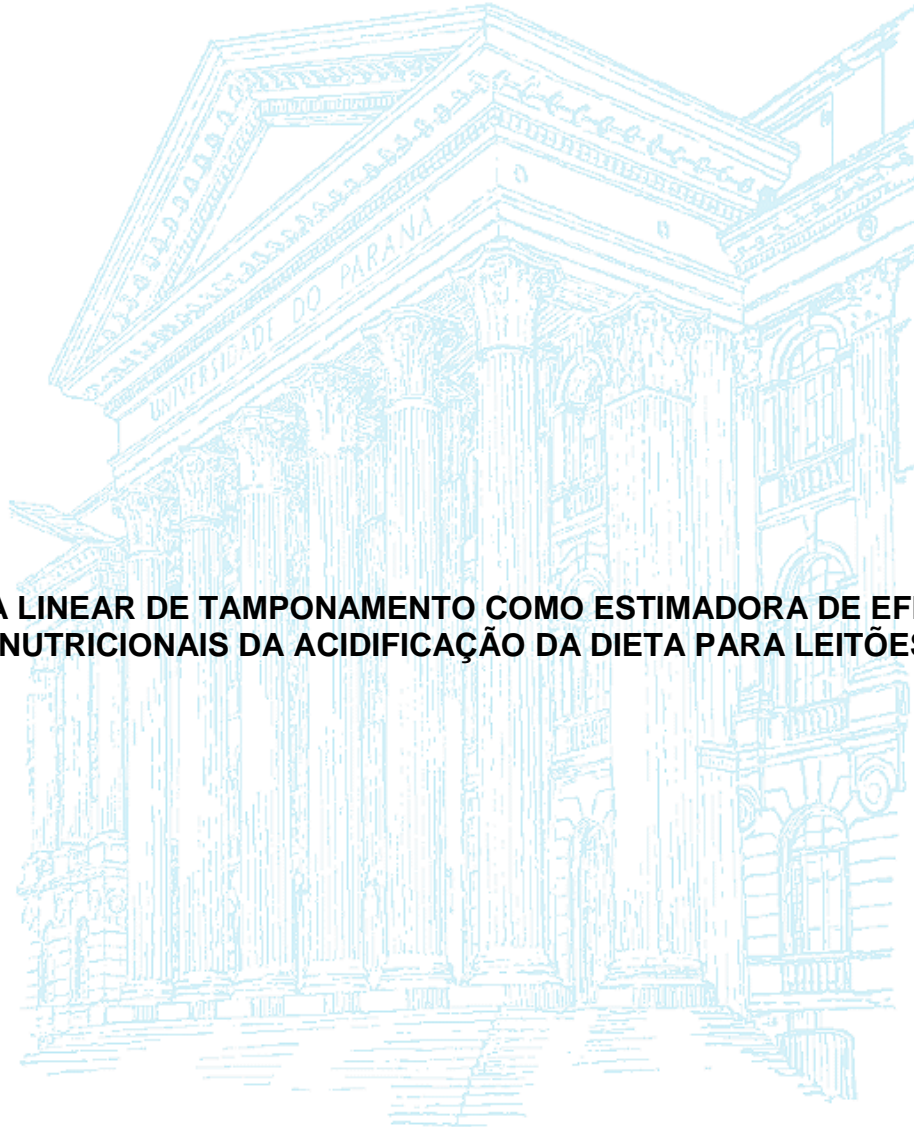


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ELAINE CRISTINA KRYGIEROWICZ

**TAXA LINEAR DE TAMPONAMENTO COMO ESTIMADORA DE EFEITOS
NUTRICIONAIS DA ACIDIFICAÇÃO DA DIETA PARA LEITÕES**



CURITIBA
2010

ELAINE CRISTINA KRYGIEROWICZ

**TAXA LINEAR DE TAMPONAMENTO COMO ESTIMADORA DE EFEITOS
NUTRICIONAIS DA ACIDIFICAÇÃO DA DIETA PARA LEITÕES**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná

Orientador: Prof. Dr. Marson Bruck Warpechowski

CURITIBA
2010

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada “**TAXA LINEAR DE TAMPONAMENTO COMO ESTIMADORA DE EFEITOS NUTRICIONAIS DA ACIDIFICAÇÃO DA DIETA PARA LEITÕES**” apresentada pela Mestranda **ELAINE CRISTINA KRYGIEROWICZ** declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou a candidata APTA para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 30 de abril de 2010

Professor Dr. Marson Bruck Warpechowski
Presidente/Orientador

Professor Dr. Antonio João Scandola
Membro

Professor Dr. Vladimir de Oliveira
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a toda minha família, principalmente, aos meus pais Edison (in memoriam) e Bertilha Krygierowicz e também ao meu irmão Sergio, por terem sido modelos de vida e dedicação.

Também não poderia faltar uma dedicatória especial ao meu noivo Rafael Komatsu que sempre foi o meu maior incentivador e colaborador durante os dois anos de mestrado.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Marson Bruck Warpechowski que além de todo auxílio prestado nas atividades práticas e no andamento da pesquisa, também me incentivou na busca dos meus ideais.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Antônio João Scandolera, e aos demais professores do Curso de Pós Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Paraná, por toda contribuição neste trabalho.

As mestrandas, Patricia Aparecida Basniak e Rosana Adriane Skorei Ferreira que compartilharam comigo todos os momentos do início ao término do mestrado, agradeço pela amizade, auxílio e companheirismo.

Agradecimento ao já mestre Luis Bisewski por ter sido de fundamental importância para andamento do experimento.

A todos os estagiários que participaram do experimento, principalmente durante o período interminável das análises de capacidade tamponante, pois sem o auxílio deles não seria possível o término do mestrado.

A todos do Laboratório de Nutrição Animal da UFPR que prestaram grande auxílio no desenvolvimento das análises bromatológicas.

Agradecimento especial a empresa financiadora SANEX Comércio e Indústria Veterinária Ltda. que viabilizou o desenvolvimento de toda pesquisa.

E por fim, mas não menos importante queria registrar o profundo agradecimento a Deus, aos meus familiares e ao meu noivo Rafael Komatsu, pois sem eles nada disso seria possível.

“Que os nossos esforços desafiem as impossibilidades. Lembrai-vos de que as grandes proezas da história foram conquistadas daquilo que parecia impossível.”

(Charles Chaplin)

RESUMO

A presente dissertação se baseia em dois trabalhos experimentais realizados para estudar a influência da capacidade tamponante (CT) dos alimentos sobre os efeitos nutricionais da acidificação da dieta para leitões em fase de desmame, ambos utilizando a medida taxa linear de tamponamento (TLT, mEq H⁺/g MS da dieta), desenvolvida na UFPR. O trabalho contém cinco capítulos: no primeiro está a introdução geral; no segundo a revisão de literatura sobre o funcionamento do trato gastrointestinal e a utilização de acidificante na dieta de leitões; no terceiro e quarto capítulo são apresentadas as duas pesquisas experimentais com leitões; e no quinto e último capítulo são apresentadas as considerações finais. No primeiro experimento foi avaliado o efeito da adição de níveis crescentes de acidificante em duas dietas diferentes, sobre o coeficiente de digestibilidade fecal aparente dos nutrientes (CD). Uma dieta foi formulada com farelo de soja e milho (FSM) e a outra com soja integral e milho cozido (SIMC), ambas contendo 0, 0,1 e 0,2% de acidificante comercial, uma mistura de ácido cítrico, fumárico e fosfórico. A dieta SIMC apresentou maior TLT ($P < 0,01$), característica que diminuiu linearmente nas duas dietas com o aumento no nível de acidificante ($P < 0,01$). Na média das dietas, o efeito da acidificação sobre o CD do resíduo mineral foi quadrático, maior com 0,1% ($P < 0,05$), com mesma tendência para o fósforo ($P < 0,07$) e comportamento semelhante, numericamente, para matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta. Com a dieta SIMC, o CD do cálcio ($P < 0,01$) e do extrato etéreo ($P < 0,04$) foi menor, com mesma tendência para a matéria seca ($P < 0,08$) e a proteína bruta ($P < 0,10$), mas o CD do fósforo e da fibra bruta foram maiores ($P < 0,01$). No segundo experimento, foi avaliado o efeito da adição de um acidificante comercial, micro-encapsulado com gordura, sobre a TLT e o pH da dieta e da digesta em diferentes segmentos do trato gastrointestinal, e o CD das frações nutricionais. O acidificante era composto de ácido fórmico, fumárico, cítrico, benzóico e láctico, e foi incluído nas dietas nas proporções de 0, 0,2, 0,4 e 0,6%. A dieta foi constituída basicamente por milho, farelo de soja e soro de leite doce, mais minerais, vitaminas e aminoácidos. A TLT da dieta diminuiu linearmente com a adição do acidificante ($P < 0,01$). O nível de Cloro no estômago aumentou linearmente ($P < 0,03$), enquanto o pH da digesta gástrica ($P < 0,02$) e duodenal ($P < 0,05$) respondeu de forma quadrática ao aumento na TLT da dieta, com pontos de mínimo respectivamente com TLT de 2,33 e 2,59 mEq H⁺/g MS, equivalente à adição 0,46 e 0,26% do acidificante. O aumento da acidificação da dieta não afetou o pH no íleo ($P > 0,40$), mas diminuiu linearmente o pH no ceco ($P < 0,02$). Houve efeito quadrático da TLT sobre o CD da matéria seca ($P < 0,04$), proteína bruta ($P < 0,01$), extrativo não nitrogenado ($P < 0,04$), fibra bruta ($P < 0,06$) e fibra em detergente ácido ($P < 0,03$), com valores de máximo entre 2,48 e 2,56 mEq H⁺/g MS, correspondentes à adição de 0,29 a 0,35% do acidificante utilizado. Os resultados confirmam as hipóteses de que o efeito da adição de acidificante depende da CT da dieta, que há uma faixa ótima de CT a ser alcançada para máximo aproveitamento de dietas por leitões, e que a TLT pode expressar satisfatoriamente essa característica e o efeito da acidificação *in vitro* e *in vivo*.

Palavras chave: acidificante, capacidade tamponante, digestibilidade, método laboratorial, suínos, trato gastrointestinal

ABSTRACT

This dissertation is based in two experimental studies conducted to evaluate the influence of the feeds buffering capacity (BC) on the nutritional effects of the diet acidification to piglets on weaning phase, both studies using the measure buffering linear rate (BLR, mEq H⁺/g DM of the diet), developed in the UFPR. This paper has five chapters: in the first there are the general introduction; in the second, a literature review about the function of the gastrointestinal tract and the use of acidifier in the piglet's diets; in the third and the fourth chapter are presented the two experimental researches with piglets; and, in the fifth and last chapter, is presented the final considerations. On the first experiment, it was evaluated the effect of the addition of increasing level of acidifier in two different diets, over the nutrients apparent fecal digestibility coefficient (DC). One diet was formulated with soybean meal and corn (SMC) and the other with cooked whole soybean and cooked corn (WSCC), both containing 0, 0.1 and 0.2% of a commercial acidifier, a mixture of citric, fumaric and phosphoric acids. The WSCC diet present the greater BLR ($P < 0.01$), characteristic that decreased linearly in the two diets with the increase of the acidifier level ($P < 0.01$). In average of the diets, the effect of the acidification over the DC of mineral residue was quadratic, bigger with the 0.1% level ($P < 0.05$), with the same tendency to the phosphorous ($P < 0.07$) and a similar behavior, numerically, for the dry matter, crude protein, ethereal extract and crude fiber. With the WSCC diet, the DC of the calcium ($P < 0.01$) and the ether extract ($P < 0.04$) were smaller, with the same tendency to the dry matter ($P < 0.08$) and the crude protein ($P < 0.10$), however the DC of the phosphorus and the crude fiber had been bigger ($P < 0.01$). In the second experiment, it was evaluated the effect of addition of a micro-encapsulated commercial acidifier with fat over the BLR and the pH of the diet and the digesta in different segments of the gastrointestinal tract and DC of the nutritional fractions. The acidifier was composed by formic, fumaric, citric, benzoic and lactic acids, and it was included as 0, 0.2, 0.4 and 0.6% of the diet, that was based on corn, soybean meal and sweet whey, more minerals, vitamins and amino acids. The dietary BLR decreased linearly with the acidifier addiction level ($P < 0.01$). The level of Cl in the stomach increased linearly ($P < 0.03$), whereas the pH of the gastric digesta ($P < 0.02$) and duodenal ($P < 0.05$) responded in a quadratic form to the increase of BLR of the diet, with minimum points respectively with the BLR of 2.33 and 2.59 mEq H⁺/g DM, equivalent to the addition of 0.46 and 0.26% of the acidifier. The increase of the acidifier in the diet did not affect the pH of the ileum ($P < 0.40$), but decreased linearly the pH of the cecum ($P < 0.02$). There was a quadratic effect of the BLR over the DC of the dry matter ($P < 0.04$), crude protein ($P < 0.01$), non-nitrogen extract ($P < 0.04$), crude fiber (0.06) and acid detergent fiber ($P < 0.03$), with maximum values range between 2.48 and 2.56 mEq H⁺/g DM, corresponding to the addition of 0.29 to 0.35% of the used acidifier. The results confirm the hypothesis that the effect of the addition of acidifier depends of the BC of the diet, that there is a good range of BLR to achieve to the maximum dietary use by piglets, and that the BLR can express satisfactorily this characteristics and the effect of the acidification *in vitro* and *in vivo*.

