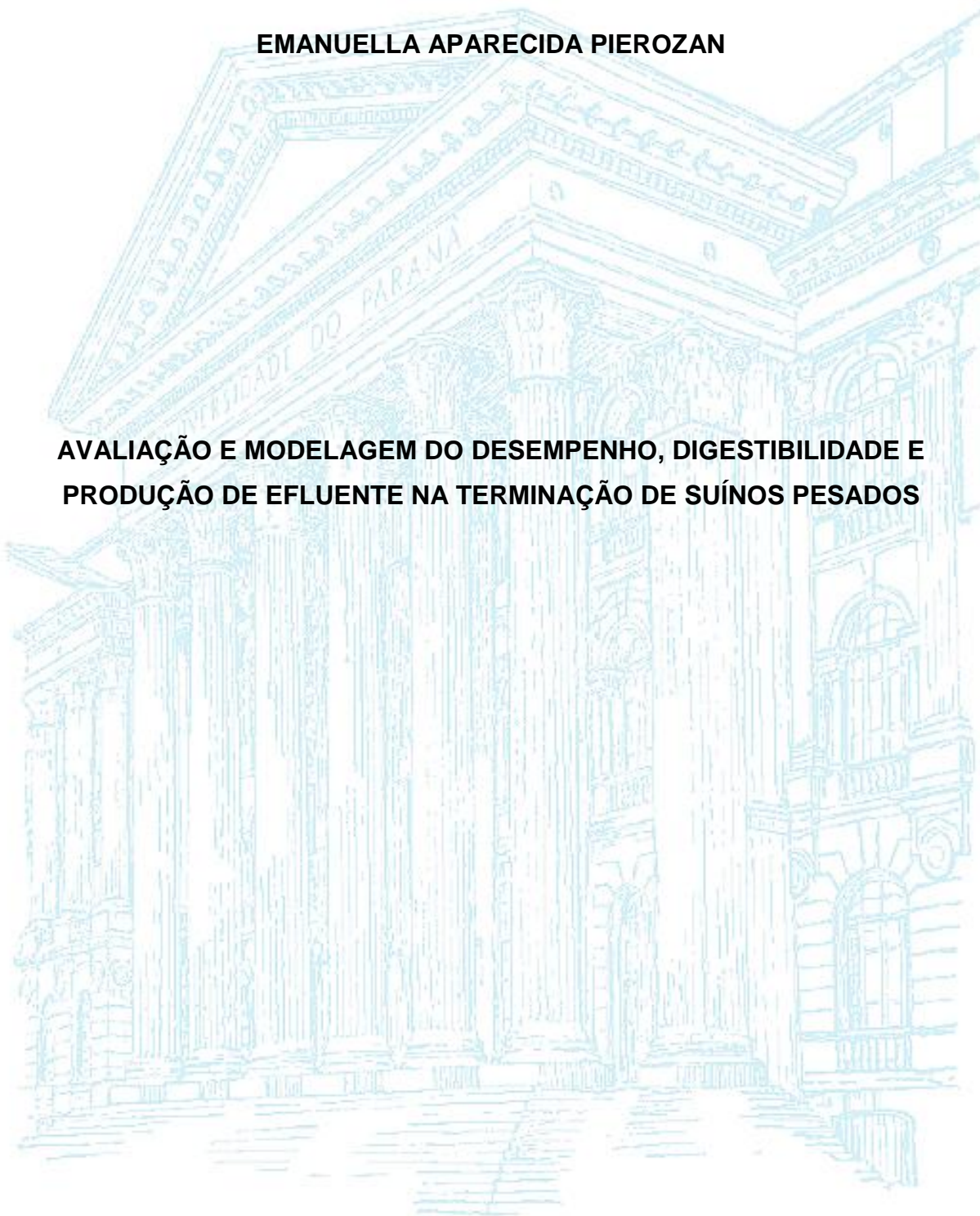


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**EMANUELLA APARECIDA PIEROZAN**

**AVALIAÇÃO E MODELAGEM DO DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E  
PRODUÇÃO DE EFLUENTE NA TERMINAÇÃO DE SUÍNOS PESADOS**



**CURITIBA**

**2014**

**EMANUELLA APARECIDA PIEROZAN**

**AVALIAÇÃO E MODELAGEM DO DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E  
PRODUÇÃO DE EFLUENTE NA TERMINAÇÃO DE SUÍNOS PESADOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias, Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Sistemas de Produção Animal e Meio Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

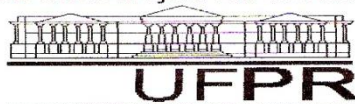
**Orientador: Prof. Dr. Marson Bruck Warpechowski**

**Co-orientador: Prof. Dr. Antonio João Scandolera**

**CURITIBA**

**2014**

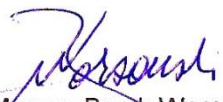
## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

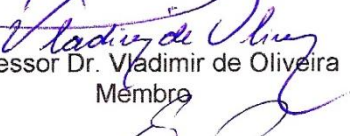


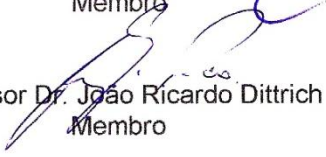
## PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada “**AVALIAÇÃO E MODELAGEM DO DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO DE EFLUENTE NA TERMINAÇÃO DE SUÍNOS PESADOS**” apresentada pela Mestranda **EMANUELLA APARECIDA PIEROZAN** 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 ADTA para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 24 de março de 2014

  
Professor Dr. Marson Bruck Warpechowski  
Presidente/Orientador

  
Professor Dr. Vladimir de Oliveira  
Membro

  
Professor Dr. João Ricardo Dittrich  
Membro

À minha mãe Neli

Pela incansável compreensão, dedicação, apoio e carinho. Exemplo de serenidade que, mesmo distante, esteve sempre ao meu lado para fortalecer e apoiar a minha caminhada em busca do tão almejado conhecimento da sustentabilidade do meio ambiente.

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida. Meu porto seguro e fonte de proteção para seguir adiante, pois mesmo passando por muitas angústias, dificuldades e obstáculos, foi possível prosseguir pelo caminho com persistência, saúde, força de vontade e discernimento nas escolhas realizadas.

À minha mãe e irmãos queridos que, mesmo distantes, deram seu apoio e incentivo para que eu cumprisse mais um desafio assumido. Com a confiança, amor, carinho, paciência e auxílio de vocês em mim creditados, dia após dia, luto com a esperança de construir e garantir um futuro melhor às próximas gerações.

Ao Prof. Dr. Marson Bruck Warpechowski, pela oportunidade de participação em seu grupo de pesquisa; pela orientação, confiança e apoio para que eu pudesse continuar a pesquisa mesmo com todos os contratemplos enfrentados nesse período. Aos demais Professores do PPGCV e do Departamento de Zootecnia pela convivência e oportunidade de aprendizagem ao longo do curso de pós-graduação.

Ao Dr. Ludovic Brossard do INRA UMR PEGASE, pela colaboração no desenvolvimento do trabalho contido no Capítulo 4, parte do trabalho desenvolvido com recursos dos projetos CAPES-COFECUB 687/10 e CAPES-PNPD Institucional 2011.

À Médica Veterinária Dra. Ana Rosália Mendes e aos Zootecnistas Dr. Aderbal Cavalcante-Neto e Dra. Lucélia Hauptli, pela co-orientação nas pesquisas e nos trabalhos desenvolvidos dentro do grupo que, pela dedicação, cordialidade, apoio e generosidade me incentivaram para que eu não desanimasse. Com vocês foi possível dividir experiências de vida, seguir adiante e vibrar em cada avanço alcançado durante os períodos que juntos passamos.

Aos funcionários (especialmente à Cleusa, Hair, Aldo, Janise) e às estagiárias (Isabela e Jéssica) do Laboratório de Nutrição Animal, pela amizade, assistência e cooperação na realização das análises bromatológicas. Aos secretários de departamento e do PPGCV (Oswaldo e Maria José) pelo auxílio nas

etapas que antecederam o experimento e, também, nas etapas decisivas. Além disso, agradeço a todos os funcionários pelos momentos de descontração divididos durante os intervalos.

Aos colegas do LabSisZoot que participaram ativamente do experimento de campo e dedicaram seu tempo. Em especial à Lucélia, 'Manuzinha', Jaque, Dani, Karime, Wagner, Rafaela, Laís, Marcos, Joseph, Paulo, Pedro e Marina obrigada pela paciência e por terem sido, muitas vezes, meu braço direito nesta etapa. Além dessa soma de esforços, juntos passamos momentos divertidos e animados!

Aos amigos e colegas de Pós-Graduação: Ana, Carina, Eduardo, Gislaine, Melisa, Sebastião, Severino e Tatiana. Obrigada por fazerem parte desta etapa da minha vida e dividirem comigo seus horários de aula, intervalo, café, almoço, estudos e conversas... Cada um de vocês me incentivou e, com suas especiais particularidades, fizeram que a caminhada fosse mais alegre e divertida.

Às amigas-irmãs de apartamento Mayra, Elimara, Grasy e Tati, a agregada. Vocês foram minha família presente, da qual eu recebi muito amor, carinho, paciência e auxílio. Agradeço por me tornarem uma pessoa melhor. Juntas nós compartilhamos histórias, alegrias, experiências, angústias, além de outros momentos marcantes que passei em minha vida nesse meio tempo.

A todos os familiares, amigos e pessoas queridas, que mesmo distantes, estiveram sempre torcendo para que o melhor acontecesse em minha jornada. Agradeço as orações e súplicas dedicadas ao meu auxílio, principalmente nos momentos mais difíceis que enfrentei.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo breve período de concessão da bolsa de mestrado.

O meu sincero agradecimento a vocês, pois sozinha não seria possível chegar até aqui. OBRIGADA!

O eterno aprendizado da vida continua...

Em algum momento você tem que tomar a decisão. Fronteiras não mantêm ninguém fora, elas cercam você lá dentro. A vida é confusa e é assim que evoluímos. Então você pode passar a vida impondo limites ou pode passar a vida desafiando todos eles. Mas existem limites que são perigosos demais pra ultrapassar. Eu só sei de uma coisa, se você tem disposição para correr o risco... a vista do outro lado é espetacular.

Meredith Grey

Sei que meu trabalho é uma gota no oceano, mas sem ele, o oceano seria menor... E, se um dia esses dados forem utilizados no auxílio de propostas e medidas mitigadoras de controle ambiental, aí sim, meu objetivo principal estará concluído.

Ana Paula dos Santos Sinotti

Se o conhecimento pode criar problemas, não é através da ignorância que podemos solucioná-los.

Isaac Asimov

## RESUMO

No Brasil, o abate industrial de suínos ocorre normalmente com peso vivo entre 90 e 120 kg. O aumento do peso de abate tem sido estudado em alguns sistemas de produção industriais da região Sul do Brasil para aumentar a produtividade e a qualidade do produto processado e para diminuir o custo de produção. Os primeiros resultados publicados sugerem que, sem outras alterações no sistema, o abate com 135 kg de peso vivo propicia o menor custo/kg ao produtor. Porém ainda são escassas as pesquisas brasileiras sobre suínos pesados, e não foram encontradas referências envolvendo estudo da digestibilidade das frações nutricionais e da produção e composição do efluente dessa categoria animal. Quaisquer alterações no sistema produtivo podem influenciar o desempenho zootécnico, a composição de carcaça, a retenção e a excreção de nutrientes. Em 2006, foi publicada na França, a primeira versão oficial do InraPorc<sup>®</sup>, um sistema integrado de modelos, dinâmico e não linear, proposto como ferramenta de auxílio para a avaliação e desenvolvimento de estratégias nutricionais para porcas e suínos em crescimento. Para essa última categoria, o sistema simula o consumo e a retenção de nutrientes, o metabolismo energético e proteico, o crescimento e algumas medidas da composição da carcaça. Por meio da quantificação dinâmica e acumulada do fluxo de nutrientes em cada cenário, é possível simular a excreção de nutrientes, a partir do que se pode calcular a composição dos dejetos e efluentes. Entretanto, até o momento e muito recentemente, esse modelo tem sido utilizado no sistema suinícola brasileiro apenas para avaliação econômica de estratégias alimentares. O objetivo da realização deste trabalho foi avaliar desempenho zootécnico, consumo hídrico, produção de efluente, digestibilidade aparente e excreção de fósforo em suínos com pesos de abate de 100, 135 e 145 kg, sob manejo alimentar à vontade ou restrito, e avaliar a capacidade do modelo InraPorc<sup>®</sup> para a predição da excreção de nutrientes, utilizando o fósforo como nutriente de referência. Constatou-se que os suínos podem ser abatidos com peso mais elevado (até 145 kg) sem alterar a produção de efluente e o consumo hídrico diários nem a produção anual de peso vivo. Além disso, quando se mantém o mesmo número de animais alojados por lote abatido aos 100 kg, não há comprometimento da capacidade total anual de armazenamento dos efluentes na esterqueira. De maneira geral, a restrição alimentar proporcionou melhores coeficientes de digestibilidade em machos castrados, e a elevação do peso de abate proporcionou melhor digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, energia bruta e resíduo mineral. Com calibração adequada, a ferramenta InraPorc<sup>®</sup> foi eficiente para simular o sistema de produção estudado, obtendo-se alta precisão e aceitável exatidão na estimativa de peso vivo e de excreção de fósforo por suínos em terminação até 145 kg de peso vivo, sob alimentação à vontade e restrita.

**PALAVRAS CHAVE:** Efluente. Meio ambiente. Modelagem. Peso de abate. Sistema de Produção.



## ABSTRACT

In Brazil, industrial pig slaughtering occurs currently with the live weight among 100 and 120 kg. Increase in the slaughter weight has been studied in a industrial pig production in the South Brazil to increase productivity and product quality, and to decrease the production cost. The first results published suggest that, without other changes in the system, the slaughter with 135 kg live weight provides the lower cost by kg at the farm level. However, there is still little research on Brazilian heavy pigs, and there were no references found involving study on the digestibility of nutritional fractions and on the manure production and composition for this animal category. Every change in the productive system could affect zootechnical performance, carcass composition and the nutrient retention and excretion. In 2006 was published in France the first official version of the InraPorc<sup>®</sup>, an integrated models system, dynamic and nonlinear, proposed as a tool for help to evaluate and develop nutritional strategies for sows and growing pigs. To this latter category, the system simulates the intake and nutrient retention, the energy and protein metabolism, the growing and some carcass composition measures. Starting from the dynamic quantification of the nutrient flux in each scenario, it is possible to simulate the nutrient excretion, which could be used to calculate the manure and effluent composition. However, until this moment and very recently, this tool has been studied in the Brazilian pig production system only for economical evaluation of feeding strategies. The objective with this work was to evaluate production performance, water intake, effluent production, digestibility and phosphorus excretion in finished pigs with slaughter weights of 100, 135 and 145 kg, feed *ad libitum* or restricted, and to evaluate the ability the InraPorc<sup>®</sup> for predicting nutrient excretion, using the phosphorus as the reference. There was observed that the pigs could be slaughtered with heavier weights (until 145 kg), without change neither on the daily effluent production and water consumption, nor on the total live weight produced by year. After that, when the same number of pigs logged by lot on the 100 kg is kept, there was no implication on the total of effluent stockage by year. In a general way, dietary restriction provided better digestibility in castrated males, and the elevation of body weight provided better digestibility of dry matter, organic matter, gross energy and mineral residue. With proper calibration, the InraPorc<sup>®</sup> was an efficient tool to simulate the production system studied, obtaining high precision and acceptable accuracy in the estimation of live weight and phosphorus excretion by finishing pigs up to 145 kg live weight under *ad libitum* feeding and restricted.

**KEY KEYWORDS:** Effluent. Environment. Modeling. Pig production system. Slaughter weight.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - JANELA DO PROGRAMA INRAPORC<sup>®</sup>, QUE DEMONSTRA NA BARRA DE FERRAMENTAS O MÓDULO “DIETA” SUBDIVIDIDO EM TRÊS ITENS. ....27
- FIGURA 2** - JANELA DO PROGRAMA INRAPORC<sup>®</sup>, QUE DEMONSTRA NA BARRA DE FERRAMENTAS O MÓDULO “CRESCIMENTO” SUBDIVIDIDO EM QUATRO ITENS.....28
- FIGURA 3** - JANELA DO INRAPORC<sup>®</sup>, MÓDULO “CRESCIMENTO”, ITEM ‘(2) PROGRAMA ALIMENTAR’: QUANTIDADE DE ALIMENTO OFERTADO EM FUNÇÃO DO PESO VIVO.....29
- FIGURA 4** - JANELA DO INRAPORC<sup>®</sup>, MÓDULO “CRESCIMENTO”, ITEM ‘(3) PERFIL ANIMAL’: CURVA DE CRESCIMENTO E MÁXIMO POTENCIAL, APÓS CALIBRAÇÃO DO MODELO, DO PERFIL ANIMAL EM AVALIAÇÃO. ....30
- FIGURA 5** - JANELA DO INRAPORC<sup>®</sup>, MÓDULO “CRESCIMENTO”, ITEM ‘(3) PERFIL ANIMAL’: COMPARAÇÃO DO MÁXIMO POTENCIAL ANIMAL ENTRE DIFERENTES PERFIS ANIMAIS CRIADOS PARA AVALIAÇÃO APÓS CALIBRAÇÃO DO MODELO.30
- FIGURA 6** - JANELA DO INRAPORC<sup>®</sup>, MÓDULO “CRESCIMENTO”: SIMULAÇÃO SIMPLES REFERENTE AO ITEM ‘(4) SIMULAÇÃO’. EM DESTAQUE, A CAIXA DA OPÇÃO ‘GRÁFICOS’. ....31
- FIGURA 7** - JANELA DO INRAPORC<sup>®</sup>, MÓDULO “CRESCIMENTO”, ITEM ‘(4) SIMULAÇÃO’: PARTIÇÃO DO FÓSFORO NO PERFIL ANIMAL ALIMENTADO À VONTADE COM PROGRAMA DE DIETA DE UMA FASE EM SEQUÊNCIA DE UMA SIMULAÇÃO SIMPLES. ....32
- FIGURA 8** - JANELA DO INRAPORC<sup>®</sup>, MÓDULO “CRESCIMENTO”, ITEM ‘(4) SIMULAÇÃO’: PARTIÇÃO DINÂMICA DO FÓSFORO NO PERFIL ANIMAL DE ALTO DESEMPENHO NA SEQUÊNCIA DE UMA SIMULAÇÃO SIMPLES COM PROGRAMA DE DIETAS DE DUAS FASES E PROGRAMA ALIMENTAR À VONTADE. ....32
- FIGURA 9** - JANELA DO INRAPORC<sup>®</sup>, MÓDULO “CRESCIMENTO”, ITEM ‘(4) SIMULAÇÃO’, ABA SIMULAÇÃO DE COMPARAÇÃO: PARTIÇÃO DO FÓSFORO EM DOIS PERFIS ANIMAIS (ALTO DESEMPENHO *VERSUS* BAIXO DESEMPENHO).....33
- FIGURA 10** - JANELA DO INRAPORC<sup>®</sup>, MÓDULO “CRESCIMENTO”, ITEM ‘(4) SIMULAÇÃO’, ABA SIMULAÇÃO DE COMPARAÇÃO: “REJEITOS” DO FÓSFORO EM DOIS PERFIS ANIMAIS (SIMULAÇÃO 1, À VONTADE *VERSUS* SIMULAÇÃO 2, RESTRITO). ....33
- FIGURA 11** - COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES ANALISADOS E OS ESTIMADOS PELO INRAPORC<sup>®</sup>. EQUAÇÃO RESULTANTE DA ESTIMATIVA DE FÓSFORO DISPONÍVEL PROPOSTA POR KORNEGAY (2001), PARA A EXCREÇÃO DE FÓSFORO ACUMULADA POR PESO DE ABATE. ....89

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - COMPOSIÇÃO DA RAÇÃO EXPERIMENTAL E NÍVEIS NUTRICIONAIS ANALISADOS (BASE MATÉRIA NATURAL) .....	44
<b>TABELA 2</b> - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DA TEMPERATURA MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA E DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA PERÍODO DE AVALIAÇÃO DO PESO DE ABATE .....	46
<b>TABELA 3</b> - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR .....	49
<b>TABELA 4</b> - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DO CONSUMO HÍDRICO, PRODUÇÃO DE EFLUENTE E TAXA DE EFLUENTE POR PESO VIVO FINAL DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR .....	50
<b>TABELA 5</b> - DADOS ESTIMADOS E AJUSTADOS DE ACORDO COM O PESO VIVO AO ABATE (PA) 100, 135 E 145 KG PARA COMPARAÇÃO DO CONSUMO DE RAÇÃO (CR), CONSUMO HÍDRICO (CH), PRODUÇÃO DE EFLUENTE (PE) E PESO ANIMAL ENTREGUE (KG) DURANTE A PRODUÇÃO DE UM LOTE E PARA O TOTAL ANUAL NOS DIFERENTES MANEJOS DE CRIAÇÃO .....	54
<b>TABELA 6</b> - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL NA MATÉRIA NATURAL DOS INGREDIENTES E NÍVEIS NUTRICIONAIS ANALISADOS NA MATÉRIA SECA DA RAÇÃO FARELADA FORNECIDA PELA INTEGRADORA .....	63
<b>TABELA 7</b> - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DO PESO VIVO INICIAL (PV) DOS ANIMAIS DE ACORDO COM O MANEJO ALIMENTAR, SEXO E IDADE CORRESPONDENTES AO PESO DE ABATE (PA) .....	67
<b>TABELA 8</b> - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDa %) DA MATÉRIA SECA (MS), MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E ENERGIA BRUTA (EB) DE FEZES INDIVIDUAIS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR .....	68
<b>TABELA 9</b> - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDa) DA PROTEÍNA BRUTA (PB) E EXTRATO ETÉREO (EE) DE FEZES INDIVIDUAIS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR.....	69
<b>TABELA 10</b> - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDa) DO RESÍDUO MINERAL (RM), CÁLCIO (Ca) E	

FÓSFORO (P) DE FEZES INDIVIDUAIS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR.....70

**TABELA 11** - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDa) DA FIBRA BRUTA (FB), FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO (FDN) E FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO (FDA) DE FEZES INDIVIDUAIS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR .....71

**TABELA 12** - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E NÍVEIS NUTRICIONAIS ANALISADOS NA MATÉRIA NATURAL DA RAÇÃO FARELADA DA DIETA EM COMPARAÇÃO COM OS VALORES ESTIMADOS PELO PROGRAMA INRAPORC® .....86

**TABELA 13** - MÉDIAS DO VOLUME DE EFLUENTE ACUMULADO POR ANIMAL E TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA, RESÍDUO MINERAL, MATÉRIA ORGÂNICA, CÁLCIO E FÓSFORO NO EFLUENTE, BASEADOS NA MATÉRIA SECA, DE ACORDO COM O PESO DE ABATE (PA) DE SUÍNOS MACHOS.....87

**TABELA 14** - MÉDIAS DA EXCREÇÃO DE FÓSFORO ACUMULADA NAS FEZES E NO EFLUENTE DE SUÍNOS MACHOS (GRAMAS/ANIMAL) EM COMPARAÇÃO COM OS DADOS ESTIMADOS PELO PROGRAMA INRAPORC® CONFORME O PESO DE ABATE (PA).....88

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

AFZ/INRA	- Associação Francesa de Zootecnia/Instituto Nacional de Pesquisa Agronômica
AV	- Manejo alimentar à vontade ( <i>ad libitum</i> )
CA	- Conversão alimentar
CDa	- Coeficiente de digestibilidade aparente
CH	- Consumo hídrico
CHMD	- Consumo hídrico médio diário
CIA	- Cinzas insolúveis em ácido
$CIA_R$	- Indicador CIA na matéria seca da ração
$CIA_F$	- Indicador CIA na matéria seca das fezes
CR	- Consumo de ração
CRMD	- Consumo de ração médio diário
DPR	- Desvio padrão residual
EEHA	- Extrato etéreo após hidrólise ácida
EB	- Energia bruta
FB	- Fibra bruta
FDA	- Fibra em detergente ácido
FDN	- Fibra em detergente neutro
GP	- Ganho de peso
GPMD	- Ganho de peso médio diário
MO	- Matéria orgânica
MS	- Matéria seca
$N_F$	- Nutriente/mineral na MS das fezes
$N_R$	- Nutriente/mineral na MS da ração
PA	- Peso de abate
PB	- Proteína bruta
PE	- Produção de efluente
PEMD	- Produção de efluente média diária
$PV_F$	- Peso vivo final de entrega e/ou peso de abate
RM	- Resíduo mineral
RE	- Manejo alimentar restrito
UMR SENAH	- <i>Unité Mixte de Recherche Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine</i>
URA	- Umidade relativa do ar

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO GERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 1. FERRAMENTA DE AUXÍLIO ÀS DECISÕES NUTRICIONAIS E À MENSURAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE DEJETOS NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS PESADOS.....</b>	<b>17</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	17
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	19
1.2.1 Modelagem matemática aplicada à produção de dejetos.....	22
1.3 A FERRAMENTA INRAPORC® .....	24
1.3.1 Descrição do InraPorc® .....	24
1.3.2 Desenvolvimento do InraPorc® .....	25
1.3.3 Utilização da ferramenta InraPorc® .....	26
1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	34
1.5 REFERÊNCIAS.....	35
<b>CAPÍTULO 2. DESEMPENHO ZOTÉCNICO, CONSUMO HÍDRICO E PRODUÇÃO DE EFLUENTE NA TERMINAÇÃO DE SUÍNOS PESADOS SOB DIFERENTES MANEJOS ALIMENTARES .....</b>	<b>40</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	42
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	43
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
2.4 CONCLUSÕES .....	55
2.5 REFERÊNCIAS.....	56
<b>CAPÍTULO 3. DIGESTIBILIDADE APARENTE EM SUÍNOS SOB DIFERENTES MANEJOS ALIMENTARES COM PESOS DE ABATE DE 100, 135 e 145 KG.....</b>	<b>59</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	61
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	62
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.4 CONCLUSÕES .....	74
3.5 REFERÊNCIAS.....	75
<b>CAPÍTULO 4. AVALIAÇÃO DO MODELO NUTRICIONAL INRAPORC® PARA A PREDIÇÃO DA EXCREÇÃO DE FÓSFORO NA TERMINAÇÃO DE SUÍNOS PESADOS.....</b>	<b>78</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	80
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	82
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
4.4 CONCLUSÕES .....	90
4.5 REFERÊNCIAS.....	91
<b>CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
<b>VITA .....</b>	<b>100</b>

## APRESENTAÇÃO GERAL

A suinocultura, no Brasil, tem lugar de destaque no agronegócio nacional como uma atividade de importância social e econômica. A tendência de modernização tecnológica do setor associada à nutrição, genética, manejo e ambiência, tem maximizado o rendimento e permitido maior controle do custo produtivo. Os suínos são abatidos tradicionalmente com peso vivo médio entre 90 e 120 kg e, de acordo com a legislação brasileira, são considerados 'suínos pesados' os animais com peso mínimo de abate a partir de 130 kg.

