

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ISABELA FERREIRA LEAL**

**RESÍDUO SECO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA ACEROLA NA**  
**ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE INICIAL**

**Marechal Cândido Rondon, 2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ISABELA FERREIRA LEAL**

**RESÍDUO SECO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA ACEROLA NA**  
**ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE INICIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em “Produção e Nutrição Animal, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho  
Coorientador: Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira

**Marechal Cândido Rondon, 2018**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Leal, Isabela Ferreira

Resíduo seco da industrialização da acerola na alimentação de suínos na fase inicial / Isabela Ferreira Leal; orientador(a), Paulo Levi de Oliveira Carvalho; coorientador(a), Newton Tavares Escocard de Oliveira, 2018.

45 f.

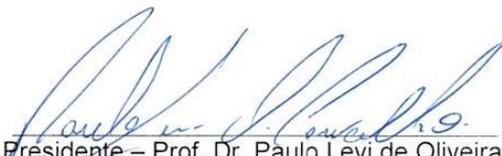
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2018.

1. Suinocultura. 2. Nutrição. 3. Alimento alternativo. 4. Resíduo seco da industrialização da acerola. I. Carvalho, Paulo Levi de Oliveira. II. Oliveira, Newton Tavares Escocard de . III. Título.

**ISABELA FERREIRA LEAL**

**Resíduo seco da industrialização da acerola na  
alimentação de suínos na fase inicial**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de *Mestra em Zootecnia*, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Não-Ruminantes”, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:



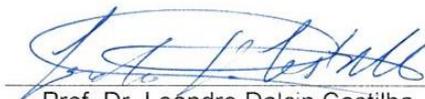
Orientador / Presidente – Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Prof. Dr. Diovani Paiano  
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)



Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha  
Universidade Estadual de Maringá (UEM) – *via Skype*

Marechal Cândido Rondon, 05 de abril de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela minha vida, saúde e por iluminar sempre meus caminhos.

Aos meus pais, Sinval e Ana Lucia, pela dedicação em me ensinar e acompanhar em toda trajetória. Palavras não são suficientes para expressar minha gratidão!

Ao meu irmão Vinicius, por acompanhar comigo essa trajetória.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade de concluir o mestrado.

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

Ao professor Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho, pela orientação durante o mestrado.

Ao professor Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira, pela coorientação durante o mestrado.

Aos professores que repassaram seu conhecimento durante o período de formação.

Às empresas Fruteza, Nutra – Nutrição Animal e Copagril, pela parceria na realização do experimento.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação Paulo Henrique Morsh, pela dedicação em auxiliar os acadêmicos.

À equipe do grupo de pesquisa GEP's, pela dedicação e colaboração na realização do experimento, pelo auxílio, responsabilidade e amizade.

Aos amigos de profissão, por compartilhar aprendizado e ter me auxiliado na conclusão do mestrado, em especial: Jansller Luiz Gênova, Leandro Castilha, Fábio Nicory Costa Souza, Heloíse Trautenmüller, Liliana Bury de Azevedo e Adriana Bulcão.

Aos meus amigos, que permaneceram ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis: Gabriela Campos, Erica Telini, Bruno Campos, Vinicius Vieira e Juliana Stocco.

E a todos aqueles, que de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização desta conquista. Muito obrigada!

## **BIOGRAFIA**

ISABELA FERREIRA LEAL, filha de Sinval de Souza Leal e Ana Lucia Ferreira Leal, nasceu em Maringá - PR, em 24 de janeiro de 1994.

No ano de 2000, ingressou no Colégio Platão, concluindo o Ensino Fundamental e Médio.

No ano de 2011, ingressou na Universidade Estadual de Maringá, para a obtenção do título de Zootecnista.

Em julho de 2016, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Nível de Mestrado, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon - PR, na área de Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em março de 2018.

## **RESÍDUO SECO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA ACEROLA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE INICIAL**

**RESUMO:** O objetivo com este estudo foi avaliar o valor nutricional do Resíduo Seco da Industrialização da Acerola (RSIA) para leitões na fase inicial e seus efeitos no desempenho zootécnico, balanço de nitrogênio e ureia sanguínea. No experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 24 leitões machos não castrados, híbridos de linhagem comercial, com peso inicial de  $21,07 \pm 3,07$  kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com dois tratamentos, 12 repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em uma ração referência (RR: 0% de RSIA) e uma ração teste com substituição de 20% do RSIA na RR. Foi realizada coleta total de fezes e urina para determinar a composição do RSIA e a digestibilidade dos nutrientes. No Experimento II, foi conduzido um ensaio de balanço de nitrogênio (N), utilizou-se 24 leitões, machos não castrados, híbridos de linhagem comercial, com peso médio inicial de  $20,78 \pm 1,84$  kg, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro tratamentos, seis repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em quatro rações com níveis crescentes de inclusão (0, 4, 8 e 12%) de RSIA. Foi realizada coleta total de fezes e urina para determinar a quantidade de N ingerido, excretado e retido. O experimento III, foi um ensaio de desempenho com 120 leitões híbridos de linhagem comercial (60 machos não castrados e 60 fêmeas), com peso médio inicial de  $13,85 \pm 1,49$  kg e final de  $25,08 \pm 1,06$  kg, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, repetidos no tempo, seis repetições e quatro animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em cinco níveis crescentes de inclusão (0, 3, 6, 9 e 12%) de RSIA. Para determinar o melhor nível de inclusão do RSIA para leitões em fase inicial, foi avaliado peso corporal final (PCF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e ureia sanguínea (UF). A composição bromatológica-energética do RSIA foi: 86,12% de matéria seca (MS), 8,03% de proteína bruta (PB), 4553 kcal/kg de energia bruta (EB), 55,09% de fibra em detergente neutro (FDN) e 22,26% de fibra em detergente ácido (FDA). Os resultados mostram coeficientes de digestibilidade de 39,04 e 28,21%, para PB e EB, respectivamente. No experimento II, não houve efeito dos tratamentos sobre as variáveis analisadas. No experimento III, houve efeito dos níveis de RSIA sobre o PCF, GDP e CDR e não houve efeito sobre a CA e UF. Os valores estimados de nível de RSIA que proporcionaram a máxima estimativa de PCF, GDP e CDR foram de 2,93, 3,05% e 4,27%, que resultaram nos valores 25,70 kg para PCF, 0,636 kg de GDP e 1,15 kg de CDR, respectivamente. O melhor nível de inclusão do RSIA na

alimentação de suínos em fase inicial foi de 3,05%, que proporcionou maior ganho diário de peso.

**Palavras – chave:** Balanço de Nitrogênio, Desempenho, Digestibilidade, Subproduto, Valor Nutritivo.

## **DRY RESIDUE OF ACEROLA INDUSTRIALIZATION IN SWINES FEEDING IN THE STARTER PHASE**

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the nutritional value of dry residue of acerola industrialization (DRAI) for piglets in the starter phase and its effects on the growth performance, nitrogen balance and blood urea (BU). In the Exp. I, a digestibility trial was carried out using 24 entire male piglets, with an initial weight of  $21.07 \pm 3.07$  kg, that were distributed in a randomized complete block design (RCBD), consisting of two treatments, 12 replications and one swine per experimental unit. Treatments consisted of a reference feed (RF: 0% DRAI) and a test feed with replacement of 20% of the DRAI in the RF. Total feces and urine collection were performed to determine DRAI composition and nutrient digestibility. In the Exp. II a nitrogen balance assay (NB) was carried out using 24 entire male piglets, with an average initial weight of  $20.78 \pm 1.84$  kg, that were distributed in a RCBD consisting of four treatments, six replicates and one animal per experimental unit. Treatments consisted of four feeds with increasing inclusion levels (0, 4, 8 and 12%) of DRAI. Total collection of feces and urine was performed to determine the amount of nitrogen ingested, excreted and retained. The Exp. III, was a growth performance trial using 120 crossbreed piglets (60 entire males and 60 females), with an average initial weight of  $13.85 \pm 1.49$  kg and final weight of  $25.08 \pm 1.06$  kg, that were distributed in a RCBD with six replicates and four animals per experimental unit. Treatments consisted of five increasing inclusion levels (0, 3, 6, 9 and 12%) of DRAI. To determine the best level of DRAI inclusion for piglets in starter phase, was evaluated the final body weight (FBW), daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG), feed conversion (FC) and BU. The bromatological-energy composition of the DRAI was: 86.12% dry matter (DM), 8.03% crude protein (CP),  $4.553 \text{ kcal.kg}^{-1}$  gross energy (GE), 55.09% neutral detergent fiber (NDF) and 22.26% acid detergent fiber (ADF). The results showed digestibility coefficients of 39.04 and 28.21% for CP and GE, respectively. For the variables analyzed in the NB, no differences ( $P \geq 0.05$ ) were found among treatments. For growth performance, it was observed effect of DRAI levels on FBW, DWG and DFI, however there was no effect of DRAI levels on the FC and BU. The estimated values of DRAI level that provided the maximum estimate of FBW, DWG and DFI were 2.93, 3.05% and 4.27%, which resulted in values of 25.70 kg for FBW, 0.636 kg of DWG and 1.15 kg of DFI. The best level of DRAI inclusion in piglets feeding in the starter phase was 2.93 to 4.27%.

**Key words:** Nitrogen Balance, By-product, Growth performance, Digestibility, Nutritive Value.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA. ....	7
2.1. Resíduos agroindustriais na produção animal. ....	7
2.2. Acerola.....	8
2.3. Fibra na alimentação de leitões. ....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1. Experimento I – Ensaio de digestibilidade do Resíduo Seco da Industrialização da acerola para leitões. ....	14
3.2. Experimento II - Balanço de Nitrogênio do Resíduo Seco da Industrialização da Acerola na alimentação de leitões em fase inicial.....	16
3.3. Experimento III - Desempenho de leitões na fase inicial alimentados com diferentes níveis de inclusão do resíduo seco da industrialização da acerola.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5. CONCLUSÃO.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	37

## 1 INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida do mundo e o Brasil possui grande destaque, por ser o quarto maior produtor e exportador. No ano de 2016, foram produzidos aproximadamente 3,731 milhões de toneladas de carne suína (ABPA, 2017). Para suprir a demanda do mercado, pesquisas são realizadas com intuito de buscar melhores resultados produtivos para manter a qualidade e atender as exigências dos consumidores.

Um ingrediente comumente utilizado na alimentação dos suínos é o milho, responsável por metade do custo de produção (ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE SUINOCULTORES – APS, 2013). Além do custo elevado, há competição com a alimentação humana e a oscilação no preço desse ingrediente, fatores importantes na busca de alternativas na alimentação desses animais (GENTILINI et al., 2008).

Por possuir clima e território adequado, o Brasil é um importante produtor de frutas, destinadas principalmente a extração da polpa. Após o processamento, parte do total produzido se torna resíduo, muitas vezes quando descartados incorretamente podem impactar negativamente no meio ambiente (ALMEIDA et al., 2014). Para reduzir o impacto ambiental e aliar com a redução dos custos das rações, esse material de descarte da indústria frutífera pode ser processado e utilizado como alimento alternativo na alimentação animal.

O Brasil possui grande destaque na produção de acerola, fruto que possui característica principal o alto teor de vitamina C, além de conter elevadas quantidades de compostos carotenoides e antioxidantes, um ingrediente natural com diversas qualidades benéficas para saúde (RITZINGER et al., 2011; PEREIRA et al., 2013; ARAÚJO et al., 2014). Por causa da perecibilidade da fruta, a maior parte da quantidade produzida é processada, e gera aproximadamente 40% de resíduo, formado basicamente por sementes e cascas (PEREIRA et al., 2013). A avaliação da composição bromatológica do resíduo de acerola, indica que o subproduto possui potencial para ser utilizado na alimentação animal, com valores consideráveis de proteína bruta (13,39%), energia bruta (4757 kcal/kg) e fibra bruta (76,47%) (CASTELINI, 2016).

