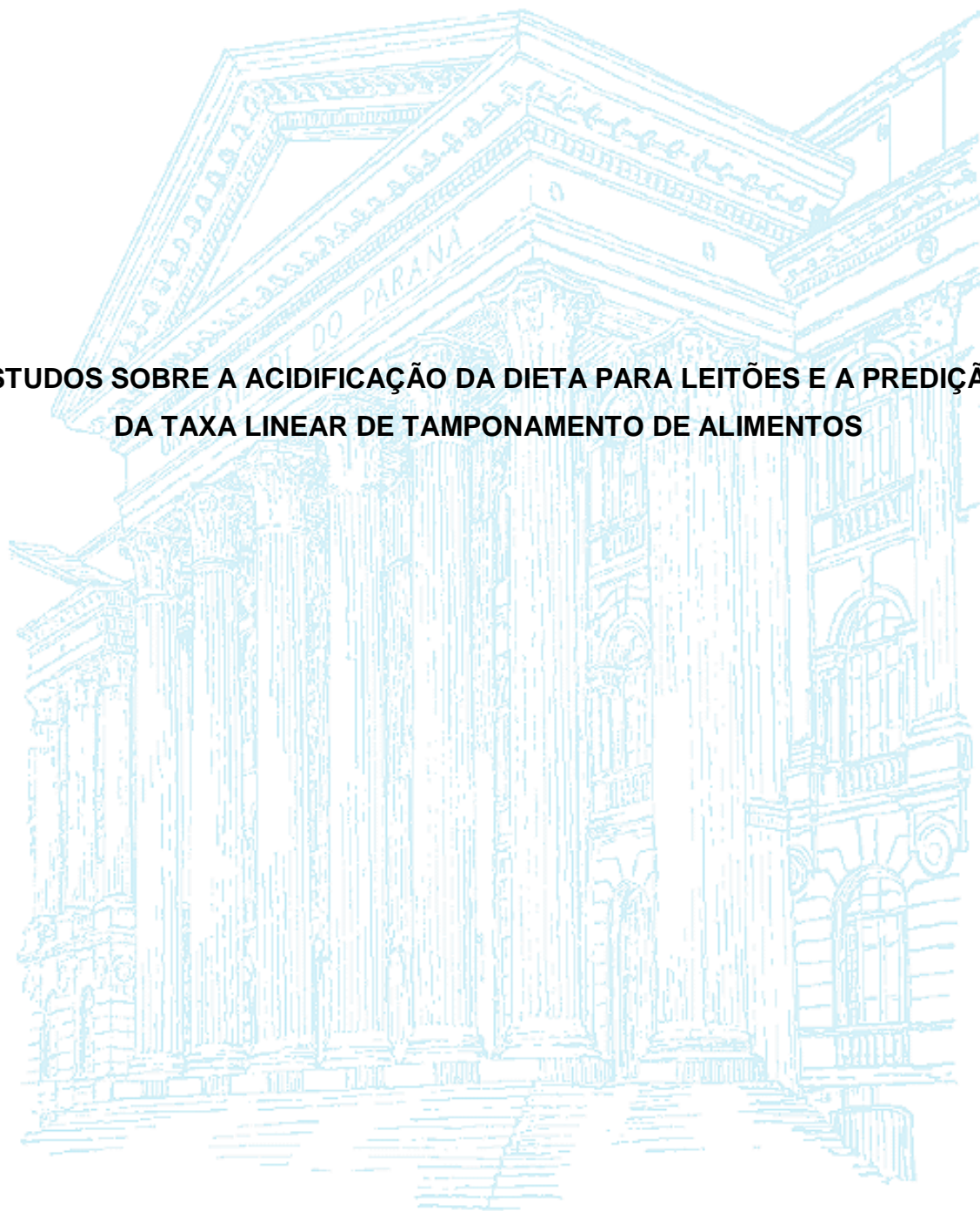


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROSANA ADRIANE SKOREI FERREIRA

**ESTUDOS SOBRE A ACIDIFICAÇÃO DA DIETA PARA LEITÕES E A PREDIÇÃO  
DA TAXA LINEAR DE TAMPONAMENTO DE ALIMENTOS**



CURITIBA  
2010

ROSANA ADRIANE SKOREI FERREIRA

**ESTUDOS SOBRE A ACIDIFICAÇÃO DA DIETA E A PREDIÇÃO DA  
CAPACIDADE TAMPONANTE DE ALIMENTOS 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



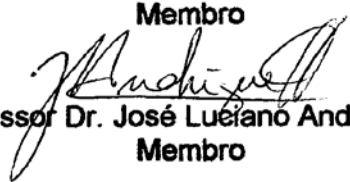
PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada “**ESTUDOS SOBRE A ACIDIFICAÇÃO DA DIETA PARA LEITÕES E A PREDIÇÃO DA TAXA LINEAR DE TAMPONAMENTO DE ALIMENTOS**” apresentada pela Mestranda **Rosana Adriane Skorei Ferreira**, 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, 26 de fevereiro de 2010

  
Professor Dr. Marson Bruck Warpechowski  
Presidente/Orientador

  
Professor Dr. Antonio João Scandolera  
Membro

  
Professor Dr. José Luciano Andriguetto  
Membro

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho com gratidão e carinho ao meu marido Mario José Ferreira e ao meu filho Gabriel Skorei Ferreira, estímulos que impulsionaram a buscar vida nova a cada dia, possibilitando alcançar mais essa vitória.*

*Dedico também a meus pais, Luiz Skorei e Ana Drulla Pereira Skorei, as minhas irmãs Rosilei Skorei Mazur e Rosiane Skorei Prestes, a minha sobrinha Isabela Skorei Mazur e a meu tio Paulo Skorei, por estarem presentes em mais essa etapa da minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus. Pela vida, saúde, oportunidade e por estar sempre do meu lado me guiando. E também aos anjos Miguel, Rafael e Gabriel por me iluminarem.

Ao meu marido Mario José Ferreira, pelo amor, companheirismo, incentivo, ajuda, carinho e paciência.

Ao meu filho Gabriel Skorei Ferreira, pela compreensão, amor e por aceitar se privar de minha companhia pelos estudos.

Aos meus pais Luiz Skorei e Ana Drulla Pereira Skorei, pelo amor e carinho.

As minhas irmãs Rosilei Skorei Mazur e Rosiane Skorei Prestes, a minha sobrinha Isabela Skorei Mazur e ao meu tio Paulo Skorei pelo carinho e ajuda.

Ao meu orientador, professor Dr. Marson Bruck Warpechowski, pela oportunidade, ensinamentos, incentivo e auxílio na execução deste trabalho.

Ao meu co-orientador, professor Dr. José Luciano Andriguetto, pelos ensinamentos e contribuição neste trabalho.

Ao professor Dr. Antônio João Scandolera pelo fornecimento de material e contribuição para a realização do artigo apresentado no segundo capítulo.

Aos demais professores do Curso de Pós Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Paraná, pelos ensinamentos.

As colegas de mestrado, Elaine Cristina Krygierowicz e Patricia Aparecida Basniak pela amizade, e em especial a Luciane Bockor, pela contribuição e ajuda na realização do artigo do terceiro capítulo.

A empresa Sanex Comércio e Indústria Veterinária Ltda, que financiou parte das análises laboratoriais do terceiro capítulo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço carinhosamente a vocês e a todos que de alguma forma passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

## RESUMO

A dissertação é composta de quatro capítulos. No primeiro capítulo encontra-se a introdução geral; o segundo apresenta o primeiro artigo intitulado: “Efeito da adição de acidificantes na dieta de leitões sobre a digestibilidade de nutrientes”; o terceiro é composto do segundo artigo intitulado: “Predição da taxa linear de tamponamento de alimentos pela sua composição químico-bromatológica”; e por fim as considerações finais são expostas no quarto capítulo. O estudo realizado no segundo capítulo teve como objetivo avaliar o efeito da adição de acidificantes na dieta de leitões recém desmamados. Para isso foi utilizada a mistura de três acidificantes (ácidos cítrico, fumárico e fosfórico) adicionada em dieta complexa a base de milho pré-cozido e soja integral desativada. A digestibilidade dos nutrientes não foi alterada com a adição do acidificante, exceto para fibra em detergente ácido, que foi maior com a adição de 1 kg do que com 2 kg/ton do acidificante ( $p < 0,05$ ), embora sem diferença em relação à dieta controle ( $p > 0,05$ ). A possibilidade de a dieta apresentar alta capacidade tamponante poderia explicar o resultado. Conclui-se que, para dieta e fase avaliados, não há alteração na digestibilidade com a adição de até 2 kg/ton do acidificante testado, exceto para a fração fibrosa, melhor digerida com 1kg/ton do acidificante. O objetivo do estudo apresentado no terceiro capítulo foi obter equações de predição da taxa linear de tamponamento (TLT) de ingredientes e dietas utilizadas na alimentação de leitões, por meio da composição químico-bromatológica dos mesmos. A capacidade tamponante dos alimentos pode alterar os processos gastrointestinais e influenciar na capacidade de resposta dos acidificantes utilizados na dieta de leitões, como no experimento apresentado no segundo capítulo. A TLT é uma medida dessa propriedade físico-química, desenvolvida na UFPR, com aceitável linearidade e aditividade, servindo assim tanto para a formulação linear de dietas quanto para a predição por regressão linear múltipla. Foram avaliadas 36 amostras de alimentos, agrupadas em diferentes classes: classe geral, formada pelas 36 amostras; classe 1, soja e subprodutos; classe 2, cereais e subprodutos; classe 3, ingredientes de origem animal e classe 4, misturas e dietas. Foi possível a obtenção de equações de predição da TLT pela composição químico-bromatológica dos alimentos com alta precisão. Para a classe geral foram obtidas diversas equações com  $R^2$  maior que 86% e erro residual menor que 0,774 mEq/g MS de alimento. A separação do banco de dados em classes resultou em melhores ajustes, com diversas equações com  $R^2$  superiores a 94% e erros residuais menores que 0,509 mEq/g MS de alimento. Conclui-se que é possível prever a TLT por meio de equações, sendo um método alternativo para a análise direta da capacidade tamponante dos alimentos.

**Palavras chave:** ácidos orgânicos; suínos; capacidade tamponante, composição químico-bromatológica, regressão múltipla

## ABSTRACT

The dissertation comprises four chapters. The first chapter is a general introduction, the second chapter presents the first article entitled "The effect of acidifying the diet of pigs on the digestibility of nutrients", the third chapter is composed of the second article entitled "Prediction of Linear Buffering Rate of foods by their chemical-bromatological composition", and finally concluding remarks are set out in fourth chapter. The objective of study in the second chapter was evaluating the effect of the addition of acidifying on a diet of weanling pigs. For this objective it had been used a mixture of three acids (citric, fumaric and phosphoric acid) that had been added in a complex diet. This diet was based on pre-cooked corn and autoclaved whole soybean. Nutrient digestibility was not altered with addition of acidifying, except for fiber in acid detergent, which one become higher with addition of 1 kg than with addition of 2 kg / ton of acidifier ( $p < 0.05$ ), although there is no difference relationship to the control diet ( $p > 0.05$ ). The possibility of diet has a high buffering capacity could explain the results. It follows that for diet and phase evaluated, there aren't change in digestibility with the addition of up to 2 kg / ton of tested acidifying except for the fiber, this one is better digested with 1kg/ton acidifier. The aim of the study in the third chapter was to obtain the prediction equations of Linear Buffering Rate (LBR) of ingredients and diets that could be used to fed piglets through the chemical composition of these ingredients. The buffering rate of food may change gastrointestinal processes and influence the responsiveness of acidifying used in the diet of piglets, as showed in the experiment on the second chapter. The LBR is a measure of this physicochemical property, was developed at UFPR, with acceptable linearity and additively, thus serving both for the linear formulation of diets and for the prediction by multiple linear regression. We evaluated 35 food samples, grouped into different classes. The general class formed by 35 samples, the class 1 formed by soy and sub-products, class 2 formed by cereal and sub-products, class 3 formed by ingredients of animal origin and class 4 formed by mixtures and diets. It was possible to obtain prediction equations of the LBR by chemical-bromatological composition of foods, with high accuracy. For the general class obtained equations were  $R^2$  greater than 86% and residual error were less than 0.774 mEq/g DM of food. The separation of the database into classes resulted in better fits, with several equations with  $R^2$  greater than 94% and residual errors less than 0.509 mEq/g DM of food. We conclude that it is possible to predict the LBR by equations. These equations are alternatives methods for the direct analysis of the buffering capacity of foods.