Uma alternativa para reduzir custos de produção e de processamento da carne é elevar o peso de abate dos animais. Em virtude do surgimento de novos mercados de comercialização dos produtos cárneos e derivados, alguns estudos têm sido desenvolvidos para analisar a relação do peso de abate de suínos com o desempenho zootécnico, o rendimento e a qualidade da carcaça e da carne, e a economia do sistema produtivo. Porém ainda não foram registradas pesquisas brasileiras que avaliaram o efeito do peso de abate elevado sobre a digestibilidade de nutrientes e a produção e composição do efluente.

Os efeitos dessas alterações no sistema de produção sobre o desempenho zootécnico, a composição de carcaça e a retenção e a excreção de nutrientes podem ser simulados e permitem estudos prévios de logística, rendimento, impacto ambiental e economia que são de grande valia na tomada de decisão. Entretanto, a simulação eficiente depende do conhecimento e da integração dos efeitos e interações dos principais fatores de influência sobre o sistema biológico e físico.

O InraPorc<sup>®1</sup> é um programa computacional desenvolvido pelo *Institut National de la Recherche Agronomique* da França, com a colaboração de diversas

---

<sup>1</sup>InraPorc<sup>®</sup>: Institute National de La Recherche Agronomique, Unité Mixte de Recherches Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine - INRA UMR SENAH.

instituições, incluindo a UFPR. Esse programa contém dois sistemas de modelos independentes e integrados matematicamente, um para porcas e outro para suínos em crescimento, que são baseados na transformação dos nutrientes da dieta em proteína e lipídios corporais, de forma a estimar características como peso vivo, tecido magro corporal e espessura de toucinho. Com base na calibração das equações e na expressão do potencial genético na situação de campo, o programa permite, entre outras coisas, predizer e avaliar o desempenho animal, a retenção corporal e a excreção de minerais e nutrientes nas fezes e na urina, baseado no potencial genético dos animais, manejo de granja, instalações, variações ambientais e nutricionais.

Entretanto, poucas ainda são as pesquisas publicadas que avaliaram o ajuste de dados experimentais para esse modelo nutricional, especialmente no Brasil, e a predição do desempenho e da excreção ainda não havia sido avaliada para a terminação de suínos pesados.

A dissertação foi dividida em cinco Capítulos. No Capítulo 1 é apresentada a contextualização do assunto, um breve histórico sobre a produção suína e a descrição do programa InraPorc<sup>®</sup> como ferramenta dinâmica de avaliação da nutrição e excreção animal. O Capítulo 2 apresenta os dados obtidos da realização do experimento que avaliou o efeito do peso de abate sobre o desempenho zootécnico, consumo hídrico e produção de efluente, em conjunto com a estimativa da produção anual de efluente. No Capítulo 3 avaliou-se a digestibilidade aparente dos nutrientes e minerais de uma dieta à base de milho e farelo de soja em diferentes pesos finais de abate, e no Capítulo 4 está descrito o trabalho de comparação da excreção de fósforo analisada e a calculada com o programa InraPorc<sup>®</sup>. As considerações finais pertinentes ao tema estão relatadas no Capítulo 5.



## **CAPÍTULO 1. FERRAMENTA DE AUXÍLIO ÀS DECISÕES NUTRICIONAIS E À MENSURAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE DEJETOS NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS PESADOS**

### **1.1 INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, está ocorrendo potencial crescimento da suinocultura dentro da cadeia de produção animal (FÁVERO e BELLAVER, 2001; PALHARES e CALIJURI, 2007; POMAR *et al.*, 2009) caracteriza o Brasil como o terceiro maior produtor e o quarto maior exportador de carne suína (ABIPECS, 2013). O uso de tecnologias avançadas permitiu maximizar o rendimento de carne e de carcaça e aumentar a eficiência produtiva, o que garantiu expressivos avanços na exploração desse setor no agronegócio brasileiro.

O sistema tradicional de produção de suínos explora o potencial genético dos animais. O avanço das pesquisas sobre a evolução genética das linhagens proporciona a produção de carcaças com maior quantidade de carne magra e máxima deposição proteica acima de 110 kg de peso vivo (FÁVERO e BELLAVER, 2001). Os produtores são bonificados pelas carcaças que apresentam maior teor de carne em relação à gordura (OLIVEIRA, 2011), e por isso, a restrição alimentar é uma das práticas adotadas na fase de terminação para reduzir os efeitos provocados pelo aumento do peso de abate (CORREA *et al.*, 2006) , pois evita o acúmulo de tecido adiposo (FÁVERO e BELLAVER, 2001).

Embora, no Brasil, os suínos sejam abatidos normalmente com peso vivo médio entre 90 e 120 kg, existe uma tendência mundial de realizar o abate de suínos com pesos mais elevados para reduzir o custo de produção por quilo final de produto industrializado (LO FIEGO *et al.*, 2005; LATORRE *et al.*, 2008; PEINADO *et al.*,

2008; OLIVEIRA, 2011). Conforme normatização brasileira, 'suínos pesados' são considerados animais com peso mínimo de abate a partir de 130 kg (BRASIL, 2000).

A avaliação do efeito do peso de abate sobre as alterações no rendimento e na qualidade da carcaça e da carne, bem como na economia do sistema produtivo, tem sido tema de pesquisas recentes (OLIVEIRA, 2011). Diante dessa nova estratégia para a fase de terminação, o suíno pesado é alvo de estudo e interesse das associações, indústrias, cooperativas e de integradoras suinícolas brasileiras como também de centros de pesquisa, de assistência técnica e de extensão rural.

A eficiência produtiva aumentou a produção de suínos terminados por matriz/ano, que associado à crescente produção e utilização de dejetos, acaba sendo, muitas vezes, responsabilizado por desequilíbrios que ocorrem entre o sistema de produção e o meio ambiente (LOVATTO *et al.*, 2005a; LOVATTO *et al.*, 2005b). As investigações ainda estão pouco direcionadas ao estudo da produção de efluente dos suínos com mais de 100 kg e, o avanço das pesquisas sobre o conhecimento dinâmico da composição e do volume produzido é exigido diante das situações multifatoriais resultantes de sua crescente utilização.

O InraPorc<sup>®1</sup>, *software* dinâmico e ferramenta de auxílio utilizada para a nutrição de porcas e de suínos em crescimento, permite associar os diversos fatores que influenciam o desempenho animal. Esse programa, quando suprido com informações e condições reais de uma granja, permite simular diferentes situações de campo que possibilitam avaliar os parâmetros relacionados ao consumo, crescimento e excreção do animal. Como resultado, é possível quantificar o percentual de nutrientes absorvidos pelo suíno e, conseqüentemente, determinar indiretamente o que é excretado, possibilitando a determinação de algumas respostas econômicas e ambientais (VAN MILGEN e LESCOAT, 2008; VAN MILGEN *et al.*, 2008a; VAN MILGEN *et al.*, 2008b).

---

<sup>1</sup>InraPorc<sup>®</sup>: Institute National de La Recherche Agronomique, Unité Mixte de Recherches Systèmes d'Élevage, Nutrition Anim.ale et Humaine - INRA UMR SENAH.

O objetivo principal do InraPorc<sup>®</sup> é modelar o crescimento de suínos do ponto de vista nutricional. O programa ainda não relaciona a matéria seca excretada, a excreção e o desperdício de água com a excreção de nutrientes, podendo não ser preciso na previsão da composição e do volume total de efluente produzido por suínos pesados. Entretanto, permite a simulação de alguns efeitos sobre a quantidade de alguns componentes excretados, sendo útil para simular situações reais de campo e adequar a produção de dejetos conforme a finalidade e a necessidade de utilização do efluente produzido na granja para produção de energia e/ou adubação (fertilização do solo).

É fundamental aproximar, relacionar e integrar os conhecimentos de nutrição, genética, manejo e ambiência para que os benefícios resultantes da produção animal possam ser utilizados adequadamente. O planejamento da produção de suínos, aliado às consequências produtivas, permite que o resultado final seja adequado para favorecer o desenvolvimento sustentável da atividade, a qual, geralmente, está integrada com a agricultura.

## 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

A suinocultura brasileira atingiu a produção de 3,5 milhões de toneladas de carne em 2012 (ABIPECS, 2013), um crescimento 15,3% superior ao ano de 2008. Esse resultado apoia-se tanto no aumento de 12,7% do consumo de carne suína *per capita* em relação a 2008 quanto, no aumento de 7,8% do peso médio dos animais ao abate, no período entre 2002 e 2009 (ABIPECS, 2013).

Embora a utilização de ferramentas nutricionais informatizadas tenha proporcionado parte do aperfeiçoamento da atividade suinícola, a alimentação ainda representa cerca de 60 a 80% dos custos totais de produção (ANDRIGUETTO *et al.*, 1988; ROSSI *et al.*, 2013). Pequenas variações na composição da dieta podem

causar alterações de custos produtivos e grande diferença no total de nutrientes, sejam estes excretados ou perdidos.

A partir dos anos 70, a suinocultura passou por um período de renovação e começou a sofrer transformações. Promotores de crescimento, antibióticos e fontes inorgânicas de minerais foram incluídos, via ração, e promoveram o incremento na produção (GIUVANT e MIRANDA, 2004). No entanto o uso indiscriminado e abusivo de alguns insumos, como fósforo inorgânico, ou ainda, a não utilização de fitase – que melhora o aproveitamento do fósforo contido nos cereais utilizados na ração de aves e suínos – para evitar custos adicionais, gera excedente nutricional de elementos que são excretados nas fezes pelos animais (SOUZA *et al.*, 2011).

Até 1970, a produção suinícola não causava preocupação com impacto ambiental, pois havia pequena concentração de animais por área (KONZEN, 2005). Além disso, todo adubo orgânico acumulado poderia ser facilmente utilizado como fertilizante nas áreas agrícolas da propriedade (OLIVEIRA *et al.*, 1993; TESTA, 2004; KONZEN, 2005; CERETTA e GIROTTO, 2009), visto que ainda não existia legislação específica com medidas de controle e de armazenamento do material.

Apesar do grande avanço alcançado na produtividade, foi ao longo dos anos 80 que houve aumento das exportações de carne suína (KONZEN, 2005). As empresas integradoras observaram a necessidade de concentrar a produção para reduzir os custos logísticos (BERWANGER, 2006), e o sistema confinado expandiu-se. Conseqüentemente, o volume de efluente gerado em pequenas áreas também aumentou.

Em decorrência desse crescimento, do uso excessivo de novos insumos e da necessidade de ampliação dos sistemas produtivos, as questões ambientais passaram a ser amplamente discutidas. Somente após 1990, quando realizada a Eco-92, foi que os conhecimentos sobre o meio ambiente se unificaram e passaram a ser reconhecidos internacionalmente como uma questão fundamental para o desenvolvimento, manutenção e equilíbrio natural do planeta (CASTRO *et al.*, 2011).

Segundo a Legislação Ambiental (CONAMA, 1997), os processos produtivos são impactantes e, quando associados à falta de sustentabilidade, causam diversas perdas biológicas. Assim, é necessário planejar e realizar ações conjuntas entre as diferentes formações profissionais para encontrar soluções eficientes que venham prevenir, reduzir e reparar os impactos ambientais (CASTRO *et al.*, 2011).

A suinocultura é considerada uma atividade sujeita ao licenciamento ambiental (CONAMA, 1997), e a produção de dejetos está relacionada com a escala de produção de suínos, o que permite avaliar a capacidade potencial de poluição do empreendimento (TESTA, 2004). Apesar do desenvolvimento ascendente da suinocultura, a escassez de informações disponíveis ao produtor sobre o correto manejo e utilização dos dejetos, aliada à inexistência de legislação ambiental específica, proporcionou a falta de controle na produção de efluentes, que, armazenados e utilizados inadequadamente, passaram a ser considerados um problema ambiental (KONZEN, 2005; CERETTA e GIROTTO, 2009).

Como todo excedente nutricional resulta em dejetos ou mesmo em efluente, rico em elementos essenciais na fertilização e na produção de energia, estes são utilizados como adubação orgânica na agricultura. Esse material residual, potencial fertilizante agrícola, concentra nutrientes prontamente disponíveis para o solo, entre eles fósforo e nitrogênio (PERDOMO *et al.*, 2001; NARDI, 2009). Dessa maneira, ao invés de se tornar fonte de contaminação do meio ambiente por manejo inadequado ao longo do tempo, é transformado em uma oportunidade de negócio, sendo mais um retorno financeiro da atividade.

Uma parceria firmada entre algumas instituições (Universidade Federal do Paraná – UFPR, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves – EMBRAPA-CNPSEA e Associação Paranaense de Suinocultores – APS) garantiu o desenvolvimento de pesquisas que avaliaram o efeito do aumento do peso de abate no desempenho e nas características de carcaça de suínos abatidos pesando até 145 kg (OLIVEIRA, 2011). Embora no trabalho de Oliveira (2011) não tenha sido avaliada a produção de efluente, o

manejo alimentar adotado pelo autor foi o mesmo dos animais abatidos pesando até 100 kg, em virtude da falta informações na literatura a respeito do peso de abate mais elevado.

Devido à intensificação da produção animal, a suinocultura é hoje um dos grandes sistemas que necessitam de estudos integrados sobre todos os aspectos produtivos (nutricionais, fisiológicos, ambientais, reprodutivos, sanitários). Em relação à suinocultura brasileira, estes estudos devem estar voltados principalmente para a categoria suínos pesados, pois ainda não possuem referências específicas sobre o adequado manejo nutricional e de efluentes.

### 1.2.1 Modelagem matemática aplicada à produção de dejetos

Atualmente, os resultados das pesquisas brasileiras sobre a produção de efluente estimada para suínos pesados são escassos. Como existem diversos fatores que integram a composição dos dejetos, a modelagem apresenta-se como uma ferramenta útil para avaliar as situações multifatoriais envolvidas nesse caso.

A modelagem é capaz de integrar as principais interações e comportamentos do sistema estudado (BRUMANO, 2008). Pode ser manipulada com o objetivo de prever as consequências da modificação de um ou de vários parâmetros sobre o comportamento do sistema (BRUMANO, 2008), sendo definida por Lovatto *et al.* (2010) como a abstração e simplificação da realidade. A modelagem é um recurso que exige uma validação e avaliação empírica prévia, mas permite, no entanto, simular efeitos conjuntos que nunca foram misturados. Nesses casos, torna-se ainda mais importante a avaliação da qualidade da predição obtida com dados reais.

Habitualmente, são feitas estimativas a partir de dados fixos tabelados para calcular-se a produção de efluente (BLEY JR *et al.*, 2004). A composição dos

dejetos, entretanto, é influenciada por múltiplos fatores, como composição dos nutrientes da dieta, manejo alimentar e hídrico, ambiência (clima), instalações (bebedouros, comedouros), genótipo e categoria dos animais, índices produtivos, intensidade de produção. Por esses motivos, é difícil mensurar, ao mesmo tempo, todas as variáveis que podem influenciar no composto final, fazendo com que o tamanho do erro da produção calculada se acumule ao longo do tempo em proporções cada vez maiores (NARDI, 2009).

Ao integrarem-se conhecimentos, é possível observar a magnitude da produção de dejetos. Efeitos conjuntos, não relacionados anteriormente, podem ser simulados, avaliados e direcionados de acordo com os interesses individuais dos suinocultores para obtenção de melhor lucratividade e adequado retorno financeiro da atividade para a propriedade.

É fundamental que a modelagem seja considerada ponto-chave desse processo e avalie coerentemente a escala produtiva sob os diferentes aspectos. Uma vez que a ciência animal abrange diferentes regras, atribuições e hipóteses que são esclarecidas ou rejeitadas com o desenvolvimento das pesquisas e informações (HAUSCHILD, 2010), essa ferramenta é útil para relacionar as situações multifatoriais envolvidas e permite estimar valores e simular particularidades. Por exemplo, ao melhorar a deposição e aproveitamento dos nutrientes pelo organismo animal, influencia-se na composição dos dejetos e, posteriormente, do efluente.

Com o uso da modelagem matemática, é possível simular a dinâmica metabólica do organismo animal por meio de métodos matemáticos, equações lineares e não-lineares, que são capazes de prever situações dinâmicas em diferentes cenários, aproximando-se da realidade (HAUSCHILD, 2010).

### 1.3 A FERRAMENTA INRAPORC®

#### 1.3.1 Descrição do InraPorc®

O InraPorc® é um sistema de modelos, isto é, um conjunto de equações integradas matematicamente que simulam a realidade, e também uma ferramenta informatizada que permite aos usuários trabalharem com alterações no sistema. Desenvolvido na França, pelo INRA UMR SENAH (*Institute National de la Recherche Agronomique, Unité Mixte de Recherche Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine*), o programa integra conhecimentos atuais em nutrição de porcas e de suínos em crescimento e, simulando diferentes cenários, serve como ferramenta referencial de auxílio ao nutricionista e ao suinocultor para a tomada de decisões.

Essa ferramenta 'matemática' aplica a modelagem com base na expressão do potencial genético, nas variações ambientais e nutricionais, nas instalações e no manejo de granja e permite prever e avaliar o desempenho animal e a excreção de nutrientes nas fezes e na urina (VAN MILGEN *et al.*, 2008b).

Entretanto poucos são os estudos publicados que aplicam o modelo na produção de suínos pesados, e as discussões que avaliam o ajuste dos dados empíricos para esse modelo nutricional são reduzidas. Na literatura, em condições brasileiras, foram encontrados apenas alguns estudos tratando sobre avaliação do InraPorc® para porcas (LEHNEN, 2012) e para suínos em crescimento (ROSSI *et al.*, 2013), este último em sistema de terminação tradicional com peso de abate próximo à 106 kg.



### 1.3.2 Desenvolvimento do InraPorc®

Em 1998 iniciou-se o projeto do InraPorc® com o objetivo de desenvolver um modelo nutricional, de fácil acesso ao usuário, para porcas e suínos em crescimento (VAN MILGEN *et al.*, 2008b; VAN MILGEN *et al.*, 2013). O desenvolvimento do *software* foi uma tarefa demorada, sendo o principal desafio do grupo de pesquisa que lançou a primeira versão do programa em 2006 e, posteriormente, em 2008 publicou a descrição do modelo (DOURMAD *et al.*, 2008; VAN MILGEN *et al.*, 2008b). O programa foi apresentado no Brasil em 2007 durante curso aplicado em Guarulhos, no estado de São Paulo, por Van Milgen, Dourmard e Lovatto (2007).

As versões do programa disponíveis atualmente são três: avaliação (gratuita, não exige licença de ativação e possui funcionalidade limitada), educação (destinada para fins educacionais, exige uma licença de ativação e o número de entradas que podem ser salvas é restrito) e completa (sem limitações, exige a compra e licença de ativação).

O InraPorc® possui um modelo de crescimento para suínos, entre 15 a 150 kg de peso vivo, baseado na transformação dos nutrientes da dieta em proteína e lipídios corporais (VAN MILGEN *et al.*, 2008b). Essas informações são usadas para estimar peso vivo, tecido magro corporal e espessura de toucinho. Além disso, proporcionam análise mais detalhada sobre as exigências nutricionais, a partição dos nutrientes e o desempenho dos animais (VAN MILGEN *et al.*, 2008b).

Para o funcionamento do modelo, o usuário do programa deverá fazer a inserção dos dados, e o consumo de ração e a deposição de proteína serão modelados de forma independente (VAN MILGEN *et al.*, 2013). Dado isso, o *software* permite prever, individualmente, a quantidade de nutriente que foi retida e utilizada para manutenção. Ainda, é possível determinar se houve excesso ou déficit deste ao longo do crescimento do animal, pois o conjunto de equações que descrevem a resposta do animal está relacionado com o fornecimento de nutrientes

em condições não limitantes (DOURMAD *et al.*, 2008; VAN MILGEN *et al.*, 2008b; VAN MILGEN *et al.*, 2013).

### 1.3.3 Utilização da ferramenta InraPorc<sup>®</sup>

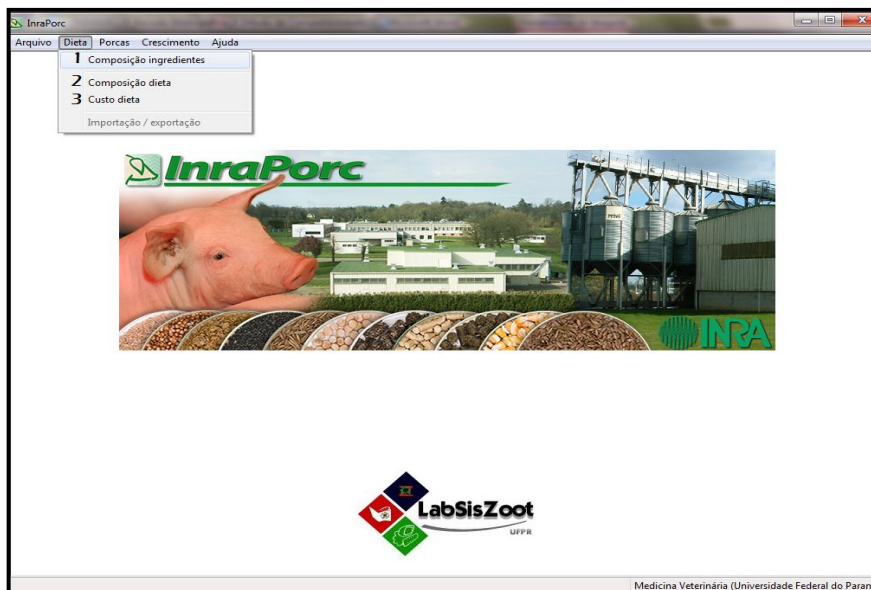
O InraPorc<sup>®</sup> é uma ferramenta de fácil utilização. Na janela principal do programa estão listados, na barra de ferramentas, os três módulos principais: DIETA, PORCAS e CRESCIMENTO.

Para realizar uma simulação de suínos em crescimento é necessária a combinação de três fontes de informações: perfil dos animais (sexo, período de alojamento, idade e peso vivo iniciais), manejo alimentar (tipo de arraçamento) e programa alimentar (dieta e condições de oferta). Com isso definido, simulações podem ser executadas, comparações entre simulações e a análise da sensibilidade (a qual permite uma criteriosa avaliação, feita de acordo com as variáveis que o usuário decida modificar).

A seguir, são descritos os módulos DIETA e CRESCIMENTO. O tópico PORCAS não será abordado, porém informações a respeito podem ser encontradas em Dourmad *et al.* (2005), Dourmad *et al.* (2008) e Lehnen (2012).

#### 1.3.3.1 Módulo DIETA

O módulo “DIETA”, representado na Figura 1, está dividido em (1) composição dos ingredientes, (2) composição da dieta e (3) custo da dieta.



**FIGURA 1** - Janela do programa InraPorc<sup>®</sup>, que demonstra na barra de ferramentas o módulo “DIETA” subdividido em três itens.

Esse campo utiliza como padrão a base de dados de ingredientes da Associação Francesa de Zootecnia (AFZ/INRA), mas o usuário pode incluir ingredientes específicos, sendo possível modificar a composição deste de acordo com as análises bromatológicas próprias. Para isto, basta acessar o item ‘(1) composição dos ingredientes’, incluir e nomear o novo ingrediente e, em seguida, realizar as modificações necessárias.

No item ‘(2) composição da dieta’, algumas formulações de ração pré-definidas estão inclusas no banco de dados. Porém é possível que o usuário crie e personalize sua própria formulação conforme resultados da composição analisada. Basta adicionar uma nova dieta, de acordo com os ingredientes utilizados, e modificar os parâmetros que são calculados automaticamente pelo programa.

Caso o usuário possua os dados referentes ao custo da dieta, estes podem ser modificados no item ‘(3) custo da dieta’. A partir dessas informações, o modelo permitirá, posteriormente, simular os efeitos econômicos e suas alterações de acordo com o manejo alimentar adotado no sistema em questão.

### 1.3.3.2 Módulo CRESCIMENTO

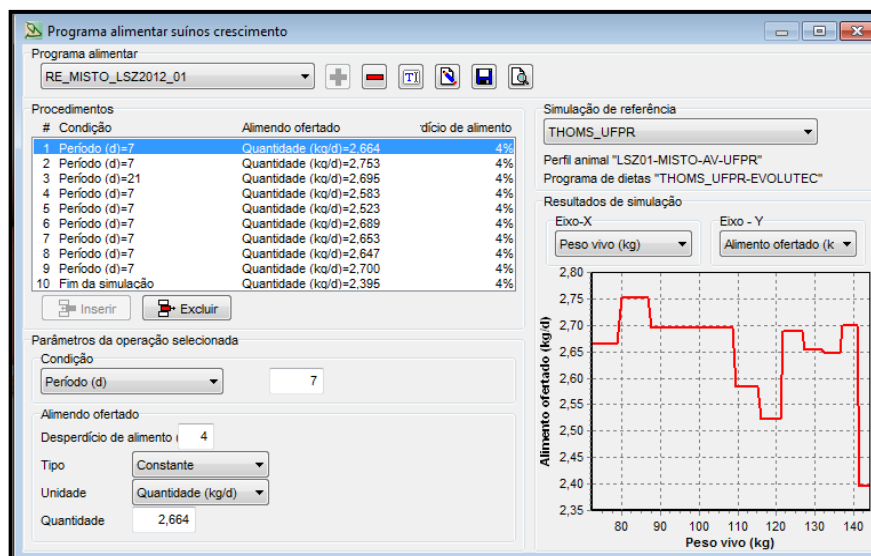
O módulo “CRESCIMENTO” (FIGURA 2) está dividido em (1) programa de dietas, (2) programa alimentar, (3) perfil animal e (4) simulação.



**FIGURA 2** - Janela do programa InraPorc<sup>®</sup>, que demonstra na barra de ferramentas o módulo “CRESCIMENTO” subdividido em quatro itens.