Keywords: acidifier, buffering capacity, digestibility, gastrointestinal tract, laboratorial method, pigs

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 4:

- Figura 4.1 Efeito da taxa linear de tamponamento da dieta (TLT) sobre o pH e o Cloro da digesta gástrica. Linha contínua: efeito quadrático ($y = 34,26 - 26,96x + 5,78x^2$; $r^2 = 63,28$; $P < 0,019$); Linha tracejada: efeito linear ($y = 0,14 + 0,45x$; $r^2 = 57,65$; $P < 0,025$) 33
- Figura 4.2 Efeito da taxa linear de tamponamento (TLT) da dieta sobre o pH do conteúdo duodenal e sobre os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), do extrativo não nitrogenado 1 (ENN1, calculado com FB) e do extrativo não nitrogenado 2 (ENN2, calculado com FDN) 35
- Figura 4.3 Efeito da taxa linear de tamponamento (TLT) da dieta sobre os coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica (CDMO) da matéria seca (CDMS) e da energia bruta (CDEB).....38
- Figura 4.4 Efeito da taxa linear de tamponamento (TLT) da dieta sobre o pH do conteúdo cecal e sobre os coeficientes de digestibilidade da fibra bruta (CDFB) e da fibra em detergente ácido (CDFDA) 40

Capítulo 5:

- Figura 5.1 Efeito da taxa linear de tamponamento (TLT) das dietas do experimento 1 (Capítulo 3) e do experimento 2 (Capítulo 4) sobre o coeficiente de digestibilidade da matéria seca (dados não ajustados) 48

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2:

Tabela 2.1 - Propriedades físico-químicas dos ácidos mais utilizados como acidificantes	6
---	---

Capítulo 3:

Tabela 3.1 - Relação dos ingredientes e composição nutricional das dietas de farelo de soja e milho (FSM) e soja integral e milho cozido (SIMC) na matéria natural	15
Tabela 3.2 - Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes em % e taxa linear de tamponamento (TLT) expresso em mEq H+/g MS das dietas experimentais e dos diferentes níveis de acidificante	17
Tabela 3.3 - Coeficientes de correlação entre o coeficiente de digestibilidade (CD) dos nutrientes e a taxa linear de tamponamento (TLT)	20

Capítulo 4:

Tabela 4.1 - Relação dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais na matéria natural	29
Tabela 4.2 – Equações de regressão dos nutrientes com TLT ótima calculada expressa em mEq H+/g MS e o nível de ácido ótimo correspondente	39
Tabela 4.3 – Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CD) em % de acordo com a taxa linear de tamponamento (TLT) das dietas experimentais.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CD	Coeficientes de digestibilidade fecal aparente
Cz	Cinzas
EE	Extrato etéreo
ENN1	Extrato não nitrogenado 1 (calculado com FB)
ENN2	Extrato não nitrogenado 2 (calculado com FDN)
EB	Energia bruta
FB	Fibra bruta
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
HEM	Hemicelulose
MS	Matéria seca
MO	Matéria orgânica
PB	Proteína bruta
CDCz	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente das cinzas
CDEE	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente do extrato etéreo
CDENN1	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente do extrativo não nitrogenado 1
CDENN2	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente do extrativo não nitrogenado 2
CDEB	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente da energia bruta
CDFB	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente da fibra bruta
CDFDA	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente da fibra em detergente ácido
CDFDN	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente da fibra em detergente neutro
CDHEM	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente da hemicelulose
CDMS	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente da matéria seca
CDMO	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente da matéria orgânica
CDPB	Coeficiente de digestibilidade fecal aparente da proteína bruta
Cl	Cloro
HCl	Ácido clorídrico
CT	Capacidade tamponante

pH	Potencial hidrogeniônico
pka	Constante de dissociação de íons de hidrogênio
TLT	Taxa linear de tamponamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	Trato digestório de leitões desmamados	3
2.2	Acidificantes e Capacidade Tamponante (CT).....	5
2.3	Referências.....	8
3	DIGESTIBILIDADE DE DIETAS FORMULADAS COM SOJA INTEGRAL DESATIVADA E MILHO COZIDO COM OU SEM ACIDIFICANTE PARA SUÍNOS.....	11
3.1	Introdução.....	13
3.2	Material e Métodos.....	14
3.3	Resultados e Discussão.....	17
3.4	Conclusões	22
3.5	Referências.....	23
4	DIGESTIBILIDADE FECAL E pH DO TRATO GASTROINTESTINAL DE DIETAS ACIDIFICADAS PARA LEITÕES DESMAMADOS.....	25
4.1	Introdução.....	27
4.2	Material e Métodos.....	28
4.3	Resultados e Discussão.....	32
4.4	Conclusões	43
4.5	Referências.....	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
6	ANEXOS	49

1 INTRODUÇÃO GERAL

A busca por aumento de produtividade leva os produtores a realizar a desmama de leitões cada vez mais precoce, o que pode acarretar estresse principalmente de ordem nutricional. Os leitões desmamados precocemente apresentam o sistema gastrointestinal imaturo, com baixa secreção de HCl e conseqüentemente secreção enzimática insuficiente. A soma destes fatores pode acarretar em desordens digestivas de ordem nutricional e patológicas, relacionadas ao desenvolvimento de microorganismos patogênicos ao longo do trato digestório. Para compensar os efeitos negativos da produção insuficiente de HCl no trato digestório dos leitões recém desmamados, inúmeras alternativas nutricionais são constantemente propostas, e uma delas é a utilização de dietas acidificadas.

Os objetivos esperados com a adição de acidificantes (ácidos orgânicos e/ou inorgânicos) em dietas de leitões jovens se baseiam em: redução do pH estomacal, aumento da atividade enzimática e controle da flora bacteriana, contribuindo para o incremento da digestibilidade, crescimento animal e saúde intestinal. Mas para alcançar estes objetivos é necessário levar em consideração: a idade dos animais, a composição da dieta e do acidificante, a presença ou ausência de antimicrobianos e ainda características físico-químicas dos ingredientes da dieta. Uma das características físico-químicas de fundamental importância para formulação de dietas para leitões recém-desmamados é a capacidade tamponante (CT), pois é uma propriedade que pode influenciar a resposta do acidificante no trato gastrointestinal do animal. O método mais utilizado para avaliar a capacidade tamponante dos ingredientes é o chamado *b-value*, porém este método não estima com precisão suficiente a CT de dietas completas a partir da CT dos ingredientes da mistura. Em estudos realizados na UFPR foi evidenciado que realizando ajustes das curvas de titulação dentro da faixa de pH fisiológico é possível obter parâmetros linearizados que apresentarão maior aditividade, e este processo de linearização foi denominado de taxa linear de tamponamento (TLT). Diversos experimentos *in vitro* já foram realizados com o intuito de verificar a capacidade tamponante dos ingredientes da dieta e os níveis de ácidos orgânicos

necessários para leitões desmamados, porém a maioria dos métodos empregados não representa o real comportamento desses ingredientes no trato gastrointestinal do leitão. Desta forma justifica-se a necessidade de estudar *in vivo* o efeito da inclusão de acidificantes no trato gastrointestinal dos leitões, levando em consideração a capacidade tamponante dos ingredientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Trato digestório de leitões desmamados

Desde o nascimento até o desmame, o sistema digestório dos leitões é adaptado para secretar as enzimas (lactase, protease, lípase) necessárias para digestão do leite. Durante o período de aleitamento o principal acidificante do estômago do leitão é o ácido láctico produzido pela fermentação da lactose, enquanto que a produção de ácido clorídrico é mínima (Bünzen, 2006). Barrow et al. (1977) afirmam que o ácido láctico pode inibir a produção de ácido clorídrico do leitão lactente. No entanto é interessante fisiologicamente para o leitão produzir pouco ácido clorídrico nessa fase para que não ocorra uma desnaturação das imunoglobulinas presentes no leite. Além disso, o leite é um alimento facilmente digerido mesmo em pH mais elevado, pois é um alimento mais favorável ao ataque enzimático (Barrow, 1977). Porém, no período de desmame, os animais passam da amamentação para uma alimentação seca e menos digestível (Hansen et al., 1993), período em que o sistema digestório ainda está inadaptado para troca da dieta. Desta forma os leitões recém-desmamados não estão fisiologicamente preparados para ingestão de dietas à base de vegetais, principalmente devido à limitada produção HCl estomacal (Gabert et al., 1995).

Os mecanismos que regulam a secreção de ácido gástrico envolvem uma complexa interação de estímulos neurais, hormonais e nutricionais (composição química e física da dieta) e são mediados pela histamina, gastrina e acetilcolina, que atuam diretamente nas células parietais (Lewis e Southern, 2001). De acordo com Bacila (1980) o suco gástrico é formado principalmente por HCl e duas enzimas proteolíticas, a pepsina e a renina. De acordo com o mesmo autor a renina (também conhecida como quimiosina) é especializada na coagulação da caseína do leite, e esta enzima atinge seu auge nos primeiros dias após o nascimento, e depois diminui, sendo substituída pela pepsina, que vem a ser a principal protease gástrica. O HCl que proporciona pH adequado para a ação da pepsina, pois ativa o pepsinogênio a pepsina.

Desta forma, o objetivo principal da digestão gástrica, além de destruir a integridade física do alimento, é também ativar enzimas específicas, pois a maioria das reações enzimáticas ocorre em pH baixo (Moran Jr., 1982). Barrow et al. (1977) relataram que a época para início da secreção gástrica em leitões parece ser variável, já Martins et al. (2006) afirmam que o pH do estômago dos suínos varia conforme a idade, de aproximadamente 4,20 (alto) para animais de 10 dias, a 2,80 (ideal) para animais de 60 dias. Logo, pode-se deduzir que o aproveitamento de alimentos sólidos para leitões desmamados aos 21 dias de idade é reduzido em razão da pequena capacidade de hidrólise desses alimentos.

Por outro lado, o pH da digesta estomacal e intestinal pode ser influenciado pela capacidade tamponante (CT) do alimento ingerido (Gabert et al., 1995) e, portanto, esta característica físico-química pode interferir nos processos digestivos. No caso de leitões recém desmamados, estes apresentam o pH estomacal fortemente afetado pela capacidade tamponante da dieta, o que pode refletir em aumento de populações bacterianas indesejáveis, comprometendo o estado sanitário dos animais (Gabert et al. 1995). Andriquetto et al. (1981) informam que o ácido clorídrico exerce também uma função antisséptica importante sobre os microorganismos ingeridos com o alimento. Portanto, a fase da desmama pode ser considerada crítica, visto que o pH estomacal elevado nesta fase é desfavorável, pois além de prejudicar a digestão gástrica pode propiciar proliferação microbiana patogênica e conseqüentemente ocasionar diarreias nos animais (Li et al., 2008).

Com o intuito de minimizar os efeitos negativos do elevado pH gástrico de leitões jovens vem sendo empregado há algumas décadas o uso de acidificantes nas dietas destes animais.

2.2 Acidificantes e Capacidade Tamponante (CT)

Muitos países, inclusive o Brasil, já possuem proibições para a utilização de alguns antibióticos promotores de crescimento na alimentação animal, devido principalmente a resistência aos antibióticos e os resíduos que podem permanecer nos produtos de origem animal. Devido a isso vem se buscando alternativas ao uso desses antibióticos, sendo a adição de acidificantes nas dietas pré-iniciais uma delas.

A utilização de ácidos para preservação de alimentos e bebidas já é empregada há séculos, porém seu uso na produção animal tem sido mencionado há poucas décadas como acidificantes de dietas, preservando contra a ação fúngica e bacteriana (Gabert, 1995). Acidificantes podem ser definidos como ácidos orgânicos ou inorgânicos adicionados a dieta, visando a redução do pH do trato digestório para facilitar a digestão e controlar a flora microbiana (Bellaver, 2005). Muitos trabalhos já evidenciaram os benefícios da inclusão de acidificantes nas dietas de leitões desmamados, melhorando o desempenho zootécnico e os coeficientes de digestibilidade (Blank et al., 1999; Corassa et al., 2006; Falkowski e Aherne, 1984; Freitas et al., 2006; Mroz, et al., 2000). Além disso, de acordo com Bellaver (2005) já existem alguns consensos sobre a acidificação da dieta de leitões jovens, como o uso para: conservação dos ingredientes e rações, redução do pH estomacal, aumento da ação da pepsina diminuindo a taxa de esvaziamento do estômago e ainda a redução da proliferação de patógenos.

De acordo com Rocha (2006), existem diferenças consideráveis na forma de ação dos ácidos orgânicos. De acordo com o mesmo autor, cada acidificante pode apresentar benefícios diferentes devido a suas características químicas particulares e também da capacidade acidificante de cada um no trato digestório. Dessa forma, Rocha (2006) acrescenta que utilizar misturas de ácidos nas rações pode ser mais eficiente do que quando utilizados isoladamente. Segundo Bellaver (2005) a quantidade de acidificante adicionada à ração dependerá do pH do trato gastrointestinal e da capacidade tamponante dos ingredientes da dieta. O valor de pH de uma solução é uma função matemática que indica a quantidade de íons H^+ presentes em solução, sendo calculado pela equação $pH = -\log [H^+]$ (Van Slyke, 1922), então quanto

maior a quantidade de H⁺ liberados no meio mais ácida se torna a solução e maior é sua constante de acidez (ka). Os ácidos que doam mais de um próton têm constantes de acidez para cada ionização, desta forma, é possível definir o pka de um ácido, sendo o logaritmo do inverso do ka, ou seja, $pka = \log 1/[ka]$.

O pka é uma grandeza que permite saber a força de um ácido de forma mais precisa que pelo ka, quanto menor o pka, maior ionização e mais forte é o ácido (Previdello, et al.,2006). Já a capacidade tamponante (CT) segundo Van Soest et al. (1991) é definida como a facilidade de uma molécula reter ou trocar cátions por H⁺, conforme o pH do meio onde ela se encontra. Na Tabela 2.1 é relacionada as propriedades físico-químicas dos ácidos mais utilizados como acidificantes de dietas.

Tabela 2.1 - Propriedades físico-químicas dos ácidos mais utilizados como acidificantes

Ácido	Acidez pK _a ¹	Peso molecular (g/mol)
Acético	4,75	60,1
Fórmico	3,75	46,0
Fosfórico	2,12/7,21/12,67	98
Fumárico	3,03/4,38	116,1
Propiônico	4,88	74,1
Lático	3,88	90,1
Cítrico	3,14/4,76/6,39	210,1
Sórbico	4,76	112,1

¹pKa = - log Ka

Fonte: Adaptado de Roth, (2000)

O método comumente utilizado para medir a CT de alimentos para leitões avalia a taxa linear de queda de pH em titulação direta entre o pH inicial da amostra em solução e o pH 5 ou 4, chamado por alguns autores de b-value (Ooijen, 2002). Esse método resulta em baixa correlação entre o pH e a CT da dieta medida “in vitro” e o pH e a CT da digesta “in vivo”, e muitas vezes não permite estimar com precisão suficiente a CT de dietas completas a partir da CT dos ingredientes da mistura (Oliveira Jr. e Warpechowski, 2007). Esses problemas podem ser resultantes de alguns aspectos, como:

a) as curvas de titulação para determinação da CT dos alimentos apresentam formato não linear, com a maior intensidade de curvatura na faixa de pH entre 4 e 2,5, o que torna a medida não aditiva nessa faixa de pH, sendo

que é justamente a faixa de pH que fisiologicamente inibi o desenvolvimento de microorganismos patogênicos (Giger-Reverdin et al., 2002);

b) a medição da CT em uma determinada faixa de pH não apresenta necessariamente correlação com a CT em outra faixa de pH, pois essa característica depende do pK dos componentes químicos dos alimentos (Warpechowski e Ciocca, 2006);

c) a medição da CT em amostras integrais do alimento não corresponde a CT da digesta em todo o trato digestório, uma vez que as frações digestíveis estão sendo absorvidas ao longo do mesmo.

