

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos



Dissertação

**Caracterização de produtos da industrialização de arroz para uso em nutrição
de ruminantes**

Ródner Bianchin Pedroso
Engenheiro Químico

Pelotas, 2019

Ródner Bianchin Pedroso

**Caracterização de produtos da industrialização de arroz para uso em nutrição
de ruminantes**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P111c Pedroso, Ródner Bianchin

Caracterização de produtos da industrialização de arroz para uso em nutrição de ruminantes / Ródner Bianchin Pedroso ; Moacir Cardoso Elias, orientador. — Pelotas, 2019.

52 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Arroz. 2. Industrialização de arroz. 3. Nutrição animal.
I. Elias, Moacir Cardoso, orient. II. Título.

CDD : 636.0852

Ródner Bianchin Pedroso

Caracterização de produtos da industrialização de arroz para uso em nutrição de ruminantes

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data de defesa: 20 de novembro de 2019

Banca examinadora:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias (Orientador)

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Dr^a. Shanise Lisie Mello El Halal

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Dr^a. Graziella Pinheiro Bruni

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Prof^a. Dr^a. Bianca Pio Ávila

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico este singelo estudo ao meu filho Antônio, à minha esposa Thauana, aos meus pais Rinaldo e Rosa e minha irmã Rubia.

Agradecimentos

Agradeço ao professor Dr. Moacir Cardoso Elias pela compreensão, perseverança e compartilhar, sempre que possível, do seu vasto conhecimento. Sem dúvida, aprendi mais nas breves conversas do que em muitos artigos.

À equipe de professores, colaboradores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela troca de conhecimento e estreitamento de laços.

À minha esposa Thauana Alves por estar em mais essa caminhada, ajudando, escutando e, acima de tudo, não me deixando esmorecer.

Ao meu filho Antônio Pedroso por ser a dádiva em nossos corações, sendo mais um estímulo para perseguir os sonhos.

Aos meus pais Rinaldo e Rosa que desde o início incentivaram e apoiaram, tornando possível a realização deste trabalho.

À minha irmã Rubia, o laço forte da família, pelo seu carinho e momentos de descontração.

Aos meus avós Adélio Pedroso, Valdecira Duarte (*in memoriam*), Pedro e Julia Bianchin, pelo carinho, dedicação e confiança que sempre depositaram em mim.

À Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda – CAAL, por oportunizar a realização da pesquisa e o meu desenvolvimento profissional, em especial ao gerente Luis Carlos de Carvalho Figueira (Cacaio) pelo incentivo e compartilhar um pouco do seu conhecimento.

Ao meu colega e compadre veterinário Felipe Bittencourt pela ajuda no entendimento da nutrição animal e trabalharmos diariamente complementando-nos com o conhecimento que cada um carrega.

À equipe do laboratório da CAAL, em especial à Luciana Safons, Rosana Almada e Mauro Machado, pelo companheirismo diário e suporte nas análises.

Aos amigos Matheus Corrêa, Jaques Appelt, Nilo Freitas, Jorge Franck e Heuri Temp, da equipe Nutron, pelos treinamentos e troca de conhecimento.

Ao professor e amigo Walter Augusto Ruiz pelo apoio e a dedicação que sempre teve, escutando as ânsias e mostrando um caminho.

E a todos os amigos e familiares que fazem parte dessa caminhada.

Se as coisas são inatingíveis... ora!

Não é motivo para não querê-las...

Que triste os caminhos, se não fora

A presença distante das estrelas!

(Mário Quintana, 1951)

Resumo

PEDROSO, Ródner Bianchin. **Caracterização de produtos da industrialização de arroz para uso em nutrição de ruminantes**. Orientador: Moacir Cardoso Elias. 2019. 52 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