**Key words:** buffering capacity; chemical-bromatological composition; multiple regression; organic acids; swine

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Composição da dieta experimental (na matéria natural).....	8
Tabela 2.2 - Coeficientes de digestibilidade aparente total (%) das frações bromatológicas de dietas com diferentes níveis de acidificantes para leitões.....	9
Tabela 3.1 - Agrupamento dos materiais experimentais .....	20
Tabela 3.2 - Ingredientes, número de amostras (n), média, erro padrão da média (EP) e amplitude (máximo e mínimo) da taxa linear de tamponamento (TLT), pH inicial (pHi) e demais análises químico-bromatológica para a classe 1 (soja e subprodutos) .....	21
Tabela 3.3 - Ingredientes, número de amostras (n), média, erro padrão da média (EP) e amplitude (máximo e mínimo) da taxa linear de tamponamento (TLT), pH inicial (pHi) e demais análises químico-bromatológica para a classe 2 (cereais e subprodutos) .....	22
Tabela 3.4 - Ingredientes, número de amostras (n), média, erro padrão da média (EP) e amplitude (máximo e mínimo) da taxa linear de tamponamento (TLT), pH inicial (pHi) e demais análises químico-bromatológica para a classe 3 (ingredientes de origem animal).....	23
Tabela 3.5 - Materiais, número de amostras (n), média, erro padrão da média (EP) e amplitude (máximo e mínimo) da taxa linear de tamponamento (TLT), pH inicial (pHi) e demais análises químico-bromatológica para a classe 4 (misturas e dietas).....	24
Tabela 3.6 - Coeficientes de correlação entre as variáveis da composição químico-bromatológica com a TLT para as diferentes classes .....	25
Tabela 3.7 - Intercorrelações (%) do pH inicial (pHi) com as demais variáveis da composição químico-bromatológica para as diferentes classes.....	26
Tabela 3.8 - Intercorrelações (%) da proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) com as demais variáveis da composição químico-bromatológica, para as diferentes classes .....	27
Tabela 3.9 - Intercorrelações (%) do resíduo mineral (RM), Ca e P com as demais variáveis da composição químico-bromatológica, para as diferentes classes.....	28
Tabela 3.10 - Intercorrelações (%) da fibra bruta (FB), extrativo não nitrogenado (ENN), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), RM-Ca, RM-P e RM-Ca-P com as demais variáveis da composição químico-bromatológica, para as diferentes classes.....	29



Tabela 3.11 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe geral .....	32
Tabela 3.12 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe 1 (soja e subprodutos) .....	34
Tabela 3.13 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe 2 (cereais e subprodutos) .....	36
Tabela 3.14 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe 3 (ingredientes de origem animal).....	38
Tabela 3.15 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe 4 (misturas e dietas) .....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS

CD	Coeficientes de Digestibilidade
CT	Capacidade Tamponante
EE	Extrato Etéreo
ENN	Extrato Não Nitrogenado
FB	Fibra Bruta
FDA	Fibra Detergente Ácido
FDN	Fibra Detergente Neutro
GPD	Ganho de Peso Diário
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
pHi	pH inicial
PB	Proteína Bruta
RM	Resíduo Mineral
TLT	Taxa Linear de Tamponamento

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2	EFEITO DA ADIÇÃO DE ACIDIFICANTES NA DIETA DE LEITÕES SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES.....	3
2.1	The effect of acidifying the diet of piglets on the digestibility of nutrients.....	4
2.2	INTRODUÇÃO.....	5
2.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	6
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	9
2.5	CONCLUSÕES.....	12
2.6	REFERÊNCIAS .....	13
3	PREDIÇÃO DA TAXA LINEAR DE TAMPONAMENTO DE ALIMENTOS PELA SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA.....	16
3.1	Prediction of Linear Buffering Rate of foods by chemical-bromatological composition.....	17
3.2	INTRODUÇÃO.....	18
3.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
3.5	CONCLUSÕES.....	41
3.6	REFERÊNCIAS .....	42
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
5	ANEXOS.....	46

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o objetivo de aumentar o número de leitões terminados por porca/ano vem sendo diminuída a idade de desmame, que ao passar dos anos foi reduzida de oito para cerca de três semanas. Fisiologicamente os leitões com 21 dias de idade não estão preparados para se alimentarem com dietas à base de vegetais, principalmente devido à limitada produção de HCl no estômago. É importante que o conteúdo estomacal esteja com o pH baixo, em torno de 1,5 a 2,5, pois estimulará a secreção e atividade enzimática pancreática e intestinal, levando a uma maior digestão e absorção de nutrientes.

A limitada produção de HCl pelos leitões exige que sejam desenvolvidas estratégias nutricionais que possibilitem uma melhor digestibilidade dos nutrientes e conseqüentemente um bom desempenho dos animais. A adição de acidificantes (ácidos orgânicos e/ou inorgânicos) nas dietas de leitões recém desmamados tem sido utilizada com o objetivo de reduzir o pH do trato digestório e com isso melhorar a digestão e controlar a flora microbiana, melhorando o desempenho.

Entretanto, uma questão importante, que muitas vezes não é considerada na formulação de rações com acidificantes nessa fase dos leitões, é a capacidade tamponante (CT) dos alimentos. A CT é uma propriedade físico-química que é definida como a facilidade que uma molécula tem de reter ou trocar cátions por  $H^+$ , conforme o pH do meio. Propriedades físico-químicas como a CT podem afetar os processos gastrintestinais e, além disso, nas dietas suplementadas com acidificantes, podem influenciar na eficiência de ação desses aditivos.

Vários métodos são utilizados para avaliar a CT de alimentos e suas frações, entre eles o *b-value*, desenvolvido na última década do século passado e adotado em muitos trabalhos com leitões. Essa medida, entretanto, não apresenta correlação com a atividade tamponante dos alimentos em faixas de pH inferiores a 4, quando o comportamento dessa característica é não linear. A obtenção de uma medida linear e aditiva que possa representar o comportamento de tamponamento de alimentos na ampla faixa de pH do trato digestório dos animais, isto é, entre 8 e 2, tem tido sucesso na UFPR com o desenvolvimento da medida taxa linear de tamponamento (TLT). Com medidas lineares e aditivas da CT dos ingredientes seria possível

formular dietas para leitões para atingir metas ou limites determinados dessa característica, que não interfiram negativamente nas funções gastrintestinais desses animais. Entretanto, os métodos de análise desenvolvidos são laboriosos e demorados, o que dificulta sua utilização na formulação de rotina, a não ser pela utilização de valores tabelados, cuja exatidão depende da variação nos lotes de ingredientes.

Embora trabalhos recentes realizados na UFPR tem demonstrado a possibilidade de predição de medidas da CT pela composição química, tanto da fibra de alimentos quanto de dietas completas, não foram encontrados na literatura equações para estimar a CT a partir da composição químico-bromatológica dos alimentos. A predição por meio de equações baseadas em medidas rápidas ou facilmente obtidas da composição dos alimentos é um método indireto que seria de grande utilidade para estimar a CT de cada lote de alimentos, ou corrigir o seu valor tabelado, em velocidade suficiente para a utilização do conceito na formulação linear realizada no âmbito das fábricas comerciais de ração animal.

Na presente dissertação são apresentados dois trabalhos científicos abordando os assuntos citados. O primeiro (Capítulo 2) trata-se de um trabalho experimental realizado para avaliar o efeito da adição de acidificantes na dieta sobre a digestibilidade de nutrientes, para leitões pós-desmame. No segundo (Capítulo 3) foram desenvolvidas e avaliadas equações de predição da TLT de alimentos a partir de suas composições químico-bromatológicas, a partir de uma banco de dados composto de ingredientes de origem vegetal e animal, misturas e dietas. Finalmente, nas considerações finais (Capítulo 4) alguns aspectos são comentados.

## 2 EFEITO DA ADIÇÃO DE ACIDIFICANTES NA DIETA DE LEITÕES SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES

### RESUMO

A digestibilidade aparente total de nutrientes, de dietas com níveis crescentes de acidificantes, foi avaliada em leitões na fase de creche. Utilizando o delineamento blocos casualizados, 18 leitões com  $28 \pm 2$  dias de idade e  $12,3 \pm 1,6$  kg de peso vivo, alojadas individualmente em gaiolas metabólicas, foram distribuídas nos tratamentos 0, 1 e 2 kg de acidificante (3% de ácido cítrico, 9% de ácido fumárico e 50% de ácido fosfórico) por tonelada da dieta, com seis repetições por tratamento. A dieta basal consistia de milho pré-cozido e soja integral desativada, além dos demais ingredientes e suplementos. Os resultados submetidos à análise de variância mostraram que a digestibilidade dos nutrientes não foi alterada ( $p > 0,05$ ) com a adição do acidificante, exceto para fibra em detergente ácido, que foi maior com a adição de 1 kg do que com 2 kg/ton do acidificante ( $p < 0,05$ ), embora sem diferença em relação à dieta controle ( $p > 0,05$ ). Conclui-se que, para dieta e fase avaliados, não há alteração na digestibilidade com a adição de até 2 kg/ton do acidificante testado, exceto para a fração fibrosa, melhor digerida com 1kg/ton do acidificante.

**Palavras-chave:** ácidos orgânicos; fibra; pós-desmame; suínos

## 2.1 The effect of acidifying the diet of piglets on the digestibility of nutrients

### ABSTRACT

The total tract digestibility, in piglets after weaning, on diets with increasing levels of acidifying had been studied. In randomized block design, 18 gilts with  $28 \pm 2$  days of age and  $12.3 \pm 1.6$  kg of body weight, were housed individually in metabolic cages, also there were used in the treatments 0, 1 and 2 kg acid (3% citric acid, 9% of fumaric acid and 50% phosphoric acid) per ton of diet, and finally it was done six times each treatment. The post-weaning diet was based on pre-cooked corn and autoclaved whole soybean, in addition to other ingredients and additives. The results were submitted to analysis of variance and they showed that the nutrient digestibility was not affected ( $p > 0.05$ ) with the addition of acidifying, except for acid detergent fiber, which was higher with the addition of 1 kg than with 2 kg / ton of acidifier ( $p < 0.05$ ), although no difference to the control diet ( $p > 0.05$ ). It follows that for diet and phase evaluated, there aren't change in digestibility with the addition of up to 2 kg / ton of acidifying tested except for the fiber, this one is better digested with 1kg/ton acidifier.

**Key words:** fiber, organic acids, post-weaned, swine

## 2.2 INTRODUÇÃO

No desmame, tratando-se de produção comercial, os leitões passam de uma alimentação líquida e altamente digestível, isto é, o leite, para uma dieta predominantemente vegetal e menos digestível (Hansen et al., 1993). Fisiologicamente esses animais não estão preparados para se alimentarem com dietas à base de vegetais, principalmente devido à limitada produção de HCl no estômago (Gabert et al., 1995). A secreção desse ácido é baixa após o nascimento (Cranwell, 1976) e assim como a secreção de enzimas digestivas sofre mudanças do nascimento até a terceira semana de idade e ao desmame (Efird et al., 1982).

O pH baixo do conteúdo estomacal, além de ser importante na atividade da pepsina, estimula a secreção e atividade enzimática pancreática e intestinal, levando a uma maior digestão e absorção de nutrientes (Harper, 1968). Em estudos com humanos e cães (Meyer e Kelly, 1976), foi verificado que os produtos finais da digestão por pepsina, ou seja, peptídeos e aminoácidos estimulam a secreção de suco pancreático. Isso pode ser uma das razões para a baixa secreção de enzimas em leitões recém desmamados (Efird et al., 1982). Por outro lado, a digestibilidade da dieta e, conseqüentemente, o desempenho dos leitões, podem estar diretamente relacionados com o grau de liberação dessas enzimas no intestino e às condições que aí existem (Lindemann et al., 1986).

