVING LOW OR HIGH TANNIN CONTENT**

**ABSTRACT:**

Seventy two piglets with an initial average weight of  $7.11 \pm 0.76$  Kg were used. A randomized block design with six replicates and four treatments was used: T1 - ration using dry corn grain (M); T2 - ration using dry low-tannin sorghum grain (S), T3 - ration using silage from high-moisture, low-tannin sorghum grain (SBT); and T4 - ration using silage from high-moisture, high-tannin sorghum grain (SAT). The whole experimental period lasted 30 days. Ensiling reduced total and condensed tannins by 31.0 and 79.47 %; and 97.92 and 93.16%, respectively, for the low- and high-tannin sorghum. No treatment effect on daily feed intake or daily weight gain was observed for any period. Feed conversion was better in the SBT-fed animals, in both periods. In the overall period, the SAT-fed piglets showed a feed conversion which was similar to the conversion observed in the animals fed dry corn or sorghum grain, but was worse than the conversion shown by the SBT-fed animals. Silages from high-moisture sorghum grain, be it low or high in tannin, can replace dry corn or sorghum grain in nursery rations, with no harm on performance.

**UNITERMS:** piglets, high-moisture, sorghum, tannin

## INTRODUÇÃO

No Brasil o sorgo é o segundo cereal de maior importância para alimentação de suínos, podendo ser produzido em áreas e condições de menor ocorrência de chuvas, comparado com o milho.

O sorgo possui composição e valor nutricional variáveis em função da presença e concentração de taninos, que são compostos fenólicos de alto peso molecular, que além de comprometer a aceitabilidade, diminuem a digestibilidade, especialmente da proteína e do amido, além de interferir negativamente na absorção e retenção de minerais e vitaminas (MAKKAR, 1988).

Embora o tanino seja indesejável do ponto de vista nutricional, sua presença nos grãos confere um bom nível de resistência ao ataque de pássaros, extremamente prejudicial para a cultura em algumas regiões (GIOMO, 1996).

As matérias primas disponíveis para alimentação animal podem ser submetidas a diversos processamentos, com objetivo de inativar ou destruir eventuais fatores antinutricionais e com isso melhorar a digestibilidade dos diferentes constituintes bioquímicos (BRAUNA, 2002).

Para minimizar os efeitos do tanino, tratamentos dos grãos por processo mecânico (retirada da casca), térmico (autoclavagem) e químico (hidróxido de sódio ou amônia), têm sido propostos (QUINTERO, 2000), entretanto, estes são de difícil aplicação prática.

A silagem de grãos úmidos de sorgo, naturalmente úmidos ou de grãos reconstituídos, apresenta vantagens em relação aos grãos secos por desativar o tanino e melhorar a digestibilidade da proteína, assim resultados positivos foram encontrados em estudos com uso de silagem de sorgo para aves e leitões (MIRATU et al., 1983; SARANI et al., 1984; citados por MYER et al., 1986).

O armazenamento dos grãos colhidos com alta umidade sob condições de anaerobiose pode ser uma solução mais viável em relação aos grãos secos. O custo de produção é menor para a silagem e apresenta vantagens agronômicas como antecipação da colheita em três a quatro semanas, possibilitando a utilização mais eficiente das colheitadeiras e a liberação da área para outras culturas, redução da contaminação e perdas no campo (acamamento, insetos e fungos) e no processo de colheita, menores perdas qualitativas e quantitativas dos grãos devido ao ataque de carunchos e traças no armazenamento, melhor digestibilidade e desempenho animal (LOPES, 2000; NUMMER FILHO, 2001 e BERTO et. al., 2001 ).

Assim, o presente experimento foi realizado com o objetivo de estudar os efeitos da ensilagem de grãos úmidos de sorgo com alto e baixo teor de tanino, sobre a qualidade do produto final e o desempenho de leitões.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os grãos de sorgo, com baixo ou alto teor de tanino foram colhidos com 29,33 e 29,50% de umidade, respectivamente, e em seguida moídos e ensilados em tambores de 100 litros, conforme COSTA et al. (1999).