Objetivou-se neste estudo caracterizar os produtos da industrialização de arroz para o uso na nutrição animal, avaliando-se a composição centesimal da quirera de arroz, farelo de arroz integral e resíduo de pré-limpeza do arroz, juntamente com a análise do grão de milho. Formulou-se uma ração com aproximadamente 10% de proteína, com a ajuda do *software* Nutrismart (Cargill/Nutron) e submeteu-se ao tratamento térmico de peletização. Comparou-se as composições centesimais das formulações farelada e peletizada, bem como o índice de acidez, como indicativo se a peletização é suficiente para estabilizar o farelo de arroz e cessar a degradação enzimática. Os resultados apontam o resíduo de pré-limpeza de arroz como uma fonte de fibra bruta (17,35%MS) para alimentação de ruminantes, com valores expressivos de proteína (7,71%MS). O farelo de arroz integral contém alto teor de extrato etéreo (19,05%MS), com valores significativos de proteína (14,75%MS) e fósforo (2,27%MS). O teor proteico da quirera de arroz (8,38%MS) é próximo ao do milho (8,74%MS), diferindo nos teores de extrato etéreo (1,28%MS para a quirera de arroz e 3,18%MS para o milho) e fibra bruta (0,20%MS para a quirera de arroz e 2,33%MS para o milho). As formulações farelada e peletizada apresentaram valores de composição centesimal próximos, como esperado. Em relação ao índice de acidez, não houve diferença significativa entre as formas físicas, indicando que a peletização não é capaz de estabilizar o farelo de arroz.

Palavras-chave: arroz; industrialização de arroz; nutrição animal.

Abstract

PEDROSO, Ródner Bianchin. **Products characterization of rice industrialization for use in ruminants nutrition.** Advisor: Moacir Cardoso Elias. 2019. 52 f. Dissertation (Professional Master Degree in Food Science and Technology) – Graduate Program in Food Science and Technology, Eliseu Maciel College of Agronomy, Federal University of Pelotas, 2019.

The objective of this study was to characterize the products of rice industrialization for use in animal nutrition, evaluating the centesimal composition of rice bran, broken rice and rice waste (of cleaning operation), together with the analysis of corn grain. A diet containing approximately 10% of protein was formulated on Nutrismart software (Cargill/Nutron) and subjected to pelletization. The centesimal composition of the mash and pelleted ration were compared, as well as the acidity index, as an indication of whether palletization is sufficient to stabilize rice bran and cease the enzymatic degradation. The results indicate the rice waste is a source of crude fiber (17.35% DM) for ruminant feeding, with expressive protein values (7.71% DM). Rice bran contains high ether extract level (19.05% DM), with significant protein (14.75% DM) and phosphorus (2.27% DM) values. Protein content of broken rice (8.38% DM) is close to that of corn (8.74% DM), differing in the ether extract content (1.28% DM for broken rice and 3.18% DM for corn) and crude fiber (0.20% DM for broken rice and 2.33% DM for corn). Mash and pellet rations showed close centesimal composition values, as expected. Regarding the acidity index, there was no significant difference between the physical forms, indicating that the palletization is not able to stabilize the rice bran.

Key-words: rice; rice industrialization; animal nutrition.

Lista de Figuras

Figura 1 - Estrutura do Grão de arroz.	17
Figura 2 - Fluxograma das operações de industrialização do arroz e principais subprodutos e coprodutos gerados	18
Figura 3 - Reação de hidrólise enzimática do triglicerídeo.	22
Figura 4 - Resíduo de pré-limpeza de arroz seco.....	28
Figura 5 - Ração formulada na forma farelada	31
Figura 6 - Ração formulada na forma peletizada.....	31
Figura 7 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos, referente aos dados de teor de proteína entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e Milho.	36
Figura 8 - Gráfico de variância pela média dos valores, do teste de homocedasticidade do teor de proteína entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.	37
Figura 9 - Teor de proteínas no resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA), quirera de arroz (QA), farelo de arroz integral (FAI) e milho (M).	37
Figura 10 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos, referente aos dados de teor de fibra bruta entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.	38
Figura 11 - Gráfico de variância pela média dos valores, do teste de homocedasticidade do teor de fibra bruta entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.	38
Figura 12 - Teor de fibra bruta no resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA), quirera de arroz (QA), farelo de arroz integral (FAI) e milho (M).	39
Figura 13 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos, referente aos dados de teor de extrato etéreo entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.	39
Figura 14 - Gráfico de variância pela média dos valores, do teste de homocedasticidade do teor de extrato etéreo entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.	40
Figura 15 - Teor de extrato etéreo no resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA), farelo de arroz integral (FAI), quirera de arroz (QA) e milho (M).	41