Esses pontos dificultam a predição do pH e da CT da digesta a partir da avaliação da CT dos ingredientes, devido à falta de aditividade e de correlação entre as medidas “in vitro” e “in vivo”. Diversas outras medidas também têm sido utilizadas na nutrição animal, como a capacidade de troca catiônica (McBurney et al., 1983; Warpechowski e Silva, 2006), o índice tampão (Gabert et al., 1995), a acidez e a alcalinidade tituláveis (McBurney et al., 1983; Giger-Reverdin et al., 2002; Warpechowski et al., 2005; Warpechowski e Ciocca, 2006), entre outras. Entretanto, embora o reconhecimento da não linearidade da curva de titulação por alguns desses autores (Giger-Reverdin et al., 2002; Warpechowski e Ciocca, 2006), não foram encontrados na literatura tentativas de desenvolver medidas lineares. Porém, de acordo com Oliveira Jr. e Warpechowski (2007), realizando ajustes das curvas de titulação dentro da faixa de pH fisiológico (8,0 ao 2,0) utilizando funções não lineares como as exponenciais, é possível obter parâmetros linearizados que irão apresentar maior aditividade, sem alterar a classificação do ingrediente quanto a CT. A esta medida linearizada das curvas de titulação foi denominado taxa linear de tamponamento (TLT). Esta medida foi obtida como o inverso da inclinação da regressão linear entre a medida linearizada do pH, calculada como $EXP(1/pH)$, e a adição acumulada de HCl em cada intervalo. De acordo com Oliveira Jr. e Warpechowski (2007), por meio de medidas potencialmente aditivas podemos estimar o valor de dietas completas a partir do valor dos ingredientes da mistura. Além disso, segundo os mesmos autores, a utilização de medidas lineares e aditivas permitiria testar a possibilidade de estimar a CT a partir de equações múltiplas com base em variáveis da composição bromatológica dos alimentos.

2.3 Referências

- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. As bases e os fundamentos da nutrição animal, **Nutrição Animal**, ed. Nobel. v.1, cap.3, p.41-63, 1981.
- BACILA, M. **Bioquímica Veterinária**. São Paulo: J. M. Varela livros. 534p, 1980.
- BARROW, P. A.; FULLER, R.; NEWPORT, M. J. Changes in the microflora and physiology of the anterior intestinal tract of pigs weaned at 2 days, with special reference to the pathogenesis of diarrhea. **American Society for Microbiology**, Vol. 18, n. 3, p. 586-595, 1977.
- BELLAVER, C. Utilização de melhoradores de desempenho na produção de suínos e de aves – **Embrapa Suínos e Aves** – Concórdia-SC, 2005. Disponível em: < www.cnpsa.embrapa.br > , Acesso em 10/01/2010.
- BLANK, R.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; HUANG, S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, 1999.
- BÜNZEN, S., 2006. Capacidade tampão das rações para suínos. **Boletim Técnico**, Disponível em <www.serrana.com.br/Acesso> Acesso em 20/12/2009.
- CORASSA, A.; LOPES, D.C.; OSTERMANN, J.D.; SANFELICE A. M.; TEIXEIRA, A. O.; SILVA, G. F.; PENA, S. M. Níveis de ácido fólico em dietas contendo ácido fórmico para leitões de 21 a 48 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.462-470, 2006.
- FALKOWSKI, J.F.; AHERNE, F.X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign - v.58, p.935-938, 1984.
- FREITAS, L.S.; LOPES, D.C.; FREITAS, A.F.; CARNEIRO, J.C.; CORASSA, A.; PENA, S. M.; COSTA, L.F. Avaliação de ácidos orgânicos em dietas para leitões de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1711-1719, 2006 (supl.).
- GABERT, V.M.; SAUER, W.C.; SCHMITZ, M.; AHRENS, F.; MOSENTHIN, R. The effect of formic acid and buffering capacity on the ileal digestibilities of amino acids and bacterial populations and metabolites in the small intestine of weanling pigs fed semipurified fish meal diets. **Journal of Animal Science**, v.75, p.615-623, 1995.
- GIGER-REVERDIN, S.; DUVAUX-PONTER, C.; SAUVANT, D.; MARTIN, O.; PRADO, I.N.; MÜLER, R. Intrinsic buffering capacity of feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.96, p. 83-102, 2002.

- HANSEN J. A.; NELSSSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; WEEDEN, T. L. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, vol. 71, n.7, p. 1853-1862, 1993.
- LEWIS, J.A.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2th edition, CABI publishing, 1009p.,2001.
- LI, Z.; YI, G.; YIN, J.; SUN, P.; LI, D.; KNIGHT, C. Effects of organic acids on growth performance, gastrointestinal pH, intestinal microbial populations and immune responses of weaned pigs. Asian Australasian **Journal of Animal Sciences**, v.21, n.2, p. 252-261, 2008.
- MARTINS, A.D.O., et al., Resistência de bactérias lácticas, isoladas de fezes de suínos e sua capacidade antagônica frente a microorganismos indicadores. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lajes, v.5, n.1, p. 53-59, 2006.
- McBURNEY, M.I, VAN SOEST, P.J., CHASE, L.E., Cation exchange capacity and buffering capacity of neutral-detergent fibers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 34, p. 910-916, 1983.
- MORAN Jr., E.T. **Comparative Nutrition of fowl and Swine**. The Gastrointestinal Systems. Copyright in 1982, distributed by Office for Educational Practice – University of Guelph – Guelph, Ontario N1G 2W1, Canada.
- MROZ, Z., JONGBLOED, A. W., PARTANEN, K. H., VREMAN, K., KEMME, P. A., and KOGUTTHE, J. Effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal of Animal Science**, 2000. 78:2622–2632.
- OLIVEIRA Jr, J.M.; WARPECHOWSKI, M.B. Avaliação da aditividade de medida linearizada da capacidade tamponante da fibra em alimentos. In: **I SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE OVINOS E CAPRINOS**. 2007, Curitiba, anais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.
- OOIJEN, V.; Quais os Efeitos do Calprona – P adicionado à ração. ED. VERDGUT, **Comunicado Técnico**, 2002.
- PREVIDELLO, B.A.F.; CARVALHO, F.R.; TESSARO, A.L.; SOUZA, V.R.; HIOKA, N. O pKa de indicadores ácido-base e os efeitos coloidais. **Química Nova**, vol.29 n.3 São Paulo Maio/Junho 2006.
- ROCHA, E.V.H. da, Utilização de ácidos orgânicos e fitase em rações para leitões dos 7 aos 20 kg. **Dissertação (Mestrado)**, Lavras: UFLA, 2006. Disponível em: < http://bibtede.ufla.br/tede/tde_arquivos/9/TDE-2006-10-03T051200Z-418/Publico/DissertacaoErika.pdf > Acesso em 20/12/2009.

- ROTH, F. X. Ácidos orgánicos em nutrición Porcina: eficacia y modo de acción. In: **XVI Curso de Especialización**. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal- FEDNA, p.169-181, 2000.
- VAN SLYKE, D. D. On the measurement of buffer value to the dissociation constant of the buffer and the concentration and reaction of the buffer solution. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 52, n. 2, p. 525-570, 1922.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. Savoy, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WARPECHOWSKI, M.B.; CIOCCA, M. L.S. Propriedades físico-químicas da fibra em detergente neutro de alimentos isolados e misturados. **Archives of Veterinary Science**, v.11, n.1, p.23-26, 2006.
- WARPECHOWSKI, M.B.; PINHEIRO, C.C.; CIOCCA, M.L.S. Propriedades físico-químicas da fibra em detergente neutro de diferentes palhas de trigo. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.3, p.38-41, 2005.
- WARPECHOWSKI, M.B.; SILVA, D.A. Modificação de técnica de determinação da capacidade de troca catiônica da fibra em detergente neutro de alimentos. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 2, p. 30-33, 2006.

3 DIGESTIBILIDADE DE DIETAS FORMULADAS COM SOJA INTEGRAL DESATIVADA E MILHO COZIDO COM OU SEM ACIDIFICANTE PARA SUÍNOS

RESUMO

Foi avaliado o efeito da adição de 0, 0,1 e 0,2% de acidificante comercial (ácido cítrico, fumárico e fosfórico), em duas dietas, uma formulada com farelo de soja e milho (FSM) e outra com soja integral e milho cozido (SIMC), sobre o coeficiente de digestibilidade fecal aparente (CD) dos nutrientes. Foram utilizadas 18 leitões com idade média de 40 dias e peso vivo médio de 14,7 kg, alojadas em gaiolas metabólicas. Foi utilizado delineamento completamente casualizado, com arranjo fatorial 3x2 (três níveis de acidificante e duas dietas), com três repetições por tratamento. A capacidade tamponante (CT) das dietas foi avaliada pela taxa linear de tamponamento (TLT). Não houve efeito significativo da interação entre os níveis de acidificante e as dietas ($P > 0,05$). A inclusão de 0,1% de acidificante melhorou o CD das CZ ($P < 0,05$), com mesma tendência para o P ($P < 0,07$), sem efeito sobre a MS, PB, EE, FB e Ca ($P > 0,24$). O uso da SIMC resultou em pior CD do Ca ($P < 0,002$) e do EE ($P < 0,044$), com mesma tendência para MS ($P < 0,073$) e PB ($P < 0,098$). Entretanto, na dieta SIMC o CD foi melhor para a FB e para o P ($P < 0,001$). A TLT diminuiu linearmente com a adição de acidificante ($P < 0,001$) e foi maior para a dieta SIMC ($P < 0,001$), apresentando correlação positiva com o CD da FB ($r = 0,61$; $P < 0,01$) e negativa com o CD do Ca ($r = -0,63$; $P < 0,01$). Em geral, o CD da dieta FSM e da dieta SIMC foi bastante elevado, indicando que a utilização de soja integral desativada pode substituir o farelo de soja em dietas iniciais, enquanto que o processamento térmico do milho pode ser dispensado.

PALAVRAS-CHAVE: ácido, milho cozido, soja integral desativada, suínos, taxa linear de tamponamento

DIGESTIBILITY OF THE DIETS FORMULATED WITH WHOLE DISABLED SOYBEAN AND COOKED CORN WITH OR WITHOUT ACIDIFIER FOR PIGS

ABSTRACT

It was evaluated the effect of the addition of 0, 0.1 and 0.2% of commercial acidifier (acid citric, fumárico and phosphoric), on two diets, one formulated with soybean bran and corn (SBC) and the other with whole soybean and cooked corn (WSCC), over the apparent fecal digestibility coefficient of the nutrients (DC). Eighteen gilts with average age of 40 days and mean live weight of 14.7 kg, housed in individual metabolic cages, had been used. A completely randomized design was used, with 3x2 factorial arrangement (three acidifier levels and two diets), with three replicates per treatment. The diets buffer capacity (BC) was evaluated by the buffering linear rate (BLR). There was no significant interaction between the acidifier level and the diet ($P>0.05$). The inclusion of the 0.1% of acidifier increases the DC of the ash ($P<0.05$), with the same tendency for P ($P<0.07$), with no effect on the DM, CP, EE, CF and Ca ($P>0.24$). The use of the WSCC diet resulted in worse DC for Ca ($P<0.002$) and EE ($P<0.044$), with the same tendency for DM ($P<0.073$) and CP ($P<0.098$). Otherwise, on the WSCC diet, the DC was better for CF and P ($P<0.001$). The BLR diminished significantly with the addition of acidifier ($P<0.001$) and was bigger for the WSCC ($P<0.001$), presenting positive correlation with the DC of the CF ($r=0.61$; $P<0.01$) and negative with the DC of Ca ($r=-0.63$; $P<0.01$). Generally, the DC of the SBC and the WSCC diet was quite high, indicating that the use of whole disabled soybean can replace the soybean bran in initial diets, meanwhile the thermal process can be dismissed.

KEY WORDS: acid, pre-cooked corn, whole disabled soybean, pigs, linear rate of tamponade

3.1 Introdução

A nutrição animal tem por objetivo atender os requerimentos nutricionais para que os animais possam expressar todo o seu potencial produtivo, levando em consideração a fisiologia animal e as características físico-químicas dos ingredientes utilizados nas dietas. A soja e o milho são os ingredientes mais utilizados na alimentação animal, por serem de origem vegetal e possuírem alto teor de proteína (soja) e energia (soja e milho), porém a presença de fatores antinutricionais na soja limita o seu uso *in natura* (Mendes et al., 2004). Existem diversos processamentos realizados na soja integral (extrusão, cozimento, hidrólise ácida ou enzimática), visando facilitar a ação das enzimas digestivas por promoverem alterações na estrutura química dos nutrientes (Ebert et al., 2005), assim como, atuar reduzindo a presença dos fatores antinutricionais (Brito et al., 2006).

Além do processamento dos ingredientes, uma alternativa promissora que pode contribuir para aumento da digestibilidade é a utilização de acidificantes. Penz Jr. (1991) relata que a inclusão de ácidos orgânicos nas dietas de leitões atuará na redução do pH estomacal e conseqüentemente na melhora da digestibilidade dos nutrientes, na redução do crescimento de microorganismos e no aumento da atividade de determinadas enzimas.

A baixa capacidade tamponante (CT) dos ingredientes das dietas é uma característica físico-química importante para que o trato digestório do animal possa ser acidificado e para que as enzimas digestivas sejam adequadamente ativadas (Bünzen, 2006). A CT dos ingredientes da dieta depende de diversos fatores (lote dos ingredientes, qualidade da dieta, etc.) e pode ser mensurada de várias formas. O método comumente utilizado para avaliar a CT de alimentos para leitões é chamado por alguns autores de *b-value* (Ooijen, 2002), entretanto, existem autores (Giger-Reverdin et al., 2002; Warpechowski e Ciocca, 2006) que reconhecem a não linearidade das curvas de titulação deste método. Estudos na UFPR desenvolveram uma nova medida de CT que foi denominada Taxa Linear de Tamponamento (TLT), na qual é possível obter parâmetros linearizados que irão apresentar maior aditividade, sem alterar a classificação do ingrediente quanto a CT (Bockor, et al., 2007 e Bockor, 2009).

