

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO PARA
SUÍNOS: DIGESTIBILIDADE E BALANÇOS
METABÓLICOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Adalberto dos Anjos da Silva

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO PARA SUÍNOS:
DIGESTIBILIDADE E BALANÇOS METABÓLICOS**

por

Adalberto dos Anjos da Silva

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Não-Ruminantes, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia.**

Orientador: Dr. Paulo Alberto Lovatto

Santa Maria, RS, Brasil

2005

RESUMO

Dissertação

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

Silagem de grãos úmidos de milho para suínos: digestibilidade e balanços metabólicos

AUTOR: ADALBERTO DOS ANJOS DA SILVA

ORIENTADOR: PAULO ALBERTO LOVATTO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2005.

Este trabalho apresenta um estudo sobre o metabolismo e a digestibilidade da silagem de grãos úmidos de milho para suínos em crescimento. O trabalho está dividido em capítulos tratando respectivamente de: revisão de literatura, de coleta e análise de dados (digestibilidade e balanços metabólicos da silagem de grãos úmidos de milho), discussão, conclusões e perspectivas sobre a silagem de grãos úmidos de milho para suínos. Dois experimentos foram realizados com o intuito de avaliar a digestibilidade e os balanços metabólicos. Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, em fevereiro e março de 2004. Foram utilizados 12 suínos machos castrados, irmãos paternos, com peso vivo médio de 47 kg, mantidos em gaiolas metabólicas. O experimento 1 teve como objetivo comparar os balanços metabólicos de animais alimentados com dietas contendo milho seco e silagem de grãos úmidos de milho. O experimento 2 teve por objetivo avaliar a digestibilidade da silagem de grãos úmidos de milho. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Cada experimento teve dois tratamentos e quatro repetições de um animal cada. A dieta com grãos secos de milho (T1) foi o tratamento controle para os dois experimentos. A substituição dos grãos de milho seco por silagem de grãos úmidos em dietas de suínos não influenciou ($P>0,05$) os balanços do nitrogênio e da energia e também a digestibilidade do fósforo e do extrato etéreo. A silagem de grãos úmidos de milho apresentou, comparativamente ao milho seco, ajustado para 100% de MS, valores superiores para a digestibilidade da matéria seca, da energia digestível e da energia metabolizável.

ABSTRACT

Dissertation

Master Science in Animal Science
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

High moisture corn silage for pigs: digestibility and metabolic balances

AUTHOR: ADALBERTO DOS ANJOS DA SILVA

ORIENTATION: PAULO ALBERTO LOVATTO

Date and Site of Defence: Santa Maria, 28 of february, 2005.

The objective of this work was to evaluate the digestibility and metabolic balances of high moisture corn silage in growing pigs. This rapport present a literature review, experimental procedures, general discussion, conclusions and perspectives about high moisture corn silage. Two trials was realized. Twelve littermates barrows, weighting 47 kg of initial body weight, kept into metabolic cages were used. Experiment one compared the metabolic balances of animals fed with dry corn and high moisture diets. The experiment two evaluated the digestibility of high moisture corn silage. In both experiments, the design was completely randomized. Each experiment had two treatments, four repetitions of one animal. The grains corn dry diet (T1) was the control treatement for two experiments. The substitution of the dry corn for high moisture corn did not influence ($P>0,05$) the balances of the nitrogen, phosphorus, oil and energy. The digestibility of the dry matter, crude energy and metabolizável energy of the high moisture corn were higher than the dry corn ones.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Ingredientes e composição analisada das dietas experimentais, T1 (dieta com milho seco), T2 (dieta com silagem de grãos úmidos de milho) e T3 (substituição volumétrica da dieta T1 por 40% de silagem)	32
TABELA 2 - Balanço do N de suínos alimentados com dietas contendo milho seco (T1) e silagem de grãos úmidos de milho (T2)	33
TABELA 3 - Consumo, digestibilidade e metabolização da energia de suínos alimentados com dietas contendo milho seco (T1) e silagem de grãos úmidos de milho (T2).....	34
TABELA 4 - Matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) da silagem (na matéria natural e seca) e do milho na matéria seca.....	35
TABELA 5 - Digestibilidade do fósforo (P) de dietas com grãos secos (T1) ou silagem de grãos úmidos de milho (T2)	39
TABELA 6 - Digestibilidade do extrato etéreo (EE) de dietas com grãos secos (T1) ou silagem de grãos úmidos de milho (T2).....	39

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A - Valores individualizados de peso vivo, consumo de ração, excreção fecal e digestibilidade da matéria seca de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho	48
APÊNDICE B - Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade do nitrogênio de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho	49
APÊNDICE C - Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade da energia de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho	50
APÊNDICE D - Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade do fósforo de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho	51
APÊNDICE E - Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade do extrato etéreo de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho	52
APÊNDICE F - Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade da fibra em detergente neutro de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho	53

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
ENSILAGEM: ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	10
1.1 Histórico	10
1.2 Elaboração	11
1.3 Aditivos	13
1.4 Silagem de grãos úmidos de milho.....	14
1.4.1 Definição	14
1.4.2 Composição química	14
1.4.3 Disponibilidade de nutrientes	14
1.4.4 Indicadores de qualidade	16
1.4.5 Resposta animal.....	16
1.4.6 Vantagens econômicas	17
DIGESTIBILIDADE E BALANÇOS METABÓLICOS DA SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO PARA SUÍNOS.....	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO.....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
CONCLUSÃO.....	27

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO: DIGESTIBILIDADE DO FÓSFORO E DO EXTRATO ETÉREO	36
3.1 Introdução.....	36
3.2 Material e métodos	37
3.3 Digestibilidade do fósforo	37
3.4 Digestibilidade do extrato etéreo.....	38
3.5 Conclusão parcial	39
DISCUSSÃO GERAL.....	40
CONCLUSÕES GERAIS	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
APÊNDICES	48

INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira produz anualmente mais 2,7 milhões de toneladas de carne suína (ABCS, 2002). Na última década, somente o Brasil e a China tiveram um aumento da produção da carne suína acima do crescimento populacional. Isso coloca o Brasil como um dos maiores exportadores de carne suína no mundo.

No entanto, para manter competitividade no mercado mundial, o Brasil deverá buscar adequar o sistema de produção a nova ordem mundial. Isso significa que devemos produzir com respeito ambiental, humano e animal. Mas associado a esses três fatores está o custo de produção, critério determinante na competitividade. Com relação ao custo de produção, a alimentação responde por cerca de 70% do total. É necessário, portanto, buscar alternativas que permitam reduzir o impacto do alimento no custo final, aumentando, por consequência, a lucratividade.

O milho é o principal cereal utilizado na alimentação de suínos, respondendo por cerca de 80% das dietas, sendo fornecido principalmente na forma de grãos secos. O processamento do grão de milho seco envolve custos adicionais com transporte, secagem e armazenamento. Além disso, durante esse processo o milho pode servir de substrato para fungos e insetos, alterando sua composição química e seu valor nutricional. Uma alternativa de conservação ao milho seco é a silagem de grãos úmidos.

A utilização da silagem de grãos úmidos de milho para suínos é incipiente no Brasil e as informações sobre a inclusão desse ingrediente nas dietas de suínos são escassas e com resultados variáveis. No Brasil, os estudos com silagem de grãos úmidos de milho se justificam pelo sistema de produção baseado em grande parte, em pequenas propriedades que cultivam o milho. Esta dissertação foi realizada com o objetivo de apresentar um estudo bibliográfico e dois trabalhos experimentais. O primeiro compara dietas contendo milho seco ou silagem de grãos úmidos. O segundo avalia a digestibilidade da silagem de grãos úmidos de milho. Esse documento é composto por um estudo bibliográfico do tema, um artigo científico, resultados complementares, uma discussão geral e finaliza apresentando as principais conclusões obtidas.

CAPÍTULO 1

ENSILAGEM: ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

1.1 Histórico

O termo silagem deriva do idioma grego “*sirus*”, pequenas covas para estocar milho depois de triturado. Atualmente o termo silagem é reservado a alimentos fermentados e armazenados em silos. A elaboração de silagens remonta provavelmente há mais de 4 mil anos, época em que Egípcios, Gregos e Romanos armazenavam grãos de cereais e forragem picada em silos.

Pouco se conhece sobre a elaboração de silagem entre os séculos I e XVIII depois de Cristo. Mas a ensilagem de grãos e forragens trituradas continuou nesse período, talvez numa intensidade menor. Gramíneas foram ensiladas na Itália a partir do século XII e ao norte dos Alpes Suíços e na região do mar Báltico somente no século XVIII (SHUKKING, 1976). Em torno da metade do século XIX, o interesse pela ensilagem de gramíneas, tubérculos e outros vegetais difundiu-se para além das regiões Bálticas, Alemanha e outros países europeus. Esse fato estimulou pesquisadores europeus e americanos a estudos mais aprofundados pela ensilagem no século XIX.

Em 1883, o governo Britânico solicitou a Royal Agricultural Society que constituísse uma comissão para inspecionar o processo de ensilagem nas Ilhas Britânicas e em outras partes do mundo. O relato dessa comissão mostrou que havia contaminação de águas potáveis pelos efluentes das silagens, que a ensilagem era feita em silos portáteis (tonéis de madeira) e que a silagem era utilizada na alimentação de suínos (BRASSLEY, 1996). Essa inspeção revelou que o milho era o melhor cereal para a ensilagem e que o valor alimentar da silagem era semelhante ao do feno, porém não era um substituto completo. As análises de amostras da silagem mostraram que havia um processo bacteriano que poderia produzir silagens doces ou azedas.