No item ‘(1) programa de dietas’, o usuário define as dietas fornecidas e seleciona as condições de uso, simultaneamente, as quais podem ser definidas por período, idade, peso vivo ou uso total de alimento.

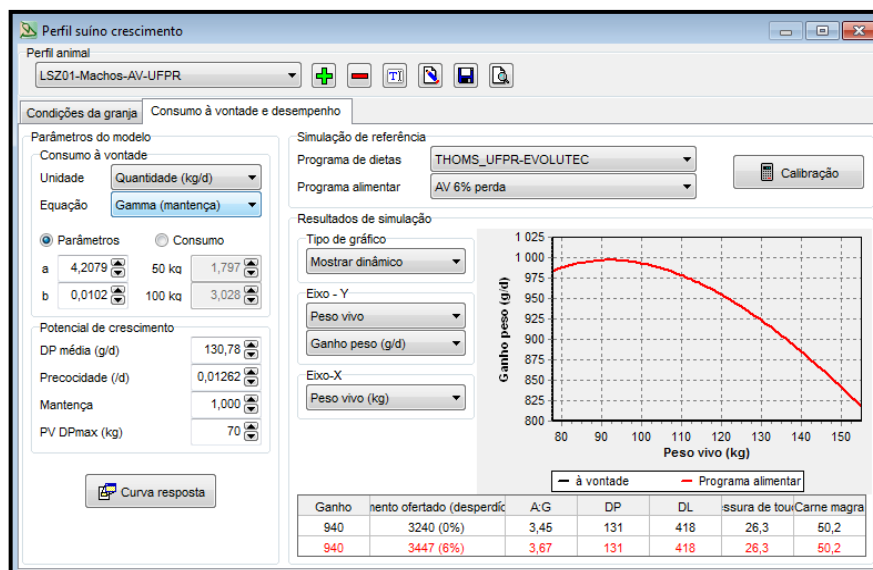
O item ‘(2) programa alimentar’ permite ajustar o manejo alimentar (à vontade ou restrito) e o percentual de desperdício de alimento. Ambos podem ser descritos em dias (por período de alimentação ou idade dos animais) ou, ainda, em quilogramas (por peso vivo dos animais ou quantidade total de alimento ou de energia consumida). A quantidade de ração e sua distribuição em diferentes períodos são selecionadas num plano sequencial de alimentação. Na mesma janela, isto pode ser representado graficamente de acordo com a simulação de referência escolhida. Cada degrau observado no gráfico descreve a quantidade de alimento utilizado ao longo do período (FIGURA 3).



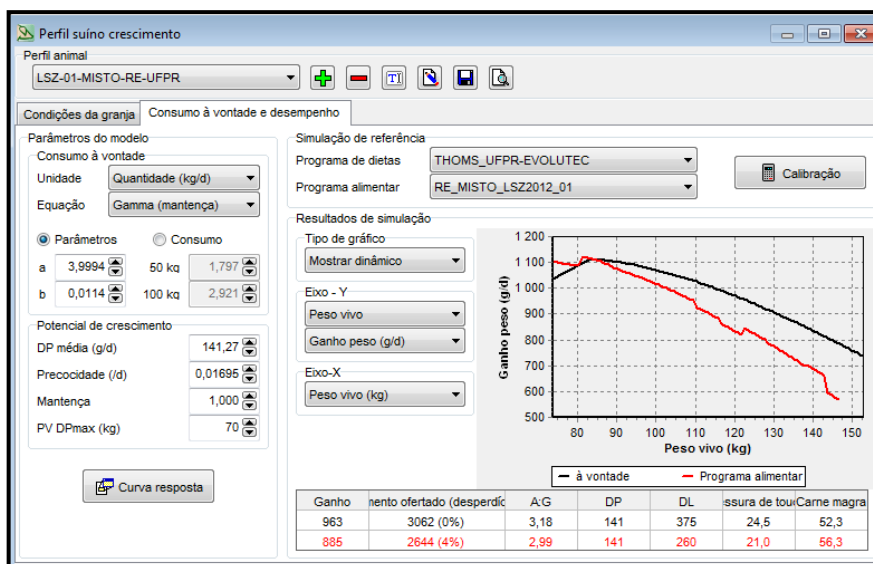
**FIGURA 3** - Janela do InraPorc®, módulo “CRESCIMENTO”, item ‘(2) programa alimentar’: quantidade de alimento ofertado em função do peso vivo.

O ‘(3) perfil animal’ descreve, de acordo com os dados de consumo à vontade inseridos (ver APÊNDICE B, página 96), o potencial máximo de desempenho dos suínos em crescimento. Esse potencial é definido conforme as condições de granja descritas no perfil animal (gênero, peso vivo inicial e período de alojamento ou peso vivo final) e de acordo com o consumo de alimento acumulado por idade (kg), peso vivo (kg) e sua respectiva medida da espessura de toucinho (mm). Ao realizar a calibração do modelo, os parâmetros da massa proteica e da massa lipídica são calculados automaticamente como função alométrica do peso corporal.

Após calibrar o perfil dos animais com manejo alimentar à vontade (FIGURA 4), diferentes perfis animais sob restrição alimentar podem ser comparados entre si. Por exemplo, diferentes níveis de restrição energética podem ser comparados e representados graficamente tomando como base o potencial máximo de desempenho dos animais. Na Figura 5, o programa alimentar restrito foi comparado com o programa alimentar à vontade, e o resultado está demonstrado graficamente.

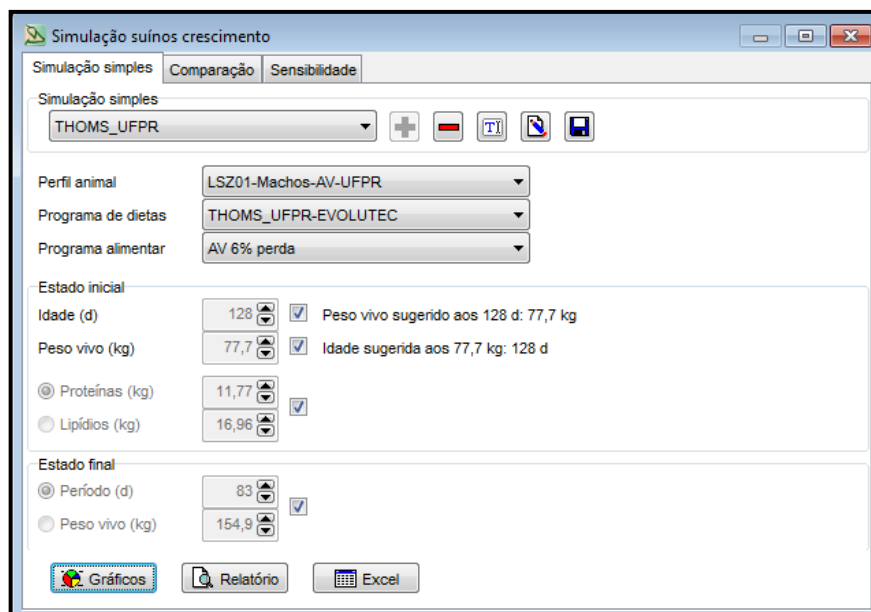


**FIGURA 4** - Janela do InraPorc<sup>®</sup>, módulo “CRESCIMENTO”, item ‘(3) perfil animal’: curva de crescimento e máximo potencial, após calibração do modelo, do perfil animal em avaliação.



**FIGURA 5** - Janela do InraPorc<sup>®</sup>, módulo “CRESCIMENTO”, item ‘(3) perfil animal’: comparação do máximo potencial animal entre diferentes perfis animais criados para avaliação após calibração do modelo.

No item ‘(4) simulação’, o InraPorc<sup>®</sup> fornece uma análise mais aprofundada do desempenho, da dieta, do particionamento dos nutrientes e das exigências nutricionais. Para executar uma simulação simples, são necessários um programa de dieta, um programa alimentar e um perfil animal (FIGURA 6). Os resultados dessa simulação podem ser expressos graficamente, em forma de relatório sintetizado ou, ainda, como planilhas exportáveis para o *Microsoft Excel* no formato CSV (separado por vírgulas).



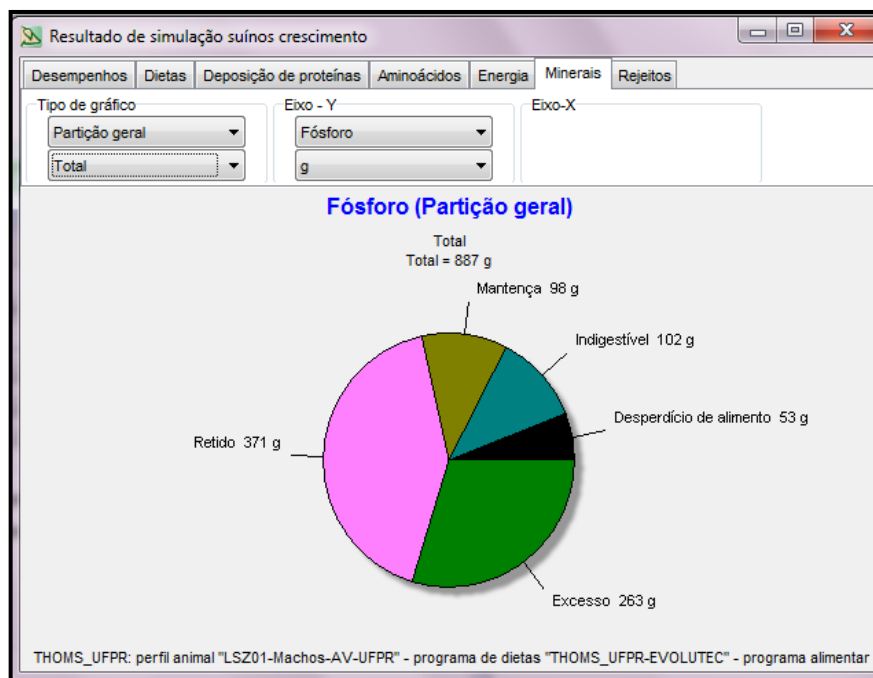
**FIGURA 6** - Janela do InraPorc<sup>®</sup>, módulo “CRESCIMENTO”: simulação simples referente ao item ‘(4) simulação’. Em destaque, a caixa da opção ‘gráficos’.

A apresentação gráfica da simulação fornece informações sobre como funciona o aporte de nutrientes e as alterações da partição de nutrientes durante a vida produtiva do animal. Conforme observado na Figura 7, ao avaliarmos o balanço final de fósforo da fase de terminação, por exemplo, o programa possibilita prever detalhadamente cada fração do nutriente que foi retida e/ou utilizada para manutenção, o que se desperdiçou na alimentação e o que foi indigestível. Além disso, também é possível descrever se houve excesso ou déficit do nutriente durante o crescimento e desenvolvimento animal. Esses dados (apresentados em gramas ou porcentagem) podem ser dispostos de uma forma simplificada e pontual em gráfico de pizza (FIGURA 7).

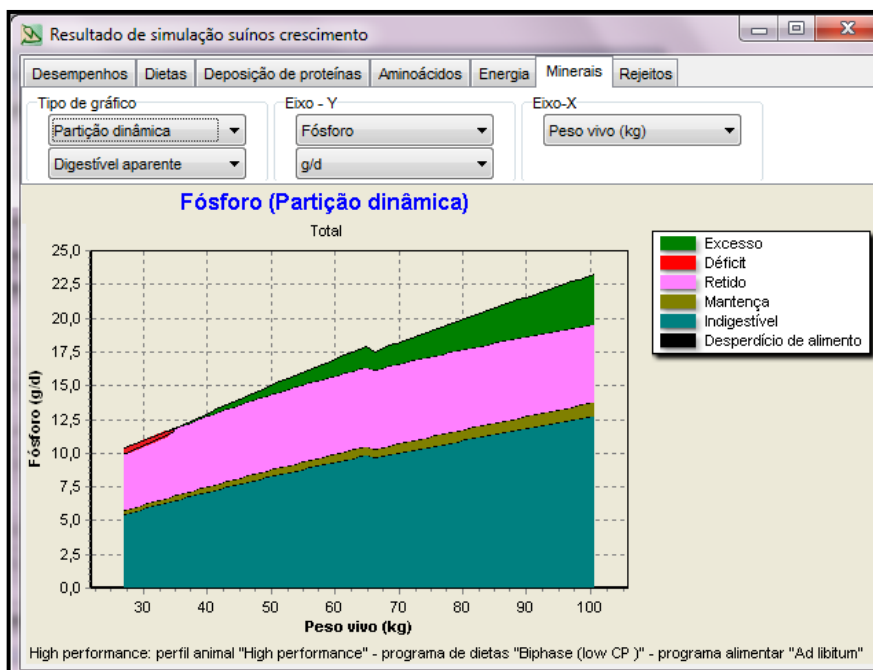
Entretanto, como o InraPorc<sup>®</sup> utiliza a modelagem dinâmica, multifatorial e não linear, a melhor representação esquemática do balanço de nutrientes é feita em gráfico de partição dinâmica (FIGURA 8). Dessa forma, percebe-se que o déficit ou excesso de nutrientes ocorre ao longo do crescimento do animal e é dependente do manejo alimentar adotado e da expressão do potencial genético de deposição dos animais.

No caso de comparação entre diferentes simulações, o programa poderá avaliar as duas situações de fornecimento de ração em estudo (restrito x à vontade),

conforme exemplificado na Figura 9, em que são comparados suínos de alta *versus* de baixa *performance* em relação ao mineral fósforo.

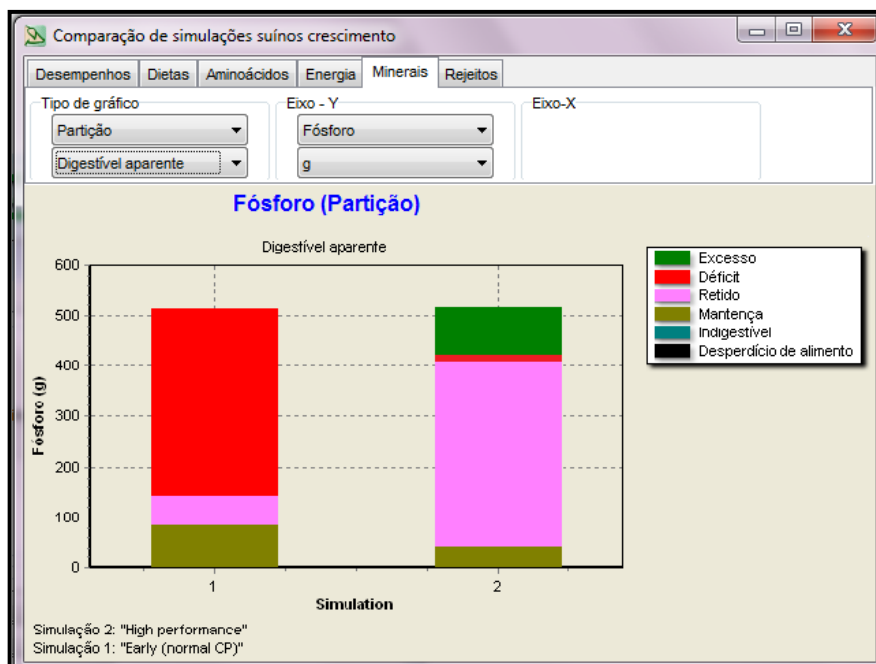


**FIGURA 7** - Janela do InraPorc®, módulo “CRESCIMENTO”, item ‘(4) simulação’: partição do fósforo no perfil animal alimentado à vontade com programa de dieta de uma fase em sequência de uma simulação simples.



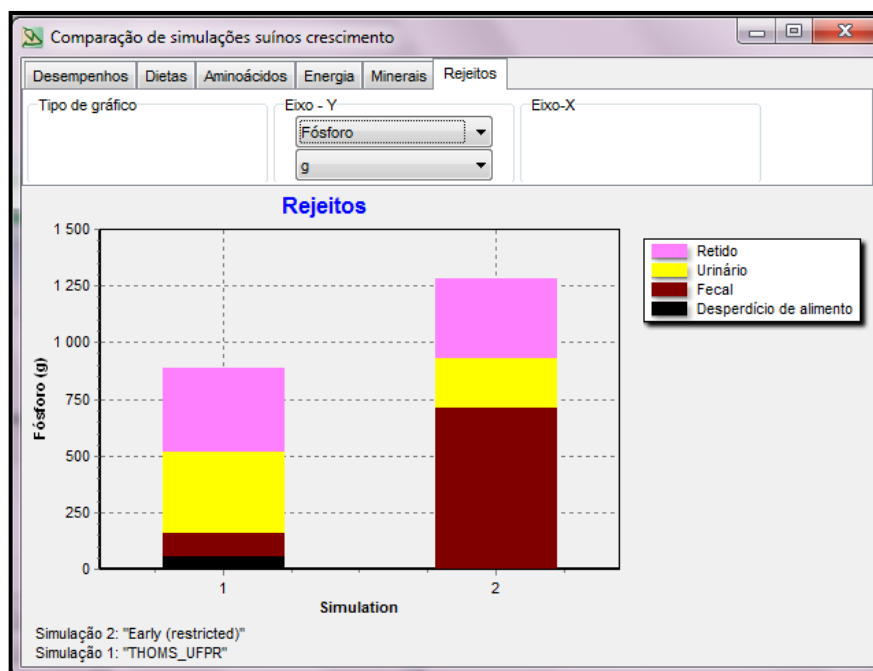
**FIGURA 8** - Janela do InraPorc®, módulo “CRESCIMENTO”, item ‘(4) simulação’: partição dinâmica do fósforo no perfil animal de alto desempenho na sequência de uma simulação simples com programa de dietas de duas fases e programa alimentar à vontade.





**FIGURA 9** - Janela do InraPorc®, módulo “CRESCIMENTO”, item ‘(4) simulação’, aba simulação de comparação: partição do fósforo em dois perfis animais (alto desempenho *versus* baixo desempenho).

Do mesmo modo, no item “simulação”, a aba denominada “rejeitos” mostra graficamente a porção do nutriente que fica retido, aquela que é desperdiçada no alimento, bem como a fração urinária e fecal, por exemplo, o fósforo (FIGURA 10).



**FIGURA 10** - Janela do InraPorc®, módulo “CRESCIMENTO”, item ‘(4) simulação’, aba simulação de comparação: “rejeitos” do fósforo em dois perfis animais (simulação 1, à vontade *versus* simulação 2, restrito).

#### 1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com posse de todas as informações necessárias para criar as simulações no programa InraPorc<sup>®</sup>, é possível caracterizar e mensurar determinadas frações de nutrientes que, ao longo do tempo de crescimento animal, são retidas, desperdiçadas e excretadas, além da porção indigestível que, eliminada nas fezes e na urina, também faz parte, posteriormente, da composição dos efluentes.

Como ferramenta, o InraPorc<sup>®</sup> permite aplicar a modelagem para avaliar os fatores envolvidos na composição dos dejetos de suínos pesados. Por meio da diferença entre os resultados encontrados nos componentes das fezes e urina (digestibilidade e metabolismo), será possível caracterizar os componentes que irão “sobrar” na esterqueira em forma de efluente.

Depois de realizada a validação do cenário criado no programa, na forma de experimentação a campo, será possível estimar a composição do efluente na prática. O teor de nutrientes excretados numa população de suínos poderá ser estipulado para aperfeiçoar respostas econômicas e ambientais. Desse modo, por meio das informações do excesso de nutrientes específicos do estudo, se testa a acurácia do programa InraPorc<sup>®</sup> e pode-se prever a produção de dejetos.

## 1.5 REFERÊNCIAS

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A. de; FILHO, A. B. **Nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1988. p. 13-16.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS. **Relatório ABIPECS 2012-2013**. São Paulo, 2013. Disponível em: <[http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS\\_relatorio\\_2012\\_pt.pdf](http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS_relatorio_2012_pt.pdf)>. Acesso em 30/10/2013.

BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2006.

BLEY JUNIOR, C. J. (Coord.); IHLENFELD, R. G. K.; SOUZA, M. L. P.; GABARDO, M. T.; FOWLER, R. B.; CHAVES, I. C. S. **Manual de gestão ambiental na suinocultura**: Projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Estado do Paraná (PNMA II) – Gestão Integrada de Ativos Ambientais. Curitiba: Convênio MMA-PNMAII/SEMA/IAP/FUNPAR, 2004. 164 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Presunto Tipo Parma. **Instrução normativa nº 22, de 31 de julho de 2000**. Brasília, DF, 31 jul 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=1570>> Acesso em 01/05/2012.

BRUMANO, G. Uso de meta-análises e modelagem na nutrição de monogástricos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 6, p 762-772, 2008. Disponível em: <[http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/074V5N6P762\\_772\\_NOV2008\\_.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/074V5N6P762_772_NOV2008_.pdf)>. Acesso em 03/05/2012.

CASTRO, M. R. L.; LUNA, M. A. G.; MEDEIROS, M. I. M.; FERREIRA, L. M.; SCHOLTEN, C. Biodiversidade, saúde ambiental e o médico veterinário. **Revista CFMV**. v. 17, n. 54, p. 9-11, 2011.

CERETTA, C. A.; GIROTTO, E. Estratégias para otimização do poder fertilizante dos dejetos e mitigação do impacto ambiental. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SIGERA, 2009. p. 50-60.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Brasília, DF, 19 dez 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>> Acesso em 21/11/2013.

CORREA, J. A.; FAUCITANO, L.; LAFOREST, J. J.; RIVEST, J.; MARCOUX, M.; GARIÉPY, C. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. **Meat Science**, v. 72, p. 91-99, 2006.

DOURMAD, J.-Y.; ÉTIENNE, M.; NOBLET, J.; VALANCOGNE, A.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN, J. InraPorc: un outil d'aide à la décision pour l'alimentation des truies reproductrices. **Journées Recherche Porcine**, v. 37, p. 299-306, 2005.

DOURMAD, J.-Y.; ÉTIENNE, M.; VALANCOGNE, A.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, p. 372-386, 2008.

FÁVERO, J. A.; BELLAVER, C. Produção de carne de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CTC/ITAL, 2001. p. 1-15.

GUIVANT, J. S.; MIRANDA, C. R. Suinocultura e poluição: a construção social de um problema ambiental e de suas soluções. In: \_\_\_\_\_ (Org.). **Desafios para o desenvolvimento sustentável da suinocultura: uma abordagem multidisciplinar**. Chapecó: Argos, 2004. p. 73-131.

HAUSCHILD, L. **Modelagem Individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento**. 142 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

KONZEN, E. A. Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental como insumo agrícola. In: SEMINÁRIOS TÉCNICOS DE SUINOCULTURA. SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA E SIMPÓSIO DE SUINOCULTURA, 7 e 2, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. p. 56-64.

LATORRE, M. A.; GARCÍA-BELENGUER, E.; ARIÑO, L. The effects of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1933-1942, 2008.

LEHNEN, C. R. **Programas alimentares de porcas gestantes e lactantes utilizando o modelo InraPorc®**. 99 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

LO FIEGO, D. P.; SANTORO, P.; MACCHIONI, P.; DE LEONIBUS, E. Influence of genetic type, live weight at slaughter and carcass fatness on fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue of raw ham in the heavy pig. **Meat Science**, v. 69, p. 107–114, 2005.

LOVATTO, P. A.; HAUSCHILD, L.; HAUPTLI, L.; LEHNEN, C. R.; CARVALHO, A. D'Á. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2348-2354, 2005a. Supl.

LOVATTO, P. A.; HAUSCHILD, L.; LEHNEN, C. R.; CARVALHO, A. D'Á. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 883-890, 2005b.

LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ADRETTA, I. Uso de modelagem para a racionalização do manejo nutricional de fêmeas suínas gestantes e lactantes. **Acta Scientiae Veterinaria**, n. 8, p. 211-220, 2010. Supl 1.

NARDI, V. K. **Produção de efluente e balanço de nutrientes em granjas de terminação de suínos no oeste do Estado do Paraná**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

OLIVEIRA, P. A. V. (Coord.); MARTINS, R. R.; PEDROSO, D.; LIMA, G. J. M. M.; LINDNER, E. A.; FILHO, P. B.; JÚNIOR, A. B. C.; SILVEIRA, V. R.; BALDISERA, I.; MATTOS, A. C.; GOSMANN, H.; CRISTMANN, A.; BONETT, E.; HESS, A. **Manual de Manejo e Utilização de Dejetos de Suínos** - Documentos, 27. Concórdia: EMBRAPA-CNPASA, 1993. 188 p.

OLIVEIRA, E. A. **Peso ótimo de abate de suínos**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PALHARES, J. C. P.; CALIJURI, M. C. Caracterização dos afluentes e efluentes suínolas em sistemas de crescimento/terminação e qualificação de seu impacto ambiental. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 502-509, 2007.

PEINADO, J.; MEDEL, P.; FUENTETAJA, A.; MATEOS, G. G. Influence of sex and castration of females on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined for dry-cured industry. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1410-1417, 2008.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. de; NONES, K. Produção de Suínos e Meio Ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9, 2001, Gramado. **Anais...** Gramado, 2001. p. 8-24. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais0104\\_perdomo.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0104_perdomo.pdf)>. Acesso em 17/05/2012.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; ZHANG, G-H.; POMAR, J.; LOVATTO, P. A. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 226-237, 2009. Supl. Especial.

ROSSI, C. A. R.; LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; FRAGA, B. N.; LOVATO, G. D.; CERON, M. S. Dietas ajustadas para suínos através do modelo InraPorc<sup>®</sup>: desempenho, características de carcaça e impacto econômico. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 689-695, 2013.

SOUZA, V. F.; REBELLO, F. F. P.; ASCHERI, J. L. R. Fitase: aspectos gerais e suas principais aplicações. **Revista ACTA Tecnológica**, v. 6, n. 2, p. 69-76, 2011.

TESTA, V. M. Desenvolvimento sustentável e a suinocultura do Oeste catarinense; desafios econômicos, sociais e ambientais. In: GUIVANT, J. S.; MIRANDA, C. R. (Org.). **Desafios para o desenvolvimento sustentável da suinocultura: uma abordagem multidisciplinar**. Chapecó: Argos, 2004. p. 23-72.

VAN MILGEN, J.; DOURMAD, J.-Y.; LOVATTO, P. A. Training Session America Latina: Aplicação prática do InraPorc. In: AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION, **Seminário**. Guarulhos, 2007.

VAN MILGEN, J.; LESCOAT, P. Modélisation du fonctionnement digestif et du métabolisme chez le porc: une alternative à l'expérimentation animale? **Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France**, v. 161, n. 5, p. 435-440, 2008.