O objetivo foi verificar o efeito da inclusão de acidificante na digestibilidade fecal de dietas formuladas com soja integral desativada e milho cozido fornecidos para leitões com 40 dias de idade. Além de verificar o comportamento da adição de acidificante sobre a capacidade tamponante de dietas complexas de alto nível nutricional formuladas com ingredientes comuns ou pré-cozidos.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações da unidade de digestibilidade do setor de suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná, em agosto de 2007. Foram utilizadas 18 leitões com idade média de 40 dias e peso vivo médio de 14,7 kg, alojadas individualmente em gaiolas metabólicas. Foram formuladas duas dietas, uma com farelo de soja e milho (FSM), e a outra com soja integral e milho cozido (SIMC), e demais ingredientes, ambas adicionadas de 0, 0,1 e 0,2% de acidificante comercial. A soja e o milho da dieta SIMC foram autoclavados (1kgF/m^2 de pressão e 100°C de temperatura) durante 15 minutos para o milho e 10 minutos para a soja crua, seguido por secagem em secador de fluxo contrário com homogeneizador central. Após a secagem o milho e a soja foram moídos em moinho a martelo com peneira de 1 e 2 mm, respectivamente. O acidificante utilizado foi um composto formado pela combinação de ácido cítrico, ácido fumárico e ácido fosfórico, preparado na forma de pó para ser adicionado à ração farelada. As dietas foram balanceadas para atender as exigências nutricionais dos leitões na fase de creche, segundo recomendações feitas no Brasil por Rostagno et al. (2005), cuja composição é apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Relação dos ingredientes e composição nutricional das dietas de farelo de soja e milho (FSM) e soja integral e milho cozido (SIMC) na matéria natural

Ingredientes	FSM (%)	SIMC (%)
Milho 8%	43,90	-
Milho cozido	-	38,58
Farelo de soja 45%	22,00	-
Soja integral desativada 35%	-	29,92
Óleo de soja	2,50	-
Açúcar	5,00	5,00
Plasma AP920	5,00	5,00
Leite pó desnatado	7,50	7,50
Soro de leite doce	10,63	10,63
Calcário	1,16	1,12
Fosfato Bicálcico	0,83	0,79
Sal comum	0,03	0,03
Caolim (inerte)	1,00	1,00
L-treonina 98,5%	0,07	0,06
L-lisina 78%	0,19	0,16
DL-Metionina 99%	0,10	0,12
Cloreto de colina	0,07	0,07
BHT	0,02	0,02
Mistura vitamínica ¹	0,10	0,10
Mistura mineral ²	0,10	0,10
Acidificante ³	-	-
Composição nutricional analisada		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.503	3.512
Matéria Seca, % (MS%)	90,50	88,59
Proteína Bruta, % (PB%)	19,56	20,08
Extrato Etéreo, % (EE%)	6,39	9,02
Cinzas, % (CZ%)	6,57	5,60
Fibra Bruta, % (FB%)	2,99	3,84
Cálcio, % (Ca%)	1,00	0,77
Fósforo, % (P%)	0,52	0,50
TLT (mEq H+/g MS) ⁴	2,911	3,302

¹ Mistura Vitamínica (por kg do produto): ac. pantotênico: 4.500 mg; ac. nicotínico: 30.000 mg; ac. fólico: 1.900 mg; vitamina A: 10.000.000 UI; vitamina B1: 2.000 mg; vitamina B2: 4.800 mg; vitamina B6: 3000 mg; vitamina B12: 3.000 mg; vitamina D3: 2.000.000 UI; vitamina K3: 1.300 mg; vitamina E: 13.500 mg; biotina: 180 mg; cálcio: 320 g.

² Mistura Mineral (por kg de produto): manganês: 50.700 mg; ferro: 98.000 mg; zinco: 66.670 mg; cobre: 8.750 mg; iodo: 1.300 mg; selênio: 200 mg; cálcio: 160 mg.

³ Adicionado nas dosagens de 0; 0,1; e 0,2% de acidificante comercial

⁴ Taxa Linear de Tamponamento expressa em mEq H+/g de MS.

Determinou-se para cada dieta a taxa linear de tamponamento (TLT), através das curvas de titulação de amostras com ácido clorídrico, de acordo com a metodologia desenvolvida na UFPR descrita em Bockor (2009).

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, no esquema fatorial 3x2 (três níveis de ácidos e dois tipos de dietas), totalizando seis tratamentos com três repetições por tratamento e a unidade experimental foi formada por um animal. A primeira fase do experimento foi de adaptação e de ajuste do consumo de ração com base no peso metabólico ($PV^{0,75}$) de cada animal, com duração de 14 dias. Neste período, os animais receberam água a vontade e ração controlada. E a segunda fase, com duração de sete dias para coleta de fezes. Neste período os animais continuaram a receber água a vontade e ração controlada, fornecida duas vezes ao dia.

A quantidade de ração diária determinada para cada animal foi estimada da seguinte forma: inicialmente foi calculado o índice de consumo individual para os animais dentro de cada bloco. Posteriormente foi utilizado o menor índice de consumo dentro de cada bloco para estimar a quantidade de ração que cada animal deveria receber diariamente. Esta quantidade de ração foi calculada multiplicando-se o peso metabólico ($PV^{0,75}$) de cada animal do início do período de coleta de fezes pelo menor índice de consumo dentro de cada bloco. Assim chega-se na quantidade de ração que cada animal recebeu diariamente.

Na determinação da digestibilidade das dietas foi empregada a metodologia de colheita total das fezes utilizando marcador (1% Fe_2O_3) para identificar o período inicial e final da colheita. Durante o período de colheita as fezes diárias foram recolhidas individualmente duas vezes/dia, sendo as fezes de cada animal armazenadas em um único recipiente e congeladas ($-18^{\circ}C$). Ao final do período de coleta as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e retiradas amostras correspondentes a 30% do peso total úmido, levadas para secar em estufa de ventilação forçada ($60^{\circ}C$ por 72 horas) e moídas para análises posteriores.

Nas amostras de ração e fezes foram analisadas: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), cinzas (Cz), cálcio (Ca) e fósforo (P), segundo a metodologia da AOAC (1990), realizado no laboratório de nutrição animal da UFPR. Essas análises foram utilizadas para a

determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CD) de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{CD\%} = [(\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado}) / \text{Nutriente ingerido}] \times 100$$

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos fatores significativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi realizada também análise de correlação linear entre a TLT e os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes.

Todos os procedimentos com os animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – CEUA SCAUFPR (Protocolo nº: 009/2007, aprovado em 15/09/2007).

3.3 Resultados e Discussão

A digestibilidade aparente fecal dos nutrientes não foi influenciada pela interação nível de acidificante x tipos de dieta ($P > 0,05$). Porém na avaliação do fator nível de acidificante houve aumento da digestibilidade das cinzas ($P < 0,05$), com a mesma tendência para o fósforo ($P < 0,07$), quando adicionado acidificante na ração, conforme a Tabela 3.2. Enquanto que para os demais componentes avaliados (MS, PB, EE, FB e Ca) não foi detectado diferença significativa na digestibilidade com a inclusão de acidificante ($P > 0,16$) (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Coeficientes de digestibilidade aparente dos componentes e desvio padrão em % e taxa linear de tamponamento (TLT) expresso em mEq H⁺/g MS das dietas experimentais

Componentes	Tipo de Dieta		Valor de P	Acidificante (%)			Valor de P
	FSM	SIMC		0	0,1	0,2	
MS	88,53±1,24	87,12±1,87	0,072	87,13±1,94	88,66±0,94	87,69±1,94	0,249
PB	87,97±1,65	86,25±2,32	0,097	86,41±3,05	87,71±1,13	87,22±2,00	0,559
EE	76,56±4,26	67,37±11,32	0,043	69,60±11,95	75,16±4,84	71,14±11,13	0,539
Cz	58,60±3,44	56,92±3,49	0,253	55,79±3,15 ^b	60,37±1,75 ^a	57,13±3,83 ^{ab}	0,050
FB	68,17±6,27	80,34±5,36	<0,001	74,74±12,42	76,10±6,27	71,93±6,14	0,480
Ca	72,54±3,12	64,27±6,11	0,002	66,15±8,04	70,49±3,76	68,57±6,83	0,318
P	54,87±3,56	63,09±4,73	<0,001	56,22±5,89	61,67±6,48	59,05±4,73	0,068
TLT	2,911±0,217	3,302±0,232	<0,001	3,356±0,218 ^c	3,044±0,228 ^b	2,921±0,195 ^a	<0,001

Valores com letras distintas na mesma linha deferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05)

FSM = farelo de soja e milho; SIMC = soja integral e milho cozido; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; CZ = cinzas; FB = fibra bruta; Ca = Cálcio; P = fósforo.

A adição de 0,1% de acidificante foi numericamente melhor para a digestibilidade de todos os componentes (Tabela 3.2). Segundo Risley et al. (1992), a adição de acidificantes, apesar de reduzir consistentemente o pH da dieta, nem sempre conduz a uma redução do pH gástrico. Isso porque, para leitões com idade mais avançada, por possuírem o sistema gastrointestinal mais desenvolvido, a redução do pH será pouco significativa, e a importância maior da acidificação será para o efeito anti-microbiano que os ácidos proporcionam (Roth, 2000).

Em relação ao fator dieta, a SIMC apresentou melhor digestibilidade para a FB e para o P ($P < 0,001$) e pior digestibilidade para o EE ($P < 0,044$) e para o Ca ($P < 0,002$), com mesma tendência para MS ($P < 0,073$) e PB ($P < 0,098$) (Tabela 3.2). A pior digestibilidade do EE para a dieta SIMC pode ser atribuída à menor acessibilidade das enzimas a gordura da soja integral desativada (Freitas et al., 2005). Isso porque o óleo adicionado a dieta FSM está livre, enquanto que na dieta SIMC não ocorre liberação do óleo armazenado nos lipossomos, dessa forma as enzimas não atuam e conseqüentemente ocorre uma pior digestibilidade.

Mesmo as dietas tendo um elevado padrão nutricional, à adição de acidificante reduziu a TLT das dietas. A cada adição de acidificante houve uma diminuição significativa da TLT ($P < 0,001$), e verifica-se que para a dieta SIMC essa taxa foi maior ($P < 0,001$). Nos experimentos de Bockor et al. (2009) na avaliação da TLT para alguns ingredientes da dieta, os resultados da TLT encontrados para o milho foram inferiores comparados com o milho cozido. Com estes resultados, verifica-se que ingredientes processados podem ter uma TLT maior, concordando com os resultados obtidos neste experimento. A TLT apresentou correlação significativa e positiva para o coeficiente de digestibilidade da FB ($r = 0,61$; $P < 0,01$) e correlação significativa e negativa para a digestibilidade do Ca ($r = -0,63$; $P < 0,01$), com mesma tendência para a digestibilidade da MS ($r = -0,45$; $P < 0,07$), PB ($r = -0,43$; $P < 0,08$) e para o EE ($r = -0,44$; $P < 0,08$) (Tabela 3.3). Estes resultados sugerem uma correlação negativa entre a TLT e o CD, pois quanto maior a TLT menor será a digestibilidade da maioria dos componentes, exceto para a FB. Uma possível explicação é que a

fibra é a fração que pode resistir até o final do trato gastrointestinal e ser fermentada pelas bactérias intestinais.

Tabela 3.3 - Correlação entre o coeficiente de digestibilidade (CD) dos componentes e a taxa linear de tamponamento da dieta (TLT)

Nutrientes	r	Probabilidade
CDMS	- 0,451	0,061
CDPB	- 0,426	0,077
CDEE	-0,436	0,070
CDCz	-0,371	0,129
CDFB	0,608	0,007
CDCa	- 0,633	0,004
CDP	0,344	0,161

CDMS= coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDPB= coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDEE= coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDCZ= coeficiente de digestibilidade da cinza; CDFB= coeficiente de digestibilidade da fibra bruta; CDCA= coeficiente de digestibilidade do cálcio; CDP= coeficiente de digestibilidade do fósforo.

Em geral, na dieta processada (SIMC) não foi verificado melhoria no CD da maioria dos componentes, concordando com os resultados de Ebert et al. (2005). Esses autores trabalharam em seus experimentos com leitões desmamados aos 16 dias de idade e também não constataram diferenças de digestibilidade entre ingredientes comuns e processados. Os resultados encontrados por Ebert et al. (2005) para a digestibilidade da MS e PB foram respectivamente de 89,9% e 84,7% em dietas com ingredientes não processados, enquanto que para ingredientes processados obtiveram uma digestibilidade de 91,0% para MS e 87,0% para PB. Segundo Etheridge et al. (1984) em um experimento com leitões desmamados aos 21 dias de idade, fornecendo dietas a base de milho e farelo de soja encontraram a seguinte digestibilidade: para MS de 87,0%, para PB de 82,3% e para EE de 83,8%. Com base na literatura pode-se considerar que os coeficientes de digestibilidade obtidos neste estudo para a dieta FSM foram bastante altos, o que indica que a soja integral desativada pode ser utilizada em substituição ao farelo de soja nas dietas iniciais de leitões, dependendo apenas do custo e disponibilidade dos ingredientes. E em relação ao processamento térmico do milho pode ser dispensado, ou não necessário. No entanto os coeficientes de digestibilidade das dietas podem estar superestimados em função da perda de nutrientes na urina que não foi quantificada.

Além disso, outra possível causa se baseia na TLT, pois a dieta processada (SIMC) teve uma TLT mais elevada do que para a dieta comum (FSM), e como constatado anteriormente a TLT influencia o CD dos nutrientes, com uma relação inversamente proporcional. Foi observado por Blank et al. (1999) que o suplemento de ácido fumárico em dietas com baixa capacidade tamponante diminuiu o pH da dieta e melhorou a digestibilidade, enquanto que em dietas com alta capacidade tamponante não houve nenhuma relação entre digestibilidade e o nível de ácido fumárico. Portanto a capacidade tamponante da dieta pode alterar o efeito do ácido no trato gastrointestinal e causar interferência na digestibilidade dos nutrientes, desta forma precisa ser levada em consideração nas avaliações.

3.4 Conclusões

A utilização de 0,1% de acidificante na dieta melhorou a digestibilidade das cinzas. Enquanto que a taxa linear de tamponamento das dietas diminuiu com a inclusão de acidificante e manteve um efeito negativo em relação à digestibilidade conforme seu aumento.