No século XX, houve um grande número de publicações sobre a tecnologia da ensilagem, como: *The History of the Silo, Carrier*, 1920; *The IV Method of Processing Feeds*, Virtanen, 1933; *The Conservation of Grass and Forage*, Watson & Nash, 1960; *The Silage Fermentation*,

Woolford, 1984; Efficient Silage Systems: A Comparison between Unwilted and Wilted Silages, Zimmer & Wilkins, 1984 e Biochemistry of Silage, McDonald et al., 1991.

A ensilagem de grãos de cereais com elevada umidade, principalmente o milho e sorgo, começou a ser desenvolvida nos Estados Unidos na metade do século XX. No Brasil sua utilização é mais recente, tendo iniciado na década de 80 por produtores da região de Castro, norte Paranaense (KRAMER & VOORSLUYS, 1991). Atualmente esta técnica de armazenagem está sendo cada vez mais utilizada pelos suinocultores. No Rio Grande do Sul a ensilagem de grãos úmidos de milho começou na metade da década de 80, não tendo de imediato aceitação pelos produtores. A silagem de grãos úmidos passou a ser adotada por esses produtores somente na segunda metade da década de 90.

1.2 Elaboração

O processo de ensilagem dos grãos úmido de milho segue os mesmos princípios para ensilagem de volumosos (COSTA et al., 1997). As principais fases na elaboração da silagem são: aeróbica, fermentativa, estável e alimentar (TORRES, 1984). Cada fase tem características distintas que devem ser controladas para conservar a silagem com qualidade por períodos prolongados.

1.2.1 Fase aeróbica

Ao colocar o grão de milho triturado no silo ocorre respiração e proteólise, atividades enzimáticas importantes para a conservação da matéria-prima. A respiração é a transformação completa dos carboidratos solúveis (açúcares) da planta em gás carbônico e água, é uma atividade aeróbica que libera calor. Ao mesmo tempo, as proteases da planta degradam as proteínas, com grande produção de aminas (asparagina e glutamina) e peptídeos (McDONALD et al., 1991). Outro aspecto importante nessa fase é a perda de carboidratos solúveis, principais substratos das bactérias ácido-láticas para a síntese de ácidos orgânicos necessários à preservação da silagem. Nessa fase, a produção excessiva de calor (>44 °C) pode resultar em reação de Maillard, reduzindo a digestibilidade da proteína e componentes da fibra.

1.2.2 Fase fermentativa

Uma vez em anaerobiose, microorganismos anaeróbicos começam a se desenvolver no material ensilado. As bactérias ácido-láticas são a microflora mais importante, pois a silagem é preservada pela redução do pH no meio produzido pelo ácido lático. Outros microorganismos, principalmente as enterobactérias do gênero *Clostridium*, têm impactos negativos sobre a silagem. Estes competem com as bactérias ácido-láticas pelos carboidratos solúveis e não apresentam nenhuma ação preservativa. As enterobactérias têm pH ótimo médio de 6,5 e não crescem quando esse valor é inferior a 5. Assim, a população de enterobactérias é normalmente alta na forragem pré-ensilada e ativa durante as primeiras 12 a 36 h de ensilagem (LIN et al., 1992). Com a redução de pH a população de enterobactérias diminui rapidamente. Entretanto, devido ao manejo inadequado da silagem, pode ocorrer crescimento de esporos de clostrídios. Este crescimento serve com parâmetro de avaliação qualitativa da silagem.

Os clostrídios podem causar fermentação secundária, convertendo açúcares e ácidos orgânicos em ácido butírico, resultando em perdas de matéria seca e energia digestível. Também, transformam aminoácidos em outros produtos, como a amônia e ácidos orgânicos voláteis. Na silagem de grãos úmidos de milho o crescimento de enterobactérias não é comum, pela rápida redução de pH e a baixa umidade.

O período de fermentação ativa dura de 7 a 21 dias, sendo negativamente correlacionado com o teor de umidade. As bactérias ácido-láticas fermentam açúcares a ácido lático, acético, etanol, gás carbônico e outros produtos secundários (McDONALD et al., 1991).

1.2.3 Fase estável

Após o desenvolvimento das bactérias ácido-láticas, o produto ensilado passa para a fase estável. Se o silo estiver corretamente fechado e o pH baixo, a atividade biológica será pequena. Porém, pequenas alterações químicas na parede celular podem acontecer, liberando açúcar. Se a fermentação ativa cessasse devido à falta de carboidratos solúveis, as bactérias ácido-láticas poderiam fermentar os açúcares liberados, reduzindo lentamente o pH (DONALD et al., 1993).

1.2.4 Fase alimentar

Entre 14 e 21 dias depois de ensilado, o alimento está em condições de ser fornecido aos animais. Nesta fase, a abertura do silo expõe a silagem ao O₂. Isso pode provocar perdas nutricionais pela ação de microorganismos aeróbios que consomem açúcares, produtos de fermentação (ácidos lácticos e acéticos) e outros nutrientes solúveis na silagem (WOOLFORD, 1984; MUCK & PITT, 1993). Com um suprimento praticamente ilimitado de O₂ esses microorganismos têm um crescimento rápido. Quando a concentração de bactérias ou leveduras atinge 10⁷ unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de silagem, ocorre aquecimento da massa ensilada e perda significativa de nutrientes (McDONALD et al., 1991). O tempo requerido para que ocorra aquecimento depende de fatores como: a concentração de microorganismos aeróbios, o tempo de exposição ao O₂, as características de fermentação de silagem e a temperatura ambiente. Mas essas perdas são, em grande parte, função direta do processo de fornecimento do alimento aos animais. Assim, a ração contendo silagem deve ser misturada diariamente, para ser prontamente consumida pelos animais (JONES et al., 1974). Em um silo adequadamente compactado, a retirada cuidadosa do produto pode reduzir a perda de nutrientes do alimento.

1.3 Aditivos

Os aditivos bacterianos são estimulantes de fermentação, sendo culturas vivas de *Lactobacillus*, *Pedicoccus* ou *Streptococcus*. Embora haja grande diversidade genética entre as bactérias lácticas, as espécies predominantes são os *Lactobacillus plantarum* e *Streptococcus faecium*, (VILELA et al., 1998). As bactérias que compõem os inoculantes de silagens fermentam açúcares (glicose e frutose) convertendo-os em ácido láctico, resultando em menor quantidade de perdas durante o processo fermentativo (McDONALD et al., 1991). Estas bactérias aceleram este processo pelo aumento da produção de ácido láctico e conseqüente rápida queda do pH, reduzindo a perda de nutrientes, aumentando a estabilidade e qualidade da silagem (LAVEZZO & PEIXOTO, 1993; BOLSEN et al., 1995).

1.4 Silagem de grãos úmidos de milho

1.4.1 Definição

A silagem de grãos úmidos de milho é o produto da conservação em meio anaeróbio de grãos de milho colhidos logo após a maturação fisiológica (30% de umidade), momento em que cessa a translocação de nutrientes da planta para os grãos, ocasião em que apresentam teores máximos de amido (COSTA, et al., 1999).

1.4.2 Composição química

A silagem de grãos úmidos de milho apresenta valores médios em sua composição química de 8,31% de proteína bruta (PB); 4007 kcal/kg de energia bruta (EB); 2,54% de fibra bruta (FB); 3,86% de extrato etéreo (EE); 0,23% de fósforo total e 0,01% de cálcio (Ca), quando corrigidos para 87,45% de MS (EMBRAPA, 1991). Estes valores são semelhantes aos encontrados no grão seco de milho. Entretanto, alguns fatores podem interferir na sua composição, principalmente o momento da colheita, teor de umidade no momento da ensilagem, granulometria das partículas, proporção de sabugo presente, variedade de milho, nível de adubação, fertilidade do solo e condições climáticas (OLIVEIRA, 2002).

1.4.3 Disponibilidade de nutrientes

A estrutura e a composição do amido e suas interações com as proteínas do grão se correlacionam com a digestibilidade e o valor nutricional do grão de milho. O amido é uma molécula heterogênea, constituído por dois polímeros de glicose, amilose (22 a 28%) e amilopectina (72 a 78%). Fisicamente, o amido se constitui de grânulos nos quais a amilose e amilopectina estão ligadas por pontes de hidrogênio.

A amilopectina se constitui na parte mais organizada (cristalina) e densa dos grânulos, oferecendo maior resistência à penetração de água ou à ação enzimática. A amilose se constitui na parte menos organizada (amorfa), podendo a água mover-se livremente dentro dela. Os grânulos de amido são interligados e envoltos por uma camada ou matriz protéica. A digestibilidade do amido, geralmente é inversamente proporcional ao seu teor de amilose, em virtude de interações desta com a matriz protéica do grão de amido (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

A melhoria na utilização do amido pelo processamento dos grãos depende do método de processamento, espécie animal e fonte dos grãos (THEURER, 1986). O principal objetivo do processamento é aumentar a disponibilidade de energia, podendo também destruir micotoxinas, facilitar a administração do alimento e melhorar o desempenho animal (OWENS et al., 1997). Conforme o processamento a que os grãos dos cereais são submetidos, pode-se modificar a estrutura química e/ou física dos grânulos de amido neles presentes.