A adição de acidificantes (ácidos orgânicos ou inorgânicos) em dietas para leitões vem sendo estudada com a finalidade de redução do pH do trato digestório para, com isso, melhorar a digestão e controlar a flora microbiana (Bellaver, 2000), o que pode resultar na melhoria de desempenho dos animais. Rice (2002), adicionando 3% de ácido cítrico na dieta para leitões recém desmamados, observou redução do pH, da dieta *in vitro* e do estômago *in vivo*, e Thaela et al. (1998) com a adição de 2,5% ácido láctico obteve um aumento na atividade pancreática. A melhora na digestibilidade dos nutrientes da dieta com a adição de 2% de ácido fumárico também já foi relatada por Blank et al. (1999), assim como no desempenho por Burnell (1988), que utilizou um acidificante comercial composto por 96% de ácidos orgânicos (cítrico e citrato de Na). Porém, outros estudos mostram que nem sempre os resultados com o uso de acidificantes são satisfatórios. Falkowski e Aherne (1984), ao adicionarem 1 e 2% de ácido fumárico ou cítrico na dieta de leitões pós-



desmame não observaram efeito significativo sobre a digestibilidade de proteína e matéria seca. Gabert et al., (1995) também não observaram efeito do ácido fórmico na dieta sobre a digestibilidade de proteína e aminoácidos. Segundo Blank et al. (1999) uma das razões para as controvérsias nos resultados com o uso dos acidificantes é a não consideração da capacidade tamponante da dieta.

O objetivo foi verificar se a adição de níveis crescentes de acidificantes na dieta, melhora a digestibilidade de nutrientes para leitões no pós-desmame.

## 2.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Metabolismo Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná, UFPR – Curitiba/PR, em dezembro de 2007. Foram utilizadas 18 leitões, procedentes do Hospital Veterinário da UFPR, com  $28 \pm 2$  dias de idade e  $12,316 \pm 1,603$  kg de peso vivo, sem receberem dieta especial antes do desmame. As leitões foram alojadas individualmente em gaiolas metabólicas.

O delineamento foi blocos casualizados, para controle das diferenças iniciais de peso, com três tratamentos: 0, 1 e 2 kg/ton de acidificante na dieta, que correspondem, respectivamente, a 0,0, 0,17 e 0,35 mEq H<sup>+</sup>/kg da dieta. Foram utilizadas seis repetições (leitões) por tratamento, totalizando 18 unidades experimentais. O acidificante utilizado era formado pela combinação de 3% de ácido cítrico, 9% de ácido fumárico e 50% de ácido fosfórico. A dieta experimental basal (Tabela 2.1), com energia metabolizável calculada de 3.500 kcal/kg, foi formulada para atender as necessidades nutricionais dos animais segundo recomendações feitas por Rostagno et al. (2005).

O pré-cozimento do milho foi realizado em cilindro a vapor sob pressão de 1 kgf/m<sup>2</sup> e temperatura de 100°C, durante 15 minutos, seguido por secagem em secador de fluxo contrário com homogeneizador central. Após a secagem o milho foi moído em moinho a martelo com peneira de 1 mm. A soja foi desativada no mesmo equipamento e pressão, sob temperatura de 95°C durante dez minutos, seguido por secagem e moagem em peneira de 2 mm.

Os animais permaneceram nas gaiolas por nove dias e receberam as dietas em duas refeições diárias, com livre acesso a água. Os quatro primeiros dias foram

para adaptação e estimativa de consumo diário a vontade e os cinco dias seguintes para colheita total de fezes, utilizadas na determinação da digestibilidade aparente total. Foi utilizado 1% de óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), para identificar o início e o fim da colheita.

Durante o período de colheita de fezes, a quantidade de dieta fornecida diariamente foi calculada com base no peso metabólico (PM; kg de peso vivo elevado à potência 0,60) de cada animal, e ajustada diariamente, conforme equação:

$$\text{Alimento Diário (kg)} = \frac{550 \text{ Kcal} \times [\text{Peso vivo inicial (kg)} + \text{Ganho de peso diário (kg)}]^{0,6}}{\text{Energia Metabolizável calculada da dieta (Kcal/kg)}}$$

Onde se considerou o peso vivo inicial individual a cada dia e o ganho de peso médio do bloco, estimado no período de adaptação. A necessidade diária de energia metabolizável foi calculada individualmente para proporcionar no mínimo 550 kcal de EM/PM, de acordo com o aditado por Noblet e Perez (1993).

Tabela 2.1 - Composição da dieta experimental (na matéria natural)

Ingredientes	%
Milho pré-cozido	39,69
Soja integral desativada 35%	30,78
Açúcar	5,14
Plasma AP920	5,14
Leite pó desnatado	4,63
Soro de leite doce	10,94
Demais ingredientes <sup>1</sup>	3,33
L-treonina 98,5%	0,06
L-Lisina 78%	0,16
DL-Metionina 99%	0,13
Acidificante	<sup>2</sup>
Caulim (inerte)	1,03
Nutrientes analisados	%
Matéria seca	91,71
Resíduo mineral	6,02
Matéria orgânica	85,69
Proteína bruta	20,08
Extrato etéreo	10,65
Fibra bruta	2,90
Fibra detergente ácido	5,39
Ca	0,79
P	0,54

<sup>1</sup> Calcário, 1,16%; fosfato bicálcico, 0,82%; sal comum, 0,03%; cloreto de colina, 0,07%; BHT, 0,02%; mistura vitamínica, 0,10%; mistura mineral, 0,10%

<sup>2</sup> Adicionado nas dosagens de 0, 1 e 2 kg/ton, substituindo quantitativamente no inerte

As sobras de ração foram quantificadas diariamente e as fezes de cada animal foram recolhidas duas vezes ao dia, armazenadas em um único recipiente e congeladas. Ao final do período experimental as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e retirada amostra correspondente a 30% do peso total úmido; depois foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C por 72h) e, finalmente moídas para análises posteriores. Nas amostras de ração e fezes foram analisadas: matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), resíduo mineral (RM) cálcio (Ca), fósforo (P) de acordo com a AOAC (1990) e fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest (1991). Tais análises foram utilizadas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CD), de acordo com a seguinte equação:

$$CD \text{ nutriente} = \frac{(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado})}{\text{nutriente ingerido}} \times 100$$

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença no consumo de ração com o aumento dos níveis de acidificante ( $p>0,05$ ). Os resultados de digestibilidade aparente total dos nutrientes encontram-se na Tabela 2.2. Não houve efeito significativo da adição do acidificante sobre a digestibilidade da MS, MO, PB, EE, FB, RM, Ca e P ( $p>0,15$ ).

Tabela 2.2 - Coeficientes de digestibilidade aparente total (%) das frações bromatológicas de dietas com diferentes níveis de acidificante para leitões.

Variáveis	0kg/ton	1kg/ton	2kg/ton	Valor de P	CV(%) <sup>1</sup>
Matéria seca	90,00	90,04	89,41	0,33	0,38
Resíduo mineral	61,96	63,74	62,52	0,68	1,47
Matéria orgânica	91,97	91,89	91,30	0,19	0,40
Proteína bruta	88,90	88,19	87,61	0,28	0,73
Extrato etéreo	89,17	87,85	87,79	0,19	0,89
Fibra bruta	75,71	77,87	74,14	0,16	2,47
Fibra detergente ácido	70,52 <sup>ab</sup>	75,29 <sup>a</sup>	69,22 <sup>b</sup>	0,02	4,45
Ca	59,08	67,16	62,54	0,17	6,44
P	63,59	66,01	64,94	0,57	1,87

<sup>1</sup>CV% = Coeficiente de variação.

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Os resultados obtidos com o uso do acidificante sobre a digestibilidade de nutrientes em leitões são bastante controversos, com efeitos positivos ou nulos. Blank et al. (1999), utilizando ácido fumárico em dieta com baixa capacidade tamponante para leitões desmamados aos 14 dias relataram aumento na digestibilidade da PB, energia bruta, e da maioria dos aminoácidos, e os melhores resultados foram obtidos com a adição de 2%, que equivale a 3,45 mEq de H<sup>+</sup>/kg. Já Kil et al. (2006) não observaram melhoria na digestibilidade de MS, PB, EE, RM, Ca e P com a adição de ácido acético, fórmico e láctico em dietas para leitões desmamados aos 23 dias.

Segundo Blank et al. (1999) uma das razões para os resultados conflitantes com o uso de acidificantes pode estar relacionada com a capacidade tamponante da dieta, propriedade físico-química que pode influenciar no efeito dos acidificantes sobre a redução no pH gástrico. Em trabalho recente (Bockor, 2009) foi verificado que a capacidade tamponante do milho aumentou numericamente após o pré-cozimento a 100°C por 30 minutos. Entretanto, a capacidade tamponante das dietas não foi mensurada nesta pesquisa. Para formular uma dieta com baixa ou alta capacidade tamponante deve-se levar em consideração a análise laboratorial da capacidade tamponante dos ingredientes a serem utilizados na formulação. Os métodos utilizados para tal análise demandam de tempo, pois exigem a elaboração de curvas de titulação laboriosas, que podem levar aproximadamente 90 minutos por replicata (Warpechowski et al., 2005; Warpechowski e Ciocca, 2006), o que dificulta o uso dessa análise na formulação.

A ausência de efeitos da mistura dos acidificantes na dieta sobre a digestibilidade dos nutrientes pode estar relacionada a idade dos animais. Os animais utilizados foram desmamados aos 28 dias, com início do experimento aos 32 dias, nessa idade o trato digestório está mais desenvolvido, comparado com um animal desmamado aos 21 dias. Segundo Blank et al. (1999) o aumento na digestibilidade com a idade pode resultar de um maior desenvolvimento do trato digestório dos leitões. Esses autores apresentaram resultados superiores de digestibilidades fecal e ileal, em leitões desmamados aos 14 dias, no período de 24 dias pós desmame do que no período de 11 dias pós desmame.

Talvez o aumento da digestibilidade dos nutrientes da dieta com acidificantes não foi observada devido à dieta utilizada, que pode ter ficado altamente digestível e ter atingido a taxa de digestibilidade próxima do máximo. Dessa forma seria difícil verificar um aumento na digestibilidade dos nutrientes com a adição dos acidificantes.

Resultados melhores de ganho de peso diário (GPD) com a adição de 0,5% de ácido fumárico, correspondente a 0,86 mEq de H<sup>+</sup>/kg, comparados a dieta controle, foram relatados por Gomes et al. (2007), para leitões no período de 15 a 30 dias de idade. Esses autores utilizaram também a combinação de ácido fumárico (1,0%) + ácido fórmico (0,5%), totalizando 2,80 mEq de H<sup>+</sup>/kg e observaram que os leitões que receberam dietas com a associação dos ácidos apresentaram menor

consumo e GPD em relação aos que receberam dieta com apenas ácido fumárico. Isso mostra que o desempenho dos animais, assim como a digestibilidade dos nutrientes também dependem da dose e da mistura de ácidos utilizada, que podem interferir no consumo. Dessa forma a dose e a mistura de acidificantes podem não ser suficientes para acidificar o meio ou podem liberar quantidades excessivas de  $H^+$ .

Por outro lado, a adição de 0,17 mEq de  $H^+$ /kg resultou em maior digestibilidade da FDA que a adição de 0,35 mEq de  $H^+$ /kg ( $p < 0,05$ ), embora sem diferenças significativas em relação à dieta controle ( $p > 0,05$ ). A adição de acidificantes pode influenciar a fermentação bacteriana para mais (Hara et al., 1994) ou para menos (Partanen e Jalava, 2005). Mas o efeito pode ser dose-dependente, uma vez que a modulação do pH em cada segmento depende não só da quantidade de ácidos orgânicos presentes, mas também da capacidade tamponante do meio (Krause et al., 2002; Calsamiglia et al., 2007; Bockor et al., 2007). Isso poderia explicar o aumento na digestibilidade de frações da fibra com a dose mais baixa e diminuição com a dose mais alta de acidificantes.

Trabalhos sobre a digestibilidade das frações da fibra em leitões na fase de creche são escassos e esperar-se-ia uma baixa digestibilidade da FDA na faixa etária dos animais estudados. Entretanto, tanto a digestibilidade da FDA quanto da FB foram maiores que 69%, o que pode ser considerado alto. Moreira et al. (1994) utilizando milho e soja processados em leitões desmamados aos 21 dias de idade, mostraram que o coeficiente de digestibilidade da FB foi superior para alimentos processados. Estes autores obtiveram valores de digestibilidade da FB de 78,3% para o milho pré-cozido e de 84,4% para a soja extrusada, valores esses ainda mais altos que os obtidos neste estudo.

Os resultados de digestibilidade dos nutrientes da dieta controle foram superiores aos obtidos por Mendes et al. (2004), que avaliaram o efeito de diferentes processamentos sobre a digestibilidade aparente total dos nutrientes da soja para leitões em crescimento. Esses autores obtiveram menor digestibilidade da MS (74,40%), PB (73,87%), e energia bruta (75,15%), para a soja integral expandida que para outros produtos da soja, incluindo o farelo de soja, o que foi atribuído ao processamento insuficiente. A comparação com os resultados de Mendes et al.