3.5 Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1990. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washingt, AOAC. 1298p.
- BLANK, R.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; HUANG, S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, 1999. 77:2974-2984.
- BOCKOR, L.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A.; et al. Comparação de medidas da capacidade tamponante de matérias-primas e dietas utilizadas para leitões. **Archives of Veterinary Science**, v 12, n.3. p.71-76, 2007.
- BOCKOR, L. Avaliação da capacidade tamponante de alimentos para animais, 2009. Curitiba , **Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias)** - Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná.
- BRITO, C.O., ALBINO, L.F.T. ROSTAGNO, H.S. et al. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada: valores energéticos e digestibilidade de nutrientes em pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1047-1055, 2006 (supl.)
- BÜNZEN, S., 2006. Capacidade tampão das rações para suínos. **Boletim Técnico**, disponível em < www.serrana.com.br/Acesso > Acesso em 20/03/2009.
- EBERT, R.A.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M. Desempenho e digestibilidade de leitões recém desmamados recebendo grãos de arroz, de milho ou farinha de trigo escura. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Caracas, v.12, p.43-50, 2005.
- ETHERIDGE, R.D.; SEERLEY, R.W.; WYATT, R.D. The effect of diet on performance, digestibility, blood composition and intestinal microflora of weaned pigs. **Journal of Animal Science**. v.58, p.1396-1402, 1984.
- FREITAS, E.R. SAKOMURA, N.K., NEME, R., et al. Efeito do processamento da soja integral sobre a energia metabolizável. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1938-1949, 2005.
- GIGER-REVERDIN, S.; DUVAUX-PONTER, C.; SAUVANT, D.; MARTIN, O.; PRADO, I.N.; MÜLER, R. Intrinsic buffering capacity of feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.96, p. 83-102, 2002.
- MENDES, W.S., SILVA, I.J. FONTES, D.O., et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** vol.56, nº2, Belo Horizonte Apr. 2004.

- OOIJEN, V.; Quais os Efeitos do Calprona – P adicionado à ração. ED. VERDGUT, **Comunicado Técnico**, 2002.
- PENZ Jr, A.M. Hipótesis que jutfican el uso de acidos orgânicos em lãs dietas para aves y cerdos. **Avicultura Profesional**, v.9, n.1, p.46-51, 1991.
- RISLEY, C. R.; KORNEGAY, E. T.; LINDEMANN, M. D.; WOOD, C. M.; EIGEL, W. N. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. **Journal Animal Science**, Blacksburg, p. 196-206, 1992.
- ROTH, F.X. Ácidos orgânicos em nutriçión Porcina: Eficácia y modo de acción. **XVI Curso de especialización FEDNA**, 2000.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; et al., **Tabelas brasileiras para aves e suínos** - Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 141p.
- WARPECHOWSKI, M.B.; CIOCCA, M. L.S. Propriedades físico-químicas da fibra em detergente neutro de alimentos isolados e misturados. **Archives of Veterinary Science**, v.11, n.1, p.23-26, 2006.

4 DIGESTIBILIDADE FECAL E pH DO TRATO GASTROINTESTINAL DE DIETAS ACIDIFICADAS PARA LEITÕES DESMAMADOS

RESUMO

Foi avaliado o efeito da inclusão de níveis crescentes de acidificação nas dietas sobre o coeficiente de digestibilidade fecal aparente (CD) e características físico-químicas da dieta e digesta de leitões desmamados. Foram formuladas quatro dietas a base de milho, farelo de soja e soro de leite doce, para fase pré-inicial, idênticas, com exceção da substituição de mistura de açúcar e óleo por 0, 0,2, 0,4 e 0,6% de um acidificante comercial micro-encapsulado com gordura (NeoAcidPIG®). Foram utilizados 12 leitões machos castrados, LDLW, desmamados aos 21 dias de idade, alojados em gaiolas metabólicas e abatidos com pistola de dardo cativo, após 10-11 dias de consumo das dietas, com peso médio de $8,80 \pm 0,63$ kg. Foi utilizado o delineamento completamente casualizado com quatro tratamentos e três repetições e os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial. A capacidade tamponante (CT) foi avaliada pela taxa linear de tamponamento (TLT). Houve queda linear da TLT da dieta com o nível crescente de acidificante ($P < 0,01$). O nível de cloro no estômago aumentou linearmente ($P < 0,03$), enquanto que o pH da digesta gástrica ($P < 0,02$) e duodenal ($P < 0,05$) responderam de forma quadrática ao aumento na TLT da dieta, com ponto de mínimo respectivamente com TLT de 2,33 e 2,59 mEq H⁺/g MS da dieta, equivalente à adição 0,46 e 0,26% de acidificante. O pH do conteúdo do íleo não foi afetado ($P > 0,40$), enquanto que o pH do conteúdo do ceco diminuiu linearmente com o aumento da acidificação da dieta ($P < 0,02$). Houve efeito quadrático da TLT sobre o CD a matéria seca ($P < 0,04$), proteína bruta ($P < 0,01$), extrativo não nitrogenado ($P < 0,04$), fibra bruta (0,06) e fibra em detergente ácido ($P < 0,03$), com valores de máximo entre 2,48 e 2,56 mEq H⁺/g MS da dieta, correspondentes à adição de 0,29 a 0,35% do acidificante utilizado. Os resultados confirmam as hipóteses de que o efeito da adição de acidificante depende da CT da dieta, que há uma faixa ótima de CT a ser alcançada para máximo aproveitamento de dietas por leitões, e que a TLT pode expressar satisfatoriamente essa característica e o efeito da acidificação *in vitro* e *in vivo*.

PALAVRAS-CHAVE: acidificante, suínos, capacidade tamponante, taxa linear de tamponamento

ABSTRACT

It was evaluated the effect of the inclusion of increasing levels of acidification on diets over the apparent fecal digestibility coefficient (DC) and the physico-chemical characteristics of the diet and digesta of weaned pigs. Four diets was formulated based on corn, soybean meal and sweet milk serum to the pre-initial phase, identical except for the replacement of the mixture of sugar and oil by 0, 0.2, 0.4 and 0.6% of a micro-encapsulated commercial acidifier with fat (NeoAcidPiG®). Twelve male weaned castrated pigs, LDLW, weaned with 21 days old piglets were used and they were housed on metabolic cages and killed with a captive bolt pistol after 10-11 days of consume of diets, with average weight of 8.80±0.63 kg. It was used the completely casualized design with four treatments and three repetitions and the data was submitted to a polynomial regression analysis. The buffering capacity (BC) was evaluated by the Buffering Linear Rate (BLR). There was a linear decrease of BLR of the diet with the increasing level of acidifier ($P<0.01$). The level of chlorine on the stomach increased linearly ($P<0.03$) whereas the pH of the gastric digesta ($P<0.02$) and duodena ($P<0.05$) responded in a quadratic form to the increasing of BLR of the diet, with the minimum point as 2.33 and 2.59 mEq H⁺/g DM of the diet respectively, equivalent the addition of 0.46 and 0.26% of acidifier. The pH of the ileal content was not affected ($P>0.40$), whereas the pH of the caecum content decreased linearly with the increase of the diet acidifier ($P<0.02$). There was a quadratic effect of the BLR over de DC of dry matter ($P<0.04$), crude protein ($P<0.01$), non-nitrogen extract ($P<0.04$), crude fiber (0.06) and acid detergent fiber ($P<0.03$), with maximum and minimum values ranged between 2.48 and 2.56 mEq H⁺/g DM of the diet corresponding to an addition of 0.29 to 0.35% of the acidifier used. The results confirm the hypothesis that the effect of the addition of acidifier depends of the BC of the diet, there is a good range of BLR to achieve to the maximum recovery of the diets by the piglets, and that the BLR can express satisfactorily this characteristics and the effect of the acidification *in vitro* and *in vivo*.

KEYWORDS: acidifier, pigs, buffering capacity, buffering linear rate

4.1 Introdução

O desenvolvimento da indústria suinícola possibilitou o surgimento de importantes tecnologias de produção, que desempenham papel importante para o desenvolvimento da atividade. Dentre as tecnologias empregadas destacam-se aquelas ligadas à nutrição animal, que auxiliam as fases mais críticas da produção de suínos, como por exemplo, o processo de desmame dos leitões.

No desmame o animal é forçado a adaptar-se rapidamente ao consumo de alimento seco e o trato gastrointestinal ainda não está totalmente desenvolvido para o novo padrão de alimentação. De acordo com Maners et al. (1962) o leitão recém-desmamado caracteriza-se pela limitada capacidade de secretar HCl, conseqüentemente a atividade da pepsina no estômago fica reduzida e a maior parte das proteínas chegam intactas no intestino delgado. A insuficiência de enzimas digestivas nessa fase de desenvolvimento dos leitões resulta em baixa digestão dos nutrientes (Corassa et al., 2006) e, conseqüentemente, os nutrientes não absorvidos servem de substratos para o desenvolvimento de bactérias que podem causar distúrbios digestivos e aparecimento de diarréia. Os efeitos negativos observados no processo de desmame indicam a necessidade de buscar alternativas nutricionais viáveis. Portanto, além de formular dietas adequadas para esta fase (alta digestibilidade), vem sendo estudado a inclusão de acidificantes nas dietas com o objetivo principal de redução do pH do trato digestório. Bünzen (2006) afirma ainda que, além da importância de acidificar o estômago do leitão jovem, também é necessário fornecer dietas com ingredientes de baixa capacidade tamponante (CT), para que o trato digestório do animal possa ser acidificado e para que as enzimas digestivas sejam adequadamente ativadas. Existem trabalhos que já revelaram a importância da CT da dieta, por ser uma característica que altera o efeito do ácido no estômago (Blank et al., 1999; Mroz, et al., 2000). De acordo com Tsiloyiannis et al. (2001) os ácidos orgânicos também revelam um efeito positivo no controle da diarréia pós-desmame e foram considerados úteis para o controle da doença.

O objetivo do estudo foi verificar o efeito da inclusão de diferentes níveis de acidificante na digestibilidade de leitões desmamados aos 21 dias de idade, levando em consideração características físico-químicas da dieta e da digesta.

Além de estudar a relação da capacidade tamponante da dieta com a digestibilidade dos nutrientes e o pH do trato gastrointestinal.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Hospital Veterinário - Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, durante o período de 08 a 18/12/2009. Os primeiros cinco dias foram destinados a adaptação dos animais às dietas experimentais, após este período iniciou a colheita de dados.

Foram utilizados 12 leitões machos castrados e desmamados aos 21 dias de idade e com pesos semelhantes, provenientes de granja comercial de reprodução, oriundos de cruzas contemporâneas Large White x Landrace (LWLD). Os animais foram pesados no início do período de adaptação ($7,76 \pm 0,61$ kg) e no início ($8,16 \pm 0,60$ kg) e final ($8,80 \pm 0,63$ kg) do período de colheita, ficaram alojados individualmente em gaiolas metabólicas individuais reguláveis, com mecanismo de colheita quantitativa de fezes e urina. Foi realizado um controle diário de temperatura e a média máxima e mínima foi respectivamente de $32,13^{\circ}\text{C}$ e $27,10^{\circ}\text{C}$.

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado com quatro tratamentos (dietas) e três repetições (animais). As dietas experimentais eram idênticas, seguindo recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto pelos níveis de inclusão de acidificante comercial*, substituído quantitativamente por mistura de açúcar e óleo vegetal, conforme Tabela 4.1.

* NeoAcid PIG® é um acidificante comercial micro encapsulado com gordura, formado pela combinação de ácido fórmico, fumárico, cítrico, benzóico, e láctico proveniente da empresa Sanex Comércio e Indústria Veterinária LTDA.

Tabela 4.1 - Relação dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais na matéria natural

	Dieta 0	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Composição de ingredientes (%)				
Milho	52,37	52,37	52,37	52,37
Farelo soja	18,08	18,08	18,08	18,08
Soro doce	11,90	11,90	11,90	11,90
F. Carne	5,38	5,38	5,38	5,38
Sal comum	2,23	2,23	2,23	2,23
Cloreto Lisina	0,32	0,32	0,32	0,32
Cloreto Colina	1,34	1,34	1,34	1,34
Bicarbonato Na	0,93	0,93	0,93	0,93
Fosfato Bicálcico	0,47	0,47	0,47	0,47
Calcário	0,38	0,38	0,38	0,38
Metionina	0,26	0,26	0,26	0,26
Triptofano	0,06	0,06	0,06	0,06
Premix Vitamínico ¹	0,02	0,02	0,02	0,02
Premix Mineral ²	0,05	0,05	0,05	0,05
Açúcar	0,42	0,28	0,14	0
Óleo de soja	5,76	5,70	5,64	5,58
Acidificante ³	0	0,20	0,40	0,60
Composição nutricional analisada ⁴				
Energia Bruta (Kcal/kg)	4027	3984	4062	4163
Matéria Seca, % (MS%)	89,26	89,44	88,57	89,97
Proteína Bruta, % (PB%)	16,63	16,14	16,17	16,61
Extrato Etéreo, % (EE%)	9,31	9,25	9,09	9,31
Fibra Bruta, % (FB%)	3,11	3,10	2,98	3,09
Fibra detergente ácido, % (FDA%)	2,71	2,69	2,57	2,58
Fibra detergente neutro, % (FDN%)	10,17	9,97	9,96	10,14
Cinzas, % (Cz%)	7,91	7,82	7,58	5,88
Cálcio, % (Ca%)	1,72	1,69	1,56	1,57
Fósforo, % (P%)	0,75	0,70	0,73	0,77
Cloro, % (Cl%)	1,74	1,82	1,80	0,76
TLT (mEq H+/g MS) ⁵	2,861	2,741	2,454	2,111

¹ Mistura Vitamínica (por kg do produto): ac. nicotínico: 158 mg; ac. fólico: 2 mg; vitamina A: 6.000 UI; vitamina B1: 6 mg; vitamina B12: 50 mg; vitamina B6: 8 mg; vitamina B2: 20 mg; vitamina D3: 12.000 UI; vitamina K3: 10 mg; vitamina E: 100 mg; biotina: 2 mg; cálcio: 27 mg.

² Mistura Mineral (por kg de produto): manganês: 88 mg; ferro: 300 mg; zinco: 176 mg; cobre: 45 mg; iodo: 3 mg; selênio: 1 mg; cálcio: 27 mg.

³ Acidificante comercial micro encapsulado com gordura, formado pela combinação de ácido fórmico, fumárico, cítrico, benzóico, e láctico.