Neste contexto, o objetivo com a realização deste trabalho foi avaliar a utilização do resíduo seco da industrialização da acerola (RSIA) na alimentação de leitões na fase inicial, a fim de determinar a composição nutricional, verificar os efeitos sobre o balanço de N e desempenho e determinar os melhores níveis de inclusão nas rações de leitões na fase inicial que propicie o melhor desempenho zootécnico.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Resíduos agroindustriais na produção animal

A produção de suínos é uma atividade com intenso desenvolvimento tecnológico e econômico, já que é a carne mais consumida no mundo. O Brasil está na quarta colocação como maior produtor e exportador mundial de carne suína (ABPA, 2017). Alguns fatores ainda afetam a produção, como o alto custo com a alimentação dos animais, que corresponde de 70 a 80% dos gastos totais de produção, e a competição com a alimentação humana, pois a base da alimentação dos suínos é o milho e soja, que também são importantes ingredientes na alimentação humana (GENTILINI et al., 2008).

Uma das principais cadeias produtivas do agronegócio brasileiro é a do milho, que corresponde mais de 37% da produção de grãos. Há crescente demanda na produção, já que existe competitividade no uso com a alimentação animal e humana, porém diversos entraves fazem parte da cadeia produtiva do milho, que promovem grande oscilação no preço da saca (CALDARELLI E BACCHI, 2012).

Entre os maiores produtores brasileiros de suínos, o Paraná é o Estado que possui menor custo de produção médio e em 2017 esse custo reduziu em 12,3% que a média de 2016. Esta redução está diretamente relacionado a desvalorização do milho no mercado doméstico (SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 2017). Em função das demandas internas e externas dos mercados consumidores e as oscilações nos preços dos grãos, o custo com a alimentação animal e a rentabilidade podem variar.

Com isso, os produtores buscam alternativas alimentares para reduzir custos de produção, melhorar o desempenho animal e aumentar a rentabilidade. Segundo Bellaver e Ludke (2004), deve-se avaliar quatro fatores no uso de um ingrediente alternativo: a) disponibilidade comercial – para ter mudança na formulação de ração é necessário um ingrediente atrativo e que justifique a mudança; b) quantidade de nutrientes e energia – os ingredientes podem se diferir energeticamente e a partir de análises de laboratório podem estimar sua energia a serem obtidas; c) qualidade dos nutrientes – os nutrientes digestíveis devem estar disponíveis para utilização pelos animais. A presença de fatores antinutricionais e micotoxinas nos ingredientes podem comprometer a qualidade da dieta; d) características físicas do ingrediente – Na formulação de rações é importante verificar a densidade e umidade dos ingredientes, pois terá influência direta no armazenamento.

A indústria de alimentos no Brasil está entre as maiores do mundo, destacando-se na produção e comercialização de frutas, já que os processamentos geram produtos que não são aproveitados para a alimentação humana (ALMEIDA et al., 2014). Em 2015, foram colhidas aproximadamente 43 milhões de toneladas de frutas no Brasil, setor produtivo importante no agronegócio brasileiro e que emprega 27% de toda mão de obra agrícola. Em 2015, um levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Fruticultura (Ibraf), verificou que nos últimos anos reduziu a comercialização de frutas frescas, pois há curto prazo de validade do produto. Da quantidade total de frutas produzida no país, 53% é comercializado *in natura* e 47% corresponde ao comércio de frutas processadas (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2016).

O processamento das frutas, principalmente para extração de polpa, gera alta quantidade de resíduos, que muitas vezes não são descartados corretamente. A indústria de alimentos está tornando uma produção mais limpa, reduzindo a geração de resíduos e aumentando o aproveitamento. O reaproveitamento dos alimentos da indústria, com o uso de novos processos, permite unir a produtividade com a eficiência ambiental (ARVANITOYANNS e VARZAKAS, 2008).

As indústrias processadoras de frutas e hortaliças geram volumes de resíduos em grande quantidade e ricos em substâncias de alto valor funcional e nutricional (KOSSEVA, 2009). Com objetivo de minimizar impactos ambientais, os resíduos podem ser destinados para adubação agrícola e/ou suplementação na alimentação animal.

## 2.2 Acerola

A acerola (*Malpighia sp.*), é um fruto nativo da América Central e possui grande destaque em sua composição. Sua característica principal é o alto teor de vitamina C, podendo conter até 5000 mg/100 g de polpa, quantidade muito maior do que encontrado em laranja, limão e goiaba. Com o aumento da preocupação com a saúde humana, essa característica foi fundamental para aumentar o consumo da acerola. A fruta contém elevadas quantidades de compostos carotenoides e antioxidantes, um ingrediente natural com diversas qualidades benéficas para saúde (RITZINGER E RITZINGER, 2011; EMBRAPA, 2012; PEREIRA et al., 2013; ARAÚJO et al., 2014).

Os frutos da acerola possuem diversas formas, podendo ser arredondados, ovalados ou cônicos. Seu peso varia de 3 a 16 g, com rendimento de 60 a 70%, e quando maduros, a coloração pode variar entre vermelha, roxa, amarela ou branca. Os produtores buscam

variedades de plantas com produção de 100 kg/planta/ano, frutos com película de coloração vermelha, peso superior a 4 g e teor de vitamina C acima de 1.000 mg/100 g de polpa (EMBRAPA, 2012). O fruto apresenta um rendimento de polpa elevado e pode ser utilizado processada na alimentação ou uso na indústria farmacêutica (RITZINGER E RITZINGER, 2011).

O Brasil possui grande destaque em sua produção, por possuir território e clima favorável. Quase todo território nacional é responsável pela produção do fruto, exceto a região sul, por possuir temperaturas muito baixas no inverno (RITZINGER E RITZINGER, 2011). A área de cultivo da acerola no Brasil é de aproximadamente 7.200 ha, com capacidade para produzir 150 mil toneladas, considerado o maior consumidor, produtor e exportador do fruto. A quantidade produzida pode variar dependendo do manejo adotado, principalmente pela utilização ou não de irrigação, podendo variar de 20 a 60 toneladas de fruta por hectare/ano (EMBRAPA, 2012).

Há mais de 60 anos a acerola é conhecida no Brasil, porém é recente o seu cultivo em escala comercial, utilizando tecnologias. Antigamente, plantavam-se diversas variedades da planta. Com a exigência do mercado consumidor, exigiu uma padronização do produto, principalmente para exportação. Atualmente, os pomares de acerolas são uniformes, produtivos e com frutos de qualidade (EMBRAPA, 2012).

A comercialização de acerola no mercado interno brasileiro é bem dividida, e 46% do total produzido destinam-se à indústria de processamento e 54% é comercializado como fruta fresca. A região com destaque na produção é o Nordeste, que corresponde a 64% do total produzido. Os estados com maior produção de acerola são Pernambuco, que detém 23,11% da produção nacional, seguido pelo Ceará (14,32%), São Paulo (11,39%) e Bahia (10,48%) (EMBRAPA, 2012).

Grande parte da produção, após o processamento para obtenção da polpa se torna resíduo, podendo corresponder até 40% do total (PEREIRA et al., 2013). O conteúdo de descarte é basicamente sementes e cascas (LOUSADA JUNIOR, 2006), material que deve ser valorizado, podendo conter maior parte dos compostos funcionais presentes no fruto. Em algumas espécies de frutas, a casca e sementes possuem ação antioxidante maiores que a polpa, e normalmente essa porção possui menor atenção e são descartados indevidamente no meio ambiente (CAETANO et al., 2009). A fim de reduzir o descarte incorreto e a poluição ambiental, estudos são realizados para processar este resíduo.

O resíduo da acerola corresponde a porção desprezada após o esmagamento dos frutos para a obtenção da polpa, resultando basicamente em sementes e cascas. Logo após, esse

resíduo é seco e moído, tornando-se o farelo de resíduo de acerola que pode ser utilizado na alimentação animal. Avaliando a composição desse produto, verificou que possui valores aproximados de 87,15% de matéria seca, 12,00% de proteína bruta, 74,15% de fibra em detergente neutro, 59,20% de fibra em detergente ácido, 40,08% de celulose, 14,93% de hemicelulose e 20,11% de lignina (LOUSADA JR et al., 2006; CASTELINI, 2016).

A caracterização físico-química do resíduo de acerola revela que o coproduto proveniente da indústria do seu processamento, pode ser reaproveitado para diversos fins, por serem fonte de compostos bioativos, impedindo assim seu descarte e contaminação ao meio ambiente (SILVA et al., 2016). O resíduo de acerola apresenta elevados teores de fibras, e por se tratar de um resíduo do processamento da polpa da fruta, os valores de composição são bastante variáveis, já que a quantidade e a qualidade do fruto produzido dependem da variedade da planta cultivada, tipo de solo, adubação, incidência de chuvas, época de colheita, estágio de maturação do fruto, tipo de processamento, local de armazenamento entre outros fatores.

### **2.3 Fibras na alimentação de leitões**

A parte que compõe a estrutura de plantas, formando sua parede celular, é chamada de fibra, e é definida como a porção não digestível por enzimas do trato digestório de animais não ruminantes, fermentadas no intestino grosso (BACK KNUDSEN, 2001; AACC, 2001), são formadas principalmente por ligações do tipo beta, tornando não acessível às enzimas dos animais não ruminantes (SAKOMURA et al., 2014). Também são designadas como polissacarídeos não amiláceos, composta principalmente por celulose e hemicelulose e outros componentes em menores proporções, como as beta-glucanos, frutanas, arabinosilanos, pectinas, galactanos, entre outros análogos de carboidratos. Há também uma porção de lignina, que está ligada aos polissacarídeos e também possui resistência à digestão (AACC, 2001).

A fibra dietética promove efeitos sobre o desenvolvimento do tecido e sobre a microbiologia intestinal, podendo variar de acordo com o tipo e quantidade de fibra. Quando a digesta está muito viscosa, pode promover atrofia nas vilosidades e hiperplasia de criptas, prejudicando a absorção de nutrientes (MONTAGNE et al., 2003).

As fibras são divididas, de acordo com sua solubilidade e efeito fisiológico, em fibras solúveis e insolúveis (AACC, 2001; MONTAGNE et al., 2003). As fibras solúveis são compostas principalmente por pectinas,  $\beta$ -glucanas e frutanas, possui capacidade de aumentar a viscosidade da digesta e alta fermentação (SAKOMURA et al., 2014). No intestino grosso,

mais precisamente no colon, a porção solúvel é fermentada pelos microrganismos, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente o ácido acético, butírico e propiônico, no qual é rapidamente absorvidos e inibindo a proliferação de bactérias patogênicas (MONTAGNE et al. 2003). O ácido acético, no fígado, é utilizado como fonte de energia muscular, o butírico serve de fonte de energia no metabolismo, estimulando o desenvolvimento do tecido intestinal e a produção de muco e o propiônico é destinado a gliconeogênese, reduz o pH, favorecendo os microrganismos benéficos e estimula a absorção de sódio e água, reduzindo a diarreia (MONTAGNE et al. 2003)

A fibra insolúvel, formada principalmente por celulose, hemicelulose e lignina, possui a característica de reduzir o tempo de trânsito da digesta e conseqüentemente a absorção dos nutrientes, pois há aumento dos movimentos peristálticos (MONTAGNE et al., 2003; CARNEIRO et al., 2008). Dietas com elevados teores de fibras ocupam maior volume no trato gastrointestinal, reduz o consumo, promove maior saciedade nos animais (SILVA et al., 2012), fator que pode influenciar nas variáveis de desempenho dos diferentes trabalhos realizados com animais.