No interior dos silos realizou-se o monitoramento da temperatura durante 30 dias, com termopares de cobre-constantan (tipo T), com isolamento em PVC, bitola 2 X 24 AWG, acoplados a um sistema de aquisição de dados, dotado de duas placas multiplexadoras para 32 canais cada, módulo de memória e interfaces para comunicação direta com microcomputador. O sistema de aquisição de dados era dotado de software programado para fazer leituras em intervalos regulares de 10 segundos. As temperaturas foram armazenadas e o sistema produziu uma média a cada duas horas, registrando também a temperatura do ambiente onde se encontravam os silos.

Foram usados 72 leitões mestiços (Large White x Landrace) com peso médio inicial de  $7,11 \pm 0,76$  Kg, desmamados com idade média de 23 dias, num experimento com quatro tratamentos e seis repetições. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso. Os critérios para a formação dos blocos foram o peso aos 30 dias de idade, o sexo e a leitegada.

Os animais foram alojados em salas de creche, contendo baias metálicas suspensas, medindo 1,0 x 1,75m, equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula para aquecimento, durante toda a fase inicial (30 a 60 dias de idade).

Cada parcela foi formada por três leitões. A cada unidade experimental foi, aleatoriamente, atribuído um dos seguintes tratamentos: T1-rações à base de grãos de milho seco (M), T2- rações à base de grãos de sorgo baixo tanino seco (S), T3 - rações à base de silagem de grãos úmidos de sorgo baixo tanino (SBT) e T4- rações à base de silagem de grãos úmidos de sorgo alto tanino (SAT). Foi usada nos tratamentos 2 e 3 uma única variedade de sorgo, produzida em mesmas condições de solo, clima, adubação e tratos culturais, que foi colhida com teores distintos de umidade. A composição bromatológica do milho e sorgo seco baixo tanino, da silagem de grãos úmidos de sorgo baixo e alto tanino são apresentadas na Tabela 1.

Para cada um dos tratamentos, durante o período experimental (30 dias), foram fornecidas três rações à vontade, ração inicial I até o 8º dia, ração inicial II do 9º ao 20º dia e ração inicial III do 21º ao 30º dia. As rações foram formuladas para atender em no mínimo as exigências nutricionais propostas pelo NRC (1998), exceto para proteína bruta e energia digestível, para cada uma das fases estudadas (Tabela 2). Os teores de matéria seca das silagens foram corrigidos para o mesmo valor de matéria seca do sorgo seco correspondente, utilizando-se fatores de correção para substituição do sorgo seco pelas silagens nas rações.

O consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar foram calculados com base na pesagem dos animais no início do experimento, no 8º, 20º e no 30º dia e da ração fornecida diariamente.

Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância e às médias comparadas pelo teste de Tukey.

As amostras de grãos úmidos ensilados foram coletadas na abertura dos tambores para confecção das rações e imediatamente submetidas à análise de pH, granulometria e umidade. Para determinação do pH 20 g da amostra foi suspensa em 30 ml de água deionizada, formando uma massa homogênea, que foi agitada, por barra magnética e agitador elétrico por 10 minutos e imediatamente realizada a leitura em potenciômetro. Para cada amostra foram feitas três repetições tomando-se a média como valor do pH. As análises de umidade foram realizadas segundo AOAC (1984) e as de granulometria foram realizadas de acordo com metodologia descrita por ZANOTTO e BELLAVAR (1996).

O perfil de ácidos orgânicos da silagem de grãos úmidos de sorgo baixo e alto tanino foi determinado a partir de amostras que foram centrifugadas a 12.000 rpm durante 8 minutos. Em seguida foram filtradas em membrana pvdf (0,22µm de poro 13 mm de diâmetro hieroglífica) da marca MILLI PORE, para reter o material sólido e posteriormente colocado no frasco do injetor automático do cromatógrafo líquido Varian, modelo PRO STAR 410, com duas bombas binárias, injetor automático e detector IR (Índice de refração), coluna BIO RAD HPX87H (65°C) e tempo de corrida 0,6 ml por minuto, num tempo total de 35 minutos.