(2004) pode indicar que o pré-cozimento da soja no presente trabalho foi eficiente para melhorar a sua digestibilidade.

## **2.5 CONCLUSÕES**

Conclui-se que, nas condições que foi realizado o experimento, a digestibilidade dos nutrientes não foi alterada significativamente com a adição de acidificantes na dieta, com exceção da fibra detergente ácido.

## **NOTA INFORMATIVA**

A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná– CEUA SCA-UFPR. Protocolo número: 009/2007.

## 2.6 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 15 ed., Arlington: AOAC 1990. 1117p.

BELLAVER, C. O uso de microingredientes (aditivos) na formulação de dietas para suínos e suas implicações na produção e na segurança alimentar. **Faculd de Ciencias Veterinarias da Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Rio Cuarto e Embrapa Suínos**. In: CONGRESSO MERCOSUR DE PRODUCCIÓN PORCINA, Buenos Aires, 2000, p. 93-108.

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. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias/Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BOCKOR, L.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A.; CASTRO, O. S.; OLIVEIRA, E. G.; KRABBE, E. L.; WARPECHOWSKI, M. B. 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.

BURNELL, T. W.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S. Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 5, 1988.

CALSAMIGLIA, S.; CARDOZO, P. W.; FERRET, A., BACH, A. Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. **Journal of Animal Science**, v.86, p.702-711, 2007.

CRANWELL, P. D.; NOAKES, D. E.; HILL, K. J.; Gastric secretion and fermentation in the suckling pig. **British Journal of Nutrition**, v. 36, p. 71-86, 1976.

EFIRD, R. C.; ARMSTRONG W. D.; HERMAN D. L. The development of digestive capacity in young pigs: Effects of age and weaning system. **Journal of Animal Science**, v.55, p.1380–1387, 1982.

FALKOWSKI, J. F.; AHERNE, F. X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition **Journal of Animal Science**, v. 58, p.935-938, 1984.

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.

GOMES, F. E; FONTES, D. O; SALIBA, E. O. S.; FERREIRA, W. M.; FIALHO, E. T.; SILVA, F. C. O; SILVA, M. A.; CORRÊA, G. S. S.; SALUM, G. M. Ácido fumárico e sua combinação com os ácidos butírico ou fórmico em dietas de leitões recém



desmamados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol.59, n.5, p.1270-1277, 2007.

HANSEN J. A.; NELSEN, 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.

HARA, H.; SAITO, Y.; NAKASHIMA, H.; KIRIYAMA, S. A. Evaluation of fermentability of acid-treated maize husk by rat caecal bacteria in vivo and in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.71, p.719-729, 1994.

HARPER, H. A. **Manual de química fisiológica**. São Paulo: Atheneu, 1968, 533p.

KIL, D. Y.; PIAO, L. G.; LONG, H. F.; LIM, J. S.; YUN, M. S.; KONG, C. S.; JU, W. S.; LEE, H. B.; KIM, Y. Y. Effects of organic or inorganic acid supplementation on growth performance, nutrient digestibility and white blood cell counts in weanling pigs. **Asian-australasian journal of animal sciences**, v. 19, n.2, p. 252-261, 2006.

KRAUSE, K. M.; COMBS, D. K.; BEAUCHEMIN, K. A. Effects of Forage Particle Size and Grain Fermentability in Midlactation Cows. II. Ruminant pH and Chewing Activity. **Journal Dairy Science**, v.85, p.1947-1957, 2002.

LINDEMANN, M. D.; CORNELIUS, S. G.; EL KANDELGY, S. M.; MOSER, R. L.; PETTIGREW, J. E. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, v.62, p.1298-1307, 1986.

MEYER, J. H.; KELLY, G. A. Canine pancreatic responses to intestinally perfused proteins and protein digests. **American Journal of Physiology**, v.231, p.682-691, 1976.

MENDES, W. S.; SILVA, I. J.; FONTES, D. O.; RODRIGUEZ, N. M.; MARINHO, P. C.; SILVA, F. O.; AROUCA, C. L. C.; SILVA, F. C. O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.2, p.207-213, 2004.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H. S.; COELHO, D. T.; COSTA, P. M. A.; TAFURI, M. L. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processadas a calor. **Revisita Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.916-929, 1994.

NOBLET, J.; PEREZ, J. M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3389-3398, 1993

PARTANEN, K.; JALAVA, T. Effects of some organic acids and salts on microbial fermentation in the digestive tract of piglets estimated using an in vitro gas production technique. **Agricultural and food science**, vol.14, n.4, p.311-324, 2005.

RICE, J. P.; PLEASANT, R. S.; RADCLIFFE, J. S. The Effect of Citric Acid, Phytase, and Their Interaction on Gastric pH, and Ca, P, and dry Matter Digestibilities. **Purdue**

**University: Swine Research Report**, 2002. Disponível em <<http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday02/6.pdf>> Acesso em: 22/10/2008

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: MG, 2005. 141p.

THAELA, M. J.; JENSEN, M. S.; PIERZYNOWSKI, S. G.; JAKOB, S.; JENSEN, B. B. Effect of lactic acid supplementation on pancreatic secretion in pigs after weaning. **Journal Animal Feed Science**, v.7 (Suppl.1) p. 181–183, 1998.

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**, Curitiba, v.11, n.1, p.23-26. 2006

WARPECHOWSKI, M.B; PINHEIRO,C.C.; CIOCCA,M.L.S. Propriedades físico-químicas da fibra de diferentes palhas de trigo em detergente neutro. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 3, p. 38-41, 2005.

### 3 PREDIÇÃO DA TAXA LINEAR DE TAMPONAMENTO DE ALIMENTOS PELA SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA

#### RESUMO

Este trabalho foi realizado visando à obtenção de equações de predição da taxa linear de tamponamento (TLT) de ingredientes e dietas, a partir da composição químico-bromatológica dos mesmos. Foram avaliados 27 ingredientes de origem vegetal e animal, além de sete misturas desses ingredientes e mais três dietas completas para leitões, totalizando 36 amostras de alimentos que foram agrupados em diferentes classes. As classes formadas foram: classe geral, composta pelas 36 amostras de alimentos; classe 1, soja e subprodutos; classe 2, cereais e subprodutos; classe 3, ingredientes de origem animal e classe 4, misturas e dietas. Os ingredientes avaliados foram analisados quanto a TLT, pH inicial e quanto aos teores de: matéria seca a 105 °C, proteína bruta, resíduo mineral a 500 °C, fibra bruta, extrato etéreo, Ca e P, além de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina. As equações de predição da TLT em função das variáveis de composição química foram determinadas por meio de análise de regressão múltipla, e foram selecionadas pelo R<sup>2</sup> e pelo desvio padrão residual. Foi possível a obtenção de equações de predição da TLT pela composição químico-bromatológica dos alimentos com alta precisão. Para a classe geral foram obtidas diversas equações com R<sup>2</sup> maior que 86% e erro residual menor que 0,774 mEq/g MS de alimento. A separação do banco de dados em classes resultou em melhores ajustes, com diversas equações com R<sup>2</sup> superiores a 94% e erros residuais menores que 0,509 mEq/g MS de alimento. Apesar da necessidade de ampliação do banco de dados e da validação das equações produzidas, os resultados obtidos permitem afirmar que é possível prever a TLT de alimentos e dietas pelo conhecimento da sua composição químico-bromatológica.

**Palavras-chave:** capacidade tamponante, composição químico-bromatológica, pH, regressão múltipla

### 3.1 Prediction of Linear Buffering Rate of foods by chemical-bromatological composition

#### ABSTRACT

This study was aimed at obtaining prediction equations of Linear Buffering Rate (LBR) of ingredients and diets, from the chemical composition of them. We evaluated 25 ingredients of plant and animal, and seven mixtures of these ingredients and three complete diets for piglets, a total of 35 food samples that were grouped into different classes. The general class formed by 35 samples, the class 1 formed by soy and sub-products, class 2 formed by cereal and sub-products, class 3 formed by ingredients of animal origin and class 4 formed by mixtures and diets. The ingredients evaluated were analyzed for LBR, initial pH and for concentrations of dry matter at 105 ° C, crude protein, ash at 500 ° C, fiber, fat, Ca and P, and neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin. The prediction equations of the LBR, as a function of variable chemical composition, were determined by multiple regression analysis, and were selected by  $R^2$  and residual standard deviation. It was possible to obtain the prediction equations of the LBR by chemical-bromatological composition of foods, with high accuracy. For the general class, equations were obtained with  $R^2$  greater than 86% and residual error less than 0.774 mEq / g DM of food. The separation of the database into classes resulted in better fits, with several equations with  $R^2$  greater than 94% and residual errors less than 0.509 mEq/g DM of food. Despite the need to expand the database and validate the equations produced, the results have revealed that it is possible to predict the LBR of the food and diets by of knowledge of their chemical-bromatological composition.

**Key words:** buffering capacity; chemical-bromatological composition; pH; multiple regression

### 3.2 INTRODUÇÃO

A capacidade tamponante (CT) é uma propriedade físico-química que muitas vezes não é considerada na formulação de rações. E é definida como a facilidade que uma molécula tem de reter ou trocar cátions por  $H^+$ , conforme o pH do meio (Van Soest, 1991). As propriedades físico-químicas dos alimentos podem afetar os processos gastrointestinais (Warpechowski e Ciocca, 2006), dessa forma torna-se importante o conhecimento da CT, principalmente na dieta de leitões recém desmamados, que possuem uma limitada capacidade digestiva devido à produção insuficiente de HCl e de enzimas pancreáticas (Cranwell, 1976). A CT dos alimentos pode interferir no pH estomacal, aumentando a quantidade necessária de HCl para reduzir o pH (Penz, 1991), além disso, nas dietas que utilizam acidificantes, essa propriedade pode influenciar na capacidade de resposta desses aditivos (Blank et al., 1999). Sendo assim, torna-se importante a utilização dessa medida para avaliar a CT dos ingredientes utilizados na formulação de dietas.

Vários métodos são utilizados para avaliar a CT de alimentos (Playne e McDonald, 1966; McBurney *et al.*, 1983; Gabert *et al.*, 1995; Van Ooijen, 2000; Giger-Reverdin *et al.*, 2002). No entanto, não foram encontrados na literatura equações para estimar a CT a partir da composição química dos alimentos, embora já tenham sido desenvolvidos na UFPR trabalhos que indicam a possibilidade de predição de medidas da CT pela composição química, tanto da fibra de alimentos (Oliveira Jr. et al. 2008b) quanto de dietas completas (Barrilli et al., 2009). Os bancos de dados utilizados por Oliveira Jr. et al. (2008b) e Barrilli et al. (2009) foram restritos e com pouca representatividade, mas esses resultados preliminares permitem acreditar na possibilidade de predição da CT de alimentos completos. Principalmente utilizando para a predição a medida padronizada e linearizada desenvolvida na UFPR, denominada taxa linear de tamponamento (TLT), para a qual foi demonstrada mais aditividade que as demais medidas (Oliveira Jr et al., 2007; Oliveira Jr et al. 2008a; Bockor et al. 2009a; Bockor et al. 2009b)

A obtenção de equações para predição da CT de alimentos com base na análise química de rotina teria grande aplicabilidade, uma vez que a análise da CT exige a elaboração de curvas de titulação laboriosas, que podem levar mais de 90 minutos por replicata (Warpechowski et al., 2005; Warpechowski e Ciocca, 2006). A

utilização de métodos indiretos para quantificar variáveis de difícil medição tem sido bastante utilizada na nutrição animal, como por exemplo, na avaliação do valor de energia disponível nos alimentos para aves e suínos propostos por Noblet et al. (1994), Nunes et al. (2001), Rostagno et al. (2005) e Nascimento et al. (2009).

O objetivo foi avaliar a possibilidade de predição da TLT por equações a partir da composição químico-bromatológica de alimentos de origem vegetal e animal, misturas e dietas.

### **3.3 MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados de TLT utilizados na pesquisa foram obtidos em trabalho anteriormente publicado por Bockor (2009), além de dados não publicados obtidos posteriormente àquele trabalho. Foram avaliados 25 ingredientes de origem vegetal e animal, provenientes de até cinco diferentes lotes, além de sete misturas desses ingredientes e mais três dietas completas para leitões, totalizando 35 amostras de alimentos. As amostras foram agrupadas em diferentes classes como apresentado na Tabela 3.1. Foi avaliada também uma classe geral, formada pelo agrupamento das quatro classes.