A ensilagem constitui-se em um dos métodos de processamento que visam aumentar o aproveitamento dos nutrientes presentes nos grãos pelos animais (LOPES, 2000). Durante o processo fermentativo, os ácidos orgânicos produzidos, podem causar rupturas na matriz protéica que recobre os grânulos de amido, bem como na estrutura desses grânulos, aumentando a área exposta à ação enzimática (ROONEY & FLUGFELDER, 1986). É possível que o calor e a elevada umidade alterem a estrutura física do amido (STUTE, 1992; LOPES, 2000).

Quando comparada com o grão de milho seco, a silagem de grãos úmidos de milho apresenta maior disponibilidade de energia (LIMA et al., 1998) e nitrogênio (ASCHE et al., 1986). Suínos alimentados com silagem de grãos úmidos de milho apresentaram coeficientes de digestibilidade de energia e nitrogênio, em média, 4% maiores que suínos alimentados com grãos de milho seco (HOLMES et al., 1973).

A silagem de grãos úmidos de milho apresentou valores médios de 91% de digestibilidade da EB; 88% de metabolização da EB e 84% de digestibilidade da PB (OLIVEIRA et al., 2004). Quando se comparam esses coeficientes com os dados da EMBRAPA (1991) e de ROSTAGNO et al. (2000) para os grãos de milho seco, se observa que o processo de ensilagem de grãos úmidos de milho aumenta a disponibilidade dos nutrientes (OLIVEIRA et al., 2004). Em estudos com suínos na fase de creche, a silagem de grãos úmidos de milho apresentou valores superiores para os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, Ca, P e energias digestível e metabolizável, em relação ao grão de milho seco (TSE, 2004).

A energia digestível da silagem de grãos úmidos de milho pode ser de até 4123 kcal/kg/MS, enquanto que a energia metabolizável até 3990 kcal/kg/MS (LIMA et al., 1998). De maneira geral, a silagem de grãos úmidos de milho apresenta maior disponibilidade de nutrientes (LOPES, 2000).

O bom valor nutricional da silagem de grãos úmidos de milho pode ser explicado em parte, pelo seu menor valor de pH (LOPES, 2000). O aumento da acidez da dieta diminui a taxa de esvaziamento estomacal, melhorando a ação das enzimas digestivas (SOLOMON, 1994). Essa maior retenção produz intensa estimulação da secreção exócrina do pâncreas, elevando os

subprodutos da digestão no quimo, que são importantes estimulantes luminiais dessa secreção no início do intestino delgado (SOLOMON, 1994).

Além disso, é provável que a ação destas enzimas seja mais eficiente nas partículas úmidas de milho (HOLMES et al., 1973). A redução do pH do alimento no trato gastrintestinal provoca maior dissociação dos compostos minerais da dieta (JONGBLOED et al., 2000).

1.4.4 Indicadores de qualidade

A qualidade da silagem de grãos úmidos de milho depende basicamente, do material ensilado e do tipo de microorganismos que atuarão durante o processo de fermentação e após a abertura do silo (JOBIM et al., 1997). O valor de pH, o teor de N não-proteico (NNP) e os teores de ácidos graxos voláteis são os principais indicadores para avaliação qualitativa da silagem de grãos úmidos de milho. Os valores médios de pH numa silagem de boa qualidade se situam entre 4,0 e 4,5. Níveis elevados de pH podem ocorrer por colheita tardia, carência de substrato para as bactérias produzirem os ácidos orgânicos, teor de umidade baixo e exposição ao ar. Uma rápida redução do pH da silagem limita a proteólise pela inativação das proteases da planta (OSHIMA & McDONALD, 1977). Além disso, o pH baixo inibe o crescimento de microorganismos indesejáveis, como as enterobactérias e bactérias do gênero *Clostridium* (KUNG & MUCK, 1997). Após a colheita, pode haver proteólise nos grãos ensilados, com produção de N-amoniaco (OSHIMA & McDONALD, 1977). Quanto maior for a quantidade de N volátil, como porcentagem do N total, menor será a qualidade da silagem, devido à degradação de compostos protéicos. O teor de NNP de uma silagem considerada de boa qualidade deverá ser inferior a 10% da proteína bruta (ANDRIGUETO et al., 1991).

1.4.5 Resposta animal

Em suínos na fase de creche, o uso de silagem de grãos úmidos de milho proporcionou melhor desempenho e menor incidência de diarreia, podendo substituir com vantagens o grão de milho seco (LOPES et al., 2001a). Em outro estudo (OLIVEIRA et al., 2004), com suínos na fase inicial, o aumento dos níveis de substituição do grão seco por silagem de grãos úmidos de milho reduziu linearmente o consumo de ração. Também, foram observados aumentos lineares na conversão alimentar (CA) de leitões, com o aumento dos níveis de substituição do milho seco por silagem de grãos úmidos de milho (OLIVEIRA, 2002).

Em suínos nas fases de crescimento e terminação, o uso do milho na forma de silagem não afetou o ganho diário de peso em nenhuma das fases estudadas, mas determinou menor consumo diário de ração e melhor conversão alimentar nas fases de terminação e período total (LOPES, 2000). Na fase de crescimento, observou-se uma melhora de 5% na conversão alimentar quando os suínos receberam silagem de grãos úmidos de milho (LOPES et al., 2001b). O uso de silagem de grãos úmidos de milho na dieta de suínos em crescimento e terminação determinou maior eficiência alimentar e 6% de aumento no ganho de peso dos animais (DUDUK, 1988). Além disso, este alimento reduz a ocorrência de lesões gástricas (LOPES et al., 2001b). Entretanto, a depleção dos níveis de vitamina E e selênio, que ocorreriam nesta forma de estocagem, seriam fatores predisponentes a ulcerações gástricas, deprimindo o desempenho animal (MORES, 1996). Em contrapartida, outro fator predisponente a esse tipo de lesão seria a fina granulometria das dietas contendo grãos secos de milho, o que pode ser minimizado pela maior granulometria do grão de milho na forma de silagem (ZANOTTO et al., 1995).

1.4.6 Vantagens econômicas

A silagem de grãos úmidos de milho pode ser até 11% mais econômica que os grãos secos, pois elimina as etapas de limpeza e secagem (COSTA et al., 1999). Além disso, a melhor conversão alimentar dos animais que recebem silagem de grãos úmidos de milho, reflete em menor custo de produção (STOCK et al., 1991). A conservação de grãos úmidos de milho na forma de silagem proporciona, ainda, antecipação na colheita em três a quatro semanas, o que permite antecipar a implantação de outra cultura na área, maximizando o uso da terra (KRAMER & VOORSLUYS, 1991). O custo por unidade de ganho de peso de suínos nas fases de crescimento e terminação foram, em média, 25% menores nos animais que receberam silagem de grãos úmidos de milho, comparado com aqueles alimentados com grãos seco (RAJIC & SEVKOVIC, 1988). Comparando o custo da silagem de grãos úmidos de milho e do grão seco, na mesma base de MS, o custo da ração por kg de peso vivo (PV) reduz linearmente em função da inclusão de silagem de grãos úmidos. Na fase de creche, a redução no custo da dieta foi de aproximadamente 14% com a inclusão de silagem de grãos úmidos de milho (OLIVEIRA et al., 2004).

CAPÍTULO 2

DIGESTIBILIDADE E BALANÇOS METABÓLICOS DA SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO PARA SUÍNOS.

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na Revista **Ciência Rural**.

RESUMO

Dois experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar a digestibilidade e balanços metabólicos da silagem de grãos úmidos de milho para suínos. Foram utilizados 12 suínos machos castrados, irmãos paternos, com peso vivo médio de 47 kg, mantidos em gaiolas metabólicas. O experimento 1 teve como objetivo comparar os balanços metabólicos de animais alimentados com dietas contendo milho seco e silagem de grãos úmidos. O experimento 2 teve por objetivo avaliar a digestibilidade da silagem de grãos úmidos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. A dieta com grãos de milho secos (T1) foi à ração referência, comum aos dois experimentos. Cada experimento teve dois tratamentos de quatro repetições de um animal cada. A substituição dos grãos de milho seco por silagem de grãos úmidos em dietas de suínos não influenciou ($P>0,05$) os balanços do nitrogênio e da energia. A silagem de grãos úmidos de milho apresentou coeficientes de digestibilidade 85% para a proteína bruta, 90% para a energia bruta e 90% para matéria seca. A substituição do grão de milho seco por silagem de grãos úmidos de milho na dieta de suínos não influencia os balanços do N e da energia. A silagem de grãos úmidos de milho apresenta teores digestíveis de MS, energia bruta e metabolizável superiores quando comparados aos do grão de milho seco.