VAN MILGEN, J.; BROSSARD, L.; VALANCOGNE, A.; DOURMAD, J.-Y. Using InraPorc to reduce nitrogen and phosphorus excretion. In: GARNSWORTHY, P. C.; WISEMA, J. (Ed.). **Recent Advances in Animal Nutrition**. Nottingham University Press: Nottingham, 2008a. p. 179-194.

VAN MILGEN, J.; VALANCOGNE, A.; DUBOIS, S.; DOURMAD, J.-Y.; SÈVE, B.; NOBLET, J. InraPorc<sup>®</sup>: a model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, p. 387-405, 2008b.

VAN MILGEN, J.; DOURMAD, J.-Y.; NOBLET, J.; LABUSSIÈRE, E.; GARCIA-LAUNAY, F.; DUBOIS, S.; VALANCOGNE, A.; BROSSARD, L. InraPorc: where do we come from and where do we want to go? In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM: MODELLING IN PIG AND POULTRY PRODUCTION, 1, 2013, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, 2013. p. 1-17.

## **CAPÍTULO 2. DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, CONSUMO HÍDRICO E PRODUÇÃO DE EFLUENTE NA TERMINAÇÃO DE SUÍNOS PESADOS SOB DIFERENTES MANEJOS ALIMENTARES**

**RESUMO** – Com o objetivo principal de estudar o efeito do peso de abate (PA) sobre o desempenho, o consumo hídrico (CH) e a produção de efluente (PE), foram utilizados 24 suínos híbridos, machos castrados e fêmeas, com 128 dias de idade e com 77,2 kg de peso vivo, distribuídos em arranjo fatorial 3 (pesos de abate: 100, 135 e 145 kg) x 2 (sexo) x 2 (manejo alimentar: restrito e à vontade). Não houve interação tríplice dos efeitos ( $P > 0,70$ ) sobre as características analisadas nem entre sexo e PA ( $P > 0,16$ ). Interações simples, tanto entre PA e manejo alimentar ( $P < 0,01$ ) quanto entre manejo alimentar e sexo ( $P < 0,04$ ), foram observadas somente sobre o consumo de ração. Suínos sob manejo alimentar à vontade (AV) consumiram menos ração com PA 100 kg, porém o consumo desta categoria foi maior ( $P < 0,05$ ) que animais sob manejo restrito (RE) com PA 135 e 145 kg. Fêmeas sob manejo AV e machos sob manejo RE apresentaram semelhante consumo de ração, porém fêmeas AV foram inferiores aos machos AV e superiores às fêmeas sob manejo RE ( $P < 0,05$ ). O ganho de peso diário foi superior ( $P < 0,01$ ) em animais com PA 100 kg, não diferindo entre manejo alimentar. Com a elevação do PA acima de 100 kg, suínos sob manejo RE apresentaram menor ganho de peso diário ( $P < 0,05$ ) e, conseqüentemente, piora na conversão alimentar ( $P < 0,05$ ). As fêmeas foram mais eficientes que os machos ( $P < 0,05$ ), e a adoção do manejo RE melhorou a conversão alimentar. Respectivamente, o CH e a PE foram 8,60 e 6,02 L/animal/dia ( $P > 0,05$ ), e a menor taxa de efluente por kg de peso vivo final foi obtida ao PA 100 kg ( $P < 0,05$ ). Com o mesmo número de animais por lote, a produção total anual de peso vivo é similar entre os PA, com menor volume de efluente anual acumulado nos PA acima de 100 kg, não comprometendo a capacidade total de armazenamento do efluente.

**Palavras-chave:** Consumo de água. Dejetos. Meio ambiente. Pesos de abate. Sistemas de produção.



## **CAPHTER 2. ZOOTECHNICAL PERFORMANCE, WATER CONSUMPTION AND EFFLUENT PRODUCTION IN FINISHING HEAVY PIGS UNDER DIFFERENT FEEDING MANAGEMENT**

**ABSTRACT** – The aim of this work was to study the effect of slaughter weight (SW) on the performance, the water consumption (WC) and effluent production (EP), 24 crossbred pigs, barrows and gilts, were evaluated, with 128 days age and 77.2 kg of body weight in a factorial arrangement 3 x 2 x 2 - three slaughter weights (100, 135 and 145 kg), two sexes and two feed handling (*ad libitum* and restricted), respectively. There was no triple interaction ( $P>0.70$ ) and no interaction between sex and SW ( $P>0.16$ ) on the characteristics analyzed. The interactions between both SW and feeding management ( $P<0.01$ ) and among feeding management and sex ( $P<0.04$ ) were observed only on feed intake. Pigs with *ad libitum* intake consumed less volume of feed with SW of 100 kg, but when compared to those with restricted feeding, consumption was greater with SW of 135 and 145 kg ( $P<0.05$ ). Females with *ad libitum* intake and barrows with restricted intake showed similar values of feed intake, but females *ad libitum* was smaller than the barrows *ad libitum* and high to gilts with restricted feed ( $P<0.05$ ). The daily weight gain was higher ( $P<0.01$ ) when SW was 100 kg, and same among managements, however, was lower ( $P<0.05$ ) in SW 135 and 145 kg with restricted management, causing a worsening on the feed conversion. Females were more efficient than barrows, and the adoption of restricted consumption improved feed conversion ( $P<0.05$ ). Respectively, WC and EP were 8.60 and 6.02 L/animal/day ( $P>0.05$ ). In SW 100 kg was obtained the lowest rate of effluent per kg of final body weight ( $P<0.05$ ). Although, total annual production of body weight is similar between the SW studied, the smallest accumulated volume of effluent per year was observed with SW over 100 kg, not compromising the total manure storage tanks capacity.

**Key-words:** Environmental. Production systems. Slaughter weights. Slurry. water consumption.

## 2.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o crescimento ininterrupto da produção de suínos é observado desde 2005, com animais sendo abatidos entre 90 e 120 kg de peso vivo (IBGE, 2013). Uma tendência mundial é aumentar o peso dos suínos ao abate a fim de aumentar a produtividade e, conseqüentemente, diminuir o custo de produção por quilo final de produto, tanto para o produtor quanto para a indústria. Outra vantagem da elevação de peso é o rendimento e a qualidade da carcaça e da carne para a fabricação de processados especiais e a comercialização de cortes diferenciados.

A aplicação do termo “suíno pesado” é utilizada em outros países, como na Itália, para animais abatidos com pesos superiores a 165 kg (LO FIEGO *et al.*, 2005). No Brasil, essa terminologia foi adotada para animais com peso de abate a partir de 130 kg (BRASIL, 2000).

A avaliação do abate de suínos pesados tem sido alvo de pesquisa quanto às alterações no rendimento e na qualidade da carcaça e da carne, bem como na economia da atividade (BERTOL *et al.*, 2001; FÁVERO e BELLAYER, 2001; OLIVEIRA, 2011). Oliveira (2011) definiu como peso ótimo econômico para abate, ao avaliar o fornecimento programado de alimentação restrita, suínos aos 135 kg em condições comerciais para animais dos 80 kg aos 144 kg de peso vivo. O autor não considerou, entretanto, a produção de efluente e a capacidade total de armazenamento da esterqueira na avaliação econômica geral desse estudo.

De acordo com a Resolução nº 031/98 da Secretaria do Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, valores fixos de referência são adotados para calcular a quantidade e a composição do efluente (PARANÁ, 1998). Considera-se a fase de produção e/ou de crescimento dos animais, mas os demais fatores

envolvidos na qualidade e na quantidade dos efluentes são desconsiderados nesse cálculo (BLEY JUNIOR, 2004).

Os agentes que mais influenciam no volume diário de efluente produzido são os aspectos construtivos, o sistema de higienização, o tipo de bebedouro utilizado e a infiltração da água das chuvas nas esterqueiras (PERDOMO *et al.*, 2001; NAGAE *et al.*, 2005; NARDI, 2009). Os desperdícios resultantes das práticas de manejo, bebedouros e tubulações mal conservados, ou, ainda, a falha de sistemas hidráulicos influenciam no volume total gerado e acarretam custo adicional de transporte e armazenamento do efluente nas granjas (NARDI, 2009).

Além desses fatores, ainda não existem referências específicas de volume de efluente para suínos pesados na legislação brasileira. Portanto faz-se necessário verificar se a capacidade total do reservatório de efluente suportaria a criação de suínos abatidos com peso acima do padronizado nas granjas já planejadas e construídas para a terminação de animais com 100 kg.

O objetivo principal deste estudo foi avaliar o efeito de peso de abate de suínos machos e fêmeas acima de 100 kg sobre desempenho zootécnico, consumo hídrico e produção de efluente, sob diferentes manejos alimentares, à vontade e restrito, considerando a produção de peso vivo anual entregue e a capacidade total de armazenamento dos efluentes na esterqueira.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre 28 de agosto e 13 de novembro de 2012, no Laboratório de Suinocultura da Universidade Federal do Paraná, localizado na latitude -25.391325 e longitude -49.137189, no Centro de Ensino Aplicado em Ciências Agrárias (CEAA)/Fazenda Canguiri, em Pinhais, PR.

Foram utilizados 24 animais híbridos comerciais da empresa Agrocere PIC, 12 machos castrados e 12 fêmeas, com peso médio inicial de  $77,2 \pm 3,7$  kg e com idade inicial de 128 dias, provenientes de granja comercial integrada. Os animais foram alojados em galpão convencional de piso cimentado durante 77 dias, distribuídos em baias, separados por sexo, com área média de  $2,24 \pm 0,46$  m<sup>2</sup>/animal – valor este superior ao recomendado pela EMBRAPA (2011) para animais em fase de terminação.

Para avaliar o desempenho zootécnico e a produção de efluente, os animais foram distribuídos em arranjo fatorial 3 x 2 x 2, com duas repetições, sendo, respectivamente, três pesos de abate (PA: 100, 135 e 145 kg), dois sexos (machos castrados e fêmeas) e dois manejos alimentares (à vontade e restrito). Cada baia foi considerada uma unidade experimental. Para avaliar o consumo hídrico, utilizou-se o arranjo fatorial 3 x 2 (3 pesos de abate x 2 manejos alimentares), com dados agrupados semanalmente em cada manejo alimentar.

A ração experimental era proveniente da granja integradora e tratava-se da mesma ração formulada e utilizada para os animais de terminação dos integrados (TABELA 1).

**TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DA RAÇÃO EXPERIMENTAL E NÍVEIS NUTRICIONAIS ANALISADOS (BASE MATÉRIA NATURAL)**

Ingrediente	Unidade	Valor
Milho Moído	%	77,523
Farelo de Soja	%	19,400
Núcleo comercial*	%	3,000
L-Lisina	%	0,077
Total	%	100,000
Níveis nutricionais		
Energia Bruta	cal/g	3.853,00
Proteína bruta	%	15,73
Cálcio	%	0,55
Fósforo total	%	0,30
Fósforo disponível**	%	0,24
Lisina total	%	0,81

\*Núcleo vitamínico-mineral para suínos em crescimento com os seguintes níveis por quilograma do produto: vitamina A, 80.000 UI; vitamina D3, 26.500 UI; vitamina E, 320 UI; vitamina K3, 75 mg; vitamina B<sub>1</sub>, 16,7 mg; vitamina B<sub>2</sub>, 90 mg; vitamina B<sub>6</sub>, 16,7 mg; vitamina B<sub>12</sub>, 500 mg; niacina, 500 mg; pantotenato de cálcio, 250 mg; ácido fólico, 15 mg; cloreto de colina, 1200 mg; NaCl, 60 g; Fe, 1.667 mg; Cu, 2.500 mg; Mn, 800 mg; Zn, 1.500 mg; I, 33,4 mg; Se, 8,35 mg; Ca mín/máx, 80/180 g; P, 10 g; fitase, 16.667 FTU; bacitracina de zinco, 1.333,34 mg. \*\*Calculado por equação proposta por Kornegay (2001).

O fornecimento de ração foi realizado em dois horários (08h30min e 16h30min), sendo a quantidade de ração diária fornecida por dia e por baia, pesada semanalmente e acondicionada em sacos identificados individualmente.

A metade dos animais em avaliação recebeu manejo alimentar à vontade (AV). Para evitar desperdício de alimento e facilitar o manejo, a quantia oferecida em cada arraçoamento foi ajustada, a fim de evitar desperdício ou déficit de ração no comedouro. Para controlar o volume total consumido no manejo AV, as sobras nos comedouros e nos sacos de armazenagem eram recolhidas e pesadas semanalmente.

Para os demais animais, adotou-se o manejo alimentar restrito (RE), sendo fornecido, até alcançarem o peso de abate de 100 kg, durante 21 dias, 2,85 kg de ração/animal/dia. No restante do período experimental, ajustou-se o volume diário fornecido para 2,7 kg de ração/animal/dia.

As instalações eram equipadas com bebedouro automático tipo “Bite Ball”, comedouros tipo calha – que permitiam acesso voluntário à água e simultâneo ao alimento para todos os animais da baia –, e sistema individual de coleta e armazenagem do efluente para cada baia, feito através de canos de PVC de 100 mm, conectados às caixas de fibra de vidro tampadas com capacidade para 3 mil litros.

Diariamente, realizou-se a limpeza nas instalações com raspagem e varredura a seco. Em relação às baias, transferia-se o resíduo sólido de cada uma para a caixa de efluente correspondente, enquanto os demais resíduos líquidos acumulados escoavam diretamente pelo sistema individual de coleta dos efluentes.

O manejo de cortinas foi realizado para diminuir a variação da temperatura interna das instalações. Os registros diários da temperatura média, máxima, mínima e umidade relativa do ar em cada período de avaliação estão na Tabela 2 e referem-se aos registros cedidos pelo SIMEPAR (2013) para a estação climática Pinhais, localizada na latitude -25.4167 e longitude -49.1333, distante, em linha reta, 2,8 km do galpão experimental.

**TABELA 2** - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DA TEMPERATURA MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA E DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA PERÍODO DE AVALIAÇÃO DO PESO DE ABATE

Peso de abate (kg)	Temperatura média (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa do ar (%)
100	16,7 ± 2,9	24,6 ± 5,0	11,8 ± 2,0	83,4 ± 8,2
135	16,7 ± 5,2	23,8 ± 5,2	12,0 ± 2,9	83,3 ± 9,3
145	17,2 ± 5,1	24,2 ± 5,1	12,7 ± 3,1	83,7 ± 8,9
Média Geral	17,2 ± 3,5	24,2 ± 5,1	12,7 ± 3,1	83,7 ± 8,9

FONTE: SIMEPAR (2013)

O consumo de ração (CR, kg), ganho de peso (GP, kg) e conversão alimentar (CA) foram avaliados pela média dos animais de cada baia nos diferentes PA. Os dados do CR acumulado foram divididos pelo número de dias experimentais e expressos como consumo de ração médio diário por animal (CRMD, kg). Da mesma forma, a determinação do GP foi realizada com pesagens individuais para calcular ganho de peso médio diário (GPMD, kg), e a CA foi calculada pelo balanço final acumulado do consumo de ração e ganho de peso dos animais.

O consumo de água dos animais foi denominado consumo hídrico (CH, L). Essa medida foi realizada semanalmente com o auxílio de hidrômetros de precisão (Modelo ITRON Aquadis S – Volumétrico Classe C, Diâmetro  $\frac{3}{4}$ " 20 mm CL B, vazão nominal  $Q_n$  1,5 m<sup>3</sup>/h - vazão máxima  $Q_{máx}$  3,0 m<sup>3</sup>/h) instalados separadamente, para o grupo de animais em cada manejo alimentar (à vontade e restrito). Esses resultados foram expressos como consumo hídrico médio diário (CHMD, L/animal) por PA.

A produção de efluente (PE, L) acumulada semanalmente foi medida na caixa de efluente de cada baia para calcular a produção de efluente média diária (PEMD, L/animal/dia) por PA. E, ao final de cada período de avaliação, a PE acumulada (PEA) foi dividida pelo peso vivo final ( $PV_F$ , kg) dos suínos para cálculo da taxa  $PEA/PV_F$  (L/kg).

Os balanços, por lote e por ano, do CR, CH e da PE foram estimados por unidade animal, com PA ajustado para 100, 135 e 145 kg, a fim de verificar se a estrutura de armazenamento do efluente (já existente nas instalações que abatem animais com até 100 kg) suportaria a produção de animais com peso de abate mais

elevado. As categorias separadas por sexo, manejo alimentar e PA foram denominadas manejos de criação no sistema confinado.

Os dados médios iniciais de peso vivo (24,46 kg), CR (95 kg) e idade (59 dias) foram obtidos dos registros de lote repassados pela integradora. Com base nesses dados, foram estimados os valores médios de CH (421 L/animal) e de PE (360 L/animal) para a fase de crescimento, de acordo com as curvas de consumo e produção por idade, conforme descritos por Nardi (2009), para um sistema de recria e terminação semelhante, sem vazamento de água, sem lavagem das baias e sem contaminação com água pluvial.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, a 5% de probabilidade, cujo modelo linear geral utilizado pode ser representado como segue:

$$Y_{ijkl} = m + a_i + s_j + PA_k + (a*s)_{ij} + (a*PA)_{ik} + (s*PA)_{jk} + (a*s*PA)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Em que:

$Y_{ijkl}$  = observação da característica;

$m$  = média geral;

$a_i$  = efeito devido ao manejo alimentar  $i$ , sendo  $i$  = à vontade ou restrito;

$s_j$  = efeito devido ao sexo  $j$ , sendo  $j$  = machos castrados ou fêmeas;

$PA_k$  = efeito devido ao peso de abate  $k$ , sendo  $k$  = 100, 135 ou 145 kg;

$a*s_{ij}$  = efeito da interação simples entre  $a_i$  e  $s_j$ ;

$a*PA_{ik}$  = efeito da interação simples entre  $a_i$  e  $PA_k$ ;

$s*PA_{jk}$  = efeito da interação simples entre  $s_j$  e  $PA_k$ ;

$a*s*PA$  = efeito da interação tríplice entre os fatores; e

$e_{ijkl}$  = efeito devido aos fatores não controlados (erro experimental), considerado NID (0,  $\delta^2$ ).

As interações não significativas foram retiradas, em ordem decrescente de nível e de significância, nas análises independentes para cada variável que resultavam em piora do  $R^2$  e do erro padrão residual. A covariável temperatura média foi utilizada no modelo para a variável CHMD.

As médias do CRMD, GPMD, CA, CHMD, PEMD e da PEA/PV<sub>F</sub> foram comparadas pelo Intervalo de Confiança (95%), enquanto as do CR, CH e PE ajustadas para PA foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o programa *StatGraphics Plus for Windows 4.1* (MANUGISTICS, 1997).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais obtidos para o desempenho zootécnico, consumo hídrico, produção de efluente e para a taxa PEA/PV<sub>F</sub> encontram-se nas Tabelas 3 e 4. Para as variáveis consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e produção de efluente, não houve interação tríplice ( $P > 0,70$ ) nem simples entre sexo e PA ( $P > 0,16$ ). Os coeficientes de determinação obtidos para essas variáveis podem ser considerados altos (de 57 a 92%; TABELA 3) dado o restrito número de repetições.

O manejo alimentar restrito, em comparação com o manejo à vontade (AV), proporcionou níveis crescentes de restrição alimentar nos pesos de abate 100, 135 e 145 kg. Os respectivos valores de restrição foram de 8, 18 e 18% para machos castrados e 4, 13 e 14% para fêmeas em comparação com os animais alimentados à vontade. Em relação aos valores do consumo AV apresentados neste trabalho, o consumo registrado por Oliveira (2011) teria sido equivalente a níveis de restrição de 18, 22 e 21% para machos castrados e 8, 20 e 17% para fêmeas respectivamente.

Sobre o consumo de ração médio diário (CRMD), houve interação entre peso de abate e manejo alimentar. Animais sob manejo restrito com peso de abate até 100 kg apresentaram CRMD semelhante àqueles sob manejo alimentar à vontade. Contudo foi observado maior consumo voluntário dos animais AV com o aumento do peso de abate (PA) de 100 para 135 e 145 kg.



**TABELA 3 - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR**

	Manejo alimentar						R <sup>2</sup> (%) <sup>3</sup>	DPR <sup>4</sup>	Probabilidades					
	AV <sup>1</sup>			RE <sup>2</sup>					Manejo alimentar	Sexo	PA <sup>5</sup>	Manejo x Sexo	Manejo x PA	Sexo x PA
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média								
CRMD <sup>6</sup> (kg/animal/dia)														
PA 100 kg	3,07 ± 0,54	2,69 ± 0,43	2,88 <sup>Ba</sup> ± 0,51	2,83 ± 0,03	2,59 ± 0,27	2,71 <sup>Ba</sup> ± 0,22	92,10	0,10	< 0,01	< 0,01	0,06	0,04	0,01	0,59*
PA 135 kg	3,34 ± 0,44	2,95 ± 0,48	3,14 <sup>Aa</sup> ± 0,50	2,74 ± 0,07	2,58 ± 0,24	2,66 <sup>Aa</sup> ± 0,19								
PA 145 kg	3,33 ± 0,40	3,03 ± 0,55	3,18 <sup>Aa</sup> ± 0,50	2,72 ± 0,08	2,60 ± 0,22	2,66 <sup>Aa</sup> ± 0,17								
Média geral	3,24 <sup>a</sup> ± 0,15	2,89 <sup>b</sup> ± 0,18	3,07 ± 0,16	2,76 <sup>bc</sup> ± 0,06	2,59 <sup>c</sup> ± 0,01	2,68 ± 0,03								
GPMD <sup>7</sup> (kg/animal/dia)														
PA 100 kg	1,05 ± 0,20	0,95 ± 0,21	1,00 <sup>Aa</sup> ± 0,20	1,01 ± 0,20	0,95 ± 0,16	0,98 <sup>Aa</sup> ± 0,17	91,64	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,08	< 0,01	0,37*
PA 135 kg	1,02 ± 0,21	0,95 ± 0,27	0,99 <sup>Aa</sup> ± 0,24	0,86 ± 0,19	0,85 ± 0,28	0,86 <sup>Bb</sup> ± 0,24								
PA 145 kg	0,98 ± 0,21	0,96 ± 0,32	0,97 <sup>Aa</sup> ± 0,27	0,83 ± 0,19	0,81 ± 0,28	0,82 <sup>Bb</sup> ± 0,23								
Média geral	1,02 ± 0,4	0,95 ± 0,01	0,98 ± 0,02	0,90 ± 0,10	0,87 ± 0,07	0,89 ± 0,08								
CA <sup>8</sup>														
PA 100 kg	2,91	2,85	2,88 <sup>B</sup>	2,80	2,71	2,76 <sup>B</sup>	91,91	0,09	0,02	0,01	< 0,01	0,77	0,37	0,93*
PA 135 kg	3,22	3,17	3,20 <sup>A</sup>	3,21	3,10	3,16 <sup>A</sup>								
PA 145 kg	3,36	3,23	3,30 <sup>A</sup>	3,32	3,25	3,29 <sup>A</sup>								
Média geral	3,16 <sup>a</sup> ± 0,23	3,08 <sup>b</sup> ± 0,20	3,13 <sup>*</sup> ± 0,22	3,11 <sup>a</sup> ± 0,27	3,02 <sup>b</sup> ± 0,28	3,07 <sup>**</sup> ± 0,28								

Médias seguidas por letras minúsculas ou número de asteriscos distintos na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem pelo Intervalo de Confiança (P<0,05). <sup>1</sup>alimentação à vontade; <sup>2</sup>alimentação restrita; <sup>3</sup>coeficiente de determinação; <sup>4</sup>desvio padrão residual; <sup>5</sup>peso de abate; <sup>6</sup>consumo de ração médio diário; <sup>7</sup>ganho de peso médio diário; <sup>8</sup>conversão alimentar; \* interação retirada do modelo (P>0,05).

**TABELA 4 - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DO CONSUMO HÍDRICO, PRODUÇÃO DE EFLUENTE E TAXA DE EFLUENTE POR PESO VIVO FINAL DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR**

	Manejo alimentar						R <sup>2</sup> (%) <sup>3</sup>	DPR <sup>4</sup>	Probabilidades					
	AV <sup>1</sup>			RE <sup>2</sup>					Manejo alimentar	Sexo	PA <sup>5</sup>	Manejo x Sexo	Manejo x PA	Sexo x PA
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média								
CHMD <sup>6</sup> (litros/animal/dia)														
PA 100 kg (n=3)	-	-	7,93 ± 0,21	-	-	9,34 ± 0,67								
PA 135 kg (n=9)	-	-	8,69 ± 1,32	-	-	8,41 ± 2,04	10,99	1,53	0,67	-	0,98	-	0,41	-
PA 145 kg (n=11)	-	-	8,83 ± 1,22	-	-	8,38 ± 1,86								
Média geral	-	-	8,48 ± 0,49	-	-	8,71 ± 0,55								
PEMD <sup>7</sup> (litros/animal/dia)														
PA 100 kg	6,79 ± 1,53	5,53 ± 2,74	6,16 ± 2,22	8,04 ± 1,28	6,58 ± 2,25	7,31 ± 1,91								
PA 135 kg	6,13 ± 1,32	5,92 ± 2,45	6,02 ± 1,94	5,68 ± 2,13	6,25 ± 2,76	5,96 ± 2,44	56,86	0,94	0,72	0,28	0,24	0,39	0,33	0,16
PA 145 kg	6,03 ± 1,21	6,17 ± 2,32	6,10 ± 1,83	5,58 ± 1,98	6,29 ± 2,57	5,94 ± 2,30								
Média geral	6,31 ± 0,41	5,87 ± 0,32	6,09 ± 0,07	6,43 ± 1,39	6,38 ± 0,18	6,40 ± 0,78								
PEA/PV <sub>F</sub> <sup>8</sup> (litros/kg)														
PA 100 kg	1,47	1,20	1,34 <sup>B</sup>	1,69	1,39	1,54 <sup>B</sup>								
PA 135 kg	2,75	2,75	2,75 <sup>A</sup>	2,70	3,00	2,85 <sup>A</sup>	90,87	0,33	0,83	0,97	< 0,01	0,37	0,94	0,24
PA 145 kg	3,07	3,19	3,13 <sup>A</sup>	3,03	3,45	3,24 <sup>A</sup>								
Média geral	2,43 ± 0,85	2,38 ± 1,05	2,41 ± 0,94	2,47 ± 0,70	2,61 ± 1,08	2,54 ± 0,89								

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem pelo Intervalo de Confiança (P<0,05). <sup>1</sup>alimentação à vontade; <sup>2</sup>alimentação restrita; <sup>3</sup>coeficiente de determinação; <sup>4</sup>desvio padrão residual; <sup>5</sup>peso de abate; <sup>6</sup>consumo hídrico médio diário; <sup>7</sup>produção de efluente média diária; <sup>8</sup>efluente acumulado por kg peso vivo final.