⁴ Análises realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos do Departamento de Zootecnia da UFPR.

⁵ Taxa Linear de Tamponamento expressa em mEq H+/g MS.

No período pré-experimental, os animais receberam as dietas durante cinco dias, oferecidas em quatro refeições diárias, nos horários: 01, 07, 13 e 19 horas, e a quantidade diária foi aumentada gradativamente para diminuir as diferenças entre as unidades experimentais, até atingir a quantidade fixada para o período experimental. Em cada manejo, além do fornecimento das dietas experimentais, era realizado o reabastecimento de água, a colheita de fezes e urina, além da limpeza do local. Durante o período experimental o arraçoamento diário foi fixado de acordo com a fórmula: $(\text{peso vivo em kg})^{0,6} \times 125\text{g}$ dividido em quatro refeições diárias. As fezes foram colhidas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas.

Na manhã do quinto dia experimental os leitões foram pesados e foi iniciado o abate dos animais para determinação da digestibilidade fecal e medições do conteúdo dos segmentos gastrointestinais. O abate foi realizado em três blocos de quatro animais, na manhã e tarde do quinto dia e na manhã do sexto dia experimental, agrupando as repetições experimentais em cada bloco. Os leitões foram abatidos por sangria precedida de atordoamento por percussão com uso de uma pistola de dardo cativo reentrante, conforme recomendações da *American Veterinary Medical Association's Panel on Euthanasia*, citadas por Stahl e Fangman (2006). Todos os procedimentos com os animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da UFPR (Protocolo nº 013/2008, aprovado em 15/09/2008).

O manejo de transporte, a contenção, a insensibilização e o abate foram realizados de modo a minimizar o estresse dos animais e também evitar possíveis alterações na composição e características da digesta no trato gastrointestinal. Imediatamente após o abate, o conteúdo do estômago e de cada segmento do intestino (duodeno, íleo e ceco) foi coletado individualmente e homogeneizado, para medição imediata do pH. O segmento do duodeno foi estabelecido como os três primeiros metros do intestino, enquanto que o segmento íleo foi estabelecido como os três metros finais. Após a coleta as amostras foram acondicionadas, identificadas e congeladas em freezer até serem realizadas as análises laboratoriais.

Para as amostras de ração e fezes foram analisadas: matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB),

extrato etéreo (EE) pelo método de hidrólise ácida, cinzas (Cz), cálcio (Ca) e fósforo (P), segundo a metodologia da AOAC (1990); já para a fibra em detergente ácido (FDA) foi seguida a metodologia de Goering e Van Soest (1970) e para a fibra em detergente neutro (FDN) foi de acordo com VAN SOEST et al. (1991). Também foram realizadas análises de cloro (Cl) para as amostras de ração e digesta do estômago. A TLT das dietas foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Bockor (2009), com as modificações para análise de alimentos inteiros descritas por Oliveira Jr. et al. (2010). Uma vez que os valores analisados da composição nutricional das dietas foram muito precisos, exceto para o Cloro, (diferença mínima entre as dietas menor que 5% da média das dietas) (Tabela 4.1) para os cálculos dos coeficientes de digestibilidade foram usados valores médios de referência, pois as diferenças que ocorreram podem ser atribuídas a erro de amostragem. A percentagem de Cl do conteúdo estomacal foi ajustada para o tempo entre o último arraçoamento e a coleta da amostra ($P < 0,053$). Todas as análises foram utilizadas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade fecal aparente de acordo com a seguinte fórmula:

$$CD\% = [(Nutriente\ ingerido - Nutriente\ excretado) / Nutriente\ ingerido] \times 100$$

Os resultados de digestibilidade fecal e pH do conteúdo gastrointestinal foram submetidos a análise de regressão polinomial com os valores de TLT das dietas. Quando houve polinômios de segundo grau significativos, foram calculados os valores de máximo ou mínimo para cada característica estudada, bem como os valores correspondentes de TLT e de adição de acidificante na dieta. Foi utilizado o programa Statgraphics Plus for Windows, versão 4.1 (MANUGISTICS, 1997).

4.3 Resultados e Discussão

Houve queda linear da TLT com o aumento no nível de acidificante na dieta ($y = 2,92 - 1,27x$; $r^2 = 96,12$; $P < 0,01$), o que tornou a medida TLT adequada. Oliveira Jr. et al. (2010) já relataram que o processo de linearização das curvas de titulação se mostrou satisfatório ao trabalhar com a fração fibrosa dos alimentos, pois a taxa linear de tamponamento explicou a capacidade tamponante da fibra de todos os alimentos estudados.

O nível de cloro na digesta gástrica aumentou linearmente com o aumento na TLT da dieta ($P < 0,025$), enquanto que o pH aumentou de forma quadrática ($P < 0,019$), com ponto de mínima calculado em 2,33 mEq H⁺/g MS da dieta, equivalente a 0,46% de acidificante, conforme Figura 4.1.

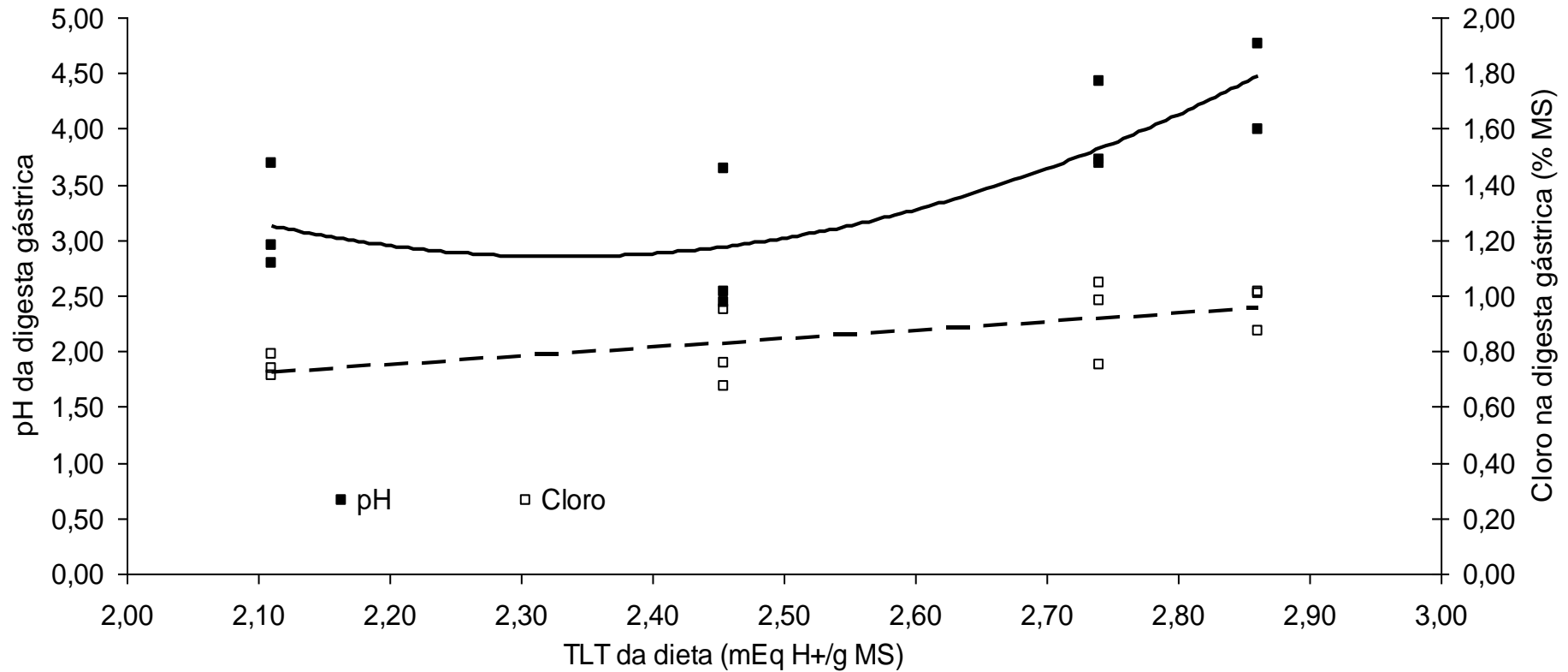


Figura 4.1 Efeito da taxa linear de tamponamento da dieta (TLT) sobre o pH e o Cloro da digesta gástrica. Linha contínua: efeito quadrático ($y = 34,26 - 26,96x + 5,78x^2$; $r^2 = 63,28$; $P < 0,019$); Linha tracejada: efeito linear ($y = 0,14 + 0,45x$; $r^2 = 57,65$; $P < 0,025$)

Na Figura 4.1 observa-se que a produção de ácido clorídrico aumenta com o aumento na capacidade tamponante da dieta. Entretanto, esse aumento na produção de HCl não foi suficiente para manter o pH do conteúdo estomacal baixo nas dietas com os níveis mais altos de tamponamento.

Esses resultados estão de acordo com a afirmação de Roth (2000), de que a redução da capacidade tamponante da dieta com adição de ácidos, possibilita alcançar um valor baixo de pH gástrico mais rapidamente, o que é especialmente importante em leitões jovens, quando a capacidade de secreção gástrica não está completamente desenvolvida. Blank et al. (1999) também realizaram experimentos para determinar o efeito de acidificantes e da capacidade tamponante, constataram que para dietas acidificadas e com baixa capacidade tamponante o pH da dieta diminuiu e melhorou a digestibilidade. Os autores concluíram que a capacidade tamponante da dieta altera o efeito do ácido no trato gastrointestinal. Risley et al. (1992), por outro lado, não tiveram sucesso ao tentar relacionar a acidificação da dieta com a concentração de cloro e o pH da digesta gástrica de leitões. Entretanto, Risley et al. (1992) não mediram a capacidade tamponante das dietas utilizadas, e os resultados de pH e do Cl gástrico foram expressos na matéria natural, enquanto que nesta pesquisa os dados foram corrigidos para a matéria seca. Pode ser observado na Figura 4.1, que o pH do estômago foi menor que 4 para todos os leitões que receberam dieta com TLT abaixo de 2,50 mEq H⁺/g MS. Isso parece indicar uma faixa de TLT máxima para garantir que o pH do conteúdo gástrico de leitões nessa faixa etária fique abaixo do valor crítico para a multiplicação de microorganismos patogênicos como a *Salmonella typhimurium* e a *Escherichia coli*, que, segundo Lin et al. (1995), é de 4,0 e 4,4, respectivamente. Nos estudos de Barrow et al. (1977), foi observada correlação positiva entre o pH e o número de *Escherichia coli* da digesta do estômago, o que confirma a importância do pH e conseqüentemente da CT para o controle de bactérias patogênicas no trato digestório.

O pH do conteúdo duodenal também respondeu de forma quadrática ao aumento na TLT da dieta ($y = 15,4425 - 7,39033x + 1,42558x^2$; $r^2 = 55,45$; $P < 0,05$), conforme Figura 4.2.

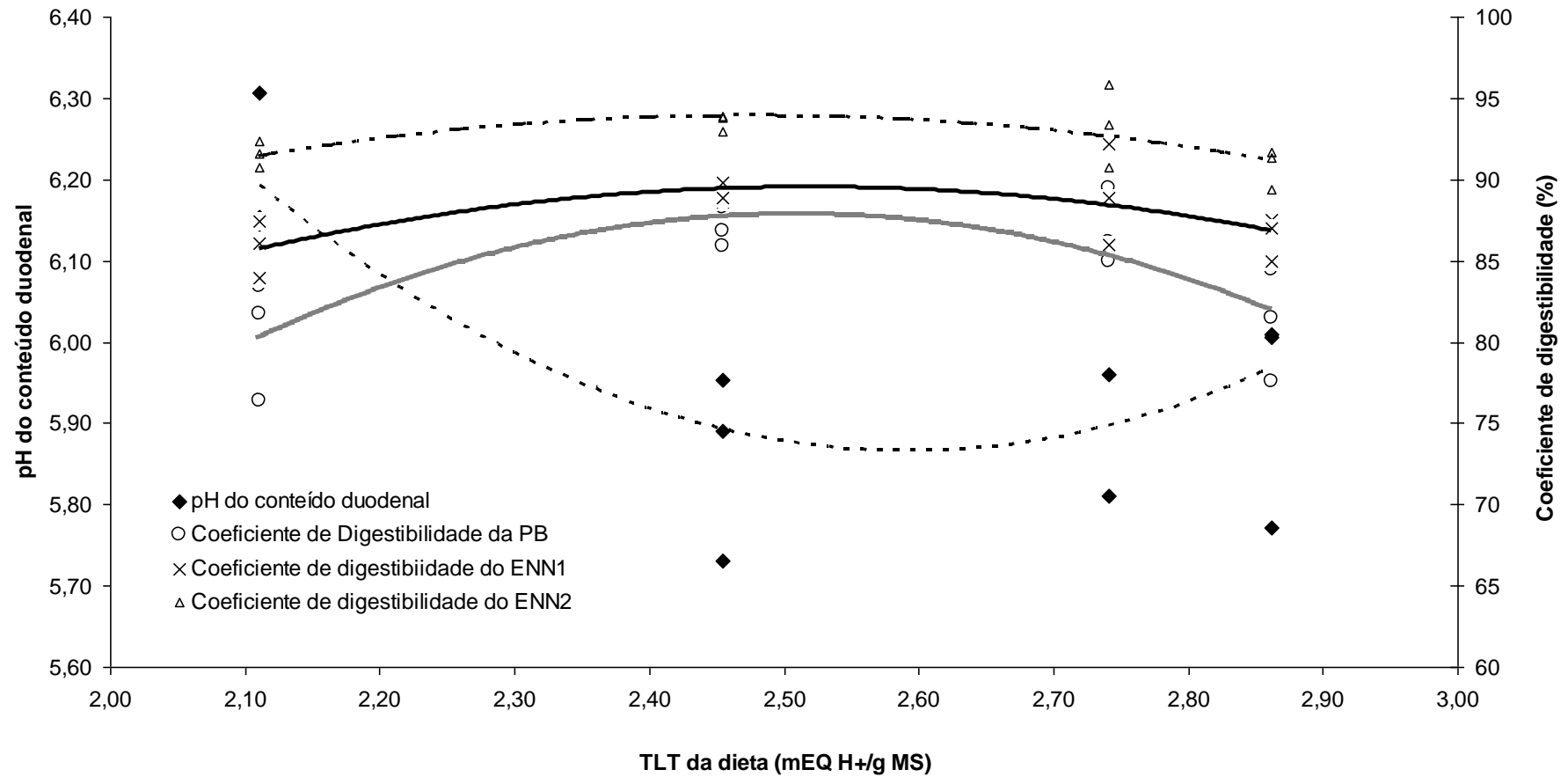


Figura 4.2 Efeito da taxa linear de tamponamento (TLT) da dieta sobre o pH do conteúdo duodenal e sobre os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), do extrativo não nitrogenado 1 (ENN1, calculado com FB) e do extrativo não nitrogenado 2 (ENN2, calculado com FDN)

O ponto de mínimo pH duodenal foi calculado com TLT de 2,59 mEq H+/g MS, equivalente a adição de 0,26% de acidificante. De acordo com Moran Jr., (1982), o pH da digesta do intestino delgado é mais alto, na faixa de 5 a 8, necessário para os processos de digestão com enzimas endógenas ativas nessa faixa de pH. Portanto, o pH de 5,86 está dentro da faixa considerada ótima para atividade enzimática. Houve um aumento no pH duodenal quando a TLT foi de 2,10 mEq H+/g MS, e de acordo com Harper (1968), o pH ácido do estômago além de ser importante na atividade da pepsina, também estimula a secreção e atividade enzimática intestinal e pancreática. Lindemann et al. (1986) avaliaram o efeito da idade, da desmama e da dieta nos níveis de enzimas digestivas em leitões. Os autores observaram que aumentos com a idade na atividade enzimática era devido aos aumentos no peso do tecido e na atividade da enzima por grama de tecido, também observaram uma depressão na atividade enzimática pancreática durante a primeira semana após o desmame. Os autores concluíram que os leitões têm suficiente atividade pancreática e gástrica, com exceção ao curto período depois da desmama, porém a digestibilidade da dieta e o desempenho do leitão pode ser mais diretamente relacionada com o grau de liberação destas enzimas no intestino.