Amostras de sorgo seco e silagem de grãos úmidos de sorgo também foram submetidos a análise de taninos totais e condensados no Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA – USP em Piracicaba. Foram pesados 200mg da amostra moída (0,25mm) em Becker e adicionados 10 ml de solução acetona 70%. As amostras foram

submetidas a ultra-som, em água contendo gelo por 20 minutos. Após este tratamento as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 4°C a 3000g. O sobrenadante (extrato) foi coletado e conservado no gelo. Para obter os resultados de taninos totais foram pesados 100mg de PVPP em tubos de ensaio e adicionados 1ml de água destilada e 1ml do extrato diluído. Após agitação, os tubos foram colocados em geladeira por 15 minutos e agitados novamente. Em seguida os tubos foram centrifugados a 3000g por 10 minutos a 4 °C e o sobrenadante foi coletado. Com esse extrato, seguiram-se os procedimentos para determinação de fenóis totais. Por diferença entre fenóis totais e fenóis após extração com PVPP, obteve-se a concentração de taninos totais. Foram adicionados em tubos de ensaio 0,5 ml do extrato diluído, 3 ml de reagente butanol-HCl e 0,1 ml de reagente férrico, sendo posteriormente agitados. Os tubos foram colocados para aquecer em banho-maria a 100 °C, por uma hora. Um branco de cada amostra (com e sem diluição) foi preparado sem ser aquecido. Após esse período, os tubos foram esfriados e as leituras foram feitas através de espectrofotômetro em absorbância 550nm, obtendo assim os resultados de taninos condensados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na tabela 3 são apresentados os resultados de diâmetro geométrico médio (DGM), pH, umidade, perfil de ácidos orgânicos, porcentagem de taninos totais e condensados e os resultados de desempenho (consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar) dos leitões durante a fase inicial.

O diâmetro geométrico médio das partículas de silagem de grãos úmidos de sorgo foi maior do que das partículas de sorgo seco, entretanto, LOPES (2000) demonstrou vantagens do uso de silagem de grãos úmidos de milho em comparação ao milho seco na alimentação de

leitões, apesar da granulometria da silagem (1306  $\mu\text{m}$ ) ser maior que a usada para o milho seco (653  $\mu\text{m}$ ).

Em experimentos com suínos na fase inicial, de crescimento e terminação e fêmeas em lactação, os resultados indicaram que o melhor tamanho de partículas do milho seco seria menor ou igual a 600  $\mu\text{m}$  (WONDRA et al., 1996), enquanto para o sorgo seco o DGM recomendado é de 500 a 650 $\mu\text{m}$  (ZARDO e LIMA, 1999).

Os valores de pH da silagem de grãos úmidos de sorgo baixo e alto tanino foram próximos da faixa considerada mais adequada para a conservação de grãos úmidos, que é de 3,8 a 4,2% (MAHANNA,1994; VILELA, 1998).

HUCK et al. (1999) obtiveram valores de pH para silagem de grãos naturalmente úmidos de sorgo (25% de umidade), aos 90 dias de ensilagem de 5,0, enquanto que para silagem de grãos reconstituídos com 30 e 35% de umidade, os valores encontrados foram de 4,4 e 4,0, respectivamente.

O teor de ácidos orgânicos totais produzidos foi maior para silagem de grãos úmidos de sorgo alto tanino do que de baixo tanino. Os teores de ácido láctico encontrados na silagem de grãos de sorgo baixo e alto tanino foram de 0,56 e 0,92% na matéria seca, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por HUCK et al. (1999) em experimento com silagem de grãos naturalmente úmidos e grãos reconstituídos, utilizando uma mesma variedade de sorgo, com diferentes teores de umidade, 25, 30 e 35% e obtiveram 0,40, 1,25 e 1,5% de lactato, respectivamente.