Palavras-chave: substituição, digestibilidade, energia, nitrogênio

ABSTRACT

Two experiments were carried out to evaluate metabolic balances and the digestibility of the high moisture corn in pigs. Were used twelve littermates barrows, weighting 47 kg of initial BW, kept into metabolic cages. Experiment one compared the metabolic balances of animals fed with diets contend dry corn and high moisture. Experiment two evaluated the digestibility of high moisture corn. In experiment one, the design was completely randomized. The grains corn dry diet (T1) was reference diet used for two experiments. Each experiment had two treatments, four replications of one animal. The substitution of the dry corn for high moisture corn did not influence the balances of the nitrogen and of the energy. The digestibility coefficients of the high moisture corn were: 85% to crude protein, 90% to crude energy and 90% to dry matter. The substitution of dry corn for high moisture corn in the swine diets does not affect the balances of the nitrogen and of the energy. The digestibility of the dry matter, crude energy and metabolizável energy of the high moisture corn were higher than the dry corn ones.

Key-words: substitution, digestibility, energy, nitrogen

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a suinocultura brasileira tem apresentado períodos cíclicos de rentabilidade devido, principalmente, ao custo elevado dos ingredientes das rações. O milho é, por suas características nutricionais e disponibilidade comercial, o alimento mais utilizado na formulação de rações para suínos, correspondendo a aproximadamente 75% do volume da ração. No entanto, o processamento do grão de milho seco envolve custos adicionais com transporte, secagem e armazenamento. Além disso, nesse processo o milho pode servir de substrato para fungos e insetos, alterando sua composição química e seu valor nutricional (LOPES et al., 1990).

Neste contexto, a ensilagem de grãos úmidos de milho pode ser uma alternativa para conservação e armazenagem de grãos de milho. A ensilagem apresenta vantagens agro-econômicas em relação ao grão de milho seco, como otimização do uso da terra, redução de perdas nos períodos pré e pós-colheita, economia de mão-de-obra e custos de armazenamento (JONES et al., 1974). Além disso, a ensilagem pode garantir a qualidade sanitária do grão (JOBIM et al., 1997) e melhorar a disponibilidade de seus nutrientes (LOPES, 2000).

Para suínos, a silagem de grãos úmidos de milho apresenta maior digestibilidade da energia (LIMA et al., 1999) e do nitrogênio (ASCHE et al., 1986), determinando melhora do ganho de peso e da eficiência alimentar em comparação com as rações contendo milho seco (DUDUK, 1988). Além disso, a utilização de silagem de grãos úmidos de milho para suínos na fase inicial melhorou a conversão alimentar e reduziu a prevalência de diarreia em relação ao milho seco (LOPES, 2000). O melhor valor nutricional de dietas contendo silagem se deve às alterações físicas e químicas que ocorrem no endosperma e na superfície dos grânulos de amido durante o processo fermentativo, podendo aumentar a susceptibilidade ao ataque enzimático durante a digestão (LOPES et al., 2002).

As vantagens técnicas e econômicas da silagem de grãos úmidos de milho têm estimulado sua utilização pelos suinocultores. Mas essas vantagens não têm unanimidade na pesquisa. Os

resultados de digestibilidade de dietas contendo silagem de grãos úmidos são variáveis, o que sugere a repetibilidade dos estudos sobre o tema. Este trabalho tem o objetivo de avaliar a digestibilidade da silagem e de dietas contendo grãos úmidos de milho para suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da UFSM, entre fevereiro e março de 2004. Foram utilizados 12 suínos machos castrados, geneticamente homogêneos e irmãos paternos, oriundos de cruzamentos industriais entre as raças Landrace, Large White e Duroc, com 47 kg de peso vivo médio inicial. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, semelhantes às descritas por PEKAS (1968), mantidas em ambiente controlado a 22 °C. O milho utilizado para a elaboração da silagem foi uma associação de híbridos comerciais colhidos em fevereiro de 2004 no município de Toropi (RS). A colheita do milho foi realizada mecanicamente e os grãos triturados em moinho tipo martelo sem a utilização de peneira, sendo em seguida ensilados em silos plásticos do tipo BAG.

Foram realizados dois experimentos, um para comparar os balanços metabólicos de animais alimentados com dietas com grãos de milho seco (tratamento controle – T1) e úmido (tratamento – T2), e outro para avaliar a digestibilidade da silagem de grãos úmidos de milho (T1 x tratamento – T3 com substituição volumétrica de 40% por silagem de grãos úmidos de milho). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Cada tratamento teve quatro repetições, tendo o animal como unidade experimental.

No experimento 1, as dietas experimentais T1 e T2 foram formuladas para atender as exigências nutricionais obtidas através do modelo do NRC (1998). No experimento 2, a dieta T3 foi composta por uma substituição volumétrica da dieta T1 por 40% de silagem de grãos úmidos de milho. A composição das dietas experimentais é apresentada na Tabela 1.

O período experimental foi de 12 dias (sete de adaptação dos animais às gaiolas e ao alimento; cinco dias de coleta). A quantidade diária de ração foi ajustada de acordo com a estimativa do ganho médio diário, considerando um consumo de 2,6 vezes a manutenção estimada em 250 kcal EM/kg^{0,60} (NOBLET et al., 1993). O alimento foi distribuído em três refeições diárias, às 8, 13 e 18 horas. Os animais tiveram livre acesso à água.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes. O início e o fim da coleta foram determinados pelo aparecimento de fezes marcadas (foi adicionado 1,5% de Fe₂O₃ às dietas). As fezes foram coletadas a cada 12 h, acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10 °C. No final do experimento as fezes foram homogeneizadas e amostradas (0,5 kg), secas em estufa de ventilação forçada (60 °C durante 72 h) e moídas para análises posteriores. A urina excretada era drenada para baldes plásticos contendo 25 mL de HCl 6 N. A cada 12 h, após homogeneização, o volume era medido e uma alíquota de 5% retirada e conservada sob refrigeração (4 °C). As análises químicas de fezes e urina foram realizadas segundo metodologia da AOAC (1990).

As análises granulométricas da silagem e do milho seco foram realizadas segundo a metodologia descrita por ZANOTTO & BELLAVAR (1996). O pH da silagem foi determinado pelo método utilizado por PHILLIP & FELLNER (1992). O teor de N não protéico (NNP) foi determinado segundo o método proposto por TOSI (1973).

No experimento 1, os parâmetros avaliados foram a dinâmica (ingestão, excreções fecal e urinária) do N e energia. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do MINITAB (MCKENZIE & GOLDMAN, 1999). No experimento 2 foram estimados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CD_aMS), energia bruta (CD_aEB), proteína bruta (CD_aPB), metabolização da energia bruta (CMEB), energia metabolizável aparente (EM_a) e os teores digestíveis totais da matéria seca (MSD), proteína (PD) e energia (ED). Estes

coeficientes foram determinados segundo a metodologia proposta por MATTERSON et al. (1965).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da composição química da silagem de grãos úmidos de milho, na matéria natural (MN), apresentou valores de 68,3% de matéria seca, 5,32% de proteína bruta, 3,32% de extrato etéreo e 2,59% de fibra bruta. Estes valores foram superiores, com exceção da proteína bruta, aos analisados pela EMBRAPA (1991), que apresenta valores de 62,53% de MS, 5,31% de PB; 2,65% de EE e 1,66% de FB para a silagem. A composição química da silagem de grãos úmidos de milho pode apresentar variações. Isso se deve a fatores como potencial genético, nível de adubação utilizado (especialmente N), fertilidade do solo e condições climáticas (LIMA et al., 1999).

O valor de pH, juntamente com a concentração de ácidos orgânicos e o teor de N amoniacal (% do N total) são importantes indicadores qualitativos do processo de ensilagem. O valor do pH, da silagem utilizada neste experimento, foi de 4,01 indicando que a silagem tinha boa qualidade. O pH médio de silagem de grãos úmidos de milho de boa qualidade se situa ao redor de 4 (McDONALD et al., 1991). A elevação da concentração de ácidos orgânicos, principalmente ácido lático, aumenta a concentração hidrogênionica do meio, inibindo o crescimento de microorganismos indesejáveis, como as enterobactérias e bactérias do gênero *Clostridium*, responsáveis pela excessiva proteólise do substrato e produção de toxinas (OHSHIMA & McDONALD, 1977). No entanto, seu efeito inibidor é dependente da velocidade de declínio do pH (McDONALD et al., 1991).

O teor do N amoniacal ou nitrogênio não-protéico (NNP) da silagem, medido neste experimento, foi de 0,017% do N total. O teor de NNP de uma silagem de grãos úmidos de milho de boa qualidade deve ser inferior a 10% da PB. A quantidade de NNP produzida depende

principalmente da quantidade de carboidratos solúveis. Em silagens de grãos úmidos com teores de MS ao redor de 70%, há mais substrato disponível para a produção de ácido láctico, determinando rápido decréscimo do pH e inibição da ação de bactérias (KUNG, 2001).

O diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas foi de 2768 e 1784 μm para os grãos de milho úmidos e secos, respectivamente. O DGM da silagem de grãos úmidos e grãos secos de milho, observados neste trabalho, foram superiores aos valores recomendados por ZANOTTO & BELLAYER (1998) para a alimentação de suínos, 1230 e 650 μm respectivamente. A moagem dos grãos aumenta a superfície para ação das enzimas digestivas, melhorando a digestibilidade dos nutrientes (MONTICELLI et al., 1996). Entretanto, alguns estudos de digestibilidade com silagem obtiveram valores superiores para os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia, comparado ao grão de milho seco, independentemente da granulometria da silagem (TSE, 2004).