Durante muito tempo as fibras eram consideradas ingredientes com efeitos negativos na nutrição de não ruminantes, por promover diluição da energia da dieta, mas com os novos estudos, verificou que este fato ocorria por adicionar quantidades erradas desses ingredientes nas dietas (GOULART et al., 2016). Atualmente, diversos estudos são realizados para determinar os reais efeitos que a fibra provoca no desenvolvimento do trato digestório e sobre o desempenho dos animais não ruminantes. Os estudos ainda mostram divergência entre os resultados, devido a composição, características físico-químicas, origem e níveis de inclusão da fonte de fibra utilizada e que pode variar pela espécie e idade dos animais (GOULART et al., 2016).

As principais fontes fibrosas utilizadas na alimentação animal são provenientes dos resíduos agroindustriais, como do processamento de frutas para obtenção de polpas, gerando quantidades de resíduos consideráveis (CARVALHO et al., 2014). Segundo Pascoal et al. (2012) em experimento com leitões utilizando casca de soja, polpa cítrica e celulose purificada em dietas, concluíram que a utilização destes produtos não afetou o desempenho dos animais. Foram constatados resultados semelhantes com a utilização de coprodutor desidratado de mandioca em trabalho realizado por Castro et al. (2016) na alimentação de leitões mostram que não houve diferença entre as dietas com inclusão de 0, 3, 6, 9 e 12% para as variáveis de peso final e GDP. Entretanto, a média de CA dos animais alimentados com 3% (1,551) do coproduto diferiram da média do tratamento com 0% (1,461) de inclusão, este fato

pode ser explicado pelo aumento da viscosidade no trato intestinal dos animais, pela influência que a fibra solúvel presente do coproduto, assim reduzindo contato enzima substrato e difusão dos nutrientes.

Carvalho et al., (2009) estudou diferentes níveis (0, 4, 8, 12 e 16%) de inclusão de casca de café ensilada na alimentação de suínos em fase inicial observou que o produto não prejudicou o desempenho dos animais com a inclusão de até 16%. Resultados semelhantes foram obtidos por Marujo (2013), que avaliou a utilização de diferentes fontes de fibra insolúvel na alimentação de leitões desmamados, não encontraram efeitos o desempenho dos animais até os 63 dias de idade. Porém, Carvalho et al. (2014) avaliando o desempenho de leitões em fase de creche com diferentes níveis de farelo de coco (0, 7, 14 e 21 % de inclusão), observou que níveis acima de 7% de farelo de coco reduziu o ganho de peso diário dos animais.

Em outros estudos, Pascoal et al. (2010) avaliando os tratamentos com 0 e 20% de inclusão de farelo de coco (PB = 21,25%, FDN = 35,08% e FDA = 15,46% na matéria natural), com e sem suplementação enzimática, na dieta de suínos, não verificou diferenças nas variáveis de desempenho (GDP, CDR e CA). Resultados semelhantes, foram encontrados por Siebra et al. (2008), em que avaliaram a adição de 0, 10, 20 e 30% de farelo de coco nas dietas de suínos em crescimento e terminação e verificou maior ganho de peso com a inclusão de 22,5% do farelo. Os resultados indicaram que maiores níveis de inclusão de fibras podem ser adicionados em dietas de suínos em crescimento e terminação, pelo fato do trato digestório do animal estar mais desenvolvido.

Na literatura, são escassos os estudos do uso da semente de acerola para a alimentação animal, mas considerando o valor nutritivo do fruto e a quantidade de resíduo que a indústria produz, o coproduto pode possuir potencial para ser utilizado na alimentação animal. Em experimento com suínos em crescimento e terminação, houve reduções lineares na digestibilidade dos nutrientes e ganho de peso diário conforme os níveis de farelo de acerola aumentaram, porém foi observado melhor conversão alimentar em músculo com inclusão de 27% do farelo de acerola (CASTELINI, 2016). Não foram encontrados na literatura trabalhos com o uso do farelo de resíduo de acerola para leitões pós-desmame, necessitando de pesquisas para avaliar o efeito deste resíduo na alimentação de leitões.

Com as oscilações no custo e a competição com a alimentação humana dos insumos utilizados na alimentação animal, busca-se alternativas alimentares para substituir parcialmente ou totalmente a utilização do milho, sendo a utilização de resíduos

agroindustriais uma possível solução, já que há disponibilidade do material que seria descartado incorretamente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, localizada no estado do Paraná, no município de Marechal Cândido Rondon. Foram executados três experimentos: I - ensaio de metabolismo para determinar a composição e valor nutricional do farelo da semente de acerola, II - ensaio de metabolismo para avaliar o balanço de nitrogênio do subproduto na alimentação de leitões e III - avaliação de desempenho zootécnico, para avaliar o melhor nível de inclusão na alimentação de leitões em fase inicial.

O Resíduo Seco da Industrialização da Acerola (RSIA) foi obtido da indústria produtora de polpa de frutas – Fruteza e processado pela empresa Nutra – Nutrição animal. Uma amostra composta do coproduto foi encaminhada ao Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal, pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, para avaliar o teor de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas e energia bruta (EB), segundo os procedimentos recomendados por Silva & Queiroz (2002). Os teores de carboidratos totais (CHO) foram calculados segundo as equações indicadas por Sniffen et al. (1992), em que  $CHO = 100 - (\% PB + \% EE + Cinzas)$  e os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) pela fórmula  $CNF = CHO - FDN$ . O aminograma do RSIA foi realizado pela empresa EVONIK®.

#### 3.1 Experimento I – Ensaio de digestibilidade do Resíduo Seco da Industrialização da acerola para leitões

Foi conduzido um experimento de digestibilidade, com 24 suínos machos não castrados, híbridos de linhagem comercial para alta deposição de carne magra, com peso corporal inicial médio de  $21,07 \pm 3,07$  kg, distribuídos em um delineamento experimental de bloco ao acaso, com dois tratamentos, 12 repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos experimentais consistiram de uma ração referência (RR) à base de milho e farelo de soja, formulada para atender as exigências dos animais na fase inicial de acordo com as recomendações descritas por Rostagno et al. (2011) (Tabela 1) e uma dieta teste, na qual o alimento testado (RSIA) representou 20% e a ração referência 80%.

Tabela 1 – Composição centesimal, química e bromatológica da ração referência utilizada no experimento I de metabolismo

Ingredientes	Composição centesimal (kg/100 kg)
Milho moído	65,95
Farelo de soja, 45%	28,78
Fosfato monocálcico	1,370
Calcário calcítico	1,064
Sal comum	0,400
Pré-mistura mineral-vitamínico <sup>1</sup>	0,500
Óleo de soja	1,348
Sulfato de lisina 50,7% lys	0,420
DL-metionina, 98%	0,088
L-treonina, 99%	0,075
Tiamulina (30%)	0,005
Composição calculada	
Proteína bruta, %	18,32
Energia metabolizável, kcal/kg	3.230
Cálcio, %	0,768
Fósforo disponível, %	0,380
Lisina digestível, %	1,093
Metionina + cistina digestível, %	0,612

<sup>1</sup> Níveis de garantia/kg do produto (5 g do premix/kg de ração): ácido fólico (103,12 mg); ácido pantotênico (2249,99 mg); biotina (16,88 mg); clorohidroxiquinolina (15,00 g); cobre (22,07 g); etoxiquin (206,00 mg); ferro (6733,40 mg); iodo (37,51 mg); lisina (123,76 g); manganês (1866,71 mg); metionina (110,25 g); niacina (4687,50 mg); selênio (43,75 mg); treonina (46,64 g); vit. A (1437500,00 UI); vit. B1 (224,96 mg); vit. B12 (2537,50 mg); vit. B2 (537,50 mg); vit. B6 (437,50 mg); vit. D3 (262500,00 UI); vit. E (4250,00 UI); vit. K3 (375,00 mg); zinco (1000,00 mg).

Os leitões foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968). O fornecimento de ração, coleta de fezes e urina foram realizados de acordo com a metodologia recomendadas por Sakomura & Rostagno (2016). A quantidade de ração fornecida foi calculada com base no peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ) de cada suíno e o consumo médio registrado no período de adaptação. O arraçamento foi realizado às 08h00min e às 16h00min. As rações foram umedecidas com água, numa quantidade

correspondente a 20% da quantidade de ração fornecida, a fim de evitar desperdícios, reduzir a pulverulência e melhorar a aceitabilidade da ração pelo animal. Após cada refeição, foi fornecido a cada animal 2 mL de água por grama de ração consumida, calculada para cada unidade experimental, para equalizar o consumo diário de água entre os animais. O período experimental foi de 12 dias, sete dias de adaptação dos animais as gaiolas e alimentação e cinco dias de coleta total.

Com o objetivo de marcar o início e final do período de coleta de fezes, foi utilizado 2% de óxido de ferro ( $\text{Fe}_3\text{O}_2$ ) como marcador fecal. As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, armazenadas em sacos plásticos identificados e acondicionadas em freezer ( $-18^\circ\text{C}$ ). Posteriormente, o material foi homogeneizado, uma amostra de aproximadamente 100g foi retirada e seca, em estufa de ventilação forçada ( $55^\circ\text{C}$ ) por 72 horas e moído em moinho tipo faca (peneira de 1 mm). A urina foi coletada diariamente durante o período de coleta em baldes de plástico, com adição 20 mL de HCl 1:1, para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização. O volume total de urina foi mensurado e uma alíquota de 10% foi armazenada em freezer ( $-18^\circ\text{C}$ ) para posteriores análises. Amostras da ração, fezes e urinas foram encaminhadas para o laboratório de Alimentos e Nutrição Animal da Unioeste, para determinação de MS, MO, PB, FDA, FDN e EB.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), energia bruta (CDEB), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA) e extrato etéreo (CDEE), e o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) foram calculados conforme metodologia de Matterson et al., (1965).

### 3.2 Experimento II - Balanço de Nitrogênio do Resíduo Seco da Industrialização da Acerola na alimentação de leitões em fase inicial

Foram utilizados 24 leitões machos não castrados, híbridos de linhagem comercial para alta deposição de carne magra, com peso médio inicial de  $20,78 \pm 1,84$  kg, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos, seis repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em quatro rações com níveis crescentes de inclusão (0, 4, 8 e 12%) do RSIA (Tabela 2). As rações foram isoenergéticas e isoproteicas, conforme recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011). O procedimento para arraçoamento, coleta de fezes e urina foram semelhantes ao descrito no Experimento I.

Tabela 2 - Composição centesimal e nutricional das rações com diferentes níveis de inclusão de resíduo seco da industrialização de acerola no experimento II de leitões

Ingredientes	Níveis de inclusão de RSIA, %			
	0	4	8	12
Milho grão	69,37	63,08	56,79	50,49
Farelo de soja	26,72	27,27	27,82	28,38
RSIA	0,00	4,00	8,00	12,00
Fosfato monocálcico	1,298	1,311	1,323	1,335
Calcário	1,019	1,014	1,009	1,004
Óleo de soja	0,603	2,321	4,038	5,755
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400
L-lisina HCL	0,301	0,297	0,294	0,290
Pré-mistura de micro minerais <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-metionina	0,070	0,082	0,095	0,107
L-Treonina	0,061	0,069	0,078	0,086
Pré-mistura de vitaminas <sup>1</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
Composição calculada				
Cálcio (%)	0,733	0,733	0,733	0,733
Energia metabolizável (Mcal/kg)	3,230	3,230	3,230	3,230
P disponível (%)	0,363	0,363	0,363	0,363
Lisina digestível (%)	1,037	1,037	1,037	1,037
Met + Cist. Digestível (%)	0,581	0,581	0,581	0,581
Proteína bruta (%)	17,898	17,663	17,427	17,191
Treonina digestível (%)	0,653	0,653	0,653	0,653
Triptofano digestível (%)	0,187	0,187	0,187	0,187

<sup>1</sup>Níveis de garantia/kg do produto (5 g do produto/ kg de ração): ácido fólico (103,12 mg); ácido pantotênico (2249,99 mg); biotina (16,88 mg); clorohidroxiquinolina (15,00 g); cobre (22,07 g); etoiquin (206,00 mg); ferro (6733,40 mg); iodo (37,51 mg); lisina (123,76 g); manganês (1866,71 mg); metionina (110,25 g); niacina (4687,50 mg); selênio (43,75 mg); treonina (46,64 g); vit. A (1437500,00 UI); vit. B1 (224,96 mg); vit. B12 (2537,50 mg); vit. B2 (537,50 mg); vit. B6 (437,50 mg); vit. D3 (262500,00 UI); vit. E (4250,00 UI); vit. K3 (375,00 mg); zinco (1000,00 mg).