Tabela 3.1 - Agrupamento dos materiais experimentais

<i>Classe</i>	<i>Ingredientes*</i>
1 - Soja e subprodutos	Soja integral (1), Farelo de soja (FS) (4) e casca de soja (CS) (2)
2 - Cereais e subprodutos	Milho (M) (4); milho pré-cozido (1); farelo de trigo (FT) (2); trigo grão (1), farelo de arroz integral (1)
3 - Ingredientes de origem animal	Farinha de carne e ossos (FCO) (2); farinha de carne (1); farinha de sangue (1); farinha de penas (1); farinha de vísceras (2); farinha de peixe (1) e soro de leite doce (1)
4 - Misturas e dietas	Mistura 1 - 65%M+ 35% FS (1) Mistura 2 - 90% mistura 1 + 10%CS (1) Mistura 3 - 80% mistura 1 + 20%CS (1) Mistura 4 - 90% mistura 1 + 10%FT (1) Mistura 5 - 80% mistura 1 + 20%FT (1) Mistura 6 - 25%M + 25%FS + 25%CS + 25%FT (1) Mistura 7- 20%M + 20%FS + 20%CS + 20%FT + 20%FCO + 0,20%premix mineral + 0,30%sal + 0,50%calcário (1) Dieta 1 - Ração inicial com M e FS (1) Dieta 2 - Ração inicial com milho e soja pré-cozidos (1) Dieta 3 - Ração pré inicial (1)

\*Número de amostras entre parênteses

A TLT, o pH inicial (pHi) e as demais análises químico-bromatológica dos ingredientes e misturas foram obtidas mediante análises conduzidas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná. Os ingredientes foram analisados quanto aos teores de: matéria seca a 105°C (MS), proteína bruta (PB), resíduo mineral a 500°C (RM), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), Ca e P, de acordo com o AOAC (1990); além de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina, de acordo com Van Soest et al. (1991). O pHi foi obtido após 60 segundos de estabilização sob agitação de 0,5 g de amostra suspensa em 30 ml de água destilada e deionizada. E a TLT foi obtida a partir das curvas de titulação dessa suspensão com HCl 0,050 e 0,100 N, após elevar o pH inicial a 8,0, e calculada como o inverso da inclinação da regressão linear entre a quantidade de ácido adicionada (mEq/g MS de amostra) e os dados transformados de pH [EXP(1/pH)]. Os métodos adotados para obter os resultados de pHi e TLT foram de acordo com procedimentos adotados e a metodologia desenvolvida na UFPR (Bockor, 2009). Os resultados das análises encontram-se nas tabelas 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5.

Tabela 3.2 - Ingredientes, número de amostras (n), média, erro padrão da média (EP) e amplitude (máximo e mínimo) da taxa linear de tamponamento (TLT), pH inicial (pHi) e demais análises químico-bromatológica para a classe 1 (soja e subprodutos)

Ingredientes	n		TLT	pHi	PB%	EE%	RM%	Ca%	P%	FB%	FDA%	FDN%	Lig.%
Farelo de soja	4	Média	5,23	7,42	45,49	1,85	6,02	0,43	0,68	6,23	9,39	19,71	2,13
		EP	0,36	0,37	1,43	0,29	0,22	0,03	0,06	0,51	0,85	1,62	0,29
		Máximo	6,51	8,91	50,19	2,68	6,50	0,51	0,82	7,29	11,06	24,30	2,97
		Mínimo	4,51	6,98	41,85	1,17	5,35	0,34	0,49	4,36	7,02	17,07	1,69
Casca de soja	2	Média	3,44	6,92	19,72	7,07	5,30	0,45	0,31	32,12	40,87	60,53	4,57
		EP	0,22	0,00	3,29	3,34	0,50	0,01	0,07	4,26	4,13	9,60	1,07
		Máximo	3,66	6,92	23,01	10,41	5,81	0,46	0,37	36,39	45,00	70,13	5,64
		Mínimo	3,21	6,91	16,43	3,73	4,80	0,44	0,24	27,86	36,74	50,93	3,50
Soja integral	1		3,33	6,95	38,21	22,68	4,66	0,29	0,58	12,91	18,48	31,12	7,89
Total do grupo	7	Média	4,55	7,24	38,13	5,76	5,67	0,42	0,57	13,54	19,69	33,00	3,65
		EP	0,40	0,24	4,25	2,64	0,25	0,03	0,07	4,22	5,70	7,62	0,88
		Máximo	6,51	8,91	50,19	22,68	6,50	0,51	0,82	36,39	45,00	70,13	7,89
		Mínimo	3,21	6,91	16,43	1,17	4,66	0,29	0,24	4,36	7,02	17,07	1,69

n, número de amostras; EP, erro padrão; TLT, taxa linear de tamponamento, mEq/g MS de alimento; pHi, pH inicial; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; RM, resíduo mineral; FB, fibra bruta; FDA, fibra detergente ácido; FDN, fibra detergente neutro; lig., lignina. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca



Tabela 3.3 - Ingredientes, número de amostras (n), média, erro padrão da média (EP) e amplitude (máximo e mínimo) da taxa linear de tamponamento (TLT), pH inicial (pHi) e demais análises químico-bromatológica para a classe 2 (cereais e subprodutos)

Ingrediente	n		TLT	pHi	PB%	EE%	RM%	Ca%	P%	FB%	FDA%	lig.%
Milho	4	Média	2,14	6,56	10,22	4,33	1,39	0,09	0,43	2,89	5,68	3,06
		EP	0,11	0,06	0,30	0,14	0,08	0,01	0,06	0,34	0,46	0,34
		Máximo	2,43	6,94	10,93	4,72	1,57	0,12	0,59	3,81	6,99	3,86
		Mínimo	1,88	6,66	9,57	4,03	1,22	0,08	0,32	2,25	4,91	2,23
Milho cozido	1		2,77	5,76	8,73	5,01	1,26	0,10	0,44	2,63	4,60	2,34
Trigo grão integral	1		2,98	6,53	15,02	2,61	2,00	0,15	1,20	2,60	3,94	0,71
Farelo de trigo	2	Média	2,55	6,68	17,81	3,36	4,49	0,22	0,97	5,63	12,00	3,72
		EP	0,49	0,14	0,77	0,21	0,45	0,01	0,12	3,02	0,46	0,63
		Máximo	3,03	6,83	18,58	3,57	4,94	0,23	1,09	8,65	12,46	4,35
		Mínimo	2,06	6,54	17,04	3,15	4,03	0,21	0,86	2,61	11,55	3,08
Farelo de arroz integral	1		3,83	7,14	13,80	25,99	10,65	0,30	4,92	10,19	15,25	3,93
Total do grupo	9	Média	2,58	2,96	12,67	6,41	3,16	0,15	1,14	4,25	7,84	2,96
		EP	0,21	0,13	1,19	2,46	1,04	0,03	0,48	1,00	1,38	0,37
		Máximo	3,83	7,14	18,58	25,99	10,65	0,30	4,92	10,19	15,25	4,35
		Mínimo	1,88	5,76	8,73	2,61	1,22	0,08	0,32	2,25	3,94	0,71

n, número de amostras; EP, erro padrão; TLT, taxa linear de tamponamento, mEq/g MS de alimento; pHi, pH inicial; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; RM, resíduo mineral; FB, fibra bruta; FDA, fibra detergente ácido; lig., lignina. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca.

Tabela 3.4 - Ingredientes, número de amostras (n), média, erro padrão da média (EP) e amplitude (máximo e mínimo) da taxa linear de tamponamento (TLT), pH inicial (pHi) e demais análises químico-bromatológica para a classe 3 (ingredientes de origem animal)

Ingredientes	n		TLT	pHi	PB%	EE%	RM%	Ca%	P%
Farinha de carne e ossos	2	Média	7,63	6,72	44,63	15,03	27,50	13,18	6,34
		EP	0,50	0,50	3,07	2,58	8,15	0,21	0,16
		Máximo	8,13	7,22	47,70	17,62	35,65	13,39	6,50
		Mínimo	7,13	6,21	41,56	12,45	19,35	12,96	6,18
Farinha de carne	1		9,63	7,37	43,37	11,53	41,63	15,51	2,50
Farinha de sangue	1		5,02	7,30	92,28	1,27	2,98	0,31	1,27
Farinha de penas	1		6,38	8,73	71,51	7,86	7,64	2,68	0,45
Farinha de vísceras	2	Média	7,07	6,61	47,20	18,21	27,59	6,48	3,53
		EP	1,05	0,03	4,86	3,09	10,23	0,10	0,91
		Máximo	8,12	6,64	52,05	21,30	37,82	6,58	4,44
		Mínimo	6,01	6,58	42,34	15,12	17,37	6,39	2,62
Farinha de peixe	1		8,13	7,48	55,94	6,60	24,86	11,07	4,50
Soro de leite	1		3,93	6,81	13,00	0,45	5,06	0,82	1,05
Total do grupo	9	Média	6,94	7,15	51,08	10,47	21,37	7,75	3,28
		EP	0,59	0,24	7,29	2,36	4,87	1,91	0,74
		Máximo	9,63	8,73	92,28	21,30	41,63	15,51	6,50
		Mínimo	3,93	6,21	13,00	0,45	2,98	0,31	0,45

n, número de amostras; EP, erro padrão; TLT, taxa linear de tamponamento, mEq/g MS de alimento; pHi, pH inicial; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; RM, resíduo mineral. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca.

Tabela 3.5 - Materiais, número de amostras (n), média, erro padrão da média (EP) e amplitude (máximo e mínimo) da taxa linear de tamponamento (TLT), pH inicial (pHi) e demais análises químico-bromatológica para a classe 4 (misturas e dietas)

Materiais	n		TLT	pHi	PB%	EE%	RM%	Ca%	P%	FB%
Misturas	7	Média	3,65	6,90	23,03	4,05	4,46	0,64	0,66	7,51
		EP	0,46	0,05	0,35	0,14	1,03	0,37	0,16	1,26
		Máximo	6,18	7,00	24,40	4,70	10,59	2,85	1,62	12,77
		Mínimo	2,23	6,59	21,75	3,60	3,14	0,21	0,42	3,91
Dietas	3	Média	3,43	6,27	19,84	6,74	5,99	0,86	0,55	3,38
		EP	0,14	0,20	0,15	1,23	0,30	0,07	0,04	0,25
		Máximo	3,57	6,66	20,08	9,02	6,57	1,00	0,63	3,84
		Mínimo	3,16	6,00	19,56	4,81	5,60	0,77	0,50	2,99
Total do grupo	10	Média	3,58	6,71	22,07	4,85	4,92	0,70	0,63	6,27
		EP	0,32	0,12	0,55	0,53	0,75	0,26	0,11	1,07
		Máximo	6,18	7,00	24,40	9,02	10,59	2,85	1,62	12,77
		Mínimo	2,23	6,00	19,56	3,60	3,14	0,21	0,42	2,99

n, número de amostras; EP, erro padrão; TLT, taxa linear de tamponamento, mEq/g MS de alimento; pHi, pH inicial; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; RM, resíduo mineral; FB, fibra bruta. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca.

Para a determinação das equações de predição da TLT, por meio dos dados de composição química-bromatológica dos alimentos avaliados, foi utilizada análise de regressão múltipla, utilizando o procedimento *Regression Model Selection* do programa computacional estatístico *StatGraphics Plus 4.0* (Manugistic, 1997). As equações foram classificadas pelo  $R^2$  ajustado e pelo desvio padrão residual (DPR), para posterior seleção.

Foi realizada análise de intercorrelação entre as variáveis, para auxiliar na escolha do menor número possível de fatores preditores que estimariam a TLT. Para isso as variáveis que apresentaram correlação igual ou superior ao ponto médio, ou seja, 0,50% foram incluídas separadamente e depois juntas na análise.

Procurou-se primeiro estimar equações considerando todos os ingredientes, misturas e dietas como uma única classe de alimentos. A partir daí, várias outras equações foram estimadas para cada classe apresentada na Tabela 3.1.

Nas equações de predição com a inclusão de todos os ingredientes em uma única classe e para a classe 3 utilizaram-se os valores de RM, PB, EE, Ca, P e pHi. Na obtenção de equações para as classes 1, 2 e 4 utilizou-se os valores determinados de RM, PB, EE, Ca, P, FB, FDN, FDA, lignina e pHi.