A partir dos 100 kg é esperado que algumas linhagens com alta taxa de crescimento apresentem menor consumo voluntário de ração e não respondam à restrição alimentar na fase final de crescimento (BERTOL *et al.*, 2001). Porém, neste trabalho, essa variação não foi observada para machos castrados sob manejo à vontade.

Esses resultados diferem daqueles observados por Latorre *et al.* (2004) e Latorre *et al.* (2008) para animais [Pietráin x Large White] x [Landrace x Large White] e Duroc x [Landrace x Large White] com peso de abate dos 116 kg até os 140 kg, sob arraçamento AV, em que não foram observadas diferenças de consumo entre os diferentes pesos de abate avaliados.

O consumo de ração dos animais com peso de abate 100 kg foi semelhante entre os diferentes manejos alimentares. A restrição alimentar, aplicada com fornecimento fixo programado de ração, foi menor que o consumo de ração esperado até o peso de abate 100 kg. Oliveira (2011), ao avaliar o efeito do aumento de peso vivo sobre o desempenho e características da carcaça de suínos machos castrados e fêmeas abatidos com peso médio até 145 kg, constatou menor consumo voluntário de ração das fêmeas, sendo que o peso de abate não interferiu no consumo de ração quando o mesmo manejo alimentar foi adotado para suínos abatidos com peso vivo de 100 kg.

Somente sobre a variável CRMD, houve interação entre manejo alimentar e sexo ( $P < 0,04$ ). Fêmeas sob manejo alimentar AV apresentaram consumo semelhante aos machos sob manejo restrito, consumindo 11% menos que machos AV e 9% mais que fêmeas RE. Com o aumento do peso de abate até 145 kg, foi observado que a diferença de consumo entre machos e fêmeas decresceu 27% neste trabalho. Esse resultado foi 15% superior (27% vs. 42%) em animais [Pietráin x Large White] x [Landrace x Large White] com peso de abate de 114 e de 122 kg, em que Peinado *et al.* (2008) observaram que o decréscimo no consumo foi 42%.

A elevação do peso de abate (PA) de 100 para 135 e 145 kg não alterou significativamente o ganho de peso médio diário (GPMD) dos suínos sob manejo

alimentar AV, concordando com Cisneros *et al.* (1996) e com Piao *et al.* (2004) que, ao estudarem diferentes genótipos com pesos de abate até 160 kg, observaram que o peso de abate não interferiu no GPMD dos suínos. Estes resultados diferem daqueles obtidos por Latorre *et al.* (2004), Latorre *et al.* (2008) e Peinado *et al.* (2008), nos quais observaram menor GPMD com a elevação do PA acima de 100 kg. No grupo de estudo sob manejo restrito, o aumento do PA também provocou redução do GPMD ( $P < 0,01$ ) nos PA 135 e 145 kg, mostrando-se similar aos dados do estudo de Oliveira (2011).

Em relação à conversão alimentar (CA), não houve interação entre os efeitos analisados neste estudo. As fêmeas foram mais eficientes que machos, e essa diferença entre sexo está de acordo com estudos relatados por Coffey *et al.* (1995), Fávero e Bellaver (2001), Latorre *et al.* (2004) e Piao *et al.* (2004) durante o período de terminação na maioria dos genótipos estudados, em que fêmeas alcançaram melhor conversão alimentar que machos castrados devido ao menor consumo de alimento (de 10 a 12%) com igual ganho de peso.

A terminação dos animais com pesos de abate acima de 100 kg provocou a piora na CA, concordando com os estudos de Cisneros *et al.* (1996), Piao *et al.* (2004) e Peinado *et al.* (2008). Entretanto animais sob manejo restrito de ração apresentaram melhor CA que os suínos alimentados à vontade. Esse efeito positivo da restrição alimentar quantitativa sobre o desempenho foi descrito anteriormente por Warpechowski *et al.* (1999) para machos e fêmeas Landrace x Large White com peso inicial de 80 kg e abatidos aos 96 kg. Segundo Bertol *et al.* (2001) e Fávero e Bellaver (2001), para obter a máxima eficiência na restrição alimentar, é necessário conhecer as curvas de deposição de tecidos conforme dieta e genótipo utilizados na produção.

Não houve efeito do peso de abate e/ou manejo alimentar sobre o consumo hídrico (CHMD) e produção de efluente (PEMD). Também não foi observada diferença entre sexo quanto à PEMD (TABELA 4).

O CHMD dos animais com peso de abate superior aos 100 kg foi  $8,60 \pm 1,55$  litros de água/animal, independentemente do manejo alimentar adotado. Embora, na legislação ambiental, ainda não seja referenciado o consumo de água para suínos com peso de abate superior aos 100 kg, o valor obtido nesta pesquisa pode ser classificado de acordo com os critérios da Resolução SEMA (PARANÁ, 1998; BLEY JUNIOR, 2004). Por regulamentação, admite-se o valor médio de 6,5 litros/animal/dia para as fases de crescimento e terminação, sendo exigido de 4 a 7 litros de água/suíno/dia na categoria entre 25 a 50 kg e de 5 a 10 litros/suíno/dia entre 50 a 100 kg (PARANÁ, 1998; BLEY JUNIOR, 2004).

A PEMD de suínos com peso de abate acima de 100 kg, independente do manejo alimentar adotado, foi  $6,02 \pm 2,07$  litros/dia. Esse valor é levemente inferior ao determinado pela Resolução SEMA 031/98 (PARANÁ, 1998), que define a produção de 7 litros de efluente/animal/dia para suínos de 25 a 100 kg.

O efeito do peso de abate foi observado sobre a relação entre a produção de efluente acumulada (PEA) e o peso vivo final ( $PV_F$ ). A menor taxa PEA/ $PV_F$  foi obtida com o peso de abate 100 kg, sendo que os valores foram semelhantes ( $P < 0,05$ ) entre os pesos de abate 135 e 145 kg (TABELA 4).

Os manejos alimentares adotados com diferentes pesos de abate, ajustados para comparação dos manejos de criação no sistema confinado, foram estimados por lote e durante um ano (TABELA 5). Na produção de um lote foi observado menor consumo de ração com o peso de abate 100 kg, independente do manejo de criação escolhido. Entretanto, com o aumento do peso de abate de 100 para 135 e 145 kg, não houve diferença da PE diária entre os manejos ( $P > 0,05$ ).

Não considerando o manejo alimentar adotado, a produção total de peso vivo anual entregue foi semelhante entre os diferentes pesos de abate, porém maior número de lotes/ano é produzido com peso de abate 100 kg. Em consequência desse maior número de alojamentos realizados no mesmo período, os pesos de abate acima de 100 kg possibilitam reduzir o volume de efluente acumulado, pois o prolongado período de alojamento diminui a quantidade de lotes terminados por ano.

**TABELA 5** - DADOS ESTIMADOS E AJUSTADOS DE ACORDO COM O PESO VIVO AO ABATE (PA) 100, 135 E 145 KG PARA COMPARAÇÃO DO CONSUMO DE RAÇÃO (CR), CONSUMO HÍDRICO (CH), PRODUÇÃO DE EFLUENTE (PE) E PESO ANIMAL ENTREGUE (KG) DURANTE A PRODUÇÃO DE UM LOTE E PARA O TOTAL ANUAL NOS DIFERENTES MANEJOS DE CRIAÇÃO

MANEJOS DE CRIAÇÃO	SISTEMA CONFINADO									
	Fase terminação* (dias)	Tempo (dias)	LOTE			Nº de lotes**	TOTAL ANUAL			
			CR (kg/kg)	CH (L/kg)	PE (L/kg)		CR (kg/kg)	CH (L/kg)	PE (L/kg)	Peso entregue
Machos AV <sup>1</sup>										
PA 100 kg	24	93	1,7 <sup>bc</sup>	6,1 <sup>c</sup>	5,2	3,6 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>	22,3 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	365
PA 135 kg	59	128	2,1 <sup>a</sup>	6,9 <sup>abc</sup>	5,3	2,7 <sup>b</sup>	5,8 <sup>ab</sup>	18,6 <sup>b</sup>	14,4 <sup>bcd</sup>	365
PA 145 kg	69	138	2,2 <sup>a</sup>	7,0 <sup>abc</sup>	5,4	2,5 <sup>b</sup>	5,6 <sup>bc</sup>	17,7 <sup>b</sup>	13,5 <sup>d</sup>	366
Machos RE <sup>2</sup>										
PA 100 kg	24	93	1,6 <sup>c</sup>	6,2 <sup>bc</sup>	5,2	3,6 <sup>a</sup>	5,8 <sup>ab</sup>	22,7 <sup>a</sup>	19,1 <sup>a</sup>	365
PA 135 kg	68	137	2,1 <sup>a</sup>	7,3 <sup>abc</sup>	5,5	2,5 <sup>b</sup>	5,3 <sup>cde</sup>	18,6 <sup>b</sup>	14,0 <sup>d</sup>	343
PA 145 kg	80	149	2,2 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	5,6	2,3 <sup>b</sup>	5,1 <sup>ed</sup>	17,6 <sup>b</sup>	13,0 <sup>d</sup>	339
Fêmeas AV <sup>3</sup>										
PA 100 kg	24	93	1,6 <sup>c</sup>	6,2 <sup>bc</sup>	5,0	3,6 <sup>a</sup>	5,9 <sup>ab</sup>	22,4 <sup>a</sup>	18,2 <sup>abc</sup>	364
PA 135 kg	61	130	2,1 <sup>a</sup>	7,0 <sup>abc</sup>	5,4	2,7 <sup>b</sup>	5,5 <sup>bcd</sup>	18,7 <sup>b</sup>	14,4 <sup>cd</sup>	359
PA 145 kg	72	141	2,1 <sup>a</sup>	7,2 <sup>abc</sup>	5,5	2,5 <sup>b</sup>	5,3 <sup>cde</sup>	17,8 <sup>b</sup>	13,6 <sup>d</sup>	359
Fêmeas RE <sup>4</sup>										
PA 100 kg	24	93	1,5 <sup>c</sup>	6,2 <sup>bc</sup>	5,0	3,7 <sup>a</sup>	5,7 <sup>bc</sup>	22,7 <sup>a</sup>	18,3 <sup>ab</sup>	365
PA 135 kg	68	137	2,0 <sup>ab</sup>	7,4 <sup>ab</sup>	5,8	2,5 <sup>b</sup>	5,1 <sup>ed</sup>	18,7 <sup>b</sup>	14,8 <sup>bcd</sup>	341
PA 145 kg	81	150	2,1 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	6,0	2,3 <sup>b</sup>	4,9 <sup>e</sup>	17,7 <sup>b</sup>	13,9 <sup>d</sup>	337

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). <sup>1</sup>peso inicial 74,7 kg; <sup>2</sup>peso inicial 78,5 kg; <sup>3</sup>peso inicial 76,7 kg; <sup>4</sup>peso inicial 78,7 kg; AV: alimentação à vontade; RE: alimentação restrita; \*considerando o período de 69 dias na fase de crescimento; \*\*com intervalo entre lotes.

Com o mesmo número de animais alojados por lote, a elevação do peso de 100 para 135 e 145 kg, anualmente, não compromete a capacidade total de armazenamento do efluente, pois ocorre redução do número de lotes produzidos e a produção total de peso vivo entregue anual é semelhante ao peso de abate 100 kg. Entretanto é necessário um estudo mais detalhado feito conforme o peso de abate pretendido (135 ou 145 kg) para definir o número de animais alojados por lote nas mesmas instalações de animais abatidos com 100 kg.

Desde que sejam observadas e seguidas as exigências legais para construção das granjas, e o manejo de limpeza das instalações e dos bebedouros seja adequado, os resultados do presente estudo indicam que não é necessário modificar a estrutura de armazenamento do efluente nas granjas para produzir suínos acima dos 100 kg, pois a produção de efluente dos animais entre 135 e 145 kg está de

acordo com aquela definida pela Resolução SEMA 031/98 (PARANÁ, 1998) para terminados com até 100 kg.

## 2.4 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo sugerem que fêmeas foram mais eficientes que machos devido à adoção do manejo restrito que melhorou a conversão alimentar. Animais sob manejo restrito apresentaram menor ganho de peso diário com peso de abate acima de 100 kg, e o peso de abate 100 kg apresentou a menor taxa de efluente acumulada por quilo de peso vivo final.

Os suínos podem ser abatidos com peso mais elevado (entre 135 e 145 kg), e a produção total anual de peso vivo entregue é mantida sem alterar a produção de efluente e o consumo hídrico diários, não comprometendo a capacidade total de armazenamento dos efluentes na esterqueira.

**Título do Projeto de Pesquisa:** Avaliação do modelo InraPorc<sup>®</sup> para predição da excreção de nutrientes por suínos terminados em diferentes pesos. Trabalho desenvolvido com recursos dos projetos CAPES-PNPD “Avaliação do modelo nutricional InraPorc<sup>®</sup> para produção de suínos pesados” e CAPES-COFECUB 687/10 “Biologia integrativa na produção animal: modelagem de processos e sistemas de produção de suínos e aves”. Aprovação no Departamento respectivo Ata nº: 01/09, de 18/03/09; sob nº Banpesq/Thales: 2012026096. Aprovado no Comitê de Ética: 17 de julho de 2012, sob protocolo nº 016/2012 (ANEXO 1).

## 2.5 REFERÊNCIAS

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; BELLAVER, C. Efeito do peso do suíno em terminação ao início da restrição alimentar sobre o desempenho e a qualidade da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 417-424, 2001.

BLEY JUNIOR, C. J. (Coord.); IHLENFELD, R. G. K.; SOUZA, M. L. P.; GABARDO, M. T.; FOWLER, R. B.; CHAVES, I. C. S. **Manual de gestão ambiental na suinocultura**: Projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Estado do Paraná (PNMA II) – Gestão Integrada de Ativos Ambientais. Curitiba: Convênio MMA-PNMAII/SEMA/IAP/FUNPAR, 2004. 164 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Presunto Tipo Parma. **Instrução normativa nº 22, de 31 de julho de 2000**. Brasília, DF, 31 jul 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=1570>> Acesso em 01/05/2012.

CISNEROS, F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. F.; MCCAWE, J.; FERNANDO, R. L. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 925-933, 1996.

COFFEY, R. D.; PARKER, G. R.; LAURENT, K. M. **Feeding growing-finishing pigs to maximize lean growth rate** (ASC, 147). Lexington: University of Kentucky - College of Agriculture, 1995. 7 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em Suínos e Aves. **Produção de Suínos: Construções**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/construcao.html>>. Acesso em: 07/05/2011.

FÁVERO, J. A.; BELLAVER, C.. Produção de carne de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CTC/ITAL, 2001. p. 1-15.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária - Março de 2013**. Brasília: IBGE, 2013. 70 p.

KORNEGAY, E. T. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Ed.) **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. Marlborough, UK: CABI Publishing, 2001. p. 237-271.

LATORRE, M. A.; LÁZARO, R.; VALENCIA, D. G.; MEDEL, P.; MATEOS, G. G. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 526-533, 2004.

LATORRE, M. A.; GARCÍA-BELENGUER, E.; ARIÑO, L. The effects of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1933-1942, 2008.

LO FIEGO, D. P.; SANTORO, P.; MACCHIONI, P.; DE LEONIBUS, E. Influence of genetic type, live weight at slaughter and carcass fatness on fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue of raw ham in the heavy pig. **Meat Science**, v. 69, p. 107-114, 2005.

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

NAGAE R.; DAMASCENO, S.; RICHARD, A. Caracterização do dejetos de suínos em crescimento e terminação criados no sistema de lâmina d'água submetido a dois manejos de higienização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. p. 1-6.

NARDI, V. K. **Produção de efluente e balanço de nutrientes em granjas de terminação de suínos no oeste do Estado do Paraná**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

OLIVEIRA, E. A. **Peso ótimo de abate de suínos**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PARANÁ. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA nº 031, de 24 de agosto de 1998. **Disposições relativas à Licenciamentos e Autorizações Ambientais Específicas dos Empreendimentos de Suinocultura, Capítulo III, Seção II**, Curitiba, PR, 24 ago 1998. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/RESOLUCOES/Resolucao\\_SEMA\\_31\\_1998.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/Resolucao_SEMA_31_1998.pdf)>. Acesso em 26/06/2013.

PEINADO, J.; MEDEL, P.; FUENTETAJA, A.; MATEOS, G. G. Influence of sex and castration of females on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined for dry-cured industry. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1410-1417, 2008.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. de; NONES, K. Produção de Suínos e Meio Ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado: Embrapa, 2001. p. 8-24. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais0104\\_perdomo.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0104_perdomo.pdf)>. Acesso em 17/05/2012.

PIAO, J. R.; TIAN, J. Z.; KIM, B. G.; CHOI, Y. I.; KIM, Y. Y.; HAN, K. I. Effects of sex and market weight on performance, carcass characteristics and pork quality of market hogs. **Asian-australasian Journal of Animal Science**, v. 17, n. 10, p. 1452-1458, 2004.

SIMEPAR - SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ. **Dados meteorológicos - Estação Pinhais**. [Mensagem pessoal]. 21/02/2013. Mensagem recebida por: <[emanuella@veterinaria.med.br](mailto:emanuella@veterinaria.med.br)>, em 21/02/2013. (ANEXO 2)

WARPECHOWSKI, M. B.; FEDALTO, L. M.; GUARESCHI NETO, A. R.; BEDIN, S. R. Efeito da restrição alimentar quantitativa sobre o desempenho e as características da carcaça de suínos em terminação. **Archives of Veterinary Science**, v. 4, n. 1, p. 73-75, 1999.

### **CAPÍTULO 3. DIGESTIBILIDADE APARENTE EM SUÍNOS SOB DIFERENTES MANEJOS ALIMENTARES COM PESOS DE ABATE DE 100, 135 E 145 KG**

**RESUMO** – O efeito do peso vivo sobre a digestibilidade aparente de nutrientes e de minerais (cálcio e fósforo) de dieta à base de milho e farelo de soja foi avaliada em 24 suínos híbridos comerciais, com idade inicial de 128 dias e com peso inicial de  $77,2 \pm 3,7$  kg. Os animais foram distribuídos em arranjo fatorial  $2 \times 2 \times 3$ , com duas repetições, sendo 2 manejos alimentares: à vontade (AV) e restrito (RE), 2 sexos: machos castrados e fêmeas e 3 pesos finais de abate (PA): 100, 135 e 145 kg. Não houve interação tríplice dos efeitos ( $P \geq 0,10$ ) sobre os coeficientes de digestibilidade analisados nem entre sexo e PA ( $P \geq 0,55$ ). Observou-se que a interação simples entre manejo alimentar e sexo ocorreu para todas as características ( $P < 0,01$ ). Machos castrados sob manejo RE apresentaram os coeficientes de digestibilidade mais elevados ( $P < 0,05$ ), exceto para a digestibilidade da fibra bruta e da proteína bruta, em que não diferiram ( $P > 0,05$ ) das fêmeas sob manejo AV. Machos e fêmeas sob manejo RE não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) para a digestibilidade de cálcio e de fósforo, mas ambos foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos machos sob manejo AV. Ocorreu interação entre manejo alimentar e PA ( $P < 0,05$ ) sendo que suínos sob manejo RE com os PA de 135 e 145 kg apresentaram os maiores coeficientes para a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, resíduo mineral e energia bruta. De maneira geral, a adoção do manejo alimentar restrito proporcionou melhores coeficientes de digestibilidade em machos, para os quais houve maior diferença de consumo em relação ao oferecimento à vontade. Animais acima de 100 kg apresentam melhores valores de digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica, da energia bruta e do resíduo mineral.

**Palavras-chave:** Sexo. Suínos pesados. Restrição alimentar.

### **CAPTER 3. APPARENT DIGESTIBILITY IN PIGS UNDER DIFFERENT FEED MANAGERMENTS WITH WEIGHTS OF SLAUGHTER 100, 135 AND 145 KG**

**ABSTRACT** – The effect of body weight on apparent digestibility of nutrients and minerals (calcium and phosphorus) diets based on corn and soybean meal was evaluated in crossbred pigs, with initial age of 128 days and initial weight of  $77.2 \pm 3.7$  kg. Animals were allotted in a factorial arrangement  $2 \times 2 \times 3$  (two feed managements *ad libitum* (AD) and restricted (RE); both sexes: barrows and gilts and 3 final slaughter weights: 100, 135 and 145 kg), with two replications. There was not triple interaction of the effects ( $P \geq 0.10$ ) over the digestibility coefficients analyzed neither between sex and slaughter weight (SW;  $P \geq 0.55$ ). It was observed that the interaction between feed management and sex occurred over all the characteristics ( $P < 0.01$ ). Barrows with RE showed the highest digestibility ( $P < 0.05$ ), except for the digestibility of crude fiber and crude protein, which did not differed ( $P > 0.05$ ) from gilts in AD. Barrows and gilts under the RE management did not differ ( $P > 0.05$ ) for digestibility of calcium and phosphorus ( $P > 0.05$ ), but both values were higher than barrows at AD management. Interaction between feeding management and SW ( $P < 0.05$ ) occurred on digestibility of dry matter, organic matter, mineral residue, and crude energy in which pigs under the RE management with SW of 135 and 145 kg showed the highest coefficients. In general, the adoption of restricted feeding management provided better digestibility coefficients in barrows, was observed the highest difference at the consumption in relation to AD handling. Animals over 100 kg show better digestibility of dry matter, organic matter, crude energy and mineral residue.

**Key-words:** Feed management. Sex. Heavy pigs.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A alimentação representa cerca de 60 a 80% dos custos totais na produção de suínos (ROSSI *et al.*, 2013), e pequenas variações na composição da dieta podem causar grandes diferenças nos custos e no total de nutrientes excretados ou perdidos.

No Brasil, os suínos são abatidos com peso vivo médio entre 90 e 120 kg, porém é tendência mundial elevar o peso de abate dos suínos para diminuir custos de produção e de processamento da carne. Animais com peso mínimo de abate a partir de 130 kg são considerados 'suínos pesados' (BRASIL, 2000) e o aumento do peso de abate tem sido alvo de estudo e de interesse das associações, indústrias, cooperativas, integradoras suinícolas brasileiras, centros de pesquisa, de assistência técnica e de extensão rural.

O avanço das pesquisas sobre a evolução genética das linhagens proporciona a produção de carcaças com maior quantidade de carne magra e máxima deposição proteica acima de 110 kg de peso vivo (FÁVERO e BELLAVÉR, 2001). Porém a avaliação do valor nutritivo dos alimentos da dieta animal ainda é um desafio para nutricionistas (BERCHIELLI *et al.*, 2000), sendo limitadas as informações na literatura sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes para suínos pesados em terminação.

O excesso de nutrientes eliminado, principalmente nos dejetos, é um fator de avaliação constante na produção animal (PETERSEN, 2010; SOUZA *et al.*, 2011). É crescente o desenvolvimento de pesquisas que relacionam a melhor utilização dos nutrientes para minimizar os níveis de excreção (BÜNZEN, 2009), e a determinação da digestibilidade dos alimentos é uma importante medida para melhor entendimento

dessa utilização (BERCHIELLI *et al.*, 2000). No entanto são incipientes as pesquisas sobre a digestibilidade dos suínos pesados em condições brasileiras.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos efeitos de sexo e de peso vivo acima de 100 kg sobre a digestibilidade aparente de dieta a base de milho e soja, em suínos sob manejos alimentares à vontade e restrito.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Suinocultura da Universidade Federal do Paraná (UFPR), no Centro de Ensino Aplicado em Ciências Agrárias (CEAA)/Fazenda Canguiri, em Pinhais PR, entre os dias 28 de agosto e 18 de novembro de 2012, totalizando 82 dias experimentais. Foram utilizados 24 animais híbridos comerciais da empresa Agroceres PIC, sendo 12 machos castrados e 12 fêmeas, com idade e peso vivo médios iniciais de 128 dias e  $77,2 \pm 3,7$  kg respectivamente.

Os suínos foram distribuídos em arranjo fatorial  $2 \times 2 \times 3$  com duas repetições, sendo dois manejos alimentares (à vontade e restrito), dois sexos (machos castrados e fêmeas) e três pesos finais de abate (100, 135 e 145 kg). Considerou-se como unidade experimental a baia dos animais.

Os animais foram alojados em galpão convencional de piso cimentado sendo distribuídos, separados por sexo, em baias com área média de  $2,24 \pm 0,46$  m<sup>2</sup>/animal – valor este superior ao recomendado pela EMBRAPA (2011) para animais em fase de terminação. As instalações, equipadas com bebedouro automático tipo “Bite Ball” e comedouros tipo calha, permitiam o acesso simultâneo e voluntário de todos os animais da baia à água e ao alimento.

A ração experimental farelada (TABELA 6) atendeu às necessidades nutricionais recomendadas para a fase (ROSTAGNO, 2011), sem adição de outras

substâncias com intenção de aumentar níveis de cinza insolúvel em ácido (CIA). A quantidade de ração fornecida, por dia e por baia, era pesada para toda a semana e ficava acondicionada em sacos de armazenagem identificados individualmente.

**TABELA 6** - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL NA MATÉRIA NATURAL DOS INGREDIENTES E NÍVEIS NUTRICIONAIS ANALISADOS NA MATÉRIA SECA DA RAÇÃO FARELADA FORNECIDA PELA INTEGRADORA

Ingrediente	Unidade	Composição
Milho Moído	%	77,523
Farelo de Soja	%	19,400
Núcleo comercial*	%	3,000
L-Lisina	%	0,077
Total	%	100,000
Níveis nutricionais analisados		
Matéria seca - MS	%	87,58
Matéria orgânica - MO	%	94,76
Energia bruta - EB	cal/g	4.386,00
Proteína bruta - PB	%	17,95
Extrato etéreo - EE	%	2,51
Resíduo mineral - RM	%	5,24
Cálcio - Ca	%	0,63
Fósforo total - P	%	0,34
Fibra Bruta - FB	%	3,46
Fibra em Detergente Neutro - FDN	%	20,39
Fibra em Detergente Ácido - FDA	%	4,75
Lignina	%	0,65
Cinza insolúvel em ácido - CIA	%	1,84

\*Núcleo vitamínico-mineral para suínos em crescimento com os seguintes níveis por quilograma do produto: vitamina A, 80.000 UI; vitamina D<sub>3</sub>, 26.500 UI; vitamina E, 320 UI; vitamina K<sub>3</sub>, 75 mg; vitamina B<sub>1</sub>, 16,7 mg; vitamina B<sub>2</sub>, 90 mg; vitamina B<sub>6</sub>, 16,7 mg; vitamina B<sub>12</sub>, 500 mg; niacina, 500 mg; pantotenato de cálcio, 250 mg; ácido fólico, 15 mg; cloreto de colina, 1200 mg; NaCl, 60 g; Fe, 1.667 mg; Cu, 2.500 mg; Mn, 800 mg; Zn, 1.500 mg; I, 33,4 mg; Se, 8,35 mg; Ca<sub>mín/máx</sub>, 80/180 g; P, 10 g; fitase, 16.667 FTU; bacitracina de zinco, 1.333,34 mg.