Previamente à coleta de sangue para determinação da ureia sanguínea, os animais foram submetidos a jejum alimentar de oito horas. As coletas foram realizadas via veia cava cranial e o sangue obtido foi transferido para tubos de vidro, centrifugados a 3.000 rpm por 15 minutos para obtenção do soro sanguíneo. As amostras foram transferidas para tubos de polietileno tipo “eppendorf” de 1,5 mL, em duplicata e congelados para posteriores análises. As análises foram realizadas em Analisador Químico Automático da Elitech, modelo flexor EL200, com kit comercial da Elitech para análise de nitrogênio por colorimetria direta.

As análises dos alimentos, rações, fezes e urina foram realizadas seguindo os procedimentos descritos no experimento I. Os valores de nitrogênio consumido (NC), nitrogênio excretado nas fezes (NEF) e excretado na urina (NEU) foram obtidos pela multiplicação dos teores de nitrogênio pelas quantidades de ração consumida, fezes e urina excretada, respectivamente. A partir destes valores foram calculados o Nitrogênio Retido ( $NR=NC-NEF-NEU$ ), utilização líquida de nitrogênio ( $ULN=NR/NC$ ), segundo Adeola et al. (2001).

### Procedimentos Estatísticos

A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos para as diversas variáveis foram avaliadas previamente utilizando os testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente.

O modelo estatístico utilizado para as variáveis do balanço de N foi  $Y_{ijk} = m + T_i + B_j + \beta(X_{ijk} - \bar{X}_{...}) + \varepsilon_{ijk}$ . Os efeitos dos fatores incluídos no modelo são descritos por:  $Y_{ijk}$  = Observação média da variável dependente em cada parcela, medida no i-ésimo nível de RSIA, no j-ésimo bloco e na k-ésima repetição;  $m$  = Efeito da média geral;  $T_i$  = Efeito dos níveis de RSIA, para  $i = (1, 2, 3 \text{ e } 4)$ ;  $B_j$  = Efeito de blocos, para  $j = (1 \text{ e } 2)$ ;  $\beta$  = Coeficiente de regressão de Y sobre X;  $X_{ijk}$  = Observação média da covariável (peso corporal inicial) em cada parcela, medida no i-ésimo nível de RSIA, no j-ésimo bloco e na k-ésima repetição;  $\bar{X}_{...}$  = média geral para a covariável X;  $\varepsilon_{ijk}$  = Resíduos aleatórios das parcelas associados ao nível i, ao bloco j e à repetição k, independentes, homocedásticos e com distribuição normal.

Os efeitos dos níveis de RSIA foram verificados por meio de análise de variância (ANOVA). Quando significativo na ANOVA, o efeito dos níveis de RSIA foram estimados por meio de modelos de regressão. Cinco modelos de regressão foram ajustados a partir de valores de RSIA (0, 4, 8 e 12%) de acordo com a significância da ANOVA. Para seleção de modelo preditivo que se ajusta melhor aos valores médios das características, os modelos de regressão linear foram representados por:

- Modelo linear de 1º grau:  $y_i = b_0 + b_1x_i + \varepsilon_i$ ;
- Modelo hiperbólico:  $y_i = b_0 + b_1/x_i + \varepsilon_i$ ;
- Modelo logarítmico:  $y_i = b_0 + b_1 \log_{10}(x_i) + \varepsilon_i$ ;
- Modelo linear de 2º grau:  $y_i = b_0 + b_1x_i + b_2x_i^2 + \varepsilon_i$ ;
- Modelo raiz quadrada:  $y_i = b_0 + b_1x_i + b_2x_i^{0,5} + \varepsilon_i$ .

O método dos mínimos quadrados médios ordinários foi utilizado para estimar os parâmetros dos modelos de regressão. A verificação da significância de cada parâmetro foi por meio do teste  $t$  parcial, em que a hipótese de nulidade foi  $H_0: \varepsilon_i = 0$ . A aderência dos modelos às médias observadas das características foi avaliada observando-se o valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Os contrastes de médias das características entre cada nível de RSIA em relação ao tratamento referência (0%) foram avaliados por meio do teste de Dunnett. O nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,05 foi adotado em todos os testes de hipóteses. As análises foram efetuadas utilizando-se o *R Development Core Team* (2013).

### 3.3 Experimento III - Desempenho de leitões na fase inicial alimentados com diferentes níveis de inclusão do resíduo seco da industrialização da acerola

Foram utilizados 120 leitões híbridos de linhagem comercial para alta deposição de carne magra, com 60 machos não castrados e 60 fêmeas, com peso médio inicial de  $13,85 \pm 1,49$  kg e final de  $25,08 \pm 1,06$  kg, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, repetidos no tempo, cinco tratamentos, seis repetições e quatro animais por unidade experimental. O peso inicial e o sexo dos animais foram utilizados como fator para formação dos blocos, em que cada unidade experimental era constituída de quatro animais do mesmo sexo.

Os animais foram alojados em um galpão de alvenaria, com baias de creche suspensas, providas de comedouros frontais tipo calha e bebedouros tipo chupeta, com fornecimento de água e ração *ad libitum*. Os tratamentos consistiram de níveis crescentes de inclusão do RSIA (0, 3, 6, 9 e 12%). As rações experimentais foram formuladas para atender as exigências nutricionais de leitões na fase inicial (Tabela 3), de com níveis nutricionais preconizados por Rostagno et al. (2011).

Tabela 3 – Composição centesimal e nutricional das rações experimentais contendo diferentes níveis de inclusão do Resíduo Seco da Industrialização da Acerola

Ingredientes	Níveis de Inclusão de RSIA (%)				
	0	3	6	9	12
Milho moído	64,07	59,64	55,21	50,77	46,34
Farelo de soja, 45%	28,64	28,85	29,06	29,27	29,48
Farelo semente de acerola	0,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Farinha de peixe	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Fosfato monobicálcico	1,195	1,188	1,181	1,174	1,167
Óleo de soja	1,015	2,259	3,502	4,745	5,989
Sal comum	0,364	0,366	0,369	0,372	0,375
Vitini – sui <sup>1</sup>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sulfato de lisina 50,7% lys	0,557	0,562	0,567	0,572	0,577
DL-Metionina, 85%	0,124	0,135	0,145	0,156	0,166
L-Treonina, 98%	0,116	0,125	0,134	0,143	0,151
L-Triptofano, 99%	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015
Composição calculada					
Proteína bruta, %	18,32	18,32	18,32	18,32	18,32
Energia metabolizável, kcal/kg	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Cálcio, %	0,768	0,768	0,768	0,768	0,768
Fósforo disponível, %	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380
Lisina digestível, %	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093
Metionina + cistina digest. %	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Fibra detergente neutro, %	9,110	10,490	11,870	13,250	14,630
Fibra detergente ácido, %	4,580	5,770	6,950	8,140	9,320

<sup>1</sup>Níveis de garantia/kg do produto: ácido fólico (103,12mg); ácido pantotênico (2249,99mg); biotina (16,88mg); clorohidroxiquinolina (15,00g); cobre (22,07g); etoxiquin (206,00mg); ferro (6733,40mg); iodo (37,51mg); lisina (123,76g); manganês (1866,71mg); metionina (110,25g); niacina (4687,50mg); selênio (43,75mg); treonina (46,64g); vit. A (1437500,00UI); vit. B1 (224,96mg); vit. B12 (2537,50mg); vit. B2 (537,50mg); vit. B6 (437,50mg); vit. D3 (262500,00UI); vit. E (4250,00UI); vit. K3 (375,00mg); zinco (1000,00mg).

Com auxílio de balança digital, os animais foram pesados no início e final do experimento, assim como a quantidade de ração fornecida e o desperdício de ração durante o período experimental. As variáveis avaliadas foram: peso corporal final (PCF), ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) no decorrer do período experimental (41 a 63 dias de idade).

No início e no final do experimento os animais foram submetidos a jejum alimentar prévio de oito horas para coleta de sangue via veia cava cranial. O sangue foi transferido para tubos de vidro, centrifugados a 3.000 rpm por 15 minutos para obtenção do plasma sanguíneo. As amostras do plasma foram transferidas para microtúbulos de polietileno tipo “eppendorf” de 1,5mL, em duplicata e congelados para posteriores análises. As análises foram realizadas em Analisador Químico Automático da Elitech, modelo flexor EL200, com kit comercial da Elitech para análise de nitrogênio por colorimetria direta.

### **Procedimentos Estatísticos**

A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos para as diversas variáveis foram avaliadas previamente utilizando os testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente.

O modelo estatístico utilizado para PCF, GPD, CDR e UF foi  $Y_{ijk} = m + t_i + b_j + \beta(X_{ijk} - \bar{X}) + \epsilon_{ijk}$ . Os efeitos dos fatores fixos incluídos no modelo são descritos por:

$Y_{ijk}$  = observação média da variável dependente em cada parcela, medida no i-ésimo nível de RSIA, no j-ésimo bloco e na k-ésima repetição;

$m$  = efeito da média geral;

$t_i$  = efeito fixo dos níveis de RSIA, para  $i = (1, 2, 3, 4 \text{ e } 5)$ ;

$b_j$  = efeito de blocos, para  $j = (1 \text{ e } 2)$ ;

$\beta$  = Coeficiente de regressão de Y sobre X;

$X_{ijk}$  = observação média da covariável em cada parcela, medida no i-ésimo nível de RSIA, no j-ésimo bloco e na k-ésima repetição;

$\bar{X}$  = média geral para a covariável X;

$\epsilon_{ijk}$  = erros aleatórios das parcelas associados ao nível i, ao bloco j e a repetição k, independentes, homocedásticos e com distribuição normal.

A covariável "peso corporal inicial" (PCI) foi utilizada para corrigir as médias observadas de PCF, GPD e CDR. Os dados de ureia sanguínea inicial (UI) foram utilizados para corrigir os dados de ureia sanguínea final (UF). Em ambas as situações, a utilização de

modelos com inclusão de covariável teve o intuito de aumentar a precisão experimental, quando comparados aos respectivos modelos que não utilizaram covariável.

Os coeficientes de regressão linear de PCF, GPD e CDR sobre o PCI, e de UF sobre UI foram estimados por meio de análise de covariância (ANCOVA). A homogeneidade entre os coeficientes de regressão, considerando cada tratamento, foi avaliada por meio de teste F na análise de variância (ANOVA), com ajuste de modelo com inclusão da interação entre tratamento e covariável (PCI ou UI), para teste da hipótese de nulidade de equivalência entre os betas ( $H_0: \beta_{t1} = \beta_{t2} = \beta_{t3} = \beta_{t4} = \beta_{t5}$ ).