Figura 16 - Teor de extrativo não nitrogenado no resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA), quirera de arroz (QA), farelo de arroz integral (FAI) e milho (M).	41
Figura 17 - Composição centesimal das formulações na forma farelada e peletizada.	43

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Composição da ração formulada, em percentual de matéria seca.	30
Tabela 2 - Porcentagem em matéria seca dos componentes do resíduo de pré-limpeza do arroz.....	32
Tabela 3 - Comparativo da caracterização da composição física do resíduo de pré-limpeza do arroz, expressos em percentual de matéria seca.	33
Tabela 4 - Composição centesimal do resíduo de pré-limpeza do arroz em percentual de matéria seca.	34
Tabela 5 - Composição centesimal do farelo de arroz, em percentual de matéria seca.	35
Tabela 6 - Composição centesimal da quirera de arroz, expresso percentual de matéria seca e mg/100g de matéria seca.....	35
Tabela 7 - Resumo do teste de Barlett aplicado aos parâmetros avaliados para QA, FAI, RPLA e Milho.....	42
Tabela 8 - Composição centesimal dos coprodutos de arroz, subproduto de arroz e grão de milho.	42
Tabela 9 - Resumo do teste de Levene aplicado aos parâmetros avaliados para as formulações farelada e peletizada.....	43
Tabela 10 - Composição centesimal das formulações na forma farelada e peletizada, expresso em percentual de matéria seca e mg de NaOH/mg.	44

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
1.2. Objetivos específicos	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Composição e estrutura do Grão de Arroz	16
2.2. Industrialização do arroz	18
2.3. Resíduo de pré-limpeza do arroz	19
2.4. Farelo de Arroz	21
2.5. Quirera de arroz	24
2.6. Peletização	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Material	28
3.2. Métodos	29
3.2.1. Caracterização das frações constituintes do resíduo de pré-limpeza	29
3.2.2. Análise centesimal e acidez	29
3.2.3. Formulações	30
3.2.4. Tratamento estatístico.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Resíduo de pré-limpeza do arroz	32
4.2. Farelo de arroz.....	34
4.3. Quirera de arroz.....	35
4.4. Comparativo entre os produtos de arroz	36
4.5. Formulações	42
5. CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

As estimativas para a safra 2019/2020 de arroz (*Oryza sativa* L.) é de 10,6 milhões de toneladas, com 80% da produção concentrada na região sul do país (CONAB, 2019). Uma quantidade expressiva de produtos é gerada na industrialização do grão, tais como farelo de arroz, casca e quirera, podendo ser destinados à geração e cogeração de energia, combustíveis, percussores para biorrefinarias, à alimentação humana e animal.

O destino de produtos de arroz depende das tecnologias em desenvolvimento. Os estudos apontam para um campo promissor, porém requer além de investimento, mais pesquisas concentradas na área.

Por outro lado, o uso em geração e cogeração de energia, como o caso da casca de arroz e para alimentação animal, não necessitam de muita tecnologia e já possuem aplicabilidade industrial. A casca de arroz, que por muito tempo representou um passivo ambiental para as indústrias beneficiadoras, hoje é vista como um “produto” para as usinas de biomassa, que produzem energia elétrica e vapor superaquecido a partir da combustão da casca de arroz.

Durante a industrialização do arroz, nas operações de limpeza da massa de grãos, obtém-se o resíduo de pré-limpeza, ao qual é um material constituído de cascas de arroz, grãos inteiros, quebrados, chochos, sementes de invasoras e demais impurezas. Embora seja uma boa fonte de fibra para alimentação de ruminantes, a alta variabilidade da composição e a elevada umidade torna difícil a sua empregabilidade. Dessa forma, é importante a adoção de operações como secagem e mistura, que garantam a conservação e homogeneidade do produto. Ademais, o uso em formulação de ração garante o uso mais seguro e equilibrado, do ponto de vista nutricional.

A quirera de arroz é a fração menos valorizada dos fragmentos de arroz polido. No entanto, é um produto de elevada qualidade nutricional, com proteína de valor biológico. A quirera de arroz é uma importante fonte de carboidratos para a inclusão em rações, fazendo frente ao milho, que tem apresentado constante aumento de preço no mercado nacional.