O fornecimento de ração dos animais foi realizado em dois horários (08h30min e 16h30min). Para os animais sob manejo à vontade (AV), a quantidade oferecida em cada horário foi ajustada para evitar desperdício ou déficit de alimento no comedouro. As sobras foram recolhidas e pesadas semanalmente para calcular a quantidade total consumida pelos animais.

Para os suínos que receberam o manejo alimentar restrito (RE), forneceu-se 2,85 kg de ração/animal/dia, durante 21 dias, até os animais alcançarem o peso de abate de 100 kg. No restante do período experimental foi fornecido 2,7 kg de ração/suíno/dia.

Os dados do consumo de ração semanal acumulado foram divididos pelo número de animais da baia e dias de consumo, sendo expressos como consumo de ração médio diário por animal (CRMD, kg). Baseando-se nesses dados, foi determinado o consumo de matéria seca (g/dia) para o cálculo da digestibilidade aparente dos minerais e dos nutrientes.

As amostras de fezes individuais (média de 200 g) foram obtidas pela metodologia de colheita parcial que ocorreu durante a pesagem semanal matinal dos suínos. A coleta manual das fezes no reto dos animais totalizou 12 amostras que foram armazenadas em sacos plásticos vedados e identificados. O material permaneceu acondicionado e armazenado em freezer (-18 °C) logo após a coleta. Ao término do experimento, enviaram-se todas as amostras para serem analisadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA), pertencente à UFPR.

Com exceção da ração, todas as amostras foram descongeladas ainda em embalagem fechada e, na sequência, pesadas e preparadas em recipientes de alumínio para serem pré-secas em estufa com ventilação forçada a 60 °C durante 48 horas. Todo o material obtido foi pesado e triturado em moinho ultracentrífugo com peneira anelar (0,5 mm). Na sequência, essas amostras semanais individuais foram agrupadas em três fases e homogeneizadas para serem analisadas. As semanas experimentais 1, 2 e 3 (período de 21 dias) corresponderam a Fase 1; as semanas 4 a 9 (período de 42 dias) corresponderam a Fase 2; e as semanas 10 a 12 (período de 19 dias), corresponderam a Fase 3.

O cálculo da digestibilidade aparente para o peso de abate (PA) 100 kg foi realizado com as médias da Fase 1 (peso inicial experimental até 98 kg) agrupadas por baia; para PA 135 kg foram realizadas as médias ponderadas da Fase 1 e 2, correspondendo ao período de 63 dias (peso inicial experimental até 135 kg), e para PA 145 kg (peso inicial experimental até 152 kg) as médias ponderadas dos coeficientes de digestibilidade das fases 1, 2 e 3.

As análises da ração e das fezes foram realizadas em duplicata. Avaliaram-se os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), resíduo mineral (RM),



proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra bruta (FB) e extrato etéreo em hidrólise ácida (EE) conforme as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2009).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram analisados de acordo com a metodologia de Van Soest *et al.* (1991) adaptada para ANKOM Fiber Analyzer (Holden, 1999).

As análises de cálcio (Ca) e fósforo (P) foram realizadas segundo a metodologia descrita por Zenebon *et al.* (2008). Para a determinação da cinza insolúvel em ácido (CIA) houveram modificações na técnica relatada por Zenebon *et al.* (2008), sendo utilizados ácido clorídrico concentrado (12 N), água destilada em temperatura ambiente e incineração em mufla a 600 °C por 3 horas.

Quando a diferença de amplitude entre replicatas das análises bromatológicas foi maior do que 5% da média destas, realizou-se nova análise em duplicata. O teste Q, ao nível de 10% de significância, foi aplicado para rejeição dos resultados aberrantes (JEFFERY *et al.*, 1988; BACCAN *et al.*, 1992), sendo que o resultado médio final combinava dados de até três replicatas analisadas.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) dos nutrientes e dos minerais foram calculados conforme a equação abaixo, exceto para o cálculo do CDa da MS, para o qual desconsiderou-se, na equação, a razão entre a porcentagem do nutriente nas fezes e na ração.

$$CDa (\%) = 100 - \left[ 100 \times \left( \frac{\%CIA_R}{\%CIA_F} \right) \times \left( \frac{\%N_F}{\%N_R} \right) \right]$$

Em que:

%  $CIA_R$  = porcentagem do indicador CIA na MS da ração;

%  $CIA_F$  = porcentagem do indicador CIA na MS das fezes;

%  $N_F$  = porcentagem do nutriente/mineral na MS das fezes;

%  $N_R$  = porcentagem do nutriente/mineral na MS da ração.

Calcularam-se os teores ingeridos (consumo) e os digeridos (retenção) de nutrientes e minerais por baia a partir dos dados de consumo acumulado por animal

em cada período analisado. A razão entre a retenção e o consumo foi utilizada para calcular a média ponderada nos pesos de abate analisados.

Os resultados dos CDa ponderados para PA foram submetidos à análise de variância, a 5% de probabilidade, cujo modelo linear geral utilizado pode ser representado como segue:

$$Y_{ijkl} = m + p_i + s_j + PA_k + (p*s)_{ij} + (p*PA)_{ik} + (s*PA)_{jk} + (p*s*PA)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Em que:

$Y_{ijkl}$  = observação da característica;

$m$  = média geral;

$p_i$  = efeito devido ao manejo alimentar  $i$ , sendo  $i$  = à vontade ou restrito;

$s_j$  = efeito devido ao sexo  $j$ , sendo  $j$  = machos castrados ou fêmeas;

$PA_k$  = efeito devido ao peso de abate  $k$ , sendo  $k$  = 100, 135 ou 145 kg;

$p*s_{ij}$  = efeito da interação simples entre  $p_i$  e  $s_j$ ;

$p*PA_{ik}$  = efeito da interação simples entre  $p_i$  e  $PA_k$ ;

$s*PA_{jk}$  = efeito da interação simples entre  $s_j$  e  $PA_k$ ;

$p*s*PA$  = efeito da interação tríplice entre os fatores;

$e_{ijkl}$  = efeito devido aos fatores não controlados (erro experimental), considerado NID (0,  $\delta^2$ ).

As médias foram comparadas pelo intervalo de confiança (95%) e todas as análises estatísticas realizadas com o programa *StatGraphics Plus for Windows 4.1* (MANUGISTICS, 1997).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso vivo médio dos animais, de acordo com o sexo, a idade, o peso de abate e o manejo alimentar adotado em cada avaliação está na Tabela 7. Não houve diferença de peso vivo inicial entre os diferentes manejos alimentares ( $P>0,05$ ) garantindo assim tratamentos homogêneos dentro dos grupos.

**TABELA 7** - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DO PESO VIVO INICIAL (PV) DOS ANIMAIS DE ACORDO COM O MANEJO ALIMENTAR, SEXO E IDADE CORRESPONDENTES AO PESO DE ABATE (PA)

Idade (dias)	PA (kg)	n	Manejo alimentar (kg PV)						Média geral
			Alimentação à vontade			Alimentação restrita			
			Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média	
128	-	24	74,7 ± 5,1	76,7 ± 1,9	75,7 ± 3,8	78,5 ± 4,0	78,7 ± 2,1	78,6 ± 3,0	77,2 ± 3,7
149	100	24	96,8 ± 4,5	96,5 ± 3,1	96,7 ± 3,7	99,8 ± 4,5	98,7 ± 3,3	99,2 ± 3,8	98,0 ± 3,9
191	135	15	140,1 ± 5,5	135,4 ± 4,4	137,7 ± 5,2	133,0 ± 4,0	131,3 ± 3,0	132,0 ± 3,3	135,1 ± 5,2
210	145	15	157,5 ± 4,8	157,9 ± 3,6	157,7 ± 3,9	145,3 ± 8,1	144,7 ± 1,9	144,9 ± 4,9	151,7 ± 7,8

Os resultados das análises de CIA da ração e das fezes foram altos o suficiente para calcular a digestibilidade e estão de acordo com o recomendado por McCarthy *et al.* (1974).

Na análise estatística dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDa), a interação tríplice ( $P\geq 0,10$ ) e algumas das interações não significativas ( $P\geq 0,44$ ) nas análises independentes de cada variável foram retiradas do modelo, pois resultavam em piora do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do erro padrão residual.

Os resultados da digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) estão nas Tabelas 8 e 9. Nas Tabelas 10 e 11 encontram-se os CDa do resíduo mineral (RM), cálcio (Ca), fósforo (P), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

**TABELA 8** - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDa %) DA MATÉRIA SECA (MS), MATÉRIA ORGÂNICA (MO) E ENERGIA BRUTA (EB) DE FEZES INDIVIDUAIS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR

	Manejo alimentar (CDa %)						R <sup>2</sup> (%) <sup>3</sup>	DPR <sup>4</sup>	Probabilidades					
	AV <sup>1</sup>			RE <sup>2</sup>					Manejo alimentar	Sexo	PA	Manejo x Sexo	Manejo x PA	Sexo x PA
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média								
<b>CDa MS</b>														
PA 100 kg	88,26 ± 0,74	89,21 ± 0,68	88,74 <sup>Aa</sup> ± 0,84	89,48 ± 1,09	88,20 ± 1,07	88,84 <sup>Ba</sup> ± 1,22	84,84	0,49	< 0,01	0,05	0,06	< 0,01	0,02	0,58*
PA 135 kg	88,26 ± 0,53	89,05 ± 0,50	88,66 <sup>Ab</sup> ± 0,64	90,97 ± 0,93	89,22 ± 0,88	90,09 <sup>Aa</sup> ± 1,15								
PA 145 kg	88,32 ± 0,55	88,80 ± 0,34	88,56 <sup>Ab</sup> ± 0,49	90,96 ± 0,78	89,09 ± 0,80	90,03 <sup>Aa</sup> ± 1,14								
Média geral	88,28 <sup>b</sup> ± 0,59	89,02 <sup>b</sup> ± 0,54	88,65 ± 0,68	90,47 <sup>a</sup> ± 1,11	88,84 <sup>b</sup> ± 1,00	89,65 ± 1,24								
<b>CDa MO</b>														
PA 100 kg	90,99 ± 0,83	91,81 ± 0,70	91,40 <sup>Aa</sup> ± 0,85	92,06 ± 1,05	90,83 ± 1,09	91,45 <sup>Ba</sup> ± 1,20	82,40	0,50	< 0,01	0,03	0,08	< 0,01	0,03	0,59*
PA 135 kg	90,99 ± 0,61	91,67 ± 0,49	91,33 <sup>Ab</sup> ± 0,63	93,52 ± 0,88	91,76 ± 0,91	92,64 <sup>Aa</sup> ± 1,15								
PA 145 kg	91,04 ± 0,59	91,43 ± 0,32	91,24 <sup>Ab</sup> ± 0,48	93,54 ± 0,74	91,67 ± 0,82	92,61 <sup>Aa</sup> ± 1,14								
Média geral	91,01 <sup>b</sup> ± 0,66	91,64 <sup>b</sup> ± 0,54	91,32 ± 0,68	93,04 <sup>a</sup> ± 1,08	91,42 <sup>b</sup> ± 1,00	92,23 ± 1,23								
<b>CDa EB</b>														
PA 100 kg	88,64 ± 1,05	89,44 ± 0,72	89,04 <sup>Aa</sup> ± 0,96	89,72 ± 1,28	88,38 ± 1,42	89,05 <sup>Ba</sup> ± 1,47	82,63	0,57	< 0,01	0,05	0,06	< 0,01	0,03	0,74*
PA 135 kg	88,51 ± 0,71	89,47 ± 0,54	88,99 <sup>Ab</sup> ± 0,78	91,48 ± 1,03	89,48 ± 1,08	90,48 <sup>Aa</sup> ± 1,34								
PA 145 kg	88,57 ± 0,70	89,17 ± 0,33	88,87 <sup>Ab</sup> ± 0,60	91,46 ± 0,85	89,38 ± 0,99	90,42 <sup>Aa</sup> ± 1,31								
Média geral	88,57 <sup>b</sup> ± 0,81	89,36 <sup>b</sup> ± 0,56	88,97 ± 0,79	90,89 <sup>a</sup> ± 1,30	89,08 <sup>b</sup> ± 1,25	89,98 ± 1,46								

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e por letras maiúsculas distintas na coluna diferem pelo intervalo de confiança (P<0,05).  
<sup>1</sup>alimentação à vontade; <sup>2</sup>alimentação restrita; <sup>3</sup>coeficiente de determinação; <sup>4</sup>desvio padrão residual; \* interação retirada do modelo (P>0,05).

**TABELA 9** - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDa) DA PROTEÍNA BRUTA (PB) E EXTRATO ETÉREO (EE) DE FEZES INDIVIDUAIS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR

	Manejo alimentar (CDa %)						R <sup>2</sup> (%) <sup>3</sup>	DPR <sup>4</sup>	Probabilidades					
	AV <sup>1</sup>			RE <sup>2</sup>					Manejo alimentar	Sexo	PA	Manejo x Sexo	Manejo x PA	Sexo x PA
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média								
CDa PB														
PA 100 kg	86,68 ± 2,00	88,15 ± 1,16	87,41 ± 1,74	88,23 ± 1,13	86,31 ± 0,98	87,27 ± 1,53	78,22	0,81	0,05	0,09	0,04	< 0,01	0,08	0,82*
PA 135 kg	86,95 ± 1,36	88,17 ± 0,22	87,56 ± 1,11	90,29 ± 0,93	87,93 ± 1,33	89,11 ± 1,56								
PA 145 kg	87,04 ± 1,38	87,89 ± 0,36	87,47 ± 1,04	90,28 ± 0,82	87,88 ± 1,26	89,08 ± 1,53								
Média geral	86,89 <sup>b</sup> ± 1,56	88,07 <sup>ab</sup> ± 0,76	87,48 ± 1,35	89,60 <sup>a</sup> ± 1,30	87,38 <sup>b</sup> ± 1,35	88,49 ± 1,68								
CDa EE														
PA 100 kg	27,08 ± 7,37	29,70 ± 3,76	28,39 ± 5,74	31,68 ± 7,00	30,01 ± 7,05	30,84 ± 6,82	68,80	4,00	0,01	0,20	0,09	< 0,01	0,44*	0,55*
PA 135 kg	26,38 ± 4,24	33,20 ± 3,39	29,79 ± 5,09	44,07 ± 6,20	30,44 ± 5,95	37,25 ± 8,65								
PA 145 kg	28,11 ± 4,02	33,34 ± 3,22	30,73 ± 4,38	43,48 ± 5,18	30,87 ± 5,05	37,18 ± 7,77								
Média geral	27,19 <sup>b</sup> ± 5,41	32,08 <sup>b</sup> ± 3,72	29,63 ± 5,11	39,74 <sup>a</sup> ± 8,20	30,44 <sup>b</sup> ± 5,71	35,09 ± 7,79								

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem pelo intervalo de confiança (P<0,05). <sup>1</sup>alimentação à vontade; <sup>2</sup>alimentação restrita; <sup>3</sup>coeficiente de determinação; <sup>4</sup>desvio padrão residual; \* interação retirada do modelo (P>0,05).

**TABELA 10** - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDa) DO RESÍDUO MINERAL (RM), CÁLCIO (Ca) E FÓSFORO (P) DE FEZES INDIVIDUAIS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR

	Manejo alimentar (CDa %)						R <sup>2</sup> (%) <sup>3</sup>	DPR <sup>4</sup>	Probabilidades					
	AV <sup>1</sup>			RE <sup>2</sup>					Manejo alimentar	Sexo	PA	Manejo x Sexo	Manejo x PA	Sexo x PA
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média								
<b>CDa RM</b>														
PA 100 kg	38,77 ± 2,33	42,12 ± 1,15	40,44 <sup>Ab</sup> ± 2,70	42,74 ± 2,57	40,55 ± 1,47	41,65 <sup>Ba</sup> ± 2,30	94,87	0,59	< 0,01	0,03	0,01	< 0,01	< 0,01	0,79*
PA 135 kg	38,93 ± 1,14	41,65 ± 1,01	40,29 <sup>Ab</sup> ± 1,76	44,85 ± 2,15	43,11 ± 1,25	43,98 <sup>Aa</sup> ± 1,70								
PA 145 kg	39,03 ± 0,95	41,12 ± 0,90	40,07 <sup>Ab</sup> ± 1,41	44,19 ± 1,89	42,45 ± 1,09	43,32 <sup>Aa</sup> ± 1,54								
Média geral	38,91 <sup>c</sup> ± 1,90	41,63 <sup>b</sup> ± 1,06	40,27 ± 2,08	43,93 <sup>a</sup> ± 2,26	42,04 <sup>b</sup> ± 1,68	42,98 ± 2,10								
<b>CDa Ca</b>														
PA 100 kg	57,11 ± 10,18	68,21 ± 4,33	62,66 ± 9,45	69,67 ± 6,03	65,27 ± 3,11	67,47 ± 5,12	86,35	2,46	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	0,51*	0,93*
PA 135 kg	54,32 ± 6,65	62,97 ± 3,76	58,64 ± 6,81	66,93 ± 8,85	65,74 ± 4,91	66,34 ± 6,18								
PA 145 kg	54,74 ± 6,13	60,87 ± 2,24	57,80 ± 5,38	64,71 ± 7,87	63,96 ± 4,14	64,33 ± 5,41								
Média geral	55,39 <sup>c</sup> ± 7,78	64,01 <sup>b</sup> ± 4,77	59,70 ± 7,81	67,10 <sup>a</sup> ± 7,04	64,99 <sup>ab</sup> ± 3,71	66,05 ± 5,49								
<b>CDa P</b>														
PA 100 kg	46,27 ± 7,24	51,33 ± 3,11	48,80 ± 5,93	54,64 ± 4,87	50,67 ± 3,59	52,65 ± 4,58	81,18	2,35	< 0,01	0,24	< 0,01	< 0,01	0,36	0,94*
PA 135 kg	48,29 ± 1,11	52,80 ± 2,12	50,55 ± 2,87	58,84 ± 1,46	56,83 ± 3,14	57,84 ± 2,53								
PA 145 kg	50,12 ± 1,32	53,68 ± 1,65	51,90 ± 2,35	58,13 ± 1,57	57,23 ± 2,48	57,68 ± 2,00								
Média geral	48,23 <sup>c</sup> ± 4,86	52,60 <sup>b</sup> ± 2,54	50,42 ± 4,44	57,20 <sup>a</sup> ± 3,87	54,91 <sup>ab</sup> ± 4,40	56,06 ± 4,22								

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e por letras maiúsculas distintas na coluna diferem pelo intervalo de confiança (P<0,05).  
<sup>1</sup>alimentação à vontade; <sup>2</sup>alimentação restrita; <sup>3</sup>coeficiente de determinação; <sup>4</sup>desvio padrão residual; \* interação retirada do modelo (P>0,05).

**TABELA 11** - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDa) DA FIBRA BRUTA (FB), FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO (FDN) E FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO (FDA) DE FEZES INDIVIDUAIS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES PARA PESO DE ABATE (PA) AOS 100, 135 E 145 KG DE ACORDO COM O SEXO E O MANEJO ALIMENTAR

	Manejo alimentar (CDa %)						R <sup>2</sup> (%) <sup>3</sup>	DPR <sup>4</sup>	Probabilidades					
	AV <sup>1</sup>			RE <sup>2</sup>					Manejo alimentar	Sexo	PA	Manejo x Sexo	Manejo x PA	Sexo x PA
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média								
CDa FB														
PA 100 kg	46,25 ± 2,50	52,70 ± 5,73	49,48 ± 5,39	53,68 ± 4,85	44,97 ± 4,77	49,33 ± 6,46	73,43	2,93	0,12	0,15	0,01	< 0,01	0,47*	0,92*
PA 135 kg	51,07 ± 2,59	54,40 ± 3,12	52,73 ± 3,19	59,59 ± 3,83	51,87 ± 3,60	55,73 ± 4,88								
PA 145 kg	50,35 ± 2,38	54,00 ± 2,21	52,17 ± 2,88	59,51 ± 3,88	51,20 ± 3,06	55,36 ± 4,96								
Média geral	49,23 <sup>b</sup> ± 3,25	53,70 <sup>ab</sup> ± 4,07	51,46 ± 4,35	57,59 <sup>a</sup> ± 4,73	49,35 <sup>b</sup> ± 5,04	53,47 ± 6,08								
CDa FDN														
PA 100 kg	74,18 ± 2,36	76,27 ± 2,98	75,22 ± 2,79	77,76 ± 2,72	72,99 ± 3,28	75,37 ± 3,80	81,24	1,63	0,01	0,01	0,01	< 0,01	0,12	0,72*
PA 135 kg	76,04 ± 2,09	76,90 ± 2,46	76,47 ± 2,16	82,33 ± 1,96	76,83 ± 2,31	79,58 ± 3,31								
PA 145 kg	76,11 ± 1,64	76,49 ± 2,02	76,30 ± 1,71	82,62 ± 1,98	76,82 ± 2,36	79,72 ± 3,47								
Média geral	75,44 <sup>b</sup> ± 2,17	76,55 <sup>b</sup> ± 2,42	76,00 ± 2,34	80,90 <sup>a</sup> ± 3,09	75,54 <sup>b</sup> ± 2,25	78,22 ± 3,91								
CDa FDA														
PA 100 kg	51,46 ± 2,55	55,10 ± 6,09	53,28 ± 4,84	56,67 ± 3,02	50,70 ± 4,74	53,68 ± 4,91	69,93	2,53	0,10	0,03	0,01	< 0,01	0,53*	0,72*
PA 135 kg	55,69 ± 2,36	56,34 ± 4,01	56,02 ± 3,07	62,28 ± 2,53	55,50 ± 3,00	58,89 ± 4,16								
PA 145 kg	55,85 ± 1,76	56,43 ± 3,37	56,14 ± 2,51	62,64 ± 2,32	55,83 ± 3,13	59,23 ± 4,21								
Média geral	54,33 <sup>b</sup> ± 3,07	55,95 <sup>b</sup> ± 4,59	55,14 ± 3,95	60,53 <sup>a</sup> ± 3,68	54,01 <sup>b</sup> ± 4,42	57,27 ± 4,95								

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem pelo intervalo de confiança (P<0,05). <sup>1</sup>alimentação à vontade; <sup>2</sup>alimentação restrita; <sup>3</sup>coeficiente de determinação; <sup>4</sup>desvio padrão residual; \*interação retirada do modelo (P>0,05).

Para os CDa analisados houve interação entre manejo alimentar e sexo ( $P < 0,01$ ). Embora tenha ocorrido pequena diferença em pontos percentuais da digestibilidade ( $\geq 1,40\%$ ), machos sob manejo alimentar restrito (RE) apresentaram os maiores valores de digestibilidade ( $P < 0,05$ ), exceto para a digestibilidade da FB e da PB, em que não diferiram de fêmeas sob manejo alimentar à vontade ( $P > 0,05$ ).

Em suínos, a digestibilidade total da energia dietética pode ser influenciada por fatores animais, características da dieta e procedimentos experimentais (LE GOFF e NOBLET, 2001). Noblet e Bourdon (1997), ao avaliarem machos castrados com 62 kg, alimentados com 2,2 a 2,3 kg de ração/dia (nível próximo ao *ad libitum*), e porcas com 220 kg, alimentadas com 2,4 kg de ração/dia (em nível de manutenção), encontraram níveis de digestibilidade da energia, MO, PB e parede celular mais elevados em porcas do que suínos em crescimento. Estudos de Noblet e Bourdon (1997) sugerem que o valor de energia disponível das dietas é subestimado para suínos adultos, pois segundo Noblet e Shi (1994) a inclusão de alimentos como farelo de trigo e polpa de beterraba na dieta proporcionam valores de digestibilidade da energia 40% superiores em suínos com 150 kg quando comparados com animais de 45 kg. Com base nas informações de Noblet e Bourdon (1997), os dados do presente trabalho indicam que se faz necessário avaliar os valores nutricionais dos alimentos específicos para a categoria suínos pesados sob alimentação restrita.

Embora seja relatado neste experimento que a digestibilidade da EB foi superior em machos, Le Goff *et al.* (2002) verificaram que a eficiência e a utilização de energia é superior nas fêmeas adultas com elevado peso corporal, entre 100 e 170 kg, do que em suínos jovens, geralmente utilizados nos experimentos de determinação dos valores nutritivos das dietas ricas em fibras.

Para os CDa da MS, da MO, do RM e da EB ocorreu interação entre manejo alimentar e peso de abate ( $P \leq 0,03$ ). Animais sob manejo RE, com peso de abate (PA) 135 e 145 kg, apresentaram digestibilidade mais elevada que suínos sob manejo à vontade (AV;  $P < 0,05$ ).



No PA 100 kg não foram observadas diferenças de digestibilidade entre os manejos alimentares, exceto para o RM ( $P < 0,05$ ). Existiu a possibilidade de que o consumo de ração poderia estar influenciando nesse resultado e, para verificar essa possível interferência, o efeito do consumo foi avaliado sobre a digestibilidade em cada período. Contudo esse fator ( $P > 0,27$ ) não mudou os efeitos observados sobre a digestibilidade (APÊNDICE A, página 95) e os suínos melhoraram a eficiência do trato digestivo à medida que cresceram e atingiram a maturidade. Esses resultados concordam com pesquisas de Galassi *et al.* (2004) para suínos de 100 a 160 kg, alimentados sob restrição conforme o protocolo italiano para suínos pesados.

As médias gerais do CDa da MS, da MO e da PB encontradas neste experimento para suínos pesados ( $89,15 \pm 1,05\%$ ;  $91,78 \pm 1,02\%$  e  $87,98 \pm 1,54\%$ , respectivamente) são próximas às relatadas por Galassi *et al.* (2004), em suínos com até 160 kg ( $87,5\%$ ;  $89,6\%$  e  $87,2\%$ , respectivamente).