O balanço do N é apresentado na Tabela 2. Nenhum dos parâmetros analisados apresentou diferença significativa ($P > 0,05$). O coeficiente de digestibilidade do N em suínos alimentados com silagem pode ser 4% superior em relação àqueles que receberam dietas com milho seco (HOLMES et al., 1973). Resultados semelhantes foram obtidos por (ASCHE et al., 1986), que verificaram maior absorção de N em rações com silagem, comparada à ração elaborada com milho seco. Isto pode ser explicado pela ação química dos ácidos orgânicos sobre a integridade da matriz protéica dos grãos de milho. Foi observado por LOPES (2000) que a ação microbiana e/ou dos ácidos orgânicos gerados no processo de ensilagem, comprometeu severamente a integridade da matriz protéica, aumentando sua solubilidade.

Os resultados para o N retido e urinário devem ser analisados tendo como foco a questão metabólica do N. É possível que durante o processo de ensilagem ocorra desaminação e descarboxilação aminoacídica, transformando parte do N protéico em NNP, pelos diferentes processos fermentativos (OHSHIMA & McDONALD, 1977). Isso determinaria uma absorção

semelhante de N, como a verificada neste experimento, mas reduziria a síntese protéica nos animais alimentados com silagem pela falta de aminoácidos, aumentando a excreção de N via urinária. Outro fator importante que interfere no balanço do N de suínos alimentados com silagem é a textura do grão a ser ensilado. Dependendo de sua textura, a quantidade de matriz protéica pode ser superior, determinando um efeito significativo sobre a absorção e o metabolismo do N (CANTARELLI, 2003).

O balanço da energia é apresentado na Tabela 3. As energias, digestível e metabolizável (kcal/kg de MS) foram superiores ($P < 0,05$) em 4 e 3,5% para os animais alimentados com T2, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por TÓFOLI (2004), que verificou que a silagem apresentou maior valores de ED e EM comparados ao grão seco. A maior disponibilidade energética de dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho verificada neste experimento pode ser explicada por alterações que ocorrem nas moléculas de amido durante o processo fermentativo (LOPES, 2000). 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 (HALE, 1973).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da silagem obtidos neste experimento foram de 85% para a proteína bruta (CD_aPB), 90% para a energia bruta (CD_aEB) e 90% para matéria seca (CD_aMS). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por LIMA et al. (1999) que, trabalhando com duas silagens de grãos úmidos de milho granulométricamente diferentes, obtiveram valores de 83 e 86% para PB, 90 e 91%, para EB e 88 e 89% para MS. A silagem de grãos úmidos de milho apresenta maiores coeficientes de digestibilidade ileal e total da MS, EB e PB, em comparação à dieta com grãos de milho secos (HOLMES et al., 1973). O coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) foi de 83%. Este valor foi 6% inferior ao obtido por OLIVEIRA et al. (2004). Quando se comparam os CD_aEB , CD_aPB e CD_aMS aos coeficientes de

digestibilidade do milho seco publicados pela EMBRAPA (1991), verifica-se que a ensilagem de grãos úmidos de milho melhora a disponibilidade destes nutrientes do milho.

Os teores digestíveis totais da matéria seca (MSD), proteína (PD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), são apresentados na Tabela 4. Estes resultados, com exceção da MSD foram semelhantes aos obtidos por OLIVEIRA et al. (2004) que encontraram valores de 81% para a MSD, 6,26% para PD, 3970 kcal/kg de ED e 3867 kcal/kg de EM, ajustados para 100% de MS. Resultados superiores foram encontrados por LIMA et al. (1999), que obtiveram valores de 4070 e 3929 kcal/kg de MS para as energias, digestível e metabolizável, respectivamente. Segundo os autores anteriormente citados, a silagem é um alimento com elevado valor energético para suínos. Os resultados obtidos, quando comparados ao grão de milho seco (EMBRAPA, 1991), foram em média 4% superiores, com exceção da PD que foi 11% inferior.

A maior disponibilidade nutricional da silagem em relação aos grãos secos, pode ser explicada principalmente pelo seu menor valor de pH. Os ácidos orgânicos produzidos durante o processo fermentativo podem causar rupturas na matriz protéica que recobre os grânulos de amido, bem como na estrutura desses grânulos, favorecendo a digestão e absorção do amido (LOPES, 2000). Além disso, a acidez e umidade da dieta reduzem a taxa de esvaziamento estomacal, possibilitando ação mais prolongada e eficiente das enzimas digestivas (HOLMES, et al., 1974).

CONCLUSÃO

A substituição do grão de milho seco por silagem de grãos úmidos de milho na dieta de suínos não afeta os balanços do N e da energia.

A silagem de grãos úmidos de milho apresenta teores digestíveis de MS, energia bruta e metabolizável superiores quando comparados aos do grão de milho seco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 1990.
- ASCHE, G. L. et al. Effect of dry, high-moisture and reconstituted normal and high-lysine corn diets and particle size on energy and nitrogen metabolism in growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, n.1, p.131-138, 1986.
- CANTARELLI, V. S. **Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos**. 2003. 36f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras.
- DUDUK, V. High moisture corn for fattened pigs. **Journal of the Faculty Georgikon for Agriculture**, Keszthely, v.1, p.71-78, 1988.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3^a.ed. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1991, 97p.
- 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.
- HOLMES, J. G. et al. Digestion and absorption of dry and high-moisture maize diets in the small and large intestine of the pigs. **British Journal of Nutrition**, v.30, n.3, p.401-401, 1973.
- HOLMES, J.H.G. et al. Digestion of dry and high moisture maize diets in the stomach of the pig. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.32, n.3, p.639-646, 1974.
- JOBIM, C.C. et al. Presença de microrganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p.201-204, 1997.

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

KUNG, L. **Silage Fermentation & Additives**. Capturado em 20 jun. 2004. Online. Disponível na Internet <http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/storage.htm>

LOPES, A. B. R. C. **Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos nas fases inicial, de crescimento e de terminação**. 2000. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

LOPES, D.C. et al. Efeito do nível de carunchamento do milho sobre a digestibilidade de sua proteína e energia para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.19, n.3, p.181-185, 1990.

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

MATTERSON, L. D. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Research Report, Storrs, Connecticut, the University of Connecticut. Agricultural Experiment Station. 1965.

McDONALD, P. et al. **The Biochemistry of Silage**. 2th.ed. Merlow: Chalcombe Publications, 1991, 226p.

McKENZIE, J. and GOLDMAN, R. N. The student edition of Minitab for windows manual: Release 12. Softcover ed. Addison – Wesley Longman, Incorporated, Belmont, 1999.

MONTICELLI, C. J. et al. Efeito da granulometria do milho, da área por animal e do sexo sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.25, n.6, p.1150-1162, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of swine**. 10th.ed. Washington: National Academy Press, 1998, 189p.

NOBLET, J. et al. Metabolic utilization of dietary energy and nutrients for maintenance energy requirements in sows: Basis for a net energy system. **British Journal Nutrition**, v.70, p.407-419, 1993.

OHSHIMA, M. and McDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. **Journal Science Food Agriculture**. v.29, p.497-505, 1977.

OLIVEIRA, R.P. et al. Valor nutritivo e desempenho de leitões alimentados com rações contendo silagem de grãos úmidos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.146-156, 2004.

OWENS, F. N. et al. The Effect of Grain Source and Grain Processing on Performance of Feedlot Cattle: A review. **Journal of Animal Science**, Champaing, v.75, n.3, p.868-879, 1997.

PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, n.5, p.1303-1309, 1968.

PHILLIP, L.E. and FELLNER, V. Effects of bacterial inoculation of high moisture ear corn on its aerobic stability, digestion and utilization for growth by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3178-3187, 1992.

TÓFOLI, C. A. de. **Silagem de grãos úmidos de milho com diferentes teores de óleo sobre o desempenho e digestibilidade em leitões na fase de creche**. 2004. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TOSI, H. **Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos**. 1973. 107f. Tese de doutorado. FCMBB – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TSE, M. L. P. Valor nutricional da silagem de grãos úmidos de milho com diferentes graus de moagem para leitões na fase de creche. 2004. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ZANOTTO, D.L. & BELLAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para o uso em rações de suínos e aves. Concórdia: EMBRAPA, 1996. p.1-5 (Boletim Técnico, 215)

ZANOTTO, D.L. et al. Efeito da granulometria do milho sobre a digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. Concórdia: EMBRAPA, 1998. p.1-2 (Boletim Técnico, 223)

Tabela 1 – Ingredientes e composição analisada das dietas experimentais, T1 (dieta com milho seco), T2 (dieta com silagem de grãos úmidos de milho) e T3 (substituição volumétrica da dieta T1 por 40% de silagem)

Ingredientes ¹ , %	Dietas experimentais		
	T1	T2	T3
Milho	74,97	-	44,98
Silagem de grão úmido de milho	-	77,30	40,00
Farelo de soja	21,40	20,17	12,84
Óleo vegetal	0,60	-	0,38
Premix ²	3,00	2,53	1,80
Total	100,00	100,00	100,00
Composição analisada ³			
MS, %	85,72	71,78	78,88
Energia bruta, kcal/kg	4043	4199	4180
Proteína bruta, %	16,86	16,46	14,86
Fósforo, %	0,58	0,53	0,54
EE, %	6,07	6,05	5,94
FDN, %	15,66	16,59	16,08
FB, %	2,27	3,79	3,21

¹Matéria natural; ²Suplemento vitamínico-mineral. Conteúdo por kg de ração: Vit. A, 228.570 UI; Vit. D3, 34.290 UI; Vit. E, 570 mg; Vit. K3, 71 mg; Vit. B1, 29 mg; Vit. B2, 115 mg; Vit. B6, 57 mg; Vit. B12, 570 mcg; Ác. Nicotínico, 715 mg; Ác. Pantotênico, 290 mg; Biotina, 1,43 mg; Ác. Fólico, 17 mg; Selênio, 15 mg; Colina, 6.860 mg; Lisina, 11.430 mg; Antioxidante, 17 mg; Iodo, 23 mg; Cobalto, 13 mg; Cobre, 2.500 mg; Zinco, 2.200 mg; Ferro, 2.000 mg; Manganês, 1.100 mg. ³Matéria seca.