Os teores de taninos totais e condensados foram reduzidos devido ao processo de ensilagem, em 31,00 e 79,47% e 97,92 e 93,16%, para o sorgo baixo e alto tanino, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados em grãos de sorgo reconstituídos (30% de umidade), onde o teor de tanino foi reduzido em 98% comparado com sorgo seco

(MIRATU et al., 1984a; citados por MYER et al., 1986). A redução do teor de tanino depende do teor de umidade e temperatura durante o processo de fermentação anaeróbia, pois o aumento nos níveis de umidade e temperatura proporcionam maior desativação do tanino (MIRATU et al., 1984c; citados por MYER et al., 1986). A diferença no teor de umidade foi de 0,17% e a temperatura máxima atingida no interior dos silos no processo de fermentação anaeróbia nas silagens de grãos úmidos de sorgo baixo e alto tanino foram de 28,00 e 25,83°C, diferença de apenas 2,17°C, o que justifica o fato da porcentagem de redução de taninos condensados serem bem próximos nas duas silagens.

Quanto aos resultados de desempenho dos leitões não houve efeito dos tratamentos no consumo diário de ração e ganho diário de peso em nenhum dos períodos estudados.

A conversão alimentar dos leitões que receberam silagem de sorgo baixo tanino foi melhor ( $P < 0,05$ ) em relação àqueles alimentados com sorgo seco, nas duas fases estudadas (0-8 e 0-30 dias). No período total, os leitões que receberam rações à base de silagem de sorgo alto tanino apresentaram conversão alimentar semelhante àqueles que receberam milho ou sorgo seco, mas pior ( $P < 0,05$ ) do que os animais alimentados com silagem de grãos úmidos de sorgo baixo tanino. Estas respostas, provavelmente, foram devido à redução no teor de tanino ocorrida no processo de ensilagem, ao menor pH e as alterações estruturais ocorridas no endosperma da silagem de grãos úmidos. No período total a melhora na conversão alimentar dos animais que receberam silagem de grãos úmidos de sorgo baixo tanino foi de 10,88%, em relação aos animais que receberam rações contendo grãos secos de sorgo baixo tanino e de 6,01% em relação aqueles que receberam milho seco.

MYER et al. (1986) em experimento com suínos de 28 a 98 kg, verificaram melhora na de 3% na conversão alimentar para os animais que receberam silagem de grãos úmidos de sorgo (25% de umidade) em relação àqueles que receberam grãos secos. CRENSHAW et al.

(1984) trabalhando com suínos (18 a 91kg) também observaram melhora de 6,61; 1,55 e 2,22% na conversão alimentar nas fases de crescimento, terminação e período total, dos animais alimentados com rações à base de silagem de grãos úmidos de sorgo (24,20% de umidade) em relação aos animais que receberam sorgo seco. Melhores respostas no desempenho, especialmente na conversão alimentar, também foram verificadas por LOPES et al. (2001) e OLIVEIRA et al. (2001), quando forneceram rações com silagem de grãos úmidos de milho para leitões na fase de creche, o que foi atribuído às alterações estruturais que ocorreram no endosperma do milho ensilado (LOPES et al., 2000) e ao menor pH das rações com silagem (LOPES et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2001).

Por outro lado CRENSHAW et al. (1986) trabalhando com rações à base de grãos secos ou silagem de grãos de sorgo, não verificaram diferenças no desempenho dos leitões no período dos 10 aos 18kg.

As variações nos resultados encontrados de conversão alimentar de suínos podem estar relacionadas com as diferenças no teor de umidade dos grãos de sorgo no momento da ensilagem, proporcionando assim maior ou menor redução no teor de tanino e modificações na estrutura dos grânulos de amido, bem como com a qualidade da silagem produzida.

## CONCLUSÕES

- A silagem de grãos úmidos de sorgo baixo tanino em rações de leitões em fase de creche proporciona melhor desempenho, podendo substituir o milho e o sorgo seco baixo tanino;

- A silagem de grãos úmidos de sorgo alto tanino apresenta valor nutricional semelhante ao milho seco para os leitões;
- O processo de ensilagem dos grãos úmidos de sorgo reduz o teor de taninos condensados, melhorando seu valor nutricional;

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 14. ed. Washington, 1984. 1121 p.