Para a CA, o modelo estatístico foi o relatado anteriormente, sem a inclusão de covariável. Os efeitos dos níveis de RSIA sobre o PCF, GPD, CDR e UF foram verificados por meio de ANCOVA, e sobre a CA por meio de ANOVA. Quando significativo, o efeito dos níveis de RSIA sobre as variáveis dependentes foram estimados por meio de modelos de regressão linear. Cinco modelos de regressão linear foram ajustados às médias por tratamento das variáveis, a partir de valores de RSIA (0,01, 3, 6, 9 e 12%), para seleção de modelo preditivo que melhor se ajusta aos valores médios, no intuito de estimar o nível de RSIA que promova o desempenho máximo dos suínos. Os modelos de regressão linear ajustados foram representados por:

- Modelo linear de 1º grau:  $y_i = b_0 + b_1x_i + \epsilon_i$ ;
- Modelo hiperbólico:  $y_i = b_0 + b_1/x_i + \epsilon_i$ ;
- Modelo logarítmico:  $y_i = b_0 + b_1 \log_{10}(x_i) + \epsilon_i$ ;
- Modelo linear de 2º grau:  $y_i = b_0 + b_1x_i + b_2x_i^2 + \epsilon_i$ ;
- Modelo raiz quadrada:  $y_i = b_0 + b_1x_i + b_2x_i^{0,5} + \epsilon_i$ .

O método dos mínimos quadrados ordinários foi utilizado para estimação dos parâmetros dos modelos de regressão. A verificação da significância de cada parâmetro foi avaliada por meio do teste t parcial, em que a hipótese de nulidade testada foi  $H_0: \epsilon_i = 0$ . A aderência dos modelos às médias corrigidas de PCF, GPD, CDR e UF, e às médias observadas de CA foram avaliadas observando-se o valor de coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ). Para os dados selecionados por tratamento, foram estimados intervalos de confiança das médias populacionais corrigidas de PCF, GPD, CDR e UF, e não corrigidas de CA, a 95% de índice de confiança.

Os contrastes de médias corrigidas de PCF, GPD, CDR e UF, e de médias observadas de CA, entre cada nível de RSIA em relação ao tratamento referência (0%) foram avaliados por meio do teste de Dunnett. O nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,05 foi adotado em todos os testes de hipóteses. As análises foram efetuadas utilizando-se o R Development Core Team (2013).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição do RSIA (Tabela 4) avaliado foi 4553 kcal/kg de EB e 8,03% de PB, superior aos teores de EB e PB do grão de milho (EB = 3901 kcal/kg e PB = 7,86%) descrito por Rostagno (2017). Os referidos valores indicam o provável potencial do alimento para alimentação de suínos. Em pesquisa realizada por Castelini (2016), em que foi avaliado o farelo de semente de acerola, foram obtidos valores de MS = 89,22%, MM = 3,14%, MO = 96,86%, EB = 4757 kcal/kg, FDN = 76,47, FDA = 63,78%, PB = 13,39%, valores maiores que os teores encontrados no presente trabalho. Valores diferentes na composição também foram encontrados por Lousada Jr et al. (2006), em que o coproduto avaliado apresentou 85,07% de MS, 10,54% de PB, 71,9% de FDN, 54,7% de FDA, 35,1% de celulose, 17,2% de hemicelulose e 20,1% de lignina.

Os diferentes valores de composição encontrados nos trabalhos são atribuídos principalmente por se tratar de um subproduto, ou seja, um resíduo da indústria de polpas de suco, e que sua composição pode variar de acordo com a espécie planta, local de produção, porcentagem de casca, semente e polpa da fruta. Com base nos teores proteicos e energéticos encontrados na composição química e por se tratar de um resíduo de processamento de frutas, o RSIA apresenta potencial para ser utilizado na alimentação de suínos.

Ao analisar sua composição fibrosa, o alimento apresentou elevados teores de FDN e FDA, caracterizando-o como um alimento fibroso, com 32,90% de celulose e 22,26% de lignina, compondo maior quantidade de fibra dietética insolúvel. Lousada Jr et al. (2006), concluiu que o farelo do resíduo da acerola, por apresentar elevados teores de FDN e lignina, possui a natureza da fibra insolúvel. O teor de fibra presente no alimento pode interferir negativamente sobre a digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes, principalmente em suínos em fase inicial, visto os efeitos fisiológicos causados ao trato gastrointestinal e a imaturidade do aparelho digestivo destes animais (CARVALHO et al., 2014).

Tabela 4 - Composição química e energética do farelo da semente de acerola na matéria natural.

Composição <sup>1</sup>	RSIA
Energia Bruta, kcal/kg	4.553
Matéria seca, %	86,12
Matéria orgânica, %	96,75
Proteína bruta, %	8,03
Carboidratos totais, %	85,33
Carboidratos não fibrosos, %	30,24
Fibra em detergente neutro, %	55,09
Fibra em detergente ácido, %	44,60
Lignina, %	22,26
Celulose, %	32,90
Cinzas, %	2,80
Extrato etéreo, %	3,84
Fósforo, %	0,110
Cálcio, %	0,300
Lisina, %	0,296
Metionina, %	0,109
Cistina, %	0,109
Treonina, %	0,273
Arginina, %	0,522
Isoleucina, %	0,304
Leucina, %	0,506
Valina, %	0,358

<sup>1</sup> Matéria natural

As digestibilidades dos nutrientes do RSIA (Tabela 5) foram baixas, o maior coeficiente obtido foi para PB, somente 39,04% foi digestível, correspondendo a 3,14% do nutriente total. Os coeficientes de digestibilidade aparente do RSIA foram de 19,96% para MS, 29,88% para MO, 16,54% de FDN e 10,27% de FDA, apresentando valores digestíveis de 17,19% para MS, 24,90% da MO, 9,11% de FDN e 4,58% de FDA. Em relação a quantidade de energia bruta presente no RSIA (4553 kcal/kg), os coeficientes de

digestibilidade (28,21%) e metabolizabilidade (27,84%) também foram reduzidos, apresentando 1256 e 1236 kcal/kg, respectivamente. Dessa maneira, ocorreu menor aproveitamento destes nutrientes pelos animais quando comparado ao milho grão, que apresenta valores digestíveis para PB = 82,70% e EB = 88,23%, superiores ao RSIA (ROSTAGNO et al., 2017).

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis do farelo da semente de acerola em estudo com suínos em fase inicial.

Variáveis	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)
CD da Matéria seca	19,96
CD da Matéria orgânica	29,88
CD da Proteína bruta	39,04
CD da Energia bruta	28,21
CM da Energia bruta	27,84
CD da fibra em detergente neutro	16,54
CD da fibra em detergente ácido	10,27
Nutrientes digestíveis	MN <sup>1</sup>
Matéria seca digestível, %	17,19
Matéria orgânica digestível, %	24,90
Proteína digestível, %	3,14
Energia digestível, kcal/kg	1.253
Energia metabolizável, kcal/kg	1.236
EM : ED	0,987
FDN digestível, %	9,11
FDA digestível, %	4,58

<sup>1</sup> Matéria natural

Em estudo para avaliar a digestibilidade do farelo de acerola para suínos em crescimento e terminação (CASTELINI, 2016), encontrou valores semelhantes aos obtidos no presente estudo, com coeficiente da MS = 21,96%, MM = 41,25%, MO = 24,00%, PB = 40,89%, FDA = 4),35%, FDN = 12,21% e EB = 27,97%, respectivamente. Os elevados teores

de FDA e FDN do resíduo de acerola influenciaram nos baixos coeficientes de digestibilidade (CASTELINI, 2016).

Fachinelo et al., (2015), ao analisarem a digestibilidade do farelo de semente de maracujá (MS = 92,23%, PB = 11,34%, EB = 5569 kcal/gl, FDN = 50,22%, FDA = 43,71%) obtiveram coeficientes de digestibilidade da MS = 67,65%, EB = 71,36%, PB = 7,54%, FDN = 49,86% e FDA = 44,84%, respectivamente. Os nutrientes presentes no farelo de semente de maracujá apresentaram digestibilidade maior quando comparado ao RSIA, fato associado ao menor teor de lignina presente no subproduto (RSIA = 22,26% e FSM = 5,77%), que afetou negativamente a digestibilidade dos nutrientes. A lignina é uma porção não digestível e não fermentável pelos microrganismos comensais dos animais não ruminantes, e sua presença afeta a digestibilidade, pois reduz a acessibilidade dos microrganismos e a taxa de fermentação dos outros componentes. O efeito redutivo da digestibilidade das fibras dietéticas está relacionado ao tipo da fibra utilizada, a quantidade incluída na dieta e a fase de desenvolvimento do animal (BUDIÑO et al., 2015).

Os animais recém-desmamados são menos tolerantes a adição de fibras na dieta, pois o trato digestório é imaturo e possuem menor área de proliferação microbiana para realizar a fermentação, assim ocorre menor aproveitamento das fibras, e pode influenciar negativamente na digestibilidade de outros nutrientes (GOMES et al., 2006), fator que está associado ao baixo aproveitamento dos nutrientes e energia do RSIA na alimentação de leitões na fase inicial.

Em relação ao experimento de balanço de N, os resultados obtidos (Tabela 6) não indicaram diferença ( $p > 0,05$ ) nas variáveis analisada para os diferentes níveis de inclusão de RSIA. A utilização do N não foi influenciada pela adição do subproduto nas dietas, já que todos tratamentos mantiveram os níveis de proteína e energia, de acordo com as exigências da fase avaliada. Teor de proteína da ração, conseqüentemente o teor de nitrogênio ingerido, é proporcional a quantidade de nitrogênio excretado na urina e fezes (OLIVEIRA et al., 2012).

Suínos em crescimento e terminação, alimentados com níveis crescentes de farelo de acerola (0, 9, 18 e 27%) excretaram maiores quantidades diárias de nitrogênio e fósforo, ocasionando maior produção de fezes pelos animais e redução na ureia da urina, já que o nitrogênio foi transferido para as fezes na forma de proteína microbiana (CASTELINI, 2016). Kunzler et al. (2016), concluíram que quanto maior o nível de fibra na dieta, maior será as perdas endógenas de N.

Tabela 6 - Valores médios de balanço de nitrogênio em leitões de acordo com os níveis de inclusão de farelo da semente de acerola nas rações.

Variáveis	Níveis de inclusão de RSIA (%)				- <i>P</i> valor	C.V%
	0	4	8	12		
Nitrogênio consumido (g/dia)	22,00	25,69	24,55	24,62	0,7300	0,78
Nitrogênio fecal (g/dia)	4,27	4,15	4,81	5,01	0,5500	11,27
Nitrogênio absorvido (g/dia)	17,72	21,53	19,73	19,60	0,5900	10,46
Nitrogênio excretado pela urina (g/dia)	6,41	6,90	6,58	6,13	0,6200	31,04
Nitrogênio retido (g/dia)	11,32	14,63	13,15	13,47	0,9600	23,16
Utilização líquida proteica (%)	51,38	56,32	53,84	54,85	0,1200	3,84
Valor biológico da proteína (%)	63,90	66,94	67,37	69,07	0,1800	3,22
Nitrogênio ureico no soro (mg/dL)	12,02	14,28	13,50	12,55	0,1200	7,66

Dietas com altos teores de polissacarídeos não amiláceos aumentam a produção de N microbiano, pois grande quantidade desses componentes não são digeridos no intestino delgado, e posteriormente ocorre a digestão microbiana no intestino grosso, promovendo acréscimo no N fecal (KNUDSEN & HANSEN, 1991). No entanto, isso não foi observado neste experimento.

A quantidade de N excretado pelos animais alimentados com RSIA, em média 13,14 g/dia, foram superiores à excreção encontrada por Genova (2017), em um experimento que avaliou diferentes fontes de substituição do farelo de soja para leitões, verificando maior quantidade de excreção de N para os animais alimentados como 19% de inclusão do farelo de soja, com excreção diária de 10,02 g. Porém, os valores de N foram menores aos encontrados por Lazzeri et al. (2011), que observou excreção diária de 20,07 g de N em animais alimentados com 18,03% PB, em que o farelo de soja foi a fonte proteica utilizada. Moreira et al. (2004), verificaram que a quantidade de N encontrada nos dejetos dos suínos é proveniente de aminoácidos desaminados, que seriam utilizados para síntese proteica, caso não estivessem em excesso.