Num primeiro momento todas as equações com  $R^2$  acima de 80% foram selecionadas. Depois, dentre essas equações, permaneceram as equações com  $R^2$  ajustado acima de 80% e DPR menor que a média de todas as equações obtidas para cada classe de alimentos.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3.6 -6 são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis estudadas com a TLT, para as diferentes classes.

Tabela 3.6 - Coeficientes de correlação entre as variáveis da composição químico-bromatológica com a TLT para as diferentes classes

Variáveis	TLT				
	classe geral	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
pHi	0,32*	0,25	-0,01	-0,03	-0,11
PB	0,69*	0,73	0,35	0,04	0,37
EE	0,35*	-0,63	0,71*	0,59	0,02
RM	0,86*	0,62	0,71*	0,91*	0,83*
Ca	0,83*	0,42	0,72*	0,85*	0,88*
P	0,64*	0,73	0,79*	0,44	0,90*
FB	-	-0,71	0,79*	-	0,43
ENN	-	0,43	- 0,77*	-	-0,78*
FDN	-	-0,72	-	-	-
FDA	-	-0,73	0,54	-	-
Lig	-	-0,68	- 0,16	-	-
RM-Ca	0,80*	0,61	0,71*	0,80*	0,79*
RM-P	0,85*	0,48	0,58	0,90*	0,80*
RM-Ca-P	0,73*	0,46	0,57	0,73*	0,72*

Classe geral, agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4; classe 1, soja e subprodutos; classe 2, cereais e subprodutos; classe 3, ingredientes de origem animal; classe 4, misturas e dietas; TLT, taxa linear de tamponamento, mEq/g MS de alimento; pHi, pH inicial. Em %: PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; RM, resíduo mineral; FB, fibra bruta; ENN, extrativo não nitrogenado; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; lig., lignina. RM-Ca, resíduo mineral menos Ca; RM-P, resíduo mineral menos P; RM-Ca-P, resíduo mineral menos Ca e P. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca

\* significativo pelo teste t ( $p < 0,05$ )

Na classe geral todas as variáveis da composição química apresentaram correlação significativa com a TLT ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, para a classe 1 nenhuma variável apresentou correlação significativa ( $p > 0,06$ ) com a TLT. Nas classes 2, 3 e 4 há variáveis que não apresentaram correlação com a TLT, para

nenhuma das classes, como pH<sub>i</sub> e PB; variáveis que apresentaram correlação com a TLT para as três classes, como RM e RM-Ca; e variáveis que apresentaram correlação com a TLT para uma determinada classe, mas não para outra. Isso justifica a separação dos alimentos em classes para a predição da TLT.

Nas tabelas 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10 são apresentadas as intercorrelações entre as variáveis da composição químico-bromatológica, para as diferentes classes. O objetivo de obter as intercorrelações entre as variáveis foi de avaliar, na análise de regressão, separadamente as variáveis que apresentaram intercorrelação superior ao ponto médio, ou seja, 0,50%, além de auxiliar na escolha do menor número possível de fatores para estimar a TLT.

As variáveis RM-Ca, RM-P e RM-Ca-P também foram testadas em todas as classes.

Tabela 3.7 - Intercorrelações (%) do pH inicial (pH<sub>i</sub>) com as demais variáveis da composição químico-bromatológica para as diferentes classes

Variáveis	Intercorrelações (%)				
	classe geral	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
pH <sub>i</sub> /PB	0,54	0,51	0,27	0,45	0,67
pH <sub>i</sub> /EE	0,04	-0,17	0,45	-0,31	-0,88
pH <sub>i</sub> /RM	0,08	0,68	0,51	-0,39	-0,55
pH <sub>i</sub> /Ca	0,15	-0,11	0,39	-0,21	-0,42
pH <sub>i</sub> /P	0,03	0,66	0,48	-0,53	0,01
pH <sub>i</sub> /FB	-	-0,40	0,33	-	0,53
pH <sub>i</sub> /ENN	-	-0,32	-0,49	-	-0,20
pH <sub>i</sub> /FDN	-	-0,36	-	-	-
pH <sub>i</sub> /FDA	-	-0,41	0,48	-	-
pH <sub>i</sub> /Lig	-	-0,26	0,50	-	-
pH <sub>i</sub> /RM-Ca	0,03	0,73	0,51	-0,42	-0,61
pH <sub>i</sub> /RM-P	0,09	0,51	0,49	-0,33	-0,61
pH <sub>i</sub> /RM-Ca-P	0,03	0,62	0,50	-0,31	-0,71

Classe geral, agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4; classe 1, soja e subprodutos; classe 2, cereais e subprodutos; classe 3, origem animal; classe 4, misturas e dietas; pH<sub>i</sub>, pH inicial; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; RM, resíduo mineral; FB, fibra bruta; ENN, extrativo não nitrogenado; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; Lig, lignina; RM-Ca, resíduo mineral menos Ca; RM-P, resíduo mineral menos P; RM-Ca-P, resíduo mineral menos Ca e P.

Tabela 3.8 - Intercorrelações (%) da proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) com as demais variáveis da composição químico-bromatológica, para as diferentes classes

Variáveis	Intercorrelações (%)				
	classe geral	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
PB/EE	0,11	-0,24	0,04	-0,15	-0,62
PB/RM	0,42	0,49	0,49	-0,21	-0,01
PB/Ca	0,40	-0,21	0,75	-0,25	0,17
PB/P	0,30	0,97	0,30	-0,24	0,40
PB/FB	-	-0,99	0,48	-	0,57
PB/ENN	-	-0,04	-0,51	-	-0,69
PB/FDN	-	-0,98	-	-	-
PB/FDA	-	-0,99	0,64	-	-
PB/Lig	-	-0,43	0,11	-	-
PB/RM-Ca	0,39	0,53	0,48	-0,24	-0,10
PB/RM-P	0,41	0,24	0,60	-0,18	-0,08
PB/RM-Ca-P	0,36	0,28	0,59	-0,11	-0,23
EE/RM	0,53	-0,78	0,87	0,66	0,34
EE/Ca	0,44	-0,63	0,66	0,54	0,23
EE/P	0,61	-0,24	0,95	0,54	-0,03
EE/FB	-	0,19	0,71	-	-0,49
EE/ENN	-	-0,87	-0,86	-	0,15
EE/FDN	-	0,19	-	-	-
EE/FDA	-	0,23	0,64	-	-
EE/Lig	-	0,96	0,36	-	-
EE/RM-Ca	0,54	-0,74	0,88	0,62	0,40
EE/RM-P	0,48	-0,81	0,74	0,62	0,40
EE/RM-Ca-P	0,44	-0,78	0,74	0,52	0,49

Classe geral, agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4; classe 1, soja e subprodutos; classe 2, cereais e subprodutos; classe 3, origem animal; classe 4, misturas e dietas; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; RM, resíduo mineral; FB, fibra bruta; ENN, extrativo não nitrogenado; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; Lig, lignina; RM-Ca, resíduo mineral menos Ca; RM-P, resíduo mineral menos P; RM-Ca-P, resíduo mineral menos Ca e P.

Tabela 3.9 - Intercorrelações (%) do resíduo mineral (RM), Ca e P com as demais variáveis da composição químico-bromatológica, para as diferentes classes

Variáveis	Intercorrelações (%)				
	classe geral	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
RM/Ca	0,90	0,43	0,92	0,80	0,98
RM/P	0,71	0,58	0,94	0,48	0,87
RM/FB	-	-0,39	0,81	-	0,00
RM/ENN	-	0,39	-0,97	-	-0,46
RM/FDN	-	-0,33	-	-	-
RM/FDA	-	-0,42	0,89	-	-
RM/Lig	-	-0,80	0,48	-	-
RM/RM-Ca	0,96	0,99	1,00	0,95	0,99
RM/RM-P	0,99	0,96	0,96	0,99	1,00
RM/RM-Ca-P	0,90	0,97	0,96	0,87	0,97
Ca/P	0,79	-0,11	0,81	0,74	0,94
Ca/FB	-	0,24	0,82	-	0,05
Ca/ENN	-	0,66	-0,93	-	-0,55
Ca/FDN	-	0,25	-	-	-
Ca/FDA	-	0,22	0,90	-	-
Ca/Lig	-	-0,41	0,33	-	-
Ca/RM-Ca	0,74	0,34	0,92	0,56	0,94
Ca/RM-P	0,86	0,53	0,94	0,73	0,96
Ca/RM-Ca-P	0,62	0,43	0,93	0,42	0,89
P/FB	-	-0,94	0,75	-	0,18
P/ENN	-	-0,10	-0,92	-	-0,64
P/FDN	-	-0,92	-	-	-
P/FDA	-	-0,94	0,72	-	-
P/Lig	-	-0,41	0,26	-	-
P/RM-Ca	0,59	0,62	0,95	0,26	0,82
P/RM-P	0,62	0,34	0,82	0,35	0,82
P/RM-Ca-P	0,39	0,37	0,82	0,06	0,72

Classe geral, agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4; classe 1, soja e subprodutos; classe 2, cereais e subprodutos; classe 3; origem animal; classe 4, misturas e dietas; RM, resíduo mineral; FB, fibra bruta; ENN, extrativo não nitrogenado; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; Lig, lignina; RM-Ca, resíduo mineral menos Ca; RM-P, resíduo mineral menos P; RM-Ca-P resíduo mineral menos Ca e P.

Tabela 3.10 - Intercorrelações (%) da fibra bruta (FB), extrativo não nitrogenado (ENN), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), RM-Ca, RM-P e RM-Ca-P com as demais variáveis da composição químico-bromatológica, para as diferentes classes

Variáveis	Intercorrelações (%)				
	Classe geral	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
FB/ENN	-	0,02	-0,91	-	-0,7793
FB/FDN	-	0,99	-	-	-
FB/FDA	-	1,00	0,84	-	-
FB/Lig	-	0,39	0,34	-	-
FB/RM-Ca	-	-0,43	0,81	-	-0,03
FB/RM-P	-	-0,14	0,79	-	-0,03
FB/RM-Ca-P	-	-0,18	0,78	-	-0,08
ENN/FDN	-	0,01	-	-	-
ENN/FDA	-	0,00	-0,90	-	-
ENN/Lig	-	-0,77	-0,42	-	-
ENN/RM-Ca	-	0,33	-0,97	-	-0,41
ENN/RM-P	-	0,48	-0,93	-	-0,42
ENN/RM-Ca-P	-	0,43	-0,93	-	-0,32
FDN/FDA	-	0,99	-	-	-
FDN/Lig	-	0,39	-	-	-
FDN/RM-Ca	-	-0,38	-	-	-
FDN/RM-P	-	-0,08	-	-	-
FDN/RM-Ca	-	-0,12	-	-	-
FDA-Lig	-	0,43	0,66	-	-
FDA/RM-Ca	-	-0,47	0,89	-	-
FDA/RM-P	-	-0,18	0,96	-	-
FDA/RM-Ca-P	-	-0,22	0,96	-	-
Lig/RM-Ca	-	-0,79	0,48	-	-
Lig/RM-P	-	-0,79	0,61	-	-
Lig/RM-Ca-P	-	-0,79	0,62	-	-
RM-Ca/RM-P	0,97	0,94	0,96	0,97	1,00
RM-Ca/RM-Ca-P	0,97	0,96	0,93	0,98	0,99
RM-P/RM-Ca-P	0,93	0,99	1,00	0,92	0,98

Classe geral, agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4; classe 1, soja e subprodutos; classe 2, cereais e subprodutos; classe 3; origem animal; classe 4, misturas e dietas; FB, fibra bruta; ENN, extrativo não nitrogenado; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; Lig, lignina; RM-Ca, resíduo mineral menos Ca; RM-P, resíduo mineral menos P; RM-Ca-P resíduo mineral menos Ca e P.

As variáveis FB, FDN, FDA, lignina e ENN não foram incluídas na análise de intercorrelação e também na análise de regressão, para as classes gera e 3l, devido à ausência de análise dessas variáveis para os ingredientes de origem animal. Para a classe 4, as variáveis FDN, FDA e lignina não foram consideradas



devido a falta de análise dessas variáveis para as dietas. E a variável FDN não foi considerada na classe 2 devido há um erro detectado na realização da análise de FDN.