BERTO, D.A.; LOPES, A. B.R. C.; COSTA, C. Silagem de grãos úmidos para suínos. In Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos e Tecnologia da produção de Rações. Campinas, SP **Anais...**, Colégio Brasileiro Nutrição Animal, 2001 p.203-218.

BRAUNA, R.O. **Técnicas de processamiento de granos que mejoran la eficiencia alimentaria em la producción animal**. Disponível em <http://www.acontece.com.ar/0334.htm> >acesso em 23 out. 2002.

COSTA, C. et al. Silagem de grãos úmidos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 69-87.

CRENSHAW, J. D. et al. The nutritional value of high moisture and reconstituted sorghum grain for swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.58, n.5, p.1222-1230, Jan., 1984.

CRENSHAW, J. D. et al. The effects of sorbic acid in high moisture sorghum grain diets on performance of weanling swine. **Journal of Animal Science.**, Champaign, v.63, n.3, p. 831-837, Sept., 1986.

GIOMO, G.S. Implantação da cultura do sorgo granífero. In: BRINHOLI, O. **Cultura do sorgo granífero (Sorghum bicolor L.)**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas Universidade Estadual Paulista, 1996. p. 70-109.

HUCK, G. L.; KREIKEMEIER, K. K.; BOLSEN, K. K. Effect of reconstituting field-dried and early-harvested sorghum grain on ensiling characteristics of the grain and on growth performance and carcass merit of feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, n.3, p. 1074-1081, Sept.,1999.

LOPES, A. B. R. C. **Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos nas fases inicial, de crescimento e de terminação**. 2000.42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2000.

LOPES, A. B. R. C. et al. Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos em fase inicial dos 8 aos 30 kg. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.58, n.2, p.181-190, 2001.

MAHANNA, B. Proper management assures high quality silage, grains. **Feedstuffs**. Minneapolis, v.10, p. 12-23, January, 1994.

MAKKAR, H.P.S. Do tannins affect only protein utilization?. **Indian Daryman**, v.41, n.7, p.135-156, Jan.,1988.

MYER, R.O.; GORBET, D.W.; COMBS, G.E. Nutritive value of high and low-tannin grain sorghums harvested and stored in the high-moisture state for growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**., Champaign, v.62, n.5, p. 1290-1297, Jan.,1986.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 20.ed. Washington, p.189,1998.

NUMMER FILHO, I. Silagem de grão úmido de milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9º, 2001, Gramado, RS. **Anais...** Gramado ABCS, 2001, p.29-43.

OLIVEIRA, R. P. et al. Digestibilidade de nutrientes da silagem de grãos úmidos de milho para suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001. p. 752-753.

QUINTERO, L.G.P. **Tanino em rações para peixes tropicais**. 2000, 55 f. Tese (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.141p.

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. SIMPÓSIO SOBRE O USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, 1998. **Anais...** Botucatu: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998. p.73-108.

WONDRA, K. J. et al. Grinding, pelleting affects nutritional value of cereal grains, diets for swine. **Feedstuffs**, Minneapolis v.68, n.5, p. 13-17, Jan. 1996.

ZANOTTO, L. D.; BELLAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. **Comunicado Técnico do Centro Nacional de Pesquisa Suínos Aves/EMBRAPA** , Concórdia, n. 215, p.1-15, 1996.

ZARDO, A. O.; LIMA, G. J. M. M. Alimentos para suínos. **Boletim Informativo: BIPERS**, Concórdia, n.12, dez. 1999.