A baixa digestibilidade da proteína bruta do RSIA pode influenciar nas quantidades de N encontradas nos dejetos dos suínos. O farelo de soja (44% de PB), apresenta coeficiente de digestibilidade de 90% (ROSTAGNO et al., 2017), assim o aproveitamento da fonte proteica é maior, reduzindo a excreção de N nos dejetos de suínos, desde que atendam às exigências dos animais e não estiverem em quantidades excessivas.

Para os níveis de ureia no soro (mg/dL), não foram observadas diferenças nos níveis sanguíneos de ureia, portando a inclusão de níveis de farelo da semente de acerola em dietas de leitões calculadas para serem isonutritivas até o nível de 12%, não afetou o aproveitamento de nitrogênio. O N na ureia plasmática pode ser um parâmetro para avaliar a eficiência da utilização dos aminoácidos e a qualidade da dieta, em que níveis elevados correspondem a ineficiência de utilização (GASPAROTTO et al., 2001).

Não foi encontrado efeito de gênero ( $p > 0,05$ ) sobre as características avaliadas, indicando que esta fonte de variação não influenciou nos resultados de desempenho e de UF. Para promover maior precisão experimental, o efeito de gênero foi retirado dos modelos estatísticos, haja vista o maior coeficiente de variação encontrado nas análises com inclusão deste fator em relação às que sem inclusão de gênero no modelo.

Os erros experimentais de PCF, GPD, CDR, CA e UF apresentaram distribuição normal de probabilidades e homogeneidade de variâncias dos tratamentos ( $p > 0,05$ ). Os valores de probabilidade de significância ( $p$ ) dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene foram: 0,6918 e 0,1263 (PCF), 0,6895 e 0,1451 (GPD), 0,9993 e 0,3834 (CDR), 0,8796 e 0,1745 (CA), e 0,6614 e 0,0910 (UF), respectivamente. Tais resultados indicaram que não há ressalvas para se proceder as análises de covariância e de variância, a fim de verificar os efeitos dos fatores incluídos nos modelos estatísticos.

Houve efeito das covariáveis “peso corporal inicial” (PCI) sobre o PCF ( $p < 0,0001$ ), GPD ( $p = 0,0001$ ) e CDR ( $p = 0,0003$ ), e de ureia sanguínea inicial (UI) sobre a UF ( $p = 0,0431$ ), indicando a necessidade de correção das médias observadas destas características, considerando as médias de PCI e UI, em experimentos com suínos em fase inicial. Não houve efeito de PCI sobre a CA ( $p = 0,7023$ ), portanto as médias observadas de CA não foram corrigidas pelos valores médios de PCI.

Os valores de coeficiente de regressão linear de 1º grau de PCF, GPD e CDR em função dos valores de PCI, e de UF em função de UI, foram de 1,44; 0,0242; 0,0426 e 0,3902, respectivamente. Tais estimativas foram válidas, pois foi aceita a hipótese de nulidade de homogeneidade dos betas para todos os tratamentos ( $H_0: \beta_{11} = \beta_{12} = \beta_{13} = \beta_{14} = \beta_{15}$ ). Os valores de  $p$  obtidos para o teste de homogeneidade foram de 0,2062 (PCF), 0,3532 (GPD), 0,5427 (CDR) e 0,0820 (UF). As estimativas únicas encontradas indicaram que o aumento em uma unidade de kg corporal no PCI correspondeu ao aumento médio de 1,44 kg no PCF, 24,2 g no GPD e 42,6 g no CDR. Do mesmo modo, o aumento em uma unidade (mg/dL) na ureia inicial promoveu aumento médio estimado de 0,3902 (mg/dL) na ureia final.

Houve efeito dos níveis de RSIA sobre o PCF ( $p = 0,0372$ ), GPD ( $p = 0,0407$ ) e no CDR ( $p = 0,0432$ ), no entanto não houve efeito dos níveis de RSIA na CA ( $p = 0,1996$ ) e UF ( $p = 0,2713$ ). Os valores médios de PCF, GPD e CDR, corrigidos para PCI, dos suínos alimentados com ração contendo diferentes níveis (0 a 12%) de RSIA variaram de 24,46 a 25,76 kg (PCF), 0,572 a 0,638 (GPD) e 0,896 a 1,035 (CDR). Para a CA, as médias observadas variaram de 1,546 a 1,691 (Tabela 7).

Os resultados indicaram que não houve diferença ( $p > 0,05$ ) nos contrastes simples entre o valor médio corrigido de PCF e GDP dos suínos que receberam de 3 a 12% de RSIA em relação ao tratamento referência (0% de RSIA). O mesmo ocorreu para a CA, em que a média observada de suínos alimentados com ração isenta de RSIA não diferiu ( $p > 0,05$ ) das médias observadas de CA de suínos que receberam RSIA na ração (3, 6, 9 ou 12%). No entanto, o valor médio de CDR, corrigido para PCI, dos suínos alimentados com 3% de RSIA (1,035 kg) foi maior ( $p < 0,05$ ) do que a média corrigida de CDR dos suínos alimentados com a ração referência (0% de RSIA) (Tabela 7). Fachinello et al., (2015), avaliando o desempenho de leitões na fase inicial alimentado com farelo de semente de maracujá, não observaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) com adição de até 16%. Pascoal et al. (2012) e Marujo (2013), avaliando a utilização de diferentes fontes de fibra insolúvel na alimentação de leitões desmamados, não encontraram efeitos o desempenho dos animais até os 63 dias de idade, resultados que coincidiram parcialmente com os resultados do nosso estudo.

Tabela 7. Valores de médias corrigidas para PCF, GPD, CDR e UF, e médias observadas de CA de suínos em fase inicial, de acordo com os níveis de farelo de semente de acerola utilizados na ração<sup>1</sup>.

Característica	Farelo de semente de acerola (%)					C.V. (%)
	0	3	6	9	12	
Peso corporal final (kg)	24,67	25,76	25,34	25,16	24,46	2,88
Ganho de peso diário (kg)	0,581	0,638	0,619	0,614	0,572	6,45
Consumo diário de ração (kg)	0,896	1,035*	1,005	0,992	0,968	7,70
Conversão alimentar	1,546	1,628	1,624	1,616	1,691	6,07
Ureia final (mg kg <sup>-1</sup> )	76,44	77,27	68,62	54,96	61,33	30,14

<sup>1</sup>Médias seguidas por asterisco, na linha, diferem do tratamento referência (0%) pelo teste de *Dunnett*, em nível de 5% de probabilidade.

Os resultados indicaram que qualquer nível de RSIA utilizado nas rações não altera os valores médios de PCF e GPD dos suínos, devendo-se seguir critérios técnicos, baseados em modelos de regressão, para a estimação do nível de inclusão de RSIA nas rações de suínos em fase inicial que promova o máximo desempenho dos animais. Castellini (2016) avaliando a inclusão de farelo de acerola nas dietas de suínos em crescimento e terminação, verificou efeito quadrático no consumo diário de ração, e a maior ingestão de ração observada foi com no nível de 5,07% de inclusão do farelo de acerola. Para as demais variáveis de desempenho (peso final, ganho de peso diário e conversão alimentar) observou efeitos lineares, reduzindo o desempenho conforme os níveis de inclusão do farelo aumentou nas dietas. Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo foi obtido por Ramos (2015), que não verificou diferenças significativas ( $P>0,05$ ) no consumo de ração diário e conversão alimentar em leitões alimentados com farelo de abacaxi. Porém, houve efeito quadrático ( $P<0,05$ ) sobre o ganho de peso diário dos suínos, e o nível ótimo estimado de inclusão de 7,43% de farelo de abacaxi.

Os valores médios de UF, corrigidos para UI, variaram de 54,96 a 77,27 (mg/dL). Não houve diferença ( $p>0,05$ ) entre médias corrigidas de UF para suínos que receberam os tratamentos contendo níveis de RSIA (3, 6, 9 ou 12%) em relação ao tratamento referência (0% de RSIA) (Tabela 7). Os resultados coincidem com os encontrados por Castro (2015) e Fachinello (2014), em que os parâmetros sanguíneos, glicose e ureia de leitões, não diferiram com inclusão de diferentes níveis de subprodutos agroindustriais. Porém, os valores foram superiores aos níveis de referência estipulados para mamíferos (15 a 45 mg/dL), mesmo com as dietas formuladas para atender as exigências da fase e serem isoproteicas e isoenergéticas. A ureia é o componente final do catabolismo dos aminoácidos e seus níveis podem variar de acordo com a composição de proteína e aminoácidos da dieta ou em casos de jejum, na qual as proteínas celulares são utilizadas como fonte energética para o organismo (Nelson & Cox, 2014).

Os modelos de regressão que melhor se ajustaram às médias corrigidas de PCF, GPD e CDR foram:  $y = 24,55 - 0,3921x + 1,3424x^{0,5}$  (PCF),  $y = 0,574 - 0,0205x + 0,0716x^{0,5}$  (GPD) e  $y = 0,8853 - 0,0325x + 0,1344x^{0,5}$  (CDR). Os valores de coeficiente de determinação ajustado dos modelos foram de  $R^2_{aj.}=92,89\%$  (PCF),  $R^2_{aj.}=88,98\%$  (GPD) e  $R^2_{aj.}=91,07\%$  (CDR) (Figuras 1 e 2).

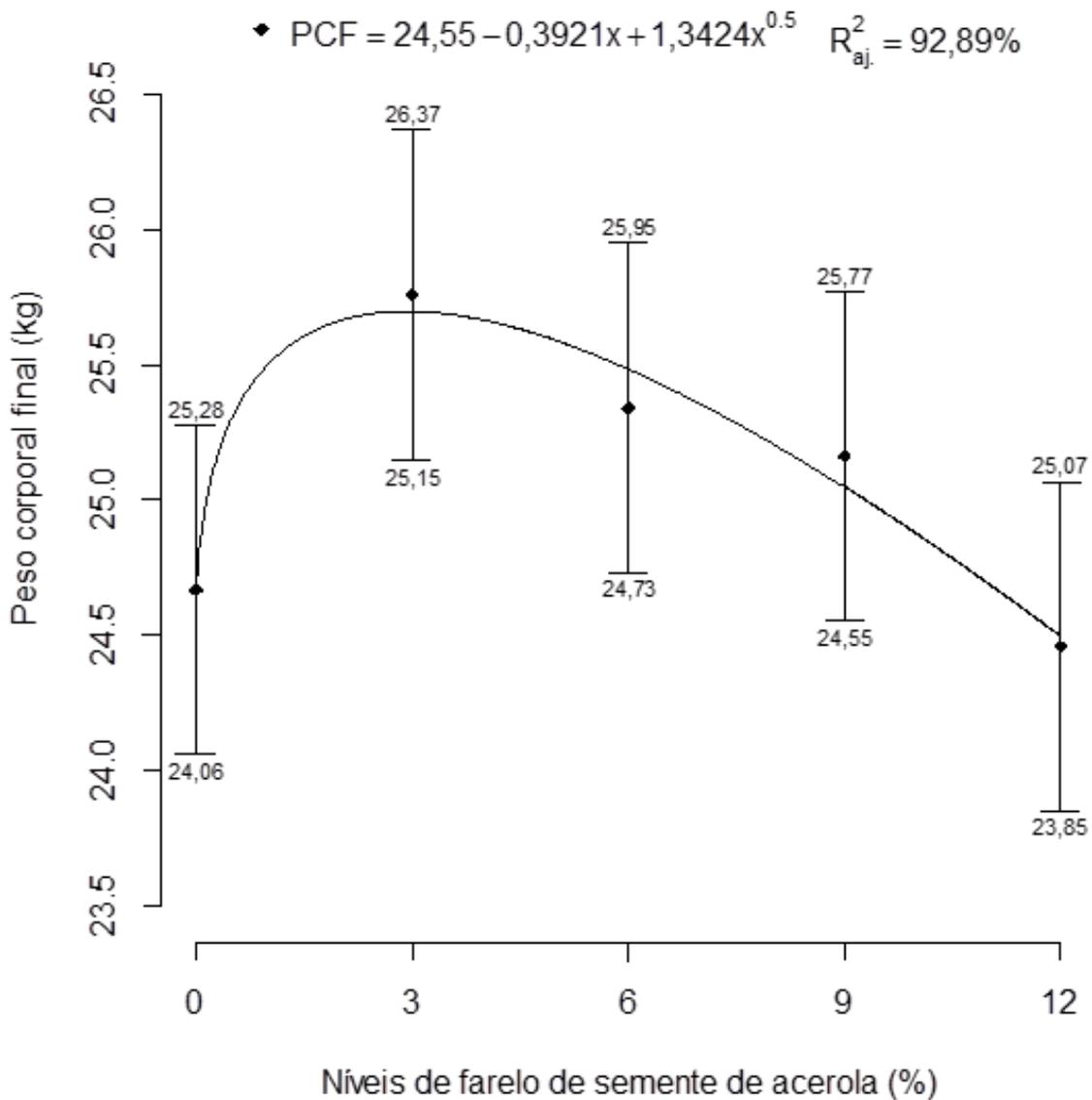


Figura 1. Modelo de regressão linear de peso corporal final corrigido de suínos em fase inicial em função dos níveis de farelo de semente de acerola (%).