Na Figura 4.2 e 4.3 é apresentada a relação da TLT da dieta sobre os coeficientes de digestibilidade. A TLT teve efeito quadrático sobre o CDPB, CDENN1, CDENN2, CDMO, CDMS e CDEB (equações de regressão e probabilidades são apresentadas na Tabela 4.2). O valor calculado de TLT para resultar nos coeficientes de digestibilidade mais altos ficou dentro da faixa entre 2,48 a 2,56 mEq H+/g MS, correspondentes à adição de 0,29 a 0,35% do acidificante (Tabela 4.2).

A faixa de pH duodenal que resultou nos melhores coeficientes de digestibilidade para PB, ENN1 e ENN2 ficou entre 5,87 e 5,88. Estes valores de pH duodenal para melhor digestibilidade ficaram próximos ao valor mínimo calculado que foi de 5,86; conclui-se que o coeficiente de digestibilidade da PB, ENN1, ENN2 foi melhor quando pH duodenal foi mais baixo, porém dentro da faixa citada como ideal para a atividade enzimática, que é de 5 a 8. Um efeito positivo também foi observado por Blank et al. (1999) que utilizando ácido fumárico em dieta com uma baixa CT para leitões desmamados aos 14 dias observaram aumento na digestibilidade ileal da proteína bruta, e da maioria dos

aminoácidos. Já os autores Gabert et al. (1995) em seus estudos não encontram efeito positivo com a utilização de acidificantes na digestibilidade ileal e fecal de proteína e aminoácidos, quando adicionaram ácido fórmico em dietas para leitões recém-desmamados. Entretanto, Gabert et al (1995), não mediram a capacidade tamponante da dieta. Os dados do presente estudo confirmam, que segundo Mroz, et al. (2000), a capacidade tamponante altera o efeito do ácido no trato gastrointestinal.

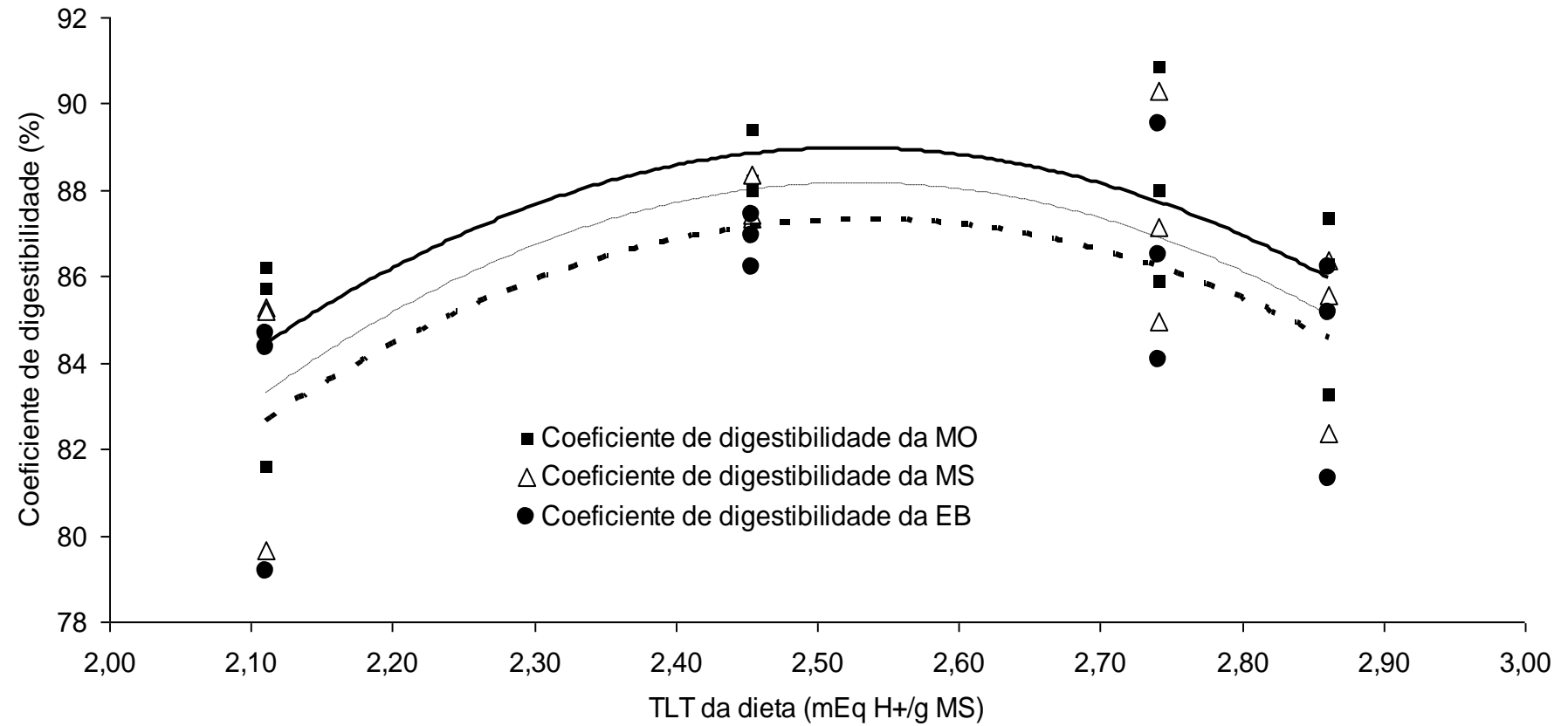


Figura 4.3 Efeito da taxa linear de tamponamento (TLT) da dieta sobre os coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica (CDMO) da matéria seca (CDMS) e da energia bruta (CDEB)

Tabela 4.2 – Equações de regressão dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, com os respectivos pontos de ótica Taxa Linear de Tamponamento (TLT) expressa em mEq H+/g MS e o nível de adição de acidificante correspondente

Componentes	Equações de Regressão	TLT	Nível ácido (%)	r ²	Valor de P
MS	- 89,66 + 140,64x - 27,81x ²	2,53	0,307	45,52	0,035
MO	- 80,02 + 133,90x - 26,53x ²	2,52	0,315	47,87	0,026
EB	- 78,95 + 131,22x - 25,89x ²	2,53	0,307	41,42	0,052
PB	- 212,49 + 239,40x - 47,69x ²	2,51	0,325	56,93	0,009
FB	- 440,18 + 401,37x - 78,47x ²	2,56	0,288	45,00	0,058
FDA	- 892,04 + 754,33x - 148,49x ²	2,54	0,301	52,21	0,024
ENN1	- 55,83 + 115,42x - 22,91x ²	2,52	0,318	44,04	0,034
ENN2	-19,33 + 91,48x - 18,47x ²	2,48	0,352	41,33	0,033

MS= matéria seca; MO= matéria orgânica; EB= energia bruta; PB = proteína bruta; FB =fibra bruta; FDA = fibra em detergente ácido; ENN1 = extrativo não nitrogenado, calculado com fibra bruta; ENN2 = extrativo não nitrogenado, calculado com fibra em detergente neutro.

Não foi verificado efeito significativo da TLT sobre o pH do conteúdo ileal (P>0,40), mesmo com o uso de acidificante micro-encapsulado com gordura, indicando que deve ter ocorrido a maior parte da digestão e absorção dos nutrientes e do acidificante no duodeno. Por outro lado, houve efeito linear da TLT sobre o pH do ceco (Figura 4.3), definido pela equação: $y = 4,09139 + 0,646067x$ ($r^2 = 49,36$; $P < 0,02$); enquanto que para os CDFB e CDFDA o efeito foi quadrático (Tabela 4.2 e Figura 4.3). Obtém-se valor de máximo coeficiente de digestibilidade FB e da FDA nas TLT de 2,56 e 2,54 mEq H+/g MS, respectivamente (Tabela 4.2); e o valor correspondente do pH cecal fica em 5,75 para FB e 5,73 para FDA. Para os CDFDN, CDHEM e CDEE não houve efeito significativo (P>0,10) (Tabela 4.3). De acordo com Cera et al. (1988) tanto a ingestão como a digestibilidade da gordura aumenta de acordo com a idade do animal.

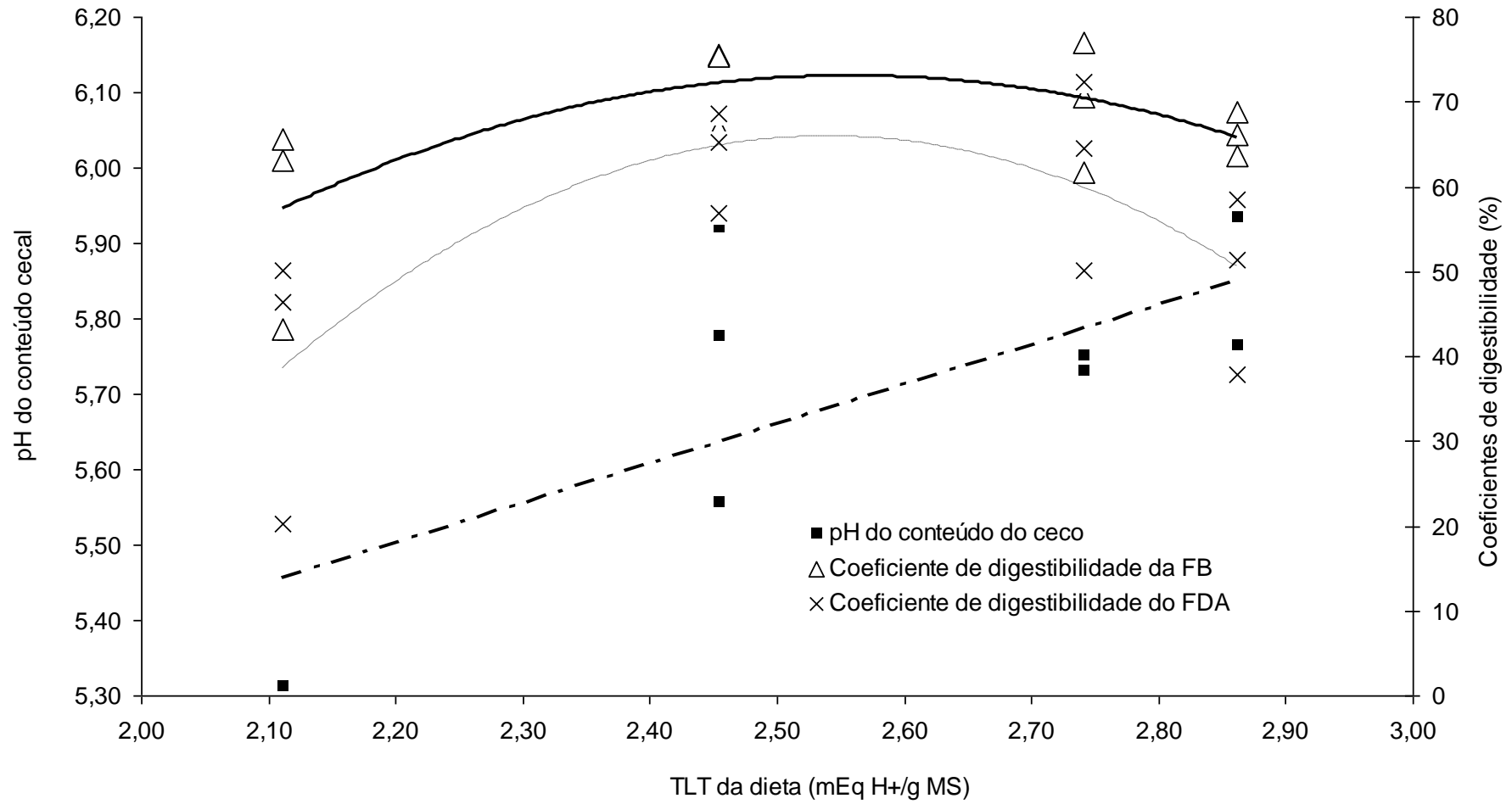


Figura 4.4 Efeito da taxa linear de tamponamento (TLT) da dieta sobre o pH do conteúdo cecal e sobre os coeficientes de digestibilidade da fibra bruta (CDFB) e da fibra em detergente ácido (CDFDA)

Uma vez em que não se espera que o acidificante chegue em quantidade significativa até o ceco, o seu efeito deve ser indireto. O acidificante pode ter interferido na composição e quantidade de substrato que chega ao intestino grosso, bem como no desenvolvimento microbiano na porção anterior do trato gastrointestinal, o que poderia modular a fermentação intestinal por bactérias celulolíticas e alterar a digestibilidade da fibra. Biagi et al. (2007), trabalhando com leitões de até seis semanas pós desmame, também observaram aumento linear do pH cecal, a partir da inclusão de quatro ppm de butirato de sódio. No presente trabalho, em uma faixa de pH cecal que variou de 5,9 a 6,1, com níveis de adição de até 0,4% de acidificante nas dietas, os coeficientes de digestibilidade foram superiores a 60%, indicando uma maior atividade celulolítica no intestino grosso, uma vez que a composição das dietas, excetuando-se a adição de acidificante, era a mesma. A maior atividade das bactérias fibrolítica sugere um melhor equilíbrio da microbiota intestinal nessas condições. Observa-se na Figura 4.4 que quando a TLT da foi de 2,10 mEq H+/g MS (corresponde a inclusão de 0,6% de acidificante) houve uma queda do pH cecal para o valor calculado de 5,45, e ocorreu uma diminuição considerável do CDFB e do CDFDA. Esta diminuição da digestibilidade da fibra é esperada dada a maior atividade das bactérias celulolíticas em faixas de pH mais próximas à neutralidade (Van Soest, 1994). Por outro lado, Biagi et al. (2007) observaram relação positiva do pH cecal com a presença de amônia no quimo, o que provavelmente estaria relacionado com maior fermentação de proteína proveniente da fração não digerida da dieta ou da perda endógena intestinal.