**Tabela 1.** Composição bromatológica do milho seco, sorgo seco baixo e alto tanino e silagem de grãos úmidos de sorgo baixo e alto tanino.<sup>1</sup>

Amostras	PB (%)	EE (%)	Minerais (%)	ENN	FB (%)
Milho seco	9,53	5,11	1,01	81,75	2,60
Sorgo seco (BT)	12,18	3,05	1,34	80,30	3,13
Sorgo seco (AT)	7,66	1,90	1,42	85,67	3,35
Silagem de sorgo (BT)	12,06	3,76	1,53	79,90	2,75
Silagem de sorgo (AT)	9,00	2,85	1,35	84,37	2,43

<sup>1</sup> Valores expressos na matéria seca.

**Tabela 2.** Composição centesimal e química das rações a base de milho seco, sorgo baixo ou alto tanino seco, fornecidas até o 8º dia (Fase I), do 9º ao 20º dia (Fase II) e do 21º ao 30º dia (Fase III) do experimento.

INGREDIENTES (%)	Fase I			Fase II			Fase III		
	M	BT	AT	M	BT	AT	M	BT	AT
-Milho seco	39,999			55,948			64,391		
-Sorgo baixo tanino seco (BT)		41,499			57,948			63,144	59,144
-Sorgo alto tanino seco (AT)			38,799			54,448			
- Farelo de soja	20,000	18,500	21,200	23,000	21,000	24,500	27,540	27,000	31,000
- Soro de leite		19,700			9,900			----	
- Células sangüíneas <sup>2</sup>		2,580			2,350			----	
- Farinha de trigo		9,900			0,500			----	
- Açúcar		4,000			5,000			3,000	
- Óleo de soja		----			----			1,500	
- Fosfato bicálcico		1,670			1,580			1,740	
- Calcário		0,740			0,750			0,820	
- Sal		0,300			0,350			0,350	
- Suplemento mineral <sup>3</sup>		0,100			0,100			0,100	
- Suplemento vitamínico <sup>4</sup>		0,050			0,050			0,050	
- Sulfato de cobre		----			0,077			---	
- Óxido de zinco		0,290			----			---	
- Cloreto de colina		0,040			0,030			0,030	
- L – Lisina HCL		0,347			0,205			0,351	
- DL – Metionina		0,098			0,056			0,042	
- L-Treonina		0,150			0,068			0,080	
-Olaquinox		0,006			0,006			0,006	
-Antioxidante		0,030			0,030			-----	
TOTAL		100,000			100,000			100,000	

VALORES CALCULADOS <sup>5</sup>	M	BT	AT	M	BT	AT	M	BT	AT
- E D (kcal/kg)	3.351	3229	3105	3.384	3114	3169	3.426	3343	3183
- PB (%)	18,55	18,68	17,48	18,70	18,92	18,87	18,01	18,55	18,89
- Ca (%)	0,87	0,87	0,86	0,78	0,78	0,78	0,79	0,80	0,80
- P total (%)	0,67	0,68	0,67	0,64	0,64	0,65	0,64	0,64	0,64
- Lisina (%)	1,39	1,34	1,33	1,25	1,18	1,27	1,20	1,14	1,27
- Metionina (%)	0,37	0,36	0,35	0,34	0,32	0,34	0,33	0,32	0,34
- Treonina (%)	0,90	0,87	0,79	0,82	0,79	0,83	0,78	0,76	0,83
- Triptofano(%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,25	0,22	0,23	0,25

<sup>1</sup> As silagens substituíram o sorgo seco correspondente nas rações com base na matéria seca.

<sup>2</sup> AP-301 da American Protein Corporation

<sup>3</sup> Mistura mineral suprimindo as seguintes quantidades /kg de ração: Ferro 240 mg; Cobre 7,2 mg; Zinco 80mg; Manganês 48 mg Iodo 0,48 mg.

<sup>4</sup> Mistura vitamínica suprimindo as seguintes quantidades / kg de ração: Vit.A,15.000 UI; vit.D<sub>3</sub>, 1.500UI ; Vit. E, 50mg; vit. K<sub>3</sub>, 3mg; Tiamina, 2,50 mg; Riboflavina, 7mg;Pirodoxina, 4 mg; Cianocobalamina, 35mcg; Ácido fólico,1,5 mg ; Biotina, 150mcg; Ácido Pantotênico,20mg; Niacina, 35 mg; Setenio, 300mcg .