Os resultados indicaram que houve elevada aderência dos modelos “raiz quadrada” aos dados de PCF, GDP e CDR, explicando de 88,98 a 92,89% da variação dos dados, sugerindo confiabilidade nos valores estimados. Os valores estimados de nível de RSIA que proporcionaram a máxima estimativa de PCF, GDP e CDR foram de 2,93, 3,05% e 4,27%, que resultaram nos valores 25,70 kg para PCF, 0,636 kg de GDP e 1,15 kg de CDR (Figuras 1 e 2).

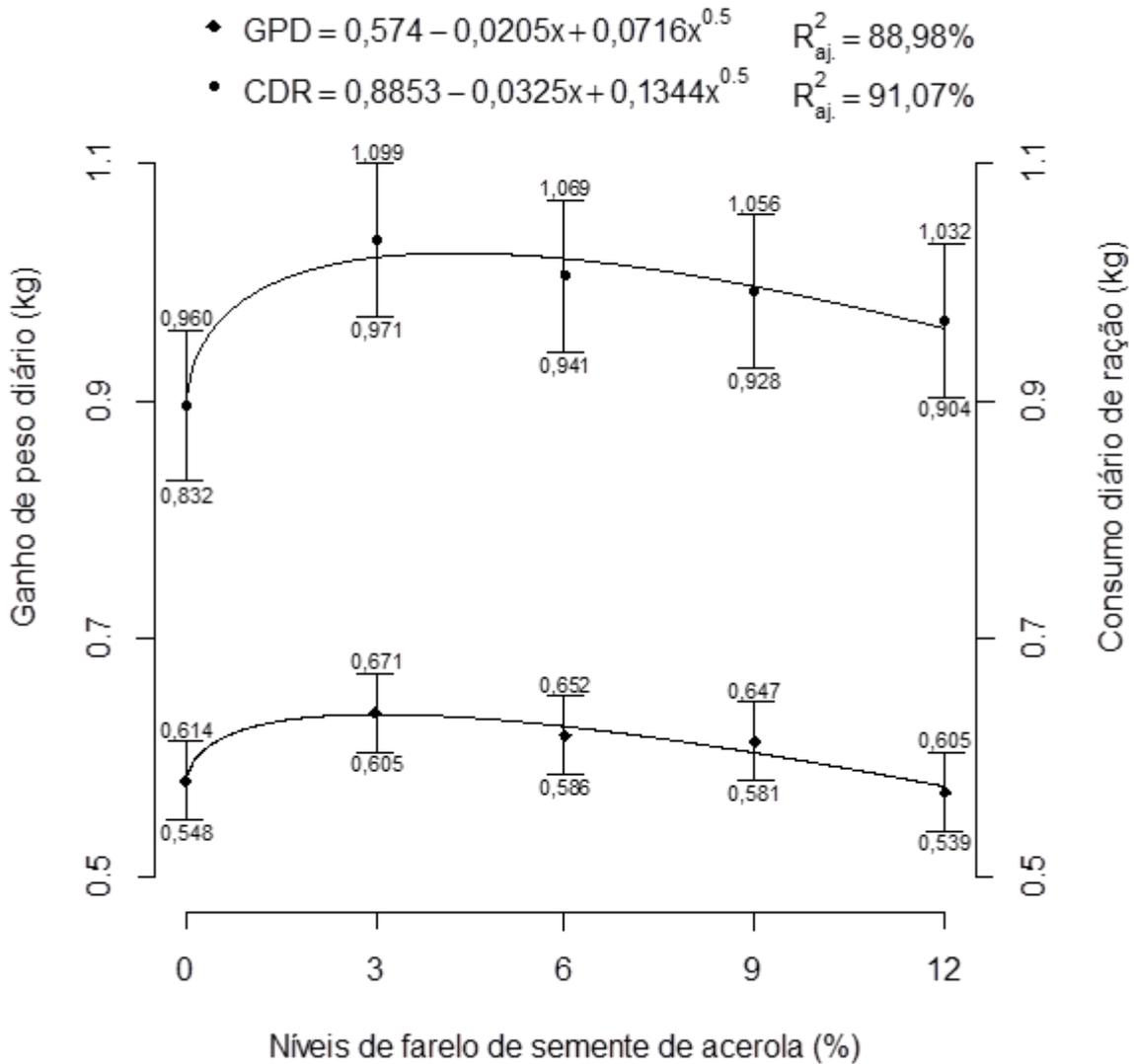


Figura 2. Modelos de regressão linear de ganho diário de peso e consumo diário de ração corrigido de suínos em fase inicial em função dos níveis de farelo de semente de acerola (%)

Os valores estatísticos obtidos do teste de t, da probabilidade de significância (p) e o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) dos modelos de regressão dos valores médios ajustados de peso corporal final (PCF) (Tabela 8), ganho diário de peso (GDP) (Tabela 9) e consumo diário de ração (CDR) (Tabela 10) de suínos em fase inicial, de acordo com os níveis de inclusão do RSIA são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 8. Valores calculados da estatística t, da probabilidade de significância (p) e do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) dos modelos de regressão dos valores médios ajustados de peso corporal final (PCF) de suínos em fase inicial, de acordo com os níveis de farelo de semente de acerola (x) utilizados na ração<sup>1</sup>.

Parâmetro	Estimativa	Desvio-padrão	t <sub>cal.</sub>	t <sub>cal. corr.</sub> <sup>2</sup>	p <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub> <sup>4</sup>
Intercepto	25,28	0,4440	56,94	110,62	7,23x10 <sup>-33</sup>	0,0959	-0,2054
x	-0,0341	0,0604	-0,56	1,09	0,2870		
Intercepto	24,80	0,2899	85,56	89,09	1,04x10 <sup>-30</sup>	0,8266	0,6533
x	0,2846	0,1145	2,49	2,59	0,0164		
x <sup>2</sup>	-0,0265	0,0091	-2,90	-3,02	0,0061		
Intercepto	24,55	0,1507	162,87	76,77	3,15x10 <sup>-29</sup>	0,9645	0,9289
x	-0,3921	0,0533	-7,36	-3,47	0,0021		
x <sup>0,5</sup>	1,3424	0,1920	6,99	3,29	0,0032		
Intercepto	25,18	0,2716	92,70	170,40	3,54x10 <sup>-37</sup>	0,1896	-0,0805
1/x	-0,0051	0,0061	-0,84	-1,54	0,1372		
Intercepto	25,05	0,2649	94,56	185,21	5,21x10 <sup>-38</sup>	0,0799	-0,2267
log <sub>10</sub> (x)	0,1151	0,2254	0,51	1,00	0,3277		

<sup>1</sup>Quadrado médio do resíduo na ANCOVA = 0,5223237; Grau de liberdade na ANCOVA = 23;

<sup>2</sup>t<sub>cal. corrigido</sub> = t<sub>cal.</sub> X (QM<sub>IND.REG.</sub>/(QM<sub>RES./J</sub>))<sup>0,5</sup>; J = número de repetições; <sup>3</sup>teste t com hipótese alternativa bilateral; <sup>4</sup>R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = 1 - [(n - 1) x SQ<sub>IND.REG.</sub>]/((n - p) x SQ<sub>Total</sub>).

Carvalho et al. (2014) avaliando o desempenho de leitões em fase de creche com diferentes níveis de farelo de coco (0, 7, 14 e 21 % de inclusão), observou que níveis acima de 7 % de farelo de coco resultou em efeito linear negativo (p<0,05) sobre o ganho de peso diário dos animais dos 21 aos 42 dias de idade. Considerando dos 43 aos 63 dias e no período total (21 a 63 dias de idade), observou-se efeito quadrático dos níveis de farelo nas rações

( $p < 0,05$ ) sobre a conversão alimentar, em que o melhor nível estimado foi de 14,33% (43 aos 63 dias de idade) e 13,99 % (período total). O resíduo seco da industrialização da acerola apresentou efeito positivo em menor nível de inclusão, quando comparado ao farelo de coco, provavelmente por apresentar maiores teores de fibra presente no produto, o que acarretou em redução no desempenho quando maiores quantidades foram adicionadas na dieta.

Tabela 9. Valores calculados da estatística t, da probabilidade de significância (p) e do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) dos modelos de regressão dos valores médios ajustados de ganho de peso diário (GPD) de suínos em fase inicial, de acordo com os níveis de farelo de semente de acerola (x) utilizados na ração<sup>1</sup>.

Parâmetro	Estimativa	Desvio-padrão	$t_{cal.}$	$t_{cal. corr.}^2$	$p^3$	$R^2$	$R^2_{aj.}^4$
Intercepto	0,6132	0,0239	25,65	49,65	$6,69 \times 10^{-25}$	0,0585	-0,2553
x	-0,0014	0,0033	-0,43	0,83	0,4151		
Intercepto	0,5868	0,0140	42,02	39,03	$1,59 \times 10^{-22}$	0,8555	0,7109
x	0,0162	0,0055	2,93	2,72	0,0122		
$x^2$	-0,0015	0,0004	-3,32	3,08	0,0053		
Intercepto	0,5740	0,0099	57,96	33,25	$5,97 \times 10^{-21}$	0,9449	0,8898
x	-0,0205	0,0035	-5,85	-3,36	0,0027		
$x^{0,5}$	0,0716	0,0126	5,67	3,25	0,0035		
Intercepto	0,6108	0,0140	43,78	76,54	$3,37 \times 10^{-29}$	0,2321	-0,0238
1/x	-0,0003	0,0003	-0,95	-1,66	0,1105		
Intercepto	0,6029	0,0137	43,99	82,56	$5,95 \times 10^{-30}$	0,1150	-0,1800
$\log_{10}(x)$	0,0073	0,0117	0,62	1,16	0,2579		

<sup>1</sup>Quadrado médio do resíduo na ANCOVA = 0,00152293; Grau de liberdade na ANCOVA = 23; <sup>2</sup> $t_{cal. corrigido} = t_{cal.} \times (QM_{IND.REG.}/(QM_{RES./J}))^{0,5}$ ; J = número de repetições; <sup>3</sup>teste t com hipótese alternativa bilateral; <sup>4</sup> $R^2_{aj.} = 1 - [(n - 1) \times SQ_{IND.REG.}/((n - p) \times SQ_{Total})]$ .