Foram obtidas 36 equações com  $R^2$  ajustado acima de 80% para a classe geral, que inclui todos os ingredientes, misturas e dietas. Sendo que dentre essas foram selecionadas as equações com maior  $R^2$  e que apresentaram DPR abaixo da média (0,781 mEq/g MS de alimento), totalizando 16 equações (Tabela 3.11). Entre essas equações, duas (E12 e E16, Tabela 3.11) contêm duas variáveis. A equação com as variáveis RM e PB (E12) apresentou  $R^2$  de 87,86% e DPR de 0,722 mEq/g MS de alimento.

O melhor  $R^2$  obtido foi de 89,57% (E1, Tabela 3.11). Todas as equações obtidas contiveram PB e RM, com exceção de quatro equações que apresentam a variável RM-P no lugar de RM. Os coeficientes positivos encontrados para a PB e o RM estão de acordo com os registros de Prohaszka e Baron (1980), que observaram maiores valores de CT para ingredientes com maiores níveis de proteína, e de Lawlor et al. (2005) e Bockor et al., (2007) que registraram altos valores de CT em suplementos minerais. Por outro lado, Oliveira Jr. et al. (2008b) obtiveram equação, para estimar a CT da fibra de alimentos, com coeficiente positivo para RM e negativo para PB. Já as melhores equações obtidas por Barrilli et al. (2009), para estimar a TLT de dietas de frangos de corte, apresentaram as variáveis Ca e P, com coeficientes positivos; Ca e P positivos e PB negativo; e RM negativo e FB, Ca e P, positivos.

As equações com a variável RM-P (E12, E13, E15 e E16, Tabela 3.11) não tiveram melhores ajustes que as equações com a variável RM (E6, E8, E10 e E12, Tabela 3.11). Como para a utilização da variável RM-P são necessárias duas análises, incluindo o RM, não há vantagem prática na utilização das equações com a variável RM-P.

Analisando o  $R^2$  e o DPR das equações E1 até E4, observa-se que houve baixa variação entre elas, de 0,57 pontos percentuais para o  $R^2$  e de 0,013 mEq/g MS para o DPR. Essas quatro equações possuem em comum as variáveis RM e PB, assim, é possível escolher a equação, entre as quatro, de acordo com as análises disponíveis de EE, Ca, P ou pH<sub>i</sub>. No entanto, considerando o tempo, custo e disponibilidade das análises, poder-se-ia utilizar a equação E4 (Tabela 3.11), que

possui apenas quatro variáveis: a PB e o RM, as quais as análises são de baixo custo e normalmente utilizadas na avaliação prévia de alimentos; o Ca, que pode ser sequencial à análise de RM; e o pHi, medida rápida, de baixo custo e a única que pode ser utilizada para diferenciar a TLT em dietas adicionadas de acidificantes.

As equações E4 e E10 (Tabela 3.11) que apresentam a variável pHi possuem valores próximos de  $R^2$  e DPR que as equações E3 e E8 (Tabela 3.11), respectivamente, que apresentam o EE no lugar do pHi, portanto não há diferença em utilizar essas equações com pHi ou com EE. Considerando o tempo de realização das análises de EE e pHi, torna-se viável a utilização das equações com o pHi, já que a análise é mais rápida e não necessita a utilização de solventes, ambientalmente perigosos.

Tabela 3.11 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe geral

Número	Constante	Coeficientes						R <sup>2</sup>	DPR	
		RM	PB	EE	Ca	P	RM-P			pHi
E1	0,692	0,113	0,037	-0,029	0,092			0,227	89,57	0,702
E2	-0,102	0,137	0,035	-0,045		0,134		0,339	89,41	0,707
E3	2,158	0,107	0,041	-0,027	0,101				89,38	0,696
E4	0,833	0,099	0,039		0,102			0,184	89,00	0,709
E5	2,075	0,135	0,041	-0,041		0,124			88,97	0,710
E6	0,094	0,149	0,036	-0,033				0,307	88,88	0,713
E7	2,031	0,095	0,042		0,109				88,87	0,702
E8	2,067	0,145	0,041	-0,030					88,51	0,713
E9	0,116	0,130	0,038			0,055		0,275	88,24	0,733
E10	0,182	0,137	0,038					0,268	88,14	0,724
E11	1,895	0,128	0,042			0,050			87,95	0,730
E12	1,914	0,134	0,042						87,86	0,722
E13	0,468		0,039	-0,014			0,155	0,245	86,88	0,774
E14	0,482		0,040				0,150	0,231	86,74	0,766
E15	2,041		0,043	-0,013			0,153		86,65	0,769
E16	1,976		0,043				0,148		86,53	0,760

E, equação; Em %: RM, resíduo mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; RM-P, resíduo mineral menos P. pHi, pH inicial; DPR, desvio padrão residual. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca

O total de equações obtidas para a classe soja e subprodutos foi de 40, sendo que dessas foram selecionadas as com os maiores  $R^2$  e com DPR abaixo da média de todas as equações, totalizando 10 equações (Tabela 3.12).

A equação E3 (Tabela 3.12), com as variáveis RM, PB, Ca, P e FB, apresentou  $R^2$  de 98,56% e DPR de 0,359 mEq/g MS de alimento. A substituição da variável FB (E3, Tabela 3.12) por FDA (E2, Tabela 3.12) aumentou 0,58 pontos percentuais no  $R^2$  e diminuiu 0,082 mEq/g MS de alimento no DPR. E a substituição das variáveis RM e PB (E3, Tabela 3.12) pelas variáveis lig. e pHi (E1, Tabela 3.12) aumentou o  $R^2$  em 0,79 pontos percentuais e diminuiu o DPR em 0,119 mEq/g MS de alimento. Dessa forma, como houve baixa variação no  $R^2$  e DPR entre elas pode-se escolher tanto a E1, E2 ou E3 (Tabela 3.12), para estimar a TLT.

Tabela 3.12 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe 1 (soja e subprodutos)

Número	Constante	Coeficientes											R <sup>2</sup>	DPR		
		RM	PB	EE	Ca	P	FB	FDN	FDA	Lig.	pHi	RM-P				
E1	351,224				-35,206	88,892	1,270					-0,960	-57,197		99,35	0,240
E2	-137,126	-2,588	3,719		32,132	-65,784				2,119					99,14	0,277
E3	-31,121	-1,341	0,961		16,772	-14,877	0,611								98,56	0,359
E4	16,023		-0,707	0,276	9,973				-0,502					5,066	98,15	0,407
E5	-15,758	-1,192	0,933		14,774	-10,924	0,644						-2,456		97,88	0,435
E6	0,328			0,982	31,212							-3,235		-0,639	94,91	0,477
E7	19,226		0,282		8,197		0,186						-4,496		93,21	0,450
E8	2,776				8,792				-0,050			-0,067			92,34	0,477
E9	2,230				9,838				-0,054						91,42	0,438
E10	2,035				9,392										90,17	0,469

E, equação; Em %: RM, resíduo mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; FB, fibra bruta; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; Lig., lignina; RM-P, resíduo mineral menos P; pHi, ph inicial; DPR, desvio padrão residual. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca.

Na Tabela 3.13 encontram-se as equações de predição da TLT para a classe 2. Foram obtidas 93 equações com  $R^2$  ajustado maior que 80%, dessas foram selecionadas 14 equações. A seleção dessas equações se deu da seguinte forma, foram mantidas as equações com maior  $R^2$  e com DPR abaixo da média das 93 equações, resultando em 37 equações, dentre essas permaneceram as 14 equações com os menores DPR.

Todas as equações obtidas para a classe 2 apresentaram  $R^2 > 95\%$  e o DPR variou de 0,060 a 0,183 mEq/g MS de alimento. A equação de predição que melhor estimou os valores de TLT foi a E1 (Tabela 3.13), apresentando cinco variáveis e com  $R^2$  de 99,66% e DPR de 0,060 mEq/g MS de alimento. Essa equação apresenta variáveis que se correlacionaram entre si como EE/RM, EE/P, EE/FB (Tabela 3.6), RM/P, RM/FB e P/FB (Tabela 3.7), mas quando essas variáveis foram avaliadas separadamente na análise de regressão nenhuma equação apresentou  $R^2$  acima de 95% e DPR abaixo de 0,183 mEq/g MS de alimento. Dessa forma tais variáveis mostram ser importantes para estimar a TLT, já que todas apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) com a TLT (Tabela 3.4).

A equação E2 (Tabela 3.13) possui as mesmas variáveis (P, FB, Lig. e pHi) que a E3 (Tabela 3.13), no entanto está acrescida da variável ENN. A adição dessa variável não mostrou melhor ajuste na equação, pois o aumento no  $R^2$  foi de apenas 0,04 pontos percentuais, além disso, ocorreu também aumento no valor do DPR em 0,010 mEq/g MS de alimento. A substituição da variável PB da equação E4 (Tabela 3.13) pela variável EE na E1 (Tabela 3.13) aumentou o  $R^2$  em 0,60 pontos percentuais e diminuiu o DPR em 0,040 mEq/g MS de alimento. No entanto, analisando o  $R^2$  e o DPR das equações E1, E2, E3, E4 e E5 (Tabela 3.13), observa-se que houve baixa variação entre elas, de 0,82 pontos percentuais no  $R^2$  e de 0,051 mEq/g MS de alimento no DPR, dessa forma pode-se considerar qualquer uma das cinco equações para estimar a TLT dos cereais e subprodutos.

Tabela 3.13 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe 2 (cereais e subprodutos)

Número	Constante	Coeficientes											R <sup>2</sup>	DPR			
		RM	PB	EE	Ca	P	FB	ENN	FDA	Lig.	pHi	RM-Ca			RM-P	RM-Ca-P	
E1	6,656	-0,181		-0,067		0,920	0,131									99,66	0,060
E2	5,453					0,303	0,124	0,005		-0,191	-0,528					99,32	0,085
E3	5,906					0,277	0,113			-0,198	-0,531					99,28	0,075
E4	6,345	-0,236	0,054			0,712	0,107				-0,746					99,06	0,100
E5	-1,090		0,061			0,761	0,239	0,091			-0,684					98,84	0,111
E6	7,560		-0,124	-0,203		1,229	0,173				-0,638					98,52	0,125
E7	7,720			-0,111	-5,000	0,972	0,15				-0,815					97,98	0,146
E8	-3,626				5,575	0,700	0,263	0,115			-0,538					97,58	0,160
E9	4,645		-0,149	-0,109			0,159			-0,478		0,420				96,97	0,179
E10	9,673					0,120		-0,042		-0,239	-0,590					95,98	0,179
E11	3,665		-0,059				0,119			-0,482				0,310		95,86	0,181
E12	3,640		-0,060				0,118			-0,475			0,297			95,80	0,183
E13	10,348							-0,055		-0,270	-0,538					95,07	0,177
E14	4,093		-0,120						0,277	-0,730						95,04	0,177

E, equação; Em %: RM, resíduo mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; FB, fibra bruta; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; lig., lignina; RM-Ca, resíduo mineral menos Ca; RM-P, resíduo mineral menos P; RM-Ca-P, resíduo mineral menos Ca e P. pHi, pH inicial; DPR, desvio padrão residual. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca.

Foram obtidas 30 equações para a classe 3, sendo que dessas foram selecionadas as que apresentaram os maiores  $R^2$  e com DPR abaixo da média do grupo, totalizando 9 equações (Tabela 3.14).

A equação E1 (Tabela 3.14) apresenta as mesmas variáveis que a E2 (Tabela 3.14) e está acrescida da variável EE que não interferiu no valor do  $R^2$ , mas aumentou o DPR em 0,022 mEq/g MS de alimento. A adição das variáveis EE e P resultou na equação E3 (Tabela 3.14), que comparada com a E2 (Tabela 3.14) não apresentou aumento no  $R^2$  e diminuição no DPR, portanto as variáveis EE e P não interferem significativamente no  $R^2$  e DPR. Dessa forma, a equação que melhor se ajustou para estimar a TLT dos ingredientes de origem animal foi a E2 (Tabela 3.14). Essa equação contém as variáveis RM e Ca, que apresentaram alta intercorrelação (0,80, Tabela 3.7), mas que também se correlacionaram significativamente ( $p < 0,05$ ) com a TLT (Tabela 3.4). A retirada da variável Ca da E2 (Tabela 3.14) resultou na E7 (Tabela 3.14) levando a um decréscimo de 3,15 pontos percentuais no  $R^2$  e um aumento de 0,274 mEq/g MS de alimento no DPR, isso mostra que ambas as variáveis (RM e Ca) são importantes para estimar a TLT.