Não houve efeito significativo da TLT sobre o CDCz ($P>0,18$), CDCa ($P>0,20$) e CDP ($P>0,06$). Já no trabalho de Krygierowicz et al. (2009) a inclusão de 1% de um acidificante composto de ácido orgânico e inorgânico, melhorou a digestibilidade das cinzas ($P<0,05$), porém os animais tinham em média 40 dias de idade, conseqüentemente sistema gastrointestinal mais desenvolvido.

Na tabela 4.3 são apresentados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes avaliados de acordo com a TLT das dietas experimentais.

Tabela 4.3 – Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CD) em % de acordo com a taxa linear de tamponamento (TLT) das dietas experimentais.

Nutrientes	TLT (mEq H+/g MS)				Valor de P
	2,861	2,741	2,454	2,111	
Matéria Seca	84,77	87,46	87,71	83,38	0,035*
Matéria Orgânica	85,64	88,26	88,56	84,51	0,026*
Energia Bruta	84,24	86,71	86,87	82,74	0,052
Proteína Bruta	81,17	86,87	86,98	80,54	0,009*
Extrato etéreo	72,92	75,05	77,24	71,64	0,294*
Resíduo Mineral	75,00	76,90	78,09	70,17	0,195
Cálcio	87,99	88,71	89,28	85,92	0,214
Fósforo	67,91	73,03	74,24	65,68	0,069*
Fibra Bruta	66,23	69,78	72,60	57,32	0,058*
Fibra em detergente neutro	60,47	63,46	63,57	50,66	0,118
Fibra em detergente ácido	49,24	62,32	63,59	38,90	0,024*
Extrato não nitrogenado 1 **	86,50	89,02	89,11	85,81	0,034*
Extrato não nitrogenado 2 ***	90,81	93,30	93,57	91,55	0,033*
Hemicelulose	64,46	63,87	64,57	54,83	0,387*

* Relação quadrática;

** Extrativo não nitrogenado 1: calculado com FB;

*** Extrativo não nitrogenado 2: calculado com FDN;

A TLT ótima calculada para resultar em maior coeficiente de digestibilidade dos nutrientes ficou entre os valores de 2,48 e 2,56 mEq H+/g MS, valores que se aproximam da TLT de 2,454 mEq H+/g MS (Tabela 4.3). É possível verificar que numericamente os melhores coeficientes de digestibilidade ocorreram na dieta em que a TLT foi de 2,454, dando suporte para a inferência de que existe uma TLT ótima para resultar em máximos coeficientes de digestibilidade.

Os resultados corroboram com as hipóteses de que o efeito da adição de acidificante depende da CT da dieta, e de que ocorre uma variação ótima de CT a ser alcançada para máximo aproveitamento de dietas por leitões. A TLT pode expressar satisfatoriamente essa característica e o efeito da acidificação *in vitro* e *in vivo*.

4.4 Conclusões

A capacidade tamponante das dietas influenciou a digestibilidade e o uso de acidificante foi eficiente para reduzir a medida taxa linear de tamponamento. Verificou-se que é possível alcançar o máximo aproveitamento dos nutrientes com uma taxa linear de tamponamento ótima.

4.5 Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1990. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washingt, AOAC. 1298p.
- BARROW, P. A.; FULLER, R.; NEWPORT, M. J. Changes in the microflora and physiology of the anterior intestinal tract of pigs weaned at 2 days, with special reference to the pathogenesis of diarrhea. **American Society for Microbiology**, Vol.18, n.3, p.586-595, 1977.
- BIAGI G.,A. Piva, M. Moschini, E. Vazzali e FX. Performance, intestinal microflora, and wall morphology of weanling pigs fed sodium butyrate. **Journal of Animal Science**, v 85, p.1184-1191, 2007.
- BLANK, R.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W. C.; HUANG, S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 77, p.2974-2984, 1999.
- BOCKOR, L. Avaliação da capacidade tamponante de alimentos para animais. 2009. 67p. **Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias)** - Universidade Federal do Paraná. 2009.
- BÜNZEN, S., 2006. Capacidade tampão das rações para suínos. **Boletim Técnico**, Disponível em < www.serrana.com.br > Acesso em 20/12/2009.
- CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; REINHART, G.A. Effects of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. **Journal Animal Science**, 1988. 66:1438-1445.
- CORASSA, A.; LOPES, D.C.; OSTERMANN, J.D. et al. Níveis de ácido fólico em dietas contendo ácido fórmico para leitões de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.462-470, 2006.
- GABERT, V. M.; SAUER, W. C.; SCHMITZ, M.; AHRENS, F.; MOSENTHIN, R. The effect of formic acid and buffering capacity on the ileal digestibilities of amino acids and bacterial populations and metabolites in the small intestine of weanling pigs fed semipurified fish meal diets. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 615-623, 1995.
- GOERING, H. G.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, **Agricultural Research Service**. 20p. 1970. (Agriculture Handbook, 379)
- HARPER, H. A. **Manual de química fisiológica**. Atheneu editora São Paulo S. A. São Paulo, 1968.
- KRYGIEROWICZ, E. C.; CAMARGO, E. G.; REGO, J. C. C.; et al. Avaliação da digestibilidade aparente total de dietas para leitões contendo diferentes níveis de acidificantes. **46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Maringá, Pr – UEM – 14 a 17 de julho de 2009

- LIN, J.; SOO LEE, I.; FREY, J. et al. Comparative analysis of extreme acid survival in *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri* and *Escherichia coli*. **Journal of Bacteriology**, vol.177, n.14, 1995.
- LINDEMANN, M. D.; CORNELIUS, S. G.; EL KANDELGY, S. M.; et al. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, v.62, p.1298–1307, 1986
- MANERS, J.H.; POND, M.C.; LOOSLI, M.C. et al. Effect of isolated soybean protein and casein on the gastric pH and of passage of food residues on baby pigs. **Journal of Animal Science**, v.21, p.49-55, 1962
- MANUGISTICS. **Statgraphics plus for Windows**. (versão 4.1). Rockville, Maryland, 1997. CD-ROM
- MORAN JR., E. T. **Comparative nutrition of fowl and swine the gastrointestinal systems**, 1 ed. Guelph, Ontario, Canada: Moran Jr. E. T., 1982. 253 p.
- MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; PARTANEN, K. H.; VREMAN, K.; KEMME, P. A.; KOGUT, J. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal of Animal Science**, 2000.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J.M.; BOCKOR, L.; EGGERS, M. et al. Linearização de curvas de titulação para determinação da capacidade tamponante da fibra de alimentos em faixas amplas de pH. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p.55-61, 2010.
- RISLEY, C. R.; KORNEGAY, E. T.; LINDEMANN, M. D.; WOOD, C. M.; EIGEL, W. N. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. **Journal Animal Science**, Blacksburg, p. 196-206, 1992.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; et al., **Tabelas brasileiras para aves e suínos** - Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 141p.
- ROTH, F. X. Acidos organicos em nutricion Porcina: eficacia y modo de accion. In: **XVI Curso de Especialización**. Fundacion Espanola para El Desarrollo de La Nutricion Animal- FEDNA, p.169-181, 2000.
- STAHL, C.A. e T.J. FANGMAN. Humane Euthanization: Important factors to consider when using a captive bolt stunning device. **National Pork Board**, 2006

TSILOYIANNIS, V.K.; KYRIAKIS, S. C.; VLEMMAS J.; SARRIS, K. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. **Research in Veterinary Science**, 2001

VAN SOEST, P. J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca, Cornell University Press. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597. 1991.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É sabido que a ação dos ácidos orgânicos varia conforme as características químicas particulares de cada ácido, sua forma de uso (isolado ou em forma de composto), além da composição da dieta e da sua capacidade tamponante. Podemos dizer que, atualmente para formular uma dieta para leitões, tão importante quanto atender os requerimentos nutricionais, é considerar a capacidade tamponante como uma característica de importância fundamental, principalmente em dieta de leitões jovens. No presente estudo foi avaliada a capacidade tamponante das dietas por uma medida desenvolvida na UFPR que é a taxa linear de tamponamento (TLT). A TLT revelou ser uma medida satisfatória, pois foi obtido parâmetros linearizados que apresentaram maior aditividade, tornando possível estimar a CT de dietas completas a partir da CT dos ingredientes da mistura. No presente trabalho foi possível verificar que a capacidade tamponante das dietas influenciou a digestibilidade e que é possível alcançar o máximo aproveitamento dos nutrientes com uma taxa linear de tamponamento ótima.

Ficou claro mediante ao exposto no Capítulo 4 a influência da CT na oscilação do pH do trato digestório de leitões desmamados, pois o pH apresentou comportamento linear e quadrático conforme o segmento avaliado. Tanto no Capítulo 3 como no Capítulo 4 foi observada queda linear da TLT com o aumento no nível de acidificante.

Na Figura 5.1 foi apresentada uma sumarização dos dados dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (método de metanálise) das dietas experimentais dos Capítulos 3 e 4. Verifica-se nesta figura que a TLT das dietas exerceu efeito quadrático na digestibilidade da matéria seca ($r^2 = 0,49$ e $P < 0,009$), e o ponto de máxima digestibilidade da MS seria com 2,756 de TLT. Os dados sumarizados também indicam que existe uma faixa de capacidade tamponante ótima a ser alcançada para máximo aproveitamento das dietas, e que essa faixa é dependente da idade do leitão. É necessário ressaltar que o efeito da idade/peso, da dieta e de outros fatores não explicados pela TLT também causam alteração dos resultados.

Trabalhos futuros poderiam avaliar níveis mais altos de acidificação, diferentes capacidades tamponantes da dieta basal e avaliação microbiológica dos conteúdos gastrintestinais.

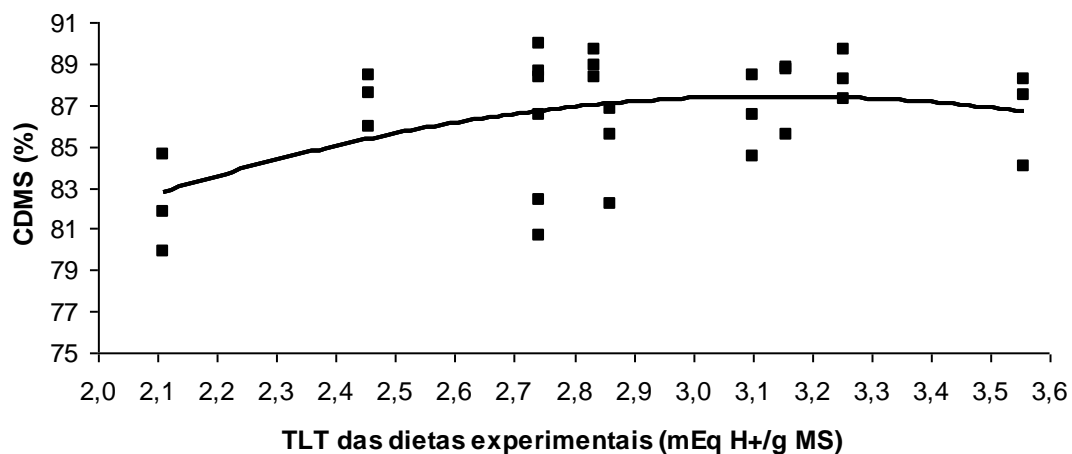


Figura 5.1 Efeito da taxa linear de tamponamento (TLT) das dietas do experimento 1 (Capítulo 3) e do experimento 2 (Capítulo 4) sobre o coeficiente de digestibilidade da matéria seca (dados não ajustados)

6 ANEXOS

Anexo 1: Aprovação no Comitê de Ética do Setor de Ciências Agrárias da UFPR.

Anexo 2: Aprovação no Comitê de Ética do Setor de Ciências Agrárias da UFPR.



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 009/2007, referente ao projeto "Ensaio de digestibilidade com leitões recém-desmamados usando milho pré-cozido e soja integral desativada mais ácido orgânico", sob a responsabilidade de Antonio João Scandolera, na forma em que foi apresentado, foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 27 de setembro de 2007. Este certificado expira em 31 de dezembro de 2008.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 009/2007, regarding the project "Ensaio de digestibilidade com leitões recém-desmamados usando milho pré-cozido e soja integral desativada mais ácido orgânico", in charge of Antonio João Scandolera, in the terms it was presented, was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Parana, Southern Brazil) during session on September 27, 2007. This certificate expires on December 31, 2008.

Curitiba, 1º de outubro de 2007



Carla Forte Maiolino Molento
Presidente



Rogério Ribas Lange
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais
Setor de Ciências Agrárias
Universidade Federal do Paraná



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 013/2008, referente ao projeto “Efeitos da capacidade tamponante da dieta sobre características da digesta de leitões na fase de pós desmame” sob a responsabilidade de Marson Bruck Warpechowski, na forma em que foi apresentado, foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 15 de setembro de 2008. Este certificado expira em 15 de setembro de 2009.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 013/2008, regarding the project “Effect of the diet buffering capacity on the digest characteristics in post weaning piglets”, in charge of Marson Bruck Warpechowski, in the terms it was presented, was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Parana, Southern Brazil) during session on September 15, 2008. This certificate expires on September, 2009.

Curitiba, 15 de setembro de 2008



Rogério Ribas Lange
Presidente



Fabiano Montiani Ferreira
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais
Setor de Ciências Agrárias
Universidade Federal do Paraná