<sup>5</sup> Valores calculados com base em análises bromatológicas e na composição média das matérias primas apresentadas por ROSTAGNO et al. (2000).

**Tabela 3.** Valores de diâmetro geométrico médio (DGM), pH , umidade, teor de ácidos orgânicos, porcentagem de taninos totais e condensados, das partículas do milho seco (M), sorgo seco baixo tanino (SSBT), sorgo seco alto tanino (SSAT), Silagem de grãos úmidos de sorgo baixo tanino (SBT), Silagem de grãos úmidos de sorgo alto tanino (SAT) e dos resultados de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões durante a fase inicial<sup>1</sup>.

Variável	Período (dias)	M	SSBT	SSAT	SBT	SAT	CV (%)
DGM (µm)	----	653	525	----	1062	1116	----
pH	----	5,77	6,20	----	3,80	4,00	----
Umidade (%)	----	11,03	12,08	----	29,33	29,50	----
Ácidos orgânicos totais (% na MS)	----	----	----	----	0,94	1,20	----
Lático (%)	----	----	----	----	59,92	76,36	----
Acético (%)	----	----	----	----	15,41	8,25	----
Propiônico (%)	----	----	----	----	23,74	13,06	----
Butírico (%)	----	----	----	----	0,90	2,21	----
Taninos Totais (%)	----	----	0,55	1,51	0,38	0,31	----
Taninos condensados (%)	----	----	0,48	1,17	0,01	0,08	----
CDR* (g)	0 – 8	575 a	581 a	----	532 a	567 a	6,44
	0 -30	1.044 a	1.100a	----	1.036 a	1.100 a	5,79
GDP (g)	0 – 8	412 a	387 a	----	421 a	420 a	9,44
	0 –30	571 a	568 a	----	603 a	583 a	4,43
CA	0 – 8	1,40 ab	1,52 a	----	1,27 b	1,36 ab	9,97
	0 -30	1,83 ab	1,93 a	----	1,72 b	1,88 a	4,39

\* Valores de CDR ajustados para mesma base de matéria seca do sorgo seco correspondente.

<sup>1</sup> - Valores seguidos de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

## **CAPÍTULO V**

### **IMPLICAÇÕES**

Para contornar as dificuldades naturais existentes na produção de suínos, principalmente no que diz respeito à fase inicial em função dos aspectos como desmame precoce, imaturidade do sistema fisiológico e distúrbios gastrointestinais, faz-se necessário a utilização de métodos de processamentos dos ingredientes das rações que disponibilizem os nutrientes e promovam melhor aproveitamento pelos leitões.

A silagem de grãos úmidos é uma alternativa viável para melhorar a disponibilidade dos nutrientes dos cereais. Os resultados demonstraram as modificações ocorridas no endosperma, onde a matriz protéica foi rompida parcialmente pelo processo de moagem a que os grãos foram submetidos e posteriormente solubilizada no processo de ensilagem.

As modificações ocorridas na superfície externa dos grânulos de amido demonstram claramente a não ocorrência de geleificação, que durante muito tempo foi preconizada. O tipo de modificação, concavidade central ou furos na superfície externa dos grânulos como padrão de digestão enzimática, estão relacionados a vários fatores como, umidade dos grãos á colheita, técnicas e condições climáticas na ensilagem, maturidade dos grãos, população de microrganismos presentes na planta, teor de carboidratos solúveis e o cereal utilizado.

As modificações foram mais visíveis para os grânulos de amido do milho do que sorgo em função das diferenças do endosperma, tamanho e forma dos grânulos de amido. O processo de ensilagem inativou o tanino presente no sorgo melhorando o valor nutritivo deste cereal sem nenhum gasto adicional.

As rações com silagem são mais ácidas, portanto garantem melhor utilização do alimento principalmente na fase inicial pela imaturidade do sistema digestivo e problemas gastrointestinais característico dos leitões.