Neste estudo não foi observado o efeito do peso de abate sobre a digestibilidade da fibra (FB, FDN e FDA), possivelmente devido à baixa inclusão de fibra ( $3,46\%$ ) na dieta utilizada. Os valores do CDa da FB, FDN e FDA ( $52,47 \pm 5,23\%$ ;  $77,11 \pm 3,25\%$  e  $56,21 \pm 4,47\%$ ) foram distintos ( $44,1\%$ ;  $58,0\%$  e  $47,8\%$ , respectivamente) aos observados por Galassi *et al.* (2004). Os pesquisadores relataram que, em função da idade e do peso animal, a digestibilidade aumentou em uma dieta semelhante com diferentes fontes de fibra (variação da FB entre  $3,6$  e  $5,9\%$ ) e fornecimento de  $7,4\%$  de MS por kg de peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ) aos 100 kg gradualmente reduzido para  $6,1\%$  de MS por kg  $PV^{0,75}$  aos 160 kg.

O valor médio da digestibilidade do EE encontrado neste experimento ( $32,36 \pm 6,75\%$ ) é considerado baixo quando comparado aos valores médios ( $85,6\%$ ) descritos por Galassi *et al.* (2004). No entanto pode ser justificado pela baixa inclusão de gordura na dieta ( $2,51\%$ ) e pela possível maior contribuição percentual de gordura endógena nas excretas (JØRGENSEN E FERNÁNDEZ, 2000), uma vez que se trabalhou com a digestibilidade aparente.

A digestibilidade de cálcio e fósforo não diferiu entre fêmeas e machos sob manejo RE, porém foi superior aos CDa dos machos sob manejo AV ( $P>0,05$ ). Esses resultados diferem de Silva *et al.* (2012) que não encontraram diferença do CDa da MS, RM, PB e fósforo ao avaliarem machos castrados e fêmeas de diferentes grupos genéticos, com 62,7 kg de peso vivo médio sem restrição alimentar. Os autores verificaram que ocorre a redução quantitativa de fósforo nas fezes devido à seleção e melhoramento genético dos suínos, em que animais híbridos (selecionados para crescimento e produção de carne magra) apresentaram digestibilidade do fósforo superior aos suínos cruzados [Large White x Landrace] e àqueles sem seleção genética.

Poucas são as pesquisas realizadas para comparação da digestibilidade entre sexos em suínos pesados e, a maioria dos estudos, comparam porcas adultas, sob consumo de manutenção, com suínos em crescimento. Nesse sentido é importante que mais estudos sejam desenvolvidos na categoria suínos pesados para melhor avaliar o valor nutricional dos alimentos para esta categoria sob restrição alimentar.

### 3.4 CONCLUSÕES

A elevação do peso de abate de 100 para 135 e 145 kg proporciona melhor digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, energia bruta e resíduo mineral, no período em que os animais alcançaram o peso final. A adoção do manejo alimentar restrito, de maneira geral, proporcionou melhores coeficientes de digestibilidade em machos castrados.

## 3.5 REFERÊNCIAS

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C. de; GODINHO, O. E. S; BARONE, J. S. **Química analítica quantitativa elementar**. 2. ed. São Paulo: Edgaerd Blücher LTDA, 1992. p. 3-29.

BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C. L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 830-833, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Presunto Tipo Parma. **Instrução normativa nº 22, de 31 de julho de 2000**. Brasília, DF, 31 jul 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=1570>> Acesso em 01/05/2012.

BÜNZEN, S. **Digestibilidade do fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos**. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em Suínos e Aves. **Produção de Suínos: Construções**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/construcao.html>>. Acesso em: 07/05/2011.

FÁVERO, J. A.; BELLAVÉ, C. Produção de carne de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CTC/ITAL, 2001. p. 1-15.

GALASSI, G.; CROVETTO, G. M.; RAPETTI, L.; TAMBURINI, A. Energy and nitrogen balance in heavy pigs fed different fibre sources. **Livestock Production Science**, v. 85, p. 253-262, 2004.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

JEFFERY, G. H.; BASSETT, J.; MENDHAM, J.; DENNEY, R. C. **Análise Química Quantitativa VOGEL**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988. p. 106-123.

JØRGENSEN, H.; FERNÁNDEZ, J. A. Chemical composition and energy value of different fat sources for growing pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 50, n. 3, p. 129-136, 2000.

LE GOFF, G.; LE GROUMELLE, L.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Digestibility and metabolic utilization of dietary energy in adult sows: influence of addition and origin of dietary fibre. **British Journal of Nutrition**, 87, p. 325-335, 2002.

LE GOFF, G.; NOBLET, J. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2418-2427, 2001.

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

MCCARTHY, J. F.; AHERNE, F. X.; OKAI, D. B. Use of HCl insoluble ash as an index material for determining apparent digestibility with pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 54, n. 1, p. 107-109, 1974.

NOBLET, J.; BOURDON, D. Valeur énergétique comparée de onze matières premières chez le porc en croissance et la truie adulte. **Journées de la Recherche Porcine en France**, n. 29, p. 221-226, 1997.

NOBLET, J.; SHI, X. S. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. **Livestock Production Science**, v. 37, p. 323-338, 1994.

PETERSEN, S. T. The potential ability of swine nutrition to influence environmental factors positively. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. E95-E101, 2010.

ROSSI, C. A. R.; LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; FRAGA, B. N.; LOVATO, G. D.; CERON, M. S. Dietas ajustadas para suínos através do modelo InraPorc<sup>®</sup>: desempenho, características de carcaça e impacto econômico. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 689-695, 2013.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. F.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235 p.

SILVA, C. A.; BOROSKY, J. C.; BRIDI, A. M.; ROCHA, M. A.; SILVA, R. A. M.; PACHECO, G. D. Avaliação do desempenho, da produção de fezes e da digestibilidade de nutrientes em suínos de diferentes grupos genéticos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 3315-3322, 2012. Supl 2.

SOUZA, V. F.; REBELLO, F. F. P.; ASCHERI, J. L. R. Fitase: aspectos gerais e suas principais aplicações. **Revista ACTA Tecnológica** v. 6, n. 2, p. 69-76, 2011.

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

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.) **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 109-110; 748-754.

**Título do Projeto de Pesquisa:** Avaliação do modelo InraPorc<sup>®</sup> para predição da excreção de nutrientes por suínos terminados em diferentes pesos. Trabalho desenvolvido com recursos dos projetos CAPES-PNPD “Avaliação do modelo nutricional InraPorc<sup>®</sup> para produção de suínos pesados” e CAPES-COFECUB 687/10 “Biologia integrativa na produção animal: modelagem de processos e sistemas de produção de suínos e aves”. Aprovação no Departamento respectivo Ata nº: 01/09, de 18/03/09; sob nº Banpesq/Thales: 2012026096. Aprovado no Comitê de Ética: 17 de julho de 2012, sob protocolo nº 016/2012 (ANEXO 1).

## **CAPÍTULO 4. AVALIAÇÃO DO MODELO NUTRICIONAL INRAPORC<sup>®</sup> PARA A PREDIÇÃO DA EXCREÇÃO DE FÓSFORO NA TERMINAÇÃO DE SUÍNOS PESADOS**

**RESUMO** – Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar, no Sul do Brasil, a capacidade de predição da excreção de fósforo simulada pelo programa InraPorc<sup>®</sup> para suínos pesados machos. Foram avaliados 12 suínos machos, híbridos comerciais, com idade inicial de 128 dias e com peso inicial de  $76,6 \pm 3,7$  kg. Os animais foram distribuídos em arranjo fatorial 2 x 3, com duas repetições, sendo 2 manejos alimentares: à vontade (AV) e restrito (RE) e 3 pesos de abate (PA): 100, 135 e 145 kg. Não foi observada interação entre manejo alimentar e PA sobre nenhuma das variáveis analisadas ( $P \geq 0,08$ ), e o efeito de manejo alimentar não influenciou o volume de efluente acumulado por PA ( $P=0,40$ ), nem os teores médios de cálcio ( $P=0,48$ ) e de fósforo ( $P=0,68$ ) do efluente. Não houve interação entre os efeitos testados sobre a quantidade de fósforo acumulada por PA ( $P=0,34$ ) no efluente, nem efeito de manejo alimentar ( $P=0,09$ ), sendo que a menor quantidade de fósforo acumulada foi obtido com o PA 100 kg ( $P < 0,05$ ). A predição de fósforo (g acumulado/PA) pelo programa InraPorc<sup>®</sup> resultou no intercepto de 16,988 e inclinação de 0,693 ( $R^2 = 87,53\%$ ;  $P < 0,0001$ ). O intercepto não foi diferente de zero e a inclinação obtida foi 0,748 ( $R^2 = 86,84\%$ ;  $P < 0,0001$ ). Os métodos analíticos de amostragem do efluente subestimaram o fósforo precipitado no efluente em relação ao estimado pelo InraPorc<sup>®</sup>.

**Palavras-chave:** Efluente. Minerais. Modelagem. Suinocultura.

#### **CAPTER 4. EVALUATION OF THE NUTRITIONAL MODEL INRAPORC<sup>®</sup> FOR PHOSPHORUS PREDICTION EXCRETION IN TERMINATION OF HEAVY PIGS**

**ABSTRACT** – This study was developed to evaluate the conditions of phosphorus excretion simulated by InraPorc<sup>®</sup> program for barrows heavy pigs, in southern Brazil. Twelve barrows were evaluated, crossbred pigs, with initial age of 128 days and an initial weight of  $76.6 \pm 3.7$  kg. The animals were divided into 2 x 3 factorial arrangement, with 2 feeding systems: the *ad libitum* (AD) and restricted (RE) and three slaughter weights (SW): 100, 135 and 145 kg, with two replications. It was not observed interaction between SW and feeding management on any of the variables ( $P \geq 0.08$ ) analyzed, and the effect of feed handling did not influence the accumulated volume of effluent by PA ( $P=0.40$ ) neither the average contents of calcium ( $P=0.48$ ) and phosphorus ( $P=0.68$ ) of the effluent. No significant interaction between the effects tested on the amount of accumulated phosphorus for SW ( $P=0.34$ ) in the effluent, nor the effect of feeding management ( $P=0.09$ ), where the lowest cumulative amount of phosphorus was obtained with SW of 100 kg ( $P < 0.05$ ). The prediction of phosphorus (g/accumulated/SW) by InraPorc<sup>®</sup> program resulted in a intercept of 16.988 and a slope of 0.693 ( $R^2 = 87.53\%$ ;  $P < 0.0001$ ). The analytical methods used to sample the effluent underestimated the phosphorus excretion in relation to estimated by InraPorc<sup>®</sup>.

**Key-words:** Effluent. Minerals. Modeling. Swine.

## 4.1 INTRODUÇÃO

Embora seja crescente o desenvolvimento de pesquisas que relacionam a utilização de ingredientes que minimizam os níveis de excreção de nutrientes nas fezes (BÜNZEN, 2009), o uso indiscriminado e abusivo de alguns insumos, como fósforo inorgânico, ou ainda, a não utilização de enzima exógena fitase para evitar custos adicionais, gera excedente nutricional de fósforo que é excretado pelos animais (PETERSEN, 2010; SOUZA *et al.*, 2011).

A eficiência produtiva aumentou a produção de suínos terminados por matriz/ano. Esse fato associado à crescente produção e utilização de dejetos, acaba sendo, muitas vezes, responsabilizado por desequilíbrios que ocorrem entre o sistema de produção e o meio ambiente (LOVATTO *et al.*, 2005a; LOVATTO *et al.*, 2005b).

O excesso de nutrientes e minerais eliminados nos dejetos é um importante fator de avaliação na produção animal (PETERSEN, 2010; SOUZA *et al.*, 2011), pois pequenas variações na composição da dieta podem causar grande diferença nos custos e no total de nutrientes excretados ou perdidos. O acúmulo de grande quantidade de minerais e de matéria orgânica no efluente, relacionado ao manejo inadequado e às excessivas aplicações do efluente no solo, pode provocar a contaminação das águas superficiais (eutrofização) e reduzir a qualidade do solo e da água de lagos, reservatórios e lençóis freáticos (KUNZ *et al.*, 2005).

O efluente, material residual rico em elementos essenciais na fertilização e na produção de energia, é utilizado como forma de adubação orgânica na agricultura, pois concentra nutrientes como fósforo e nitrogênio, que estão prontamente disponíveis para o solo (PERDOMO *et al.*, 2001; NARDI, 2009).



A utilização de ferramentas nutricionais informatizadas proporcionou parte do aperfeiçoamento da suinocultura, principalmente, pela redução dos custos operacionais e produtivos (BÜNZEN, 2009). O planejamento da produção de suínos, aliado às consequências produtivas, permite que o resultado final promova o desenvolvimento sustentável da atividade, a qual está geralmente integrada com a agricultura. Ao aproximar, relacionar e integrar os conhecimentos de nutrição, genética, manejo e ambiência torna-se possível utilizar adequadamente os benefícios da produção animal de forma integrada com os demais sistemas produtivos.

A modelagem apresenta-se como uma ferramenta útil para avaliar as situações multifatoriais envolvidas no sistema produtivo. O InraPorc<sup>®1</sup> é, ao mesmo tempo, um *software* dinâmico e uma ferramenta de auxílio capaz de combinar os diversos fatores (nutricionais, alimentares, genéticos, ambientais e comportamentais) de uma forma dinâmica, mecanística e determinística (VAN MILGEN *et al.*, 2008b).

A partir das informações e condições reais de uma granja, o programa possibilita avaliar os parâmetros relacionados ao consumo, crescimento e excreção animal. Além de associar os fatores que podem influenciar no desempenho animal, esse programa permite ao usuário realizar ajustes que definem as estratégias nutricionais e alimentares mais adequadas com o esperado. As diferentes simulações da situação de campo possibilitam ainda determinar algumas respostas econômicas e ambientais a partir da quantificação percentual dos nutrientes utilizados pelo suíno (VAN MILGEN e LESCOAT, 2008; VAN MILGEN *et al.*, 2008a; VAN MILGEN *et al.*, 2008b).

As pesquisas sobre suínos pesados e o programa InraPorc<sup>®</sup> são incipientes em condições brasileiras. Alguns poucos estudos abordam os mecanismos de ação e de interação do metabolismo de suínos pesados com a aplicação prática em criações suinícolas (HAUSCHILD, 2010; LEHNEN, 2012; ROSSI *et al.*, 2013).

---

<sup>1</sup>InraPorc<sup>®</sup>: Institute National de La Recherche Agronomique, Unité Mixte de Recherches Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine - INRA UMR SENAH.

O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade de predição da excreção de fósforo simulada pelo programa InraPorc<sup>®</sup> para suínos pesados no Sul do Brasil.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento conduzido para a avaliação da excreção de fósforo foi descrito no item 3.2, do Capítulo 3 (página 62) desta dissertação. As informações complementares referentes à coleta das amostras de efluente, análises laboratoriais e estatísticas estão detalhadas a seguir. A descrição das etapas de calibração do programa InraPorc<sup>®</sup> foram relatadas no Capítulo 1 (páginas 26-33) e os dados utilizados para isso estão descritos no APÊNDICE B (página 96).

Diariamente realizou-se a limpeza nas baias, com raspagem e varredura a seco, transferindo-se o resíduo sólido para a respectiva caixa de efluente, enquanto os demais resíduos líquidos acumulados escoavam diretamente pelo sistema individual de coleta do efluente. O controle da variação da temperatura interna das instalações foi efetuado com o manejo das cortinas.

As baias, equipadas com bebedouro automático tipo “Bite Ball” e comedouros tipo calha, estavam conectadas às caixas de fibra de vidro tampadas, com capacidade para 3 mil litros, através de canos de PVC de 100 mm para permitir a coleta e armazenagem individual do efluente de suas respectivas instalações.

A produção de efluente (PE, L) acumulada até cada peso de abate analisado (PA) foi medida na caixa de efluente de cada baia dos suínos machos para calcular a produção de efluente acumulada por PA (L/animal/PA). Ao mesmo tempo, realizou-se a respectiva amostragem do efluente acumulado em cada caixa.

O conteúdo sólido, líquido e sedimentado da caixa era vigorosamente homogeneizado manualmente com o auxílio de um rodo de borracha. A coleta de três sub-álquotas de efluente foi realizada, após nova homogeneização em cada

subamostragem, com o auxílio de um cano de PVC acoplado a um coletor adaptado na extremidade (capacidade para dois litros). As alíquotas retiradas da caixa foram colocadas em um balde com capacidade para seis litros e, dessa amostra composta novamente homogeneizada, uma amostra de 350 mL foi retirada e armazenada em pote plástico, identificado, com tampa rosqueável. Ao conteúdo foram adicionados 10 mL de água sanitária (2,0 a 2,5% p/p de hipoclorito de sódio) para estancar o processo fermentativo.

O material permaneceu acondicionado e armazenado em freezer (-12 °C) logo após coleta e, ao término do experimento, todas as amostras foram embaladas em caixa de isopor e enviadas para análise no Laboratório de Nutrição Animal (LNA), pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR).

As amostras foram descongeladas em embalagem fechada, durante 16 horas. O material foi pesado no mesmo recipiente da coleta e a pré-secagem do conteúdo realizada em estufa com ventilação forçada a 60° C durante sete dias. O material foi novamente pesado e triturado em moinho ultracentrífugo com peneira anelar (0,5 mm).

Conforme as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2009) analisaram-se em duplicata os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e resíduo mineral (RM). As análises de cálcio (Ca) e fósforo (P), também em duplicata, foram realizadas segundo a metodologia de Zenebon *et al.* (2008).

Quando a diferença de amplitude entre as replicatas das análises bromatológicas foi maior do que 5% da média destas, realizou-se nova análise em duplicata. O teste Q, ao nível de 10% de significância, foi aplicado para rejeição dos resultados aberrantes (JEFFERY *et al.*, 1988; BACCAN *et al.*, 1992), sendo que o resultado médio final combinava dados de até três replicatas analisadas.

A quantidade de fósforo disponível na ração foi calculada de acordo com a equação proposta por Kornegay (2001):

$$Pdig_{\%} = 1,0261 \times [1 - e^{(-0,00263 \times UF \times c)}]$$

Em que:

$UF$  = unidades de fitase/kg da dieta, ou seja 500 UI/kg de ração;

$c$  = valor de digestibilidade da fitase assumido pelo InraPorc<sup>®</sup>, segundo descrito por Van Milgen *et al.* (2008a).

Os teores de excreção do fósforo indigestível nas fezes foram calculados com base nos dados de consumo de ração médio acumulado por baia e na digestibilidade aparente calculada no Capítulo 3.

A densidade do efluente foi determinada pela média da matéria seca analisada, segundo Souza *et al.* (2004). A partir do volume de efluente acumulado e da composição percentual analisada, calculou-se o acúmulo de fósforo nos PA 100, 135 e 145 kg em gramas.

Os dados de desempenho obtidos no experimento de campo (ver Capítulo 2, páginas 49-50, e APÊNDICE B, página 96), juntamente com a análise bromatológica da ração foram usados como variáveis de entrada no programa InraPorc<sup>®</sup> (descrito no Capítulo 1, páginas 27-30) e o perfil dos machos castrados foi calibrado. Os relatórios extraídos do programa foram exportados para planilhas eletrônicas do *Microsoft Excel* no formato CSV, cujos dados foram, posteriormente, utilizados para análise de regressão linear.

O volume de efluente acumulado e os resultados das análises bromatológicas foram submetidos à análise de variância, a 5% de probabilidade, cujo modelo linear geral utilizado pode ser representado como segue:

$$Y_{ijk} = m + a_i + PA_j + (a*PA)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  = observação da característica;

$m$  = média geral;

$a_i$  = efeito devido ao manejo alimentar  $i$ , sendo  $i$  = à vontade ou restrito;

$PA_j$  = efeito devido ao peso de abate  $j$ , sendo  $j$  = 100, 135 ou 145 kg;

$a*PA_{ij}$  = efeito da interação simples entre  $a_i$  e  $PA_j$ ;

$e_{ijk}$  = efeito devido aos fatores não controlados (erro experimental), considerado NID (0,  $\delta^2$ ).

As médias foram comparadas pelo intervalo de confiança (95%) e as análises estatísticas realizadas com o programa *StatGraphics Plus for Windows 4.1* (MANUGISTICS, 1997).

A precisão do modelo, em relação ao teor de fósforo excretado, foi analisada pela comparação entre os resultados experimentais e os dados preditos por meio de análise de regressão linear. A acurácia do modelo foi avaliada pela proximidade do intercepto de zero e da inclinação de 1, utilizando-se os parâmetros do módulo “*calibration models*” do programa estatístico *StatGraphics Plus for Windows 4.1* (MANUGISTICS, 1997).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado das análises bromatológicas da ração experimental fornecida aos animais estão apresentados na Tabela 12 em comparação com os níveis estimados pelo InraPorc<sup>®</sup>. No geral, a estimativa obtida pelo programa resultou em dados próximos aos analisados, indicando que as tabelas de valores nutricionais do AFZ-INRA, inclusas no InraPorc<sup>®</sup>, são compatíveis com os valores nutricionais dos alimentos disponíveis no Brasil.

A capacidade de o modelo estimar as necessidades nutricionais e ajustar dietas foi avaliada por Rossi *et al.* (2013) com suínos machos e fêmeas de 27 até 111 kg de peso vivo. Os autores observaram que o modelo foi adequado para estimar as necessidades nutricionais e que houve redução dos custos alimentares e melhor eficiência de aproveitamento dos nutrientes, sem afetar o desempenho zootécnico dos animais.

**TABELA 12 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E NÍVEIS NUTRICIONAIS ANALISADOS NA MATÉRIA NATURAL DA RAÇÃO FARELADA DA DIETA EM COMPARAÇÃO COM OS VALORES ESTIMADOS PELO PROGRAMA INRAPORC®**

Ingredientes	Composição (%)	
	Dieta Experimental	Dieta Experimental pelo InraPorc®
Milho		77,523
Farelo de Soja		19,400
Núcleo*		3,000
L-Lisina		0,077
Total		100,000
<b>Níveis nutricionais</b>		
Matéria seca (%)	87,58	87,05
Energia metabolizável (cal/g)	-	3.217,00
Energia bruta (cal/g)	3.853,00	3.826,00
Resíduo mineral (%)	4,56	4,52
Matéria orgânica (%)	95,44	82,53
Extrato etéreo (%)	3,14	3,20
Proteína bruta (%)	15,73	14,75
Fibra Bruta (%)	3,03	2,89
FDN (%)	17,84	10,47
FDA (%)	4,16	3,45
Lignina (%)	0,56	0,47
Cálcio (%)	0,55	0,34
Fósforo total (%)	0,30	0,35
Fósforo digestível (%)	0,235	0,117
Fósforo fítico (%)	-	63,5
Sódio (%)	0,19	0,184
Potássio (%)	0,51	0,659
Magnésio (%)	-	0,134
Cloro (%)	-	0,061
Enxofre (%)	-	0,085
Cobre (mg/Kg)	-	76,55
Zinco (mg/kg)	-	59,73
Manganês (mg/kg)	-	36,99
Ferro (mg/kg)	-	74,82
Lisina (%)	0,814	0,764
Metionina (%)	0,246	0,252
Cistina (%)	0,266	0,281
Triptofano (%)	-	0,149
Treonina (%)	0,653	0,562
Fenilalanina (%)	0,823	0,731
Tirosina (%)	0,616	0,547
Leucina (%)	1,497	1,410
Isoleucina (%)	0,591	0,619
Valina (%)	0,688	0,721
Histidina (%)	0,450	0,409
Arginina (%)	0,983	0,915

\*Núcleo vitamínico-mineral para suínos em crescimento com os seguintes níveis por quilograma do produto: vitamina A, 80.000 UI; vitamina D<sub>3</sub>, 26.500 UI; vitamina E, 320 UI; vitamina K<sub>3</sub>, 75 mg; vitamina B<sub>1</sub>, 16,7 mg; vitamina B<sub>2</sub>, 90 mg; vitamina B<sub>6</sub>, 16,7 mg; vitamina B<sub>12</sub>, 500 mg; niacina, 500 mg; pantotenato de cálcio, 250 mg; ácido fólico, 15 mg; cloreto de colina, 1200 mg; NaCl, 60 g; Fe, 1.667 mg; Cu, 2.500 mg; Mn, 800 mg; Zn, 1.500 mg; I, 33,4 mg; Se, 8,35 mg; Ca<sub>min/máx</sub>, 80/180 g; P, 10 g; fitase, 16.667 FTU; bacitracina de zinco, 1.333,34 mg.

Conforme esperado, o volume de efluente total acumulado por animal (TABELA 13) aumentou devido ao maior tempo de alojamento para atingir o PA. Entretanto, entre os manejos alimentares não foi observada diferença de volume acumulado dentro do mesmo PA.

Os teores de resíduo mineral, de matéria orgânica e de cálcio e fósforo analisados no efluente não apresentaram significância ( $P > 0,137$ ) para a covariável repetição, exceto para matéria seca ( $P < 0,019$ ). Porém não houve diferença entre os PA 135 e 145 kg ( $P > 0,05$ ) para matéria seca e resíduo mineral, sendo que estes valores são superiores no PA 100 kg ( $P < 0,05$ ).