A variável pHi também mostrou ser importante. A E9 (Tabela 3.14) apresenta as mesmas variáveis que a E2 (Tabela 3.14), com exceção da variável pHi que está ausente. A entrada dessa variável na E2 levou a um aumento de 4,57 pontos percentuais no  $R^2$  e um decréscimo de 0,362 mEq/g MS de alimento no DPR.



Tabela 3.14 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe 3 (ingredientes de origem animal)

Número	Constante	Coeficientes						R <sup>2</sup>	DPR
		RM	PB	EE	Ca	P	pHi		
E1	-1,255	0,099	0,013	-0,002	0,096		0,655	99,66	0,169
E2	-1,275	0,098	0,013		0,095		0,657	99,66	0,147
E3	-3,920	0,126	0,009	-0,020		0,188	1,019	99,58	0,189
E4	-4,256	0,121				0,170	1,128	98,29	0,295
E5	-1,936	0,104			0,077		0,849	97,66	0,345
E6	-1,983	0,129	0,009	0,001			0,794	96,51	0,471
E7	-1,975	0,130	0,009				0,793	96,51	0,421
E8	-2,366	0,129					0,916	95,47	0,438
E9	3,120	0,079	0,023		0,125			94,91	0,509

E, equação; Em %: RM, resíduo mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; Ca; P. pHi, pH inicial; DPR, desvio padrão residual. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca.

Foram obtidas 99 equações para a classe 4, dessas foram selecionadas 17 equações (Tabela 3.15). A seleção das 17 equações foi da seguinte forma, as equações foram separadas em grupos pelo número de variáveis (grupo 1 = seis variáveis, grupo 2 = cinco, grupo 3 = quatro, grupo 4 = três e grupo 5 = duas). Dentro de cada grupo foram mantidas as equações com DPR abaixo da média, e em seguida esses grupos foram agrupados e foi realizada uma nova seleção das equações com DPR abaixo da média desse novo grupo. Essa nova seleção resultou em duas equações com cinco variáveis, nove com quatro, 13 com três e uma com apenas duas variáveis, totalizando 25 equações. Entre essas 25, foram mantidas todas as equações com cinco e duas variáveis, além de sete equações com quatro e mais sete com três variáveis, finalizando em 17 equações.

A adição das variáveis RM-Ca e RM-P na análise de regressão resultaram em três equações, E5, E9 e E13 (Tabela 3.15), no entanto essas equações não mostraram melhores ajustes que as equações E3 e E10 (Tabela 3.15) que apresentaram à variável RM, portanto não há vantagem em utilizar as variáveis RM-Ca ou RM-P.

Tabela 3.15 - Equações de regressão múltipla obtidas para predição da taxa linear de tamponamento (TLT; mEq/g MS de alimento) para a classe 4 (misturas e dietas)

Número	Constante	Coeficientes										R <sup>2</sup>	DPR	
		RM	PB	EE	Ca	P	FB	ENN	pHi	RM-Ca	RM-P			
E1	-7,316		-0,097	0,204	1,314		0,100			1,563			94,61	0,353
E2	-13,132	0,464	0,010	0,228			0,074			1,884			94,41	0,360
E3	-13,279	0,468		0,229			0,074			1,936			94,40	0,322
E4	1,465	0,367	-0,130					-0,094		1,177			93,98	0,334
E5	-16,130			0,243			0,066			2,336		0,572	93,84	0,338
E6	-6,154			0,185	1,202		0,095			1,102			93,82	0,338
E7	-6,651	0,402		0,139				-0,056		1,551			93,69	0,342
E8	0,765	0,091		0,097		1,861	0,117						93,21	0,355
E9	-1,548							-0,070		1,013		0,433	92,88	0,332
E10	-0,052	0,359						-0,070		0,801			92,84	0,332
E11	0,580			0,148		2,391	0,119			0,006			92,75	0,367
E12	0,628			0,147		2,390	0,119						92,75	0,335
E13	-1,264							-0,076		0,945	0,546		92,57	0,339
E14	1,196	0,183				1,334	0,104						92,28	0,345
E15	0,326				1,131		0,099			0,275			91,90	0,354
E16	-4,734	0,430					0,081			0,849			91,55	0,361
E17	2,106				1,075		0,115						91,40	0,337

E, equação; Em %: RM, resíduo mineral; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; Ca; P; FB, fibra bruta; RM-Ca, resíduo mineral menos Ca; RM-P, resíduo mineral menos P. pHi, pH inicial; DPR, desvio padrão residual. Todas as variáveis expressas com base na matéria seca.

A equação E3 (Tabela 3.15) apresenta as variáveis RM, EE, FB e pHi, com  $R^2 = 94,40\%$  e  $DPR = 0,322$  mEq/g MS de alimento. A adição da variável PB (E2, Tabela 3.15), levou a um aumento pouco significativo no  $R^2$ , de 0,01 pontos percentuais. Além do aumento no  $R^2$ , ocorreu também aumento no DPR. A E1 (Tabela 3.15) comparada com a E3 (Tabela 3.15), além de estar acrescida da variável PB como na E2 (Tabela 3.15) possui a variável Ca em substituição a variável RM, que também não levou a aumento significativo no  $R^2$  e diminuição no DPR. Dessa forma, considerando o DPR e os custos com as análises, torna-se viável utilizar a E3 (Tabela 3.15), que apresenta apenas quatro variáveis.

Apesar da ausência de correlação direta do pHi com a TLT, essa variável mostrou ser importante como parte das equações de predição, conforme apresentado na Tabela 3.15. As equações com a variável pHi tornam-se importantes principalmente em dietas adicionadas de acidificantes, pois é a única variável que pode mostrar as diferenças de TLT entre as rações com a presença desses aditivos. No entanto, deve-se ressaltar que para a utilização dessa variável precisa levar em consideração o método utilizado nesse estudo. Outros métodos de análise de pHi devem ser testados.

A separação da classe geral (todo banco de dados) em classes 1 (soja e subprodutos), 2 (cereais e subprodutos), 3 (ingredientes de origem animal) e 4 (misturas e dietas) resultou em melhores ajustes das equações. Um índice alto no  $R^2$  e baixo no DPR indicam que as equações obtidas com a separação do banco de dados nessas classes ficam melhores ajustadas ao modelo matemático.

### 3.5 CONCLUSÕES

Conclui-se que é possível obter equações de predição da TLT pela composição químico-bromatológica dos alimentos. As equações geradas para todas as classes apresentaram  $R^2$  acima de 83%, e as que tiveram melhores ajustes apresentaram as variáveis RM, PB e Ca ou pelo menos uma delas.

Para cada classe de ingredientes é possível a predição com alto nível de ajuste com mais de uma opção de equação, de acordo com o interesse ou disponibilidade de variáveis da composição química disponíveis. Para a predição de qualquer ingrediente ou dieta, classe geral, quatro equações podem ser consideradas satisfatórias para estimar a TLT.

### 3.6 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 15 ed., Arlington: AOAC 1990. 1117p.

BARRILLI, L. N. E.; BASNIAK, P.A. ; FERREIRA, R. A. S.; KULIK, C. H.; SCHRAMM, V. G.; KESSLER, A. M.; WARPECHOWSKI, M. B. Predição da capacidade tamponante de dietas para frangos de corte a partir da composição química das mesmas. In: **17º EVINCI - Evento de IC da FPR**. Livro de Resumos do 17º EVINCI. Curitiba: Editora da UFPR, v. 1, 2009.

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. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias/Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BOCKOR, L.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A.; CASTRO, O. S.; OLIVEIRA, E. G.; KRABBE, E. L.; WARPECHOWSKI, M. B. 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.; OLIVEIRA JUNIOR, J.M.; BARRILI, L.N.; KULIK, C.H.; DAHLKE, F.; WARPECHOWSKI, M.B. Avaliação da taxa linear de tamponamento para ingredientes de dietas animais.. In: 46ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009, Maringá. 46ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009a.

BOCKOR, L.; OLIVEIRA JUNIOR, J.M.; PEDROSO, G.H.; SANTOS, R.O.F.; DAHLKE, F.; WARPECHOWSKI, M.B. Avaliação de aditividade de diferentes medidas da capacidade tamponante de alimentos. In: 46ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009, Maringá. 46ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009b.

CRANWELL, P. D.; NOAKES, D. E.; HILL, K. J.; Gastric secretion and fermentation in the suckling pig. *British Journal of Nutrition*, v. 36, p. 71-86, 1976.

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**, Canadá, v. 75, p. 615-623, 1995.

GIGER-REVERDIN, S.; PONTER, D.C.; SAUVANT, D.; MARTIN, O.; PRADO, N.I.; MÜLLER, R. Intrinsic buffering capacity of feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Paris, v.96, p.83-102, 2002.

LAWLOR, P.G.; LYNCH, P.B.; CAFFREY, P.J.; O' REILLY, J.J.; O'CONNELL, M.K.

Measurements of the acid-binding capacity of ingredients used in pig diets. **Irish Veterinary Journal**, Irlanda, v.58, p. 447-452, 2005.

MANUGISTICS. **Statgraphics Plus for Windows**. (versão 4.1). Rockville, Maryland, 1997.

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.

NASCIMENTO, G.A.J.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; BERTECHINI, A.G.; LIMA, R.R.; PUCCI, L.E.A. Equações de predição para estimar os valores energéticos de alimentos concentrados de origem vegetal para aves utilizando metanálise. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.7, p.1265-1271, 2009.

NOBLET, J. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of animal science**, v.72, p.344-354, 1994.

NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; TOLEDO, R.S. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.3, p.785-793, 2001.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.M.; WARPECHOWSKI, M.B. Avaliação da aditividade de medida linearizada da capacidade tamponante da fibra de alimentos. In: I Simpósio Sul Brasileiro de Ovinos e Caprinos, 2007, Curitiba. **Anais....** Curitiba: LAPOC-UFPR, 2007. v. CD-ROM. 3 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.M.; BOCKOR, L.; EGGERS, M.; GIERUS, M.; DITTRICH, J. R.; WARPECHOWSKI, M.B. Avaliação de método de linearização das curvas de titulação para cálculo da capacidade tamponante de diferentes alimentos. In: 45 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008, Lavras, MG. **Anais....** Lavras: Editora Universitária da UFLA, 2008a. v. CD-ROM. 3 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.M.; BOCKOR, L.; SANTOS, G. H. P.; REGO, J.C.C.; ARRILLI, L. N. E. ; WARPECHOWSKI, M.B. Predição da capacidade tamponante da fibra de alimentos a partir da composição química dos mesmos. In: 45 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008, Lavras, MG. **Anais....** Lavras: Editora Universitária da UFLA, 2008b. v. CD-ROM. 3 p.

PENZ Jr, A.M. Hipótesis que jutifican el uso de acidos orgânicos em lãs dietas para aves y cerdos. **Avicultura Profesional**, v.9, n.1, p.46-51, 1991.

PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage. **Journal of Food Science and Agriculture**, v.17, n.6, p.264-268, 1966.

PROHASZKA, L.; BARON, F. The predisposing role of high dietary protein supplies in enteropathogenic *E. coli* infections of weaned pigs. **Zentralblatt für Veterinärmedizin**, v.27, p.222-232, 1980.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras**

**para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2. ed. Viçosa: MG, 2005. 141p.

VAN OOIJEN. Quais os efeitos do Calprona – P adicionado a ração? **Boletim técnico.** Editora Verdugt. Porto Alegre. 2000.

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,** Curitiba, v.11, n.1, p.23-26. 2006.

WARPECHOWSKI, M.B; PINHEIRO,C.C.; CIOCCA,M.L.S. Propriedades físico-químicas da fibra de diferentes palhas de trigo em detergente neutro. **Archives of Veterinary Science,** v. 10, n. 3, p. 38-41, 2005.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No presente estudo, os resultados com o uso de acidificantes na dieta de leitões pós-desmame, expostos no Capítulo 2, talvez fossem melhor detectados se considerada a propriedade físico-química capacidade tamponante.

Foi possível estimar a capacidade tamponante por meio de equações de regressão múltipla, com dados da composição químico-bromatológica dos alimentos. A obtenção destas equações torna esta medida uma alternativa a ser adotada na formulação de rações, sendo útil principalmente na formulação de dietas que utilizam acidificantes, como no experimento apresentado no Capítulo 2.

É necessária a validação das equações para concluir se há necessidade de mais estudos com um maior número e variação de alimentos e dietas. E também são necessários mais estudos com a utilização de acidificantes na dieta de leitões em que se considere a capacidade tamponante dos ingredientes utilizados na formulação.



## 5 ANEXOS

Anexo 1: 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