Os modelos preditivos para CA e UF foram uniformes, haja vista que não foi obtida significância para os parâmetros. Os valores estimados de CA e UF foram de 1,62 e 68,27 mg/dL, respectivamente, para quaisquer níveis de RSIA utilizados em substituição ao milho. A ausência de efeito dos níveis de RSIA também pode ser constatada ao se observar os resultados de CA e UF (Tabela 7), em que não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre médias

observadas dos tratamentos contendo níveis de RSIA em relação às médias do tratamento referência (0%).

Tabela 10. Valores calculados da estatística t, da probabilidade de significância (p) e do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) dos modelos de regressão dos valores médios ajustados de consumo diário de ração (CDR) de suínos em fase inicial, de acordo com os níveis de farelo de semente de acerola (x) utilizados na ração<sup>1</sup>.

Parâmetro	Estimativa	Desvio-padrão	t <sub>cal.</sub>	t <sub>cal. corr.</sub> <sup>2</sup>	p <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub> <sup>4</sup>
Intercepto	0,9590	0,0447	21,46	40,16	8,34x10 <sup>-23</sup>	0,0924	-0,2101
x	0,0034	0,0061	0,55	1,03	0,3137		
Intercepto	0,9146	0,0375	24,37	31,46	2,08x10 <sup>-20</sup>	0,7122	0,4244
x	0,0329	0,0148	2,22	2,87	0,0087		
x <sup>2</sup>	-0,0025	0,0012	-2,08	-2,69	0,0131		
Intercepto	0,8853	0,0170	52,15	26,53	9,46x10 <sup>-19</sup>	0,9553	0,9107
x	-0,0325	0,0060	-5,42	-2,76	0,0111		
x <sup>0,5</sup>	0,1344	0,0216	6,22	3,16	0,0044		
Intercepto	1,0002	0,0140	71,24	64,85	1,50x10 <sup>-27</sup>	0,7856	0,7141
1/x	-0,0010	0,0003	-3,32	-3,02	0,0061		
Intercepto	0,9708	0,0169	57,45	68,81	3,86x10 <sup>-28</sup>	0,6290	0,5054
log <sub>10</sub> (x)	0,0324	0,0144	2,26	2,71	0,0125		

<sup>1</sup>Quadrado médio do resíduo na ANCOVA = 0,00568818; Grau de liberdade na ANCOVA = 23; <sup>2</sup>t<sub>cal. corrigido</sub> = t<sub>cal.</sub> x (QM<sub>IND.REG.</sub>/(QM<sub>RES./J</sub>))<sup>0,5</sup>; J = número de repetições; <sup>3</sup>teste t com hipótese alternativa bilateral; <sup>4</sup>R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = 1 - [(n - 1) x SQ<sub>IND.REG.</sub>]/((n - p) x SQ<sub>Total</sub>).

Os resultados sugeriram que a utilização de até 12% de RSIA nas rações de leitões em fase inicial, não altera os valores médios de CA e UF, ou seja, os resultados de CA e UF não servem como referencial para a recomendação do nível mais adequado de inclusão de RSIA em substituição ao milho na ração de suínos, devendo-se adotar o ajuste de modelos de regressão de PCF, GPD e CDR em função dos níveis de RSIA como melhor critério técnico para a estimação do nível de RSIA que promova o desempenho máximo dos suínos.

## 5 CONCLUSÃO

O resíduo da indústria da acerola contém 8,03% de PB e 4553kcal/kg de EB e apresentou baixos coeficientes de digestibilidade, com valores digestíveis de MS = 17,19%, PB = 3,14%,FDN = 9,11% e FDA = 4,58%. O valor de energia digestível e metabolizável do RSIA para leitões na fase inicial foram 1253 e 1236 kcal/kg, respectivamente. Os níveis crescentes de RSIA não promoveu influência no consumo, retenção e excreção total de nitrogênio.

O nível ótimo de inclusão do RSIA na alimentação de leitões em fase inicial foram 2,93% para PCF, 3,05% para GDP e 4,27% para CDR. O melhor nível de inclusão do RSIA foi de 3,05%, que proporcionou maior ganho diário de peso.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC – AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 46, n. 3, p. 112-126, 2001.
- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L. L. **Swine Nutrition**. 2Ed. Boca Raton: CRC, p. 903-916, 2001.
- ALMEIDA, J. S.; SANTOS NETO, L.D.; PAIVA, K.S.L; et al. Utilização de subprodutos de frutas na alimentação animal. **Revista eletrônica Nutritime**, Artigo 248- Volume 11 - Número 03 p. 3430– 3443 – Maio/Junho 2014.
- ARAÚJO, K. O.; MONTES, A. C. R.; MARTINS, C. Z. ET AL. **Caracterização das sementes de acerola**. In: XIX Jornada em Engenharia Química. Uberlândia – MG, 2014.
- ARVANITOYANNS, I. S.;VARZAKAS., T.H. Fruit/Fruit juice waste management: treatment methods and potential uses of treated waste. In: ARVANITOYANNIS, I. S. **Waste Management for the food industries**. Amsterdam: Academic Press, 2008. p. 579-628.
- BACH KUNDSSEN, K.E. The nutritional significance of ‘‘dietary fibre’’ analysis. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p.3-20, 2001.
- BELLAVER, C.; LUDKE, J. V. **Considerações sobre os alimentos alternativos para dieta de suínos**. Resumo da palestra apresentada no ENIPEC. Cuiabá, MT, 2004.
- BUDIÑO, F.E.L.; PREZZI, J.A.; RODRIGUES, D.J.; et al. Desempenho e digestibilidade de leitões alimentados com rações contendo feno de alfafa e frutoligossacarídeo na fase inicial. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.16, n.4, p.796-810, 2015.
- CAETANO, A.C.S.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G. et al. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais da acerola. **Jounal Food Technology**, v.12, n.2, p. 155 – 160, 2009.
- CALDARELLI, C.R. e BACCHI, M.R.P. Fatores de influência no preço do milho do Brasil. **Revista Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 22, p. 141-164, 2012

- CALGARO, M.; BRAGA, M.B. **A cultura da acerola**. Embrapa, 3ª edição revista ampliada. Brasília – DF, 2012.
- CARVALHO, P. L.O.; MOREIRA, I. PAIANO, D.; et al. Casca de Café Melosa Ensilada na Alimentação de Suínos na Fase Inicial. **Ciência e Agrotecnologia** v. 33, n. 5, 2009.
- CARVALHO, L.E.; WATANABE, P.H.; RIBEIRO, J.C. et al. Níveis de Farelo de Coco em rações para leitões na fase de creche. **Archivos de Zootecnia**, v.63, n. 242, p. 296, 2014.
- CASTELINI, F. R. **Farelo de acerola em programa de restrição alimentar para suínos pesados**. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.
- CASTRO, D.E.S. Coproduto desidratado de mandioca na alimentação de leitões na fase inicial. 2016. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Marechal Cândido Rondon.
- DIÓGENES, G.V.; ARRUDA, A.M.V.; VASCONCELOS, N.V.B.; et al. Digestibilidade do resíduo agroindustrial de acerola em rações para aves. **ZOOTEC-2014**. XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia. Vitória-ES. 2014.
- FACHINELLO, M.R.; POZZA, P.C.; MOREIRA, I.; CARVALHO, P.L.O. et al. Effect of passion fruit seed meal on growth performance, carcass, and blood characteristics in starter pigs.
- FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M; et al. Consumo e digestibilidade de silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subproduto da agroindústria da acerola. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.4, p.693-701, 2010.
- GENOVA, J.L. **Substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes proteicas na alimentação de leitões na fase de creche**. 2017. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Marechal Cândido Rondon

- GENTILINI, F.P.; LIMA, G.J.M.M.; GUIDONI, A.L.; RUTZ, F. Casca de soja em dietas para suínos em crescimento e terminação. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.14, n.2, p.375-382, abr-jun, 2008
- GOMES, J. D.F.; FUKUSHIMA, R.S.; PUTRINO, S.M. et al. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na dieta de suínos sobre a morfologia dos órgãos digestivos e não digestivos. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 202-209, 2006.
- GOULART, F. R.; ADORIAN, T. J.; MOMBACH, P. I. et al. Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. **Revista de Ciência e Inovação do IF Farroupilha**, v.1, n. 1, 2016.
- KOSSEVA, M. R. Processing of food wastes. In: TAYLOR, S. **Advances in food and Nutrition research**. Burlington: Academic Press, 2009. v.58, p.57-136.
- KUNZLER, J.S.; ROCHA, L.T.; CAMARGO, C.A.S.; SARTURI, D.M. et al. Influência da fibra nas perdas endógenas de nitrogênio de suínos: estudo meta-analítico. In: Pork expo e VIII Fórum Internacional de Suinocultura, Foz do Iguaçu, 2016.
- LOUSADA Jr, J. E.; COSTA, J.M.C.; NEIVA, J. N. M.; et al. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.70-76, 2006.
- MARUJO, M.V. **Tipos de fibras e redução do nível proteico em dietas para leitões recém-desmamados**. 2016.Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.
- MATTERSON, L.D. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report Connecticut Agricultural Experiment Station**, v.7, n.1, p.11-14, 1965.
- MOREIRA, I.; KUTSCHENKO, M.; FURLAN, A.C.; et al. Exigência de lisina para suínos em crescimento e terminação, alimentados com rações de baixo teor de proteína, formuladas de

acordo com o conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p. 537-542, Maringá, 2004.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, n. 108, p. 95–117, 2003.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica: Lehninger**. Omega, 2014.

OLIVEIRA, E.L. et al. Desempenho de leitões na fase de creche alimentados com rações contendo proteína concentrada de soja. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 2, p. 131-136, 2012.

PASCOAL, L.A.F.; MIRANDA, E.C.; LAMENHA, M.I.A.; et al. Inclusão de farelo de coco em dietas para suínos em crescimento com ou sem suplementação enzimática. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.11, n.1, p 160-169 jan/mar, 2010

PASCOAL, L.A.F.; THOMAZ, M.C.; WATANABE, P.H.; et al. Fiber sources in diets for newly weaned piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.3, p.636-642, 2012.

PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.2, p.1303-1306, 1968.

PEREIRA, C. T. M.; SILVA, C.R. P.; LIMA, A. et al. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha de resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 50 – 56, 2013

POLYCARPO, G.V.; CRUZ, V.C.; ZANETTI, L.H.; et al. Valores de energia metabolizável do farelo de acerola para frangos de corte. **VI SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DA UNESP – DRACENA e VII ENCONTRO DE ZOOTECNIA**. Dracena-SP. 2010.

RAMOS, G.F. **Farelo de abacaxi como fonte de fibra na alimentação de leitões desmamados**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – Camps experimental de Dracena

- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em <http://www.R-project.org/>. Acesso em 15/03/2018
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. **Acerola**. Informe agropecuário, v.32, n. 264, p.17-25, Belo Horizonte, 2011.
- ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. 3ª edição, Viçosa, MG: UFV, 252 p., 2011.
- ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. 4ª edição, Viçosa, MG: UFV, 252 p., 2017.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2016, 262p.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 2017. **Suinocultura – Panorama Paranense**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php>. Acesso em: 20/03/2018
- SIEBRA, J.E.C.; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V. et al. Desempenho bioeconômico de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações contendo farelo de coco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.1996-2002, 2008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed.Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, S. Z.; THOMAZ, M. C.; WATANABE, P. H. ET AL. Mananoligossacarídeo em dietas para leitões desmamados. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.49, n.2, p. 102-110, 2012.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.10, p.3562-3577, 1992.

TREICHEL, M.; KIST, B.B.; SANTOS, C.E.; CARVALHO, C. et al. **Anuário Brasileiro de Fruticultura**, 2016. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2017, p.92.