**TABELA 13** - MÉDIAS DO VOLUME DE EFLUENTE ACUMULADO POR ANIMAL E TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA, RESÍDUO MINERAL, MATÉRIA ORGÂNICA, CÁLCIO E FÓSFORO NO EFLUENTE, BASEADOS NA MATÉRIA SECA, DE ACORDO COM O PESO DE ABATE (PA) DE SUÍNOS MACHOS

	Manejo alimentar	Efluente acumulado (L)	Matéria Seca (%)	Resíduo Mineral (%)	Matéria Orgânica (%)	Cálcio (%)	Fósforo (%)
PA 100 kg	AV	142,52 <sup>C</sup>	4,47 <sup>Ba</sup>	34,03 <sup>Bb</sup>	65,97 <sup>Aa</sup>	3,23 <sup>A</sup>	1,24
	RE	168,82 <sup>C</sup>	3,26 <sup>Bb</sup>	36,49 <sup>Ba</sup>	63,51 <sup>Ab</sup>	2,99 <sup>A</sup>	1,06
PA 135 kg	AV	386,10 <sup>B</sup>	5,95 <sup>ABa</sup>	37,08 <sup>Ab</sup>	62,92 <sup>Ba</sup>	2,75 <sup>B</sup>	1,09
	RE	357,64 <sup>B</sup>	4,13 <sup>ABb</sup>	38,45 <sup>Aa</sup>	61,55 <sup>Bb</sup>	2,60 <sup>B</sup>	1,02
PA 145 kg	AV	464,09 <sup>A</sup>	5,70 <sup>Aa</sup>	35,92 <sup>Ab</sup>	64,08 <sup>Ba</sup>	2,48 <sup>B</sup>	1,09
	RE	429,83 <sup>A</sup>	4,97 <sup>Ab</sup>	40,20 <sup>Aa</sup>	59,80 <sup>Bb</sup>	2,65 <sup>B</sup>	1,27
Probabilidades							
Manejo alimentar		0,40	0,01	< 0,01	< 0,01	0,48	0,68
PA		< 0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,23
Interação		0,22	0,50 <sup>NS</sup>	0,15	0,15	0,28	0,08
R <sup>2</sup>		0,99	0,84	0,92	0,92	0,85	0,76

<sup>NS</sup>Interação retirada do modelo. Médias seguidas de letras maiúsculas e minúsculas distintas na coluna diferem pelo intervalo de confiança ( $P < 0,05$ ).

No efluente dos animais sob manejo alimentar restrito (RE) foi encontrado teor do resíduo mineral mais elevado com PA 135 e 145 kg. Essa diferença pode ser explicada pela melhoria na digestibilidade dos nutrientes por suínos com PA acima de 100 kg (TABELA 10, Capítulo 3, página 70), como também pelo maior período de fermentação do material, que propicia a diminuição da MO e aumento da concentração de minerais, tais como N, P, K, Ca, Mg e S (SEDIYAMA *et al.*, 2008).

A matéria orgânica do efluente diminuiu com o aumento do peso de abate, e machos sob manejo alimentar à vontade (AV) apresentaram os maiores percentuais. Devido ao período de estocagem do material ocorreu a estabilização da matéria

orgânica (KUNZ *et al.*, 2005; BERTONCINI, 2008; SEDIYAMA *et al.*, 2008), processo decorrente da fermentação anaeróbica que perde carbono na forma de CO<sub>2</sub> e água (SEDIYAMA *et al.*, 2008).

Não foram observados efeitos significativos ( $P > 0,05$ ) dos fatores estudados sobre o percentual de fósforo analisado no efluente (TABELA 13). Entretanto, a quantidade de fósforo acumulada por animal e PA (g/animal/PA) estimada pelo InraPorc<sup>®</sup> foi gradativamente se elevando com o aumento do PA (TABELA 14), diferença esta não observada no efluente analisado nos PA 135 e 145 kg.

**TABELA 14** - MÉDIAS DA EXCREÇÃO DE FÓSFORO ACUMULADA NAS FEZES E NO EFLUENTE DE SUÍNOS MACHOS (GRAMAS/ANIMAL) EM COMPARAÇÃO COM OS DADOS ESTIMADOS PELO PROGRAMA INRAPORC<sup>®</sup> CONFORME O PESO DE ABATE (PA)

	Manejo alimentar	Fósforo analisado nas fezes (g)	Fósforo analisado no efluente (g)	Fósforo estimado no efluente InraPorc <sup>®</sup> (g)
PA 100 kg	AV	103,05 <sup>Ca</sup>	79,04 <sup>B</sup>	79,78 <sup>Ca</sup>
	RE	80,39 <sup>Ca</sup>	59,61 <sup>B</sup>	73,26 <sup>Cb</sup>
Média		91,72	69,33	76,52
PA 135 kg	AV	328,74 <sup>Ba</sup>	253,71 <sup>A</sup>	324,79 <sup>Ba</sup>
	RE	210,76 <sup>Bb</sup>	155,64 <sup>A</sup>	241,52 <sup>Bb</sup>
Média		269,75	204,68	283,16
PA 145 kg	AV	407,00 <sup>Aa</sup>	292,71 <sup>A</sup>	428,24 <sup>Aa</sup>
	RE	273,89 <sup>Ab</sup>	271,66 <sup>A</sup>	309,53 <sup>Ab</sup>
Média		340,44	282,19	368,88
Probabilidades				
	Manejo alimentar	< 0,001	0,092	0,003
	PA	< 0,001	0,002	0,000
	Interação	0,002	0,336	-
	R <sup>2</sup>	0,996	0,933	0,967

Médias seguidas de letras maiúsculas e minúsculas distintas na coluna diferem pelo intervalo de confiança ( $P < 0,05$ ).

O fósforo é um nutriente mineral importante para o crescimento e reprodução de plantas, animais e, principalmente, para os microrganismos que promovem a estabilização da matéria orgânica (CAVALCANTI, 2009).

Geralmente o fósforo no efluente encontra-se precipitado no fundo das esterqueiras, pois está presente na forma de compostos orgânicos e inorgânicos insolúveis (DIESEL *et al.*, 2002). Por ser um elemento ativo, não é encontrado livre na natureza e combina-se diretamente com oxigênio, enxofre, hidrogênio e alguns metais, entre eles alumínio e ferro (CAVALCANTI, 2009).



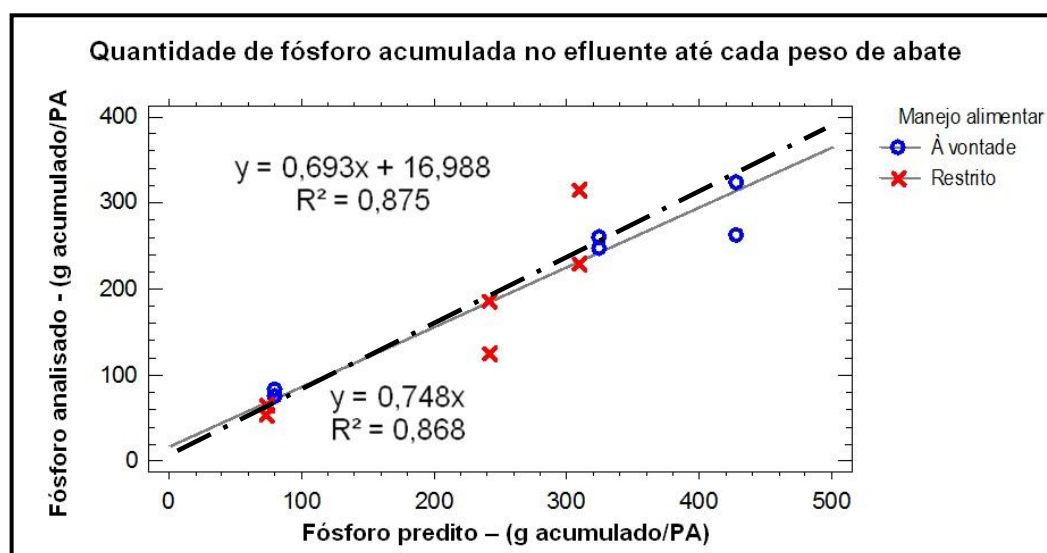
Nardi (2009) ao avaliar diferentes métodos de coleta em esterqueiras observou que a amostragem feita pelo método perfil de sedimentação é capaz de melhor representar o conteúdo de fósforo presente no efluente que o método de referência. Entretanto neste estudo não foi possível realizar um procedimento de coleta que incluísse o líquido e o perfil de sedimentação devido ao baixo nível de efluente acumulado nas caixas de coleta, especialmente no início do experimento.

Em virtude dessas características, a predição do teor de fósforo (FIGURA 11), com base na matéria natural, resultou na equação:

$$P_{efluente(g)} = 16,9882 + 0,693463 \times P_{InraPorc}$$

Em que  $r^2 = 0,94\%$ ;  $R^2 = 87,56\%$ ;  $DPR = 37,17$ ;  $P < 0,0001$ .

Não houve efeito significativo da interação entre o fósforo estimado e o manejo alimentar sobre a inclinação ( $P=0,32$ ), nem do manejo alimentar sobre o intercepto ( $P=0,40$ ), sendo retirados na equação final. O intercepto não foi diferente de zero ( $P < 0,0001$ ) e a inclinação obtida com intercepto igual à zero foi 0,748 ( $R^2 = 86,84\%$ ).



**FIGURA 11** - Comparação entre os valores analisados e os estimados pelo InraPorc®. Equação resultante da estimativa de fósforo disponível proposta por Kornegay (2001), para a excreção de fósforo acumulada por peso de abate. A linha pontilhada representa regressão com intercepto igual a zero.

Como o InraPorc<sup>®</sup> foi desenvolvido a partir de pesquisas realizadas com animais alojados em gaiolas metabólicas, admite-se que não ocorrem perdas no modelo adotado pelo programa. Nas condições de avaliação deste experimento, os métodos de amostragem do efluente podem ter causado uma subestimação do fósforo precipitado no efluente (TABELA 14) em relação ao estimado pelo programa nutricional.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A equação proposta para estimar o fósforo disponível da ração permite utilizar o InraPorc<sup>®</sup> para estimar os níveis de excreção de fósforo nas fezes e no efluente de suínos pesados.

Nas condições testadas, a quantidade de fósforo presente no efluente analisado foi inferior ao estimado pelo InraPorc<sup>®</sup>, e os métodos de amostragem podem ter provocado a subestimativa do fósforo precipitado no efluente.

**Título do Projeto de Pesquisa:** Avaliação do modelo InraPorc<sup>®</sup> para predição da excreção de nutrientes por suínos terminados em diferentes pesos. Trabalho desenvolvido com recursos dos projetos CAPES-PNPD “Avaliação do modelo nutricional InraPorc<sup>®</sup> para produção de suínos pesados” e CAPES-COFECUB 687/10 “Biologia integrativa na produção animal: modelagem de processos e sistemas de produção de suínos e aves”, com participação do Dr. Ludovic Brossard (INRA UMR PEGASE). Aprovação no Departamento respectivo Ata nº: 01/09, de 18/03/09; sob nº Banpesq/Thales: 2012026096. Aprovado no Comitê de Ética: 17 de julho de 2012, sob protocolo nº 016/2012 (ANEXO 1).

## 4.5 REFERÊNCIAS

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C. de; GODINHO, O. E. S; BARONE, J. S. **Química analítica quantitativa elementar**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1992. p. 3-29.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária on line**, v. 1, n. 1, p. 152-169, 2008. Disponível em: <[http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T&IA/T&IAv1n1/Revista\\_Apta\\_Artigo\\_118.pdf](http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T&IA/T&IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_118.pdf)>. Acesso em: 05/03/2014.

BÜNZEN, S. **Digestibilidade do fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos**. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

CAVALCANTI, J. E. W. de. A. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. São Paulo: CETESB, 2009. p. 239-347.

DIESEL, R. (Coord.); MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Boletim Informativo BIPERS**. Santa Catarina, n. 14, ago. 2002. Boletim Informativo de Pesquisa - Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS.

HAUSCHILD, L. **Modelagem Individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento**. 142 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

JEFFERY, G. H.; BASSETT, J.; MENDHAM, J.; DENNEY, R. C. **Análise Química Quantitativa VOGEL**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988. p. 106-123.

KORNEGAY, E. T. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Ed.) **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. Marlborough, UK: CABI Publishing, 2001. p. 237-271.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

LEHNEN, C. R. **Programas alimentares de porcas gestantes e lactantes utilizando o modelo InraPorc®**. 99 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

LOVATTO, P. A.; HAUSCHILD, L.; HAUPTLI, L.; LEHNEN, C. R.; CARVALHO, A. D'Á. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2348-2354, 2005a. Supl.

LOVATTO, P. A.; HAUSCHILD, L.; LEHNEN, C. R.; CARVALHO, A. D'Á. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 883-890, 2005b.

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

NARDI, V. K. **Produção de efluente e balanço de nutrientes em granjas de terminação de suínos no oeste do Estado do Paraná**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. de; NONES, K. Produção de Suínos e Meio Ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9, 2001, Gramado. **Anais...** Gramado, 2001. p. 8-24. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais0104\\_perdomo.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0104_perdomo.pdf)>. Acesso em 17/05/2012.

PETERSEN, S. T. The potential ability of swine nutrition to influence environmental factors positively. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. E95-E101, 2010.

ROSSI, C. A. R.; LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; FRAGA, B. N.; LOVATO, G. D.; CERON, M. S. Dietas ajustadas para suínos através do modelo InraPorc®: desempenho, características de carcaça e impacto econômico. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 689-695, 2013.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W.; PINTO, C. L. O.; SALGADO, L. T. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico.

**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 638–644, 2008.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 235 p.

SOUZA, M. L. de P.; MOTA, A. C.; DIONÍSIO, J. A.; FOULER, R. B.; BLEY JR, C. J. Potencialidade, aspectos ambientais e riscos associados à disposição final de esterco suíno líquido em terras das regiões Oeste e Sudoeste do Paraná. In: BLEY JUNIOR, C. J. (Coord.) **Manual de gestão ambiental na suinocultura: Projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Estado do Paraná (PNMA II) – Gestão Integrada de Ativos Ambientais**. Curitiba: Convênio MMA-PNMAII/SEMA/IAP/FUNPAR, 2004. p. 71-117.

SOUZA, V. F.; REBELLO, F. F. P.; ASCHERI, J. L. R. Fitase: aspectos gerais e suas principais aplicações. **Revista ACTA Tecnológica** v. 6, n. 2, p. 69-76, 2011.

VAN MILGEN, J.; LESCOAT, P. Modélisation du fonctionnement digestif et du métabolisme chez le porc: une alternative à l'expérimentation animale? **Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France**, v. 161, n. 5, p. 435-440, 2008.

VAN MILGEN, J.; BROSSARD, L.; VALANCOGNE, A.; DOURMAD, J.-Y. Using InraPorc to reduce nitrogen and phosphorus excretion. In: GARNSWORTHY, P. C.; WISEMA, J. (Ed.). **Recent Advances in Animal Nutrition**. Nottingham University Press: Nottingham, 2008a. p. 179-194.

VAN MILGEN, J.; VALANCOGNE, A.; DUBOIS, S.; DOURMAD, J.-Y.; SÈVE, B.; NOBLET, J. InraPorc<sup>®</sup>: a model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, p. 387-405, 2008b.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.) **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 109-110; 748-754.

## CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terminação de suínos pesados permite aumentar a produtividade e, em virtude da crescente utilização dos dejetos, os níveis de nutrientes excretados podem ser determinados para aperfeiçoar respostas econômicas e ambientais que melhor proporcionam o desenvolvimento sustentável da suinocultura.

Como a digestibilidade do fósforo varia de acordo com os ingredientes da composição da dieta, é necessário conhecer o valor biológico dos nutrientes contidos na ração para avaliar a excreção dos suínos pesados em diferentes cenários, ao mesmo tempo em que são balanceadas, técnica e economicamente, as rações para suínos nas diferentes etapas do ciclo produtivo.

Com o auxílio do programa InraPorc<sup>®</sup> é possível avaliar os parâmetros relacionados à excreção, consumo e crescimento animal, e a integração dessas variáveis permite aplicar a modelagem para avaliar os efeitos envolvidos na composição dos dejetos de suínos pesados e associar, ao mesmo tempo, os diversos fatores que influenciam a resposta animal.

Neste estudo, entretanto, não foi possível avaliar os possíveis efeitos provocados pela temperatura ambiente sobre a excreção de nutrientes, fator este que não está incluso como efeito no modelo nutricional avaliado. Além disso, outra importante variável não relacionada ao volume de efluente estimado é o consumo e o desperdício de água, fatores relevantes que influenciam na utilização do efluente.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE UTILIZANDO A CO-VARIÁVEL CONSUMO DE RAÇÃO MÉDIO DIÁRIO (CRMD) NO MODELO

Coeficientes de digestibilidade aparente	R <sup>2</sup> %	Probabilidade de erro Tipo I dos efeitos testados						
		Alimentar	Sexo	PA <sup>1</sup>	CRMD	Manejo x Sexo	Manejo x PA	Sexo x PA
Matéria Seca	84,93	0,0004	0,0565	0,0805	0,7744	0,0069	0,0270	0,4916 <sup>NS</sup>
Matéria Orgânica	82,51	0,0015	0,0394	0,1050	0,7715	0,0128	0,0405	0,5039 <sup>NS</sup>
Energia Bruta	83,03	0,0014	0,0539	0,0631	0,5723	0,0172	0,0353	0,6019 <sup>NS</sup>
Proteína Bruta	78,35	0,0609	0,0988	0,0617	0,7799	0,0241	0,1003	0,7498 <sup>NS</sup>
Resíduo Mineral	94,87	0,0000	0,0311	0,0176	0,9795	0,0001	0,0024	0,7857 <sup>NS</sup>
Cálcio	87,39	0,0000	0,0010	0,0082	0,2666	0,0004	-	0,8961 <sup>NS</sup>
Fósforo	81,58	0,0001	0,2543	0,0112	0,5902	0,1336	0,3907	0,9872 <sup>NS</sup>
Fibra Bruta	73,44	0,1326	0,1660	0,0171	0,9640	0,0073	-	0,9338 <sup>NS</sup>
Fibra em Detergente Neutro	81,25	0,0188	0,0074	0,0138	0,9556	0,0165	0,1401	0,7149 <sup>NS</sup>
Fibra em Detergente Ácido	70,18	0,1186	0,0346	0,0176	0,7199	0,0227	-	0,7971 <sup>NS</sup>

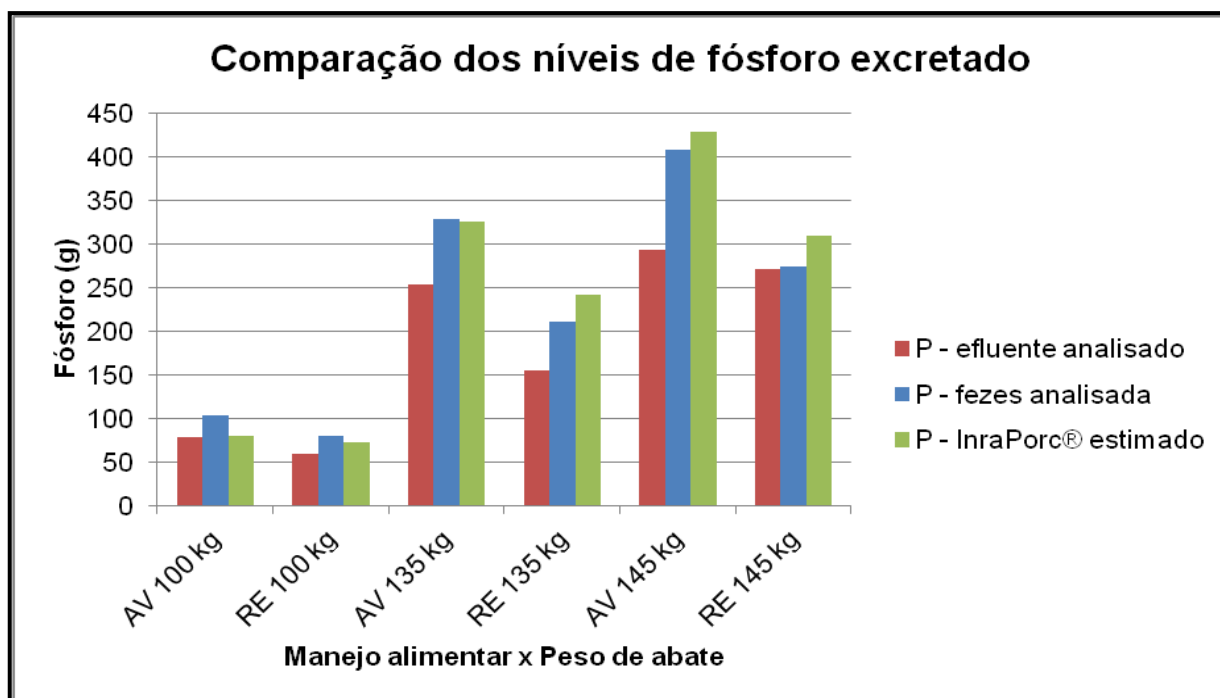
<sup>1</sup> peso de abate; <sup>NS</sup> interação retirada do modelo: a probabilidade de erro Tipo I dos efeitos apresentados como significativos foram calculadas sem a presença destas interações

**APÊNDICE B - DADOS MÉDIOS DO CONSUMO ACUMULADO DE ALIMENTO, PESO VIVO E ESPESSURA DE TOUCINHO CONFORME MANEJO ALIMENTAR, À VONTADE (AV) OU RESTRITO (RE), DOS SUÍNOS MACHOS**

Idade (dias)	Consumo acumulado de alimento (kg)		Peso vivo (kg)		Espessura de toucinho (mm)	
	AV	RE	AV	RE	AV	RE
128	0,0	0,0	74,68	78,53	11,90	9,88
135	17,7	20,0	81,30	84,22	13,11	10,73
142	40,2	39,5	88,92	92,62	13,61	11,46
149	64,5	59,4	96,82	99,79	14,78	12,23
156	90,0	78,3	105,28	104,28	17,97	14,31
163	114,4	97,2	113,35	108,83	18,36	14,14
170	138,0	116,1	120,30	115,13	19,49	15,21
177	163,4	135,0	126,60	120,20	21,44	16,01
184	186,5	153,7	132,23	125,43	21,90	16,95
191	210,2	172,6	140,05	132,25	23,92	17,26
198	232,8	190,7	145,13	136,68	24,85	17,98
205	256,1	209,6	150,93	141,63	25,54	18,39
210	272,7	220,1	157,48	144,05	25,73	19,38



**APÊNDICE C** - MÉDIA DE FÓSFORO ACUMULADO NAS FEZES E NO EFLUENTE E A ESTIMATIVA DO INRAPORC® PARA A EXCREÇÃO DE FÓSFORO ACUMULADA NO EFLUENTE, SEPARADOS POR MANEJO ALIMENTAR (À VONTADE – AV; RESTRITO – RE) E PESO DE ABATE



**ANEXOS****Anexo 1 - APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA DO SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

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

**CERTIFICADO**

Certificamos que o protocolo no. 016/2012, referente ao projeto “Avaliação do modelo INRAPORC para predição da excreção de nutrientes por suínos terminados em diferentes pesos”, sob a responsabilidade de Marson Bruck Warpechowski, na forma em que foi apresentado (uso de 28 animais), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 17 de julho de 2012.

**CERTIFICATE**

We certify that the protocol number 016/2012, regarding the project “Evaluation of INRAPORC model to predict nutrient excretion by pigs finished with different weights”, in charge of Marson Bruck Warpechowski, in the terms it was presented (use of 28 animals), 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 Paraná, Southern Brazil) during session on July 17 2012.

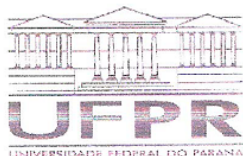
Curitiba, 17 de julho de 2012.

Patrick Schmidt  
Presidente

Rosangela Locatelli Dittrich  
Vice-Presidente

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

## Anexo 2 – TERMO DE COMPROMISSO ASSUMIDO COM O INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR



Ministério da Educação  
Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias  
Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias

### Termo de Compromisso

Através do presente Termo de Compromisso, Marson Bruck Warpechowski (Zootecnista, Prof. Dr. Adjunto, Depto. de Zootecnia - SCA UFPR, Orientador no PPGCV-UFPR) e Emanuella Aparecida Pierozan (Médica Veterinária, mestranda no PPGCV-UFPR), na qualidade de orientador/pesquisador e aluno/pesquisador, respectivamente, comprometemo-nos, sob as penalidades da Lei no.9.279, de 14 de maio de 1996 (Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial), com as alterações introduzidas pela Lei no. 10.196, de 14 de fevereiro de 2001, a manter sigilo quanto ao teor de documentos, dados e informações obtidos do Instituto Tecnológico SIMEPAR (SIMEPAR), visando a preservação dos direitos de propriedade intelectual e industrial.

Comprometemo-nos, também, a utilizar os dados e informações a que tivermos acesso, para fins estritamente científicos, não os repassando, em hipótese alguma, a quaisquer pessoas, sejam físicas ou jurídicas.

Estamos cientes de que, para a divulgação dos resultados obtidos com a utilização destes dados e informações, deveremos requisitar autorização escrita do SIMEPAR, comprometendo-nos, desde já, a identificar a fonte dos dados e informações nas apresentações e/ou publicações dos resultados, repassando ao SIMEPAR as pesquisas efetuadas.

Curitiba - PR, 18 de fevereiro de 2013.

Assinatura:

Nome: Marson Bruck Warpechowski  
RG: 8005954361 - UF: RS  
CPF: 576.375.710-68

Endereço:  
Departamento de Zootecnia  
Setor de Ciências Agrárias  
Universidade Federal do Paraná  
Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê,  
Curitiba-PR. CEP: 80035-050

Assinatura:

Nome: Emanuella Aparecida Pierozan  
RG: 8.596.302 3  
CPF: 046.823.909-02

Endereço: Rua Marechal Deodoro, 441 Apto  
103, Centro, Curitiba-PR. CEP: 80020-320

Testemunhas:

Assinatura:

Nome: Joseane Crystina Costa Rego  
Endereço: Rua Abel Scussiato, 2829 – Apto 501  
Bloco 28 – Colombo – PR

Assinatura:

Nome: Oswaldo Mueller Júnior  
Endereço: Rua dos Funcionários, 1540  
Juvevê – Depto de Zootecnia

## VITA

Emanuella Aparecida Pierozan, filha de agricultores, nasceu no dia 19 de fevereiro de 1985 na cidade de Guaraniaçu – PR.

Em 2000 mudou-se para o Instituto Adventista Paranaense, localizado no município de Ivatuba – PR, onde concluiu o Ensino Médio em 2002.

Entre os anos de 2004 e 2008 cursou Medicina Veterinária na Universidade Federal do Paraná, *Campus* Palotina – PR.

Entre os anos de 2009 e 2010 foi monitora, professora e extensionista rural na Casa Familiar Rural de Guaraniaçu.

Entre os anos de 2010 e 2012 trabalhou na Associação Paranaense de Suinocultores (APS) como gerente técnica em projetos de licenciamento ambiental das granjas suinícolas no Estado do Paraná. Neste mesmo período iniciou consultoria técnica para o Instituto Latino-americano de Sustentabilidade (ILAS).

Em março de 2012, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, em nível de Mestrado (área de concentração Produção Animal e Meio Ambiente) na Universidade Federal do Paraná, em Curitiba – PR. Realizou estudos na área de Suinocultura, Nutrição e Meio Ambiente.

Em março de 2014 submeteu-se à banca de defesa da dissertação do mestrado.