Tabela 2 – Balanço do N de suínos alimentados com dietas contendo milho seco (T1), e silagem de grãos úmidos de milho (T2)

Parâmetros	Tratamentos		dpr ¹	P ²
	T1	T2		
N Ingerido, g/dia	49,44	47,18	1,75	0,120
N Fecal, g/dia	6,66	6,14	0,59	0,259
N Absorvido, g/dia	42,78	41,04	2,04	0,275
Coefficiente de digestibilidade, %	85,50	86,96	1,47	0,670
N Urinário, g/dia	13,92	16,86	4,55	0,396
N Retido, g/dia	28,86	24,19	3,20	0,085
N Retido/Absorvido, %	67,62	59,28	9,50	0,261

¹desvio padrão residual; ² nível de 5%

Tabela 3 – Consumo, digestibilidade e metabolização da energia de suínos alimentados com dietas contendo milho seco (T1) e silagem de grãos úmidos de milho (T2)

Parâmetros	Tratamentos		dpr ¹	P ²
	T1	T2		
Energia ingerida, kcal/dia	7410	7523	275	0,582
ED, kcal/dia	6392	6512	253	0,557
ED, kcal/kg de MS	3487	3634	36	0,001
Energia fecal, Kcal/dia	1018	1011	60	0,872
Coefficiente de digestibilidade, %	86,25	86,55	0,88	0,648
Energia urinária, kcal/dia	128	155	42	0,397
EM, kcal/dia	6386	6472	263	0,660
EM, kcal/kg de MS	3360	3480	23	0,000
Coefficiente de metabolizibilidade, %	86,18	86,02	0,57	0,699

¹desvio padrão residual; ² nível de 5%

Tabela 4 – Matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) da silagem (na matéria natural e seca) e do milho na matéria seca

Ingredientes	Teores digestíveis			
	MSD,%	PD,%	ED, kcal/kg	EM, kcal/kg
Silagem ¹	61,82	4,54	2708	2629
Silagem ²	90,51	6,65	3965	3849
Milho ²³	86,10	7,51	3849	3742

¹Valores analisados: MS, % - 68,3; PB, % - 5,32; EE, % - 3,32; FB, % - 2,59; ²Valores ajustados para 100% de MS;

³Conforme dados da EMBRAPA (1991).

CAPÍTULO 3

Silagem de grãos úmidos de milho: Digestibilidade do fósforo e do extrato etéreo

Esse capítulo tem por objetivo apresentar os resultados complementares aos estudos realizados e que não foram contemplados no Capítulo 2.

3.1 Introdução

Os dados obtidos no experimento com suínos alimentados com silagem de grãos úmidos de milho em substituição ao grão seco, abordam também a digestibilidade do fósforo (P) e do extrato etéreo (EE). O P é considerado um dos principais responsáveis pela potencial degradação ambiental causada pela atividade suinícola. A reduzida capacidade de utilização do P de origem orgânica pelos suínos faz com que este mineral passe pelo sistema digestivo praticamente sem ser digerido (MUNARO et al., 1993). O uso de silagem de grãos úmidos na dieta de suínos pode aumentar a digestibilidade do P orgânico, pois a presença dos ácidos orgânicos reduzindo o pH alimentar no trato gastrointestinal, aumenta a dissociação dos compostos minerais da dieta (JONGBLOED et al., 2000).

O extrato etéreo dos grãos de milho contribui para o ajuste energético da dieta. O desenvolvimento de fungos, que ocorre normalmente na conservação de grãos secos, pode reduzir o teor de extrato etéreo. Entretanto, isso não ocorre quando os grãos são conservados na forma de silagem. Os grãos de milho com umidade média de 30% não oferecem condições adequadas para crescimento fúngico.

3.2 Material e métodos

Os mesmos apresentados no capítulo 2.

3.3 Digestibilidade do fósforo

A digestibilidade do fósforo (P) de dietas contendo grãos secos ou silagem de grãos úmidos de milho é apresentada na Tabela 5. A ingestão de P foi o único parâmetro a apresentar diferença significativa ($P < 0,05$), sendo usada como covariável na análise do P fecal e retido. Os parâmetros, P fecal e retido não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as dietas. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para o coeficiente de digestibilidade do P entre as dietas.

O estudo de digestibilidade da silagem de grãos úmidos mostrou que cerca de 70% do P é digerido. A digestibilidade aparente do P da silagem de grãos úmidos deste estudo foi superior ao índice de 49% obtido para o grão de milho seco por TSE (2004). Segundo o mesmo autor, isto pode ser atribuído a uma provável ação do processo de ensilagem sobre as moléculas de fitato. A digestibilidade aparente do P observada no presente estudo foi muito superior à reportada na literatura para os grãos de cereais, que varia de 20 a 50% (JONGBLOED & KEMME, 1990). Esta reduzida digestibilidade do P se deve à estrutura molecular do P orgânico (JONGBLOED et al., 2000). Apenas um terço do P total das fontes vegetais está disponível e o restante encontra-se na forma de fitato (NRC, 1998). Diante disso, se observa um resultado contraditório entre a literatura e o obtido em nosso estudo. É possível que ocorra certa melhora na digestibilidade, pois o P dos grãos úmidos de milho está mais disponível que nos grãos secos, sendo a umidade necessária para a hidrólise do fitato (NRC, 1998). Outro fator importante na ativação dessa hidrólise é o pH da dieta (KORNEGAY, 2001). Em estudos (BOLING et al., 2000) com suínos na fase de creche foi observado que os ácidos orgânicos podem melhorar a utilização do P em dietas de leitões pela diminuição do pH estomacal (BOLING et al., 2000).

3.4 Digestibilidade do extrato etéreo

A digestibilidade do extrato etéreo (EE) de dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho é apresentada na Tabela 6. A ingestão de EE foi o único parâmetro a apresentar diferença significativa ($P < 0,05$) e por esta razão, usado como covariável na determinação do EE fecal e retido. A excreção fecal de EE foi aproximadamente 30% inferior ($P > 0,05$) nos animais alimentados com a dieta contendo silagem de grãos úmidos de milho. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na retenção de EE entre as dietas. O coeficiente de digestibilidade do EE entre as dietas não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$). Entretanto, este coeficiente foi 11% superior nos animais alimentados com a dieta contendo silagem de grãos úmidos de milho. Uma hipótese que poderia explicar os resultados obtidos para o EE fecal e para o coeficiente de digestibilidade do EE é de que o processo de ensilagem ao promover mudanças estruturais nos grânulos de amido, disponibilizaria uma maior quantidade de nutrientes, entre eles o extrato etéreo. Entretanto, na literatura consultada não há pesquisas que comprovem esta afirmativa.

As variedades de milho usadas na alimentação animal contêm aproximadamente 3,5% de extrato etéreo (WEBER, 1978). A concentração de EE pode sofrer variações devido às estações do ano, condições do solo, fertilidade do grão, entre outros fatores. No entanto, são as características genotípicas que mais influenciam a composição dos grãos de milho (LIMA et al., 1998). A silagem de grãos úmidos de milho apresenta em sua composição química 3,86% de EE, quando ajustado para 87,45% de MS (EMBRAPA, 1991). A silagem de grãos úmidos utilizados nesse estudo apresentou em sua composição química 3,32% de EE. Este valor é semelhante ao encontrado para o milho seco, na mesma base de matéria seca. A digestibilidade do EE da silagem de grãos úmidos de milho foi de 70,5%. Este valor é inferior aos 76,0% obtido por ALBUQUERQUE (1999). Mas está de acordo com os valores relatados por NOBLET et al. (1993) que variam de 60 a 95%.

Tabela 5 – Digestibilidade do fósforo (P) de dietas com grão seco (T1) ou silagem de grãos úmidos de milho (T2)

Parâmetros	Tratamentos		dpr ¹	P ²
	T1	T2		
P Ingerido, g/dia	6,4	5,5	0,2	0,048
P Fecal, g/dia	2,0	1,9	0,3	0,872
P Retido, g/dia	3,9	3,9	0,3	0,876
Coefficiente de digestibilidade, %	65,6	67,3	4,9	0,824

¹desvio padrão residual, ² nível de 5%

Tabela 6 – Digestibilidade do extrato etéreo (EE) de dietas com grãos secos (T1) ou silagem de grãos úmidos de milho (T2)

Parâmetros	Tratamentos		dpr ¹	P ²
	T1	T2		
EE Ingerido, g/dia	106,1	99,4	3,7	0,044
EE Fecal, g/dia	34,1	23,7	8,0	0,554
EE Retido, g/dia	74,4	75,6	7,6	0,555
Coefficiente de digestibilidade, %	68	76	7,6	0,529

¹desvio padrão residual, ² nível de 5%

3.5 Conclusão parcial

A conservação dos grãos de milho na forma de silagem de grãos úmidos não exerce influência sobre a digestibilidade do P e do EE.

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO GERAL

As digestibilidades de 81% da matéria seca e 88% da proteína da silagem de grãos úmidos de milho em dietas para suínos obtidas em nosso estudo foram superiores aos valores observados na literatura (DUDUK, 1988; ALBUQUERQUE, 1999; OLIVEIRA, 2002). Estudos da EMBRAPA (1991) mostraram que a digestibilidade da proteína da silagem pode ser próxima a 96%. Essa variação pode ser de até 35% quando se utiliza grão de milho seco (NOBLET et al, 1993). Esta variação está relacionada às características químicas do grão, que são decorrentes de genética vegetal e dos fatores de solo e clima. O fato de a digestibilidade variar, mostra a necessidade de se fazer análises bromatológicas para cada tipo de silagem a fim de ajustar os programas nutricionais.

Com relação a teor em energia bruta da silagem de grãos úmidos, nossos resultados foram muito próximos do valor médio de 91% observados na literatura (LIMA et al, 1998; OLIVEIRA, 2002). No entanto, nossos resultados da metabolização da energia ficaram cerca de 11% abaixo dos valores apresentados pela EMBRAPA (1991). A causa dessa diferença não ficou muito clara, pois a metodologia usada para a determinação foi semelhante. A energia digestível da silagem obtida em nosso estudo foi superior aos apresentados na literatura (OLIVEIRA, 2002).

Com relação ao balanço do N, a ação dos ácidos orgânicos gerados no processo de ensilagem pode comprometer a integridade da matriz protéica, aumentando sua solubilidade e disponibilizando mais N (LOPES, 2000). O coeficiente de digestibilidade da PB da silagem de grãos úmidos de milho foi superior ao encontrado para o grão de milho seco, demonstrando que a fermentação tem um efeito benéfico na digestibilidade do N (ASCHE et al., 1986). O incremento no valor nutricional dos grãos de milho, quando conservados sob a forma de silagem de grãos úmidos de milho se deve essencialmente ao processo fermentativo anaeróbico (LIMA, 1998). Dietas com silagem de grãos úmidos de milho são mais digestíveis em decorrência da pré-digestão dos grãos ensilados, da ação mais eficiente das enzimas digestivas e do aumento no

tempo de retenção da digesta (esvaziamento estomacal mais lento) provocado pelo aumento na acidez do alimento (JOBIM et al., 1997).

Outro elemento que deve ser considerado no uso de dietas contendo silagem é sua ação na redução do pH, o que pode aumentar a ativação da pepsina, retardar o esvaziamento estomacal e inibir a proliferação de microrganismos (HOLMES et al., 1973; SARTORI et al., 2002). Este fato parece ser particularmente interessante de ser explorado em leitões desmamados, que naturalmente apresentam reduzida capacidade de acidificação estomacal (BOLDUAN et al., 1988).

Além disso, a maior disponibilidade energética em dietas contendo silagem de grãos úmidos em substituição aos grãos secos e na silagem de grãos úmidos de milho, comparativamente aos grãos secos, se deve a possíveis alterações no endosperma e na superfície externa dos grânulos de amido (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986; OWENS & GOETSCH, 1988; LOPES, 2002). Estas alterações, que ocorrem durante o processo de ensilagem, aumentam a susceptibilidade do grão à ação enzimática durante o processo digestivo.

Finalmente, os dados apresentados nesta dissertação confirmam os resultados encontrados na literatura, ou seja, de que a silagem de grãos úmidos de milho pode ser uma alternativa digestiva e metabólica aos grãos secos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES GERAIS

A substituição do grão de milho seco por silagem de grãos úmidos de milho na dieta de suínos não afeta os balanços metabólicos do N e da energia, nem as digestibilidades aparentes do P e do extrato etéreo.

A digestibilidade da MS, do P, do extrato etéreo e as energias bruta e metabolizável da silagem de grãos úmidos de milho são superiores aos dos grãos secos quando ajustados para a mesma base de matéria seca.

Nosso trabalho revelou a necessidade de continuar os estudos de digestibilidade da silagem de grãos úmidos levando em conta os híbridos de milho, granulometria e umidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS - **Associação Brasileira de Criadores de Suínos**. Estrela, nº 182, 2002. Disponível em: <<http://www.abcs.com.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2003.

ALBUQUERQUE, K. **Digestibilidade da silagem de grãos úmidos de milho para suínos na fase de crescimento**. 1999. 38f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

ANDRIGUETO J. M. et al. **Nutrição Animal**, Curitiba, Nobel, 1991. Vol. 1.

ASCHE, G. L. et al. Effect of dry, high-moisture and reconstituted normal and high-lysine corn diets and particle size on energy and nitrogen metabolism in growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, n.1, p.131-138, 1986.

BOLDUAM, G. et al. Recent advances in the nutrition of weaner piglets. **Pig News and Information**, v.9, n.4, p.381-385, 1988.

BOLING, S.D. et al. The effects of citric acid on phytase-phosphorus utilization in young chicks and pigs. **Journal Animal Science**, Champaign, v.78, n.3, p.682-689, 2000.

BOLSEN, K.K. et al. Silage fermentation and silage additives: Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.9, n.5, p.483-493, 1995.

BRASSLEY, P. Silage in Britain, 1880-1990: The delayed adoption of an innovation. **Agric. History Ver**, v.44, p.63-87, 1996.

COSTA, C. et al. Silagem de grãos úmidos de milho. **Revista dos Criadores**, ano XVII, n.804, p.34-35, 1997.

COSTA, C. et al. Silagem de grãos úmidos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.69-88.

DONALD, S. et al. The influence of oxygen tension on the growth of *Listeria monocytogenes* in grass silage. In: 10th Silage Res. Conf. 5., 1993, Dublin, Ireland. **Proceedings...**, Dublin City University, 1993, p.18-19.

DUDUK, V. High moisture corn for fattened pigs. **Journal of the Faculty Georgikon for Agriculture**, Keszthely, v.1, p.71-78, 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA – (EMBRAPA). **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3.ed. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1991, 97p.

HOLMES, J. G., et al. Digestion and absorption of dry and high-moisture maize diets in the small and large intestine of the pigs. **British Journal of Nutrition**, v.30, n.3, p.401-401, 1973.

JOBIM, C.C. et al. Presença de microrganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p.201-204, 1997.

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

JONGBLOED, A.W. et al. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, v.67, n.1/2, p.113-122, 2000.

JONGBLOED, A.W. & KEMME, P.A. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 1. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. Neth. **Journal of Agri. Science**, v.38, p.567-575, 1990.

KORNEGAY, E.T. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytase and factors influencing their activity. In: **Enzymes in Farm Animal Nutrition**, CAB International, p.237-271, 2001.

KUNG, L., Jr. & MUCK, R.E. Animal Response to silage additives. Proc. From the Silage: Field to Feedbank North American Conference. NRAES-99. p.200-210, 1997.

KRAMER, J. & VOORSLUYS, J. L. Silagem de milho úmido, uma opção para gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991. Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.257-261.

LAVEZZO, W. & PEIXOTO, A. M. Ensilagem do capim elefante. In: 10º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 6., 1993, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1993. p.169-275.

LIMA, G. J. M. M. et al. Determinação da composição química e do valor energético de silagem de grão úmido de milho para suínos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife, **Anais...** Recife: ABMS, 1998. p.277.

LIN, C. et al. Epiphytic microflora on alfalfa and whole-plant corn. **Journal Animal Science**, v.75, p.2484-2493, 1992.

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

LOPES, A. B.R. C. et al. Silagem de grãos úmidos de milho para suínos na fase inicial dos 8 aos 30 kg. **B. Industr. Anim.**, Nova Odessa, v.58, n.2, p.181-190, Julho, 2001a.

LOPES, A. B. R. C. et al. Silagem de grãos úmidos de milho para suínos nas fases de crescimento e terminação. **B. Industr. Anim.**, Nova Odessa, v.58, n.2, p.191-200, Julho, 2001b.

LOPES, A. B. R. C. **Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos nas fases inicial, de crescimento e de terminação**. 2000. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

McDONALD, P. et al. **The Biochemistry of Silage**. 2nd.ed. Merlow: Chalcombe Publications, 1991, 226p.

MORES, N. Fatores associados à ocorrência de úlcera esôfago-gástrica em suínos. In: Simpósio Latino Americano de nutrição animal e seminário sobre tecnologia da produção de rações. **Anais...**Campinas 1996. p.151-170.

MUCK, R.E. & PITT, R. E. **Progression of aerobic deterioration relative to the silo face**. In: Proc. 10th Silage Res. Conf., Dublin City University, Dublin, Ireland. 1993, p.28-39.

MUNARO, F. A. **Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo do farelo de arroz desengordurado em rações para frangos de corte**. 1993. 174 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

NOBLET, J. et al. Metabolic utilization of dietary energy and nutrients for maintenance energy requirements in sows: Basis for a net energy system. **British Journal Nutrition**, v.70, p.407-419, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of swine**. 10th.ed. Washington: National Academy Press, 1998, 189p.

OHSHIMA, M. & McDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. **Journal Science Food Agriculture**. v.29, p.497-505, 1977.

OLIVEIRA, R.P., et al. Valor nutritivo e desempenho de leitões alimentados com rações contendo silagem de grãos úmidos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.146-156, 2004.

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, Maringá, 2002.

OWENS, F. N. et al. The Effect of Grain Source and Grain Processing on Performance of Feedlot Cattle: A review. **Journal of Animal Science**, Champaing, v.75, n.3, p.868-879, 1997.

OWENS, F.N. & GOETSCH, A.L. Fermentacion ruminal. In: **El Rumiante Fisiologia Digestiva y Nutrición**. D.C. CHURCH (Editor). Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, Espanha. 1988, p.159-188.

RAJIC, I. & SEVKOVIC, N. Maize corn silage in fattened pigs. Slovakian. **Acta-Veterinária-Beograd**, Belgrade, v.38, n.4, p.201-208, 1988.

ROONEY, L.W. & PFLUGFELDER, R.L.R. Factors affecting starch digestibility with special emphairs on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1607-1623, 1986.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.

SARTORI, J.R. et al. Silagem de grãos úmidos de milho na alimentação de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.7, p.1009-1015, 2002.

SHUKKING, S. The history of silage making. **Stikstof**, v.19, p.2-11, 1976.

SOLOMON, T.E. Control of exocrine pancreatic secretion. In: JOHNSON, L.R. et al. (Eds.) **Physiology of the gastrointestinal tract**. 3th.ed. New York: Raven Press, 1994. p.1499-1529.

STOCK, R.A . et al. High-moisture corn utilization in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, n.4, p.1645-1656, 1991.

STUTE, R., Hydrothermal modification of starches: **The difference between annealing and heat/moisture – treatment**. **Starch/Stärke**, Weinheim, n.6, p.205-214,1992.

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

TORRES, R. A. Conservação de forragem. In: 3º CURSO DE PECUÁRIA LEITEIRA, 1984. Companhia Industrial e Comercial Brasileira. De Produtos Alimentares/NESTLÉ, 1984.

TSE, M. L. P. **Valor nutricional da silagem de grãos úmidos de milho com diferentes graus de moagem para leitões na fase de creche**. 2004. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

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

WEBER, E. J. Corn lipids. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.55, n.5, p.572-574, 1978.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 195p.

ZANOTTO, D. et al. Implicações da granulometria de ingredientes de rações sobre a produção de suínos e aves. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1995, Campinas. **Anais...**Campinas: CNBA, 1995. p.166.

APÊNDICES

Apêndice A – Valores individualizados de peso vivo, consumo de ração, excreção fecal e digestibilidade da matéria seca de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho

Parâmetros	Tratamentos											
	Dieta com grãos de milho seco						Dieta com silagem de grãos úmidos de milho					
	1	2	3	4	Média	dp ¹	1	2	3	4	Média	dp ¹
Peso vivo inicial, kg	44,95	44,65	48,25	50,75	47,15	2,90	42,30	47,90	49,05	49,15	47,10	3,25
Peso vivo final, kg	55,10	54,20	58,80	59,65	56,94	2,69	51,10	56,95	58,45	58,30	56,20	3,47
MS ingerida, Kg	8,99	8,91	9,30	9,45	9,16	0,25	8,37	9,15	9,16	9,15	8,96	0,39
MS excretada, Kg	1,13	1,15	1,19	1,07	1,14	0,52	1,05	1,23	1,12	1,12	1,13	0,76
CDMS, %	87,45	87,10	87,14	88,68	87,59	0,74	87,46	86,52	87,78	87,78	87,38	0,59
MS digestível, %	74,96	74,66	74,69	76,02	75,08	0,63	62,78	62,11	63,01	63,01	62,73	0,43

¹ Desvio padrão

Apêndice B – Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade do nitrogênio de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho

Parâmetros	Tratamentos											
	Dieta com grãos de milho seco						Dieta com silagem de grãos úmidos de milho					
	1	2	3	4	Média	dp ¹	1	2	3	4	Média	dp ¹
N ingerido, g/dia	48,51	48,07	50,18	50,99	49,44	1,38	44,08	48,20	48,28	48,17	47,18	2,06
N fecal, g/dia	6,68	7,04	7,06	5,88	6,66	0,55	6,34	6,27	6,72	5,22	6,14	0,64
N urinário, g/dia	16,04	10,90	9,10	19,63	13,92	4,81	10,63	19,31	17,57	19,92	16,86	4,27
N retido, g/dia	25,78	30,14	34,02	25,49	28,86	4,05	27,11	22,61	24,00	23,03	24,19	2,03
N absorvido, g/dia	41,83	41,04	43,12	45,12	42,78	1,78	37,74	41,93	41,56	42,94	41,04	2,28
N absorvido, %	86,23	85,36	85,93	88,48	86,50	1,37	85,62	87,00	86,09	89,15	86,96	1,57
CDPB, %	86,23	85,36	85,93	88,48	86,50	1,37	85,62	87,00	86,09	89,15	88,96	1,57
Proteína digestível, %	14,54	14,39	14,49	14,92	14,54	0,23	14,09	14,32	14,17	14,67	14,31	0,26
Ganho protéico, g/dia	161,15	188,35	212,63	159,30	180,36	25,28	169,46	141,34	149,97	143,91	151,17	12,72

¹ Desvio padrão

Apêndice C – Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade da energia de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho

Parâmetros	Tratamentos											
	Dieta com grãos de milho seco						Dieta com silagem de grãos úmidos de milho					
	1	2	3	4	Média	dp ¹	1	2	3	4	Média	dp ¹
E ingerida, kcal/kg/dia	7270	7205	7521	7643	7410	207	7029	7685	7697	7680	7523	329
E fecal, kcal/kg/dia	839	924	909	912	896	38	943	861	927	852	896	46
E urinária, kcal/dia	147	100	83	180	128	44	97	177	161	183	155	39
CDEB, %	86,98	85,26	85,54	87,24	86,25	0,99	85,92	86,18	86,52	87,59	86,55	0,73
E. digestível, kcal/kg/dia	3517	3447	3459	3527	3487	40,34	3608	3619	3633	3678	3634	30,88
CMEB, %	86,44	85,78	86,60	85,72	86,18	0,52	85,20	86,49	85,87	86,52	86,02	0,62
E metabolizável, kcal/dia	6284	6181	6529	6551	6386	183	5988	6646	6610	6645	6475	323
E retida, kcal/dia	3605	3528	3749	3736	3655	106	3448	3900	3839	3879	3766	214

¹ Desvio padrão

Apêndice D – Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade do fósforo de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho

Parâmetros	Tratamentos											
	Dieta com grãos de milho seco						Dieta com silagem de grãos úmidos de milho					
	1	2	3	4	Média	dp ¹	1	2	3	4	Média	dp ¹
P ingerido, g/dia	6,18	6,13	6,39	6,50	6,30	0,17	5,23	5,72	5,73	5,72	5,60	0,24
P fecal, g/dia	1,85	1,88	2,53	1,89	2,04	0,33	2,06	1,83	2,17	1,70	1,94	0,21
P retido, g/dia	4,33	4,24	3,87	4,61	4,26	0,31	3,17	3,88	3,51	4,01	3,66	0,37
P absorvido, %	70,10	69,28	60,49	70,98	67,71	4,86	60,62	67,92	62,12	70,18	65,21	4,57
CDP, %	70,10	69,28	60,49	70,98	67,71	4,87	60,62	67,92	62,12	70,18	65,21	4,57

¹ Desvio padrão

Apêndice E – Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade do extrato etéreo de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho

Parâmetros	Tratamentos											
	Dieta com grãos de milho seco						Dieta com silagem de grãos úmidos de milho					
	1	2	3	4	Média	dp ¹	1	2	3	4	Média	dp ¹
EE ingerido, g/dia	104,11	103,18	107,71	109,45	106,11	2,96	92,82	101,56	101,73	101,51	99,42	4,35
EE fecal, g/dia	23,36	33,05	30,26	49,84	34,11	11,25	24,77	23,37	25,30	21,55	23,75	1,67
EE retido, g/dia	80,81	70,14	77,45	59,61	72,00	9,38	68,12	78,19	76,43	79,96	75,60	5,24
CDEE, %	77,62	67,97	71,90	54,47	67,99	14,79	73,34	76,99	75,13	7,877	76,06	2,34

¹ Desvio padrão

Apêndice F – Valores individualizados do metabolismo e digestibilidade da fibra em detergente neutro de suínos alimentados com dietas contendo ou não silagem de grãos úmidos de milho

Parâmetros	Tratamentos											
	Dieta com grãos de milho seco						Dieta com silagem de grãos úmidos de milho					
	1	2	3	4	Média	dp ¹	1	2	3	4	Média	dp ¹
FDN ingerida, g/dia	282,53	279,02	291,26	295,96	286,94	13,94	277,62	303,53	304,65	303,36	297,14	26,03
FDN excretada, g/dia	97,39	89,97	90,42	80,345	89,53	7,01	77,20	89,92	82,89	89,50	84,800	6,05
CDFDN, %	65,41	67,76	68,96	72,86	68,74	3,11	72,19	70,38	72,74	70,50	71,45	1,19

¹ Desvio padrão