O farelo de arroz integral tem sido usado na alimentação de ruminantes com cautela, pois o elevado teor de lipídios e a sua degradação são fatores limitantes. O

uso em formulações de ração permite diminuir o tempo de armazenagem, que por consequência pode interromper a elevação do índice de acidez. Uma vez que o farelo incluso na ração peletizada passa por tratamento térmico, é possível que haja a desnaturação da lipase.

Os produtos de arroz são ricos em constituintes básicos da química de alimentos, de materiais lignocelulósico, amiláceo, proteico e lipídico, em condições de serem extraídos e fracionados. São essas frações os percussores de outras cadeias de industrialização. A nutrição animal também é outra forma de aproveitar esses produtos agregando valor às atividades agropecuárias.

1.1. Objetivo geral

Caracterizar os produtos da industrialização do arroz para uso na nutrição de ruminantes.

1.2. Objetivos específicos

Quantificar os teores de proteína, lipídio, fibra bruta, cinzas, cálcio e fósforo do resíduo dos produtos de industrialização do arroz, especificamente do resíduo de pré-limpeza do arroz, farelo de arroz integral e quirera de arroz, de forma a obter informações nutricionais desses constituintes.

Comparar a análise centesimal dos produtos de arroz com os teores de grãos de milho, ao qual é o cereal mais empregado na alimentação animal.

Realizar a análise centesimal de uma ração formulada com os produtos de arroz para determinar os níveis nutricionais da formulação.

Comparar as composições centesimais das rações formuladas, na forma farelada e peletizada, para certificar os níveis nutricionais de ambas.

Avaliar o efeito do tratamento térmico da ração na estabilização da atividade enzimática na ração peletizada.

2. Revisão de literatura

2.1. Composição e estrutura do Grão de Arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é a fonte de energia na alimentação de mais da metade da população mundial, sendo a terceira maior cultura agrícola, perdendo para o trigo e milho (DALBHAGAT, MAHATO e MISHRA, 2019). Produzido em mais de 100 países, possui uma vasta gama de variedades, manejos, processos de industrialização e cocção.

Presente na cesta básica, o arroz é o principal cereal consumido no Brasil, sendo fonte de carboidratos, minerais, proteínas, lipídios e vitaminas. Apresenta-se de variadas formas, podendo ser consumido integral (ou seja, sem a casca), branco polido, parboilizado integral ou parboilizado polido (PARAGINSKI, ZIEGLER, *et al.*, 2014).

A casca de arroz é composta, basicamente, por cadeias de celulose, lignina, cinzas e cutina, juntamente com a estrutura de sílica, serve para proteger o grão e repelir a água (SOUZA, 2015), o que a torna indigerível para o consumo humano. Representando de 17% a 24% da massa do grão, a casca é composta de pálea, lema e arista, conforme mostrado na Figura 1 (CORKE, 2004).

Abaixo da casca, encontra-se a camada de farelo de arroz, constituída do pericarpo, tegumento, núcleo e aleurona. Rica em minerais, vitaminas e fibras, é fonte de gordura e proteína no grão de arroz (CORKE, 2004).

A camada de pericarpo é formada por uma espessa camada de células da parede do ovário amadurecido. Abaixo do pericarpo, tem-se uma camada espessa de cutícula, denominada de tegumento. Os pigmentos do arroz geralmente encontram-se nessa camada, também podendo ocorrer no pericarpo, dependendo da variedade (JULIANO e TUAÑO, 2019).

Entre o tegumento e a aleurona, encontra-se o núcleo, uma espessa camada fracamente ligada a anterior, separando-se facilmente durante o manuseio. A camada subsequente, a aleurona, recobre todo o grão de arroz e o embrião (JULIANO e TUAÑO, 2019).

Nesta camada encontram-se as estruturas de armazenamento de proteína (corpos proteicos ou grãos de aleurona) e de lipídio (corpos lipídicos ou esferossomas) (JULIANO e TUAÑO, 2019).

O embrião encontra-se na extremidade da base ventral do grão, contendo uma alta concentração de proteínas e lipídios, contribuindo fortemente para a rancidez do arroz integral (CORKE, 2004).

O endosperma concentra a parte amilácea do grão, sendo consumido sob a forma de arroz branco polido. Caracteriza-se pela baixa concentração de vitaminas, minerais e proteínas, aos quais concentram-se no farelo de arroz (ELIAS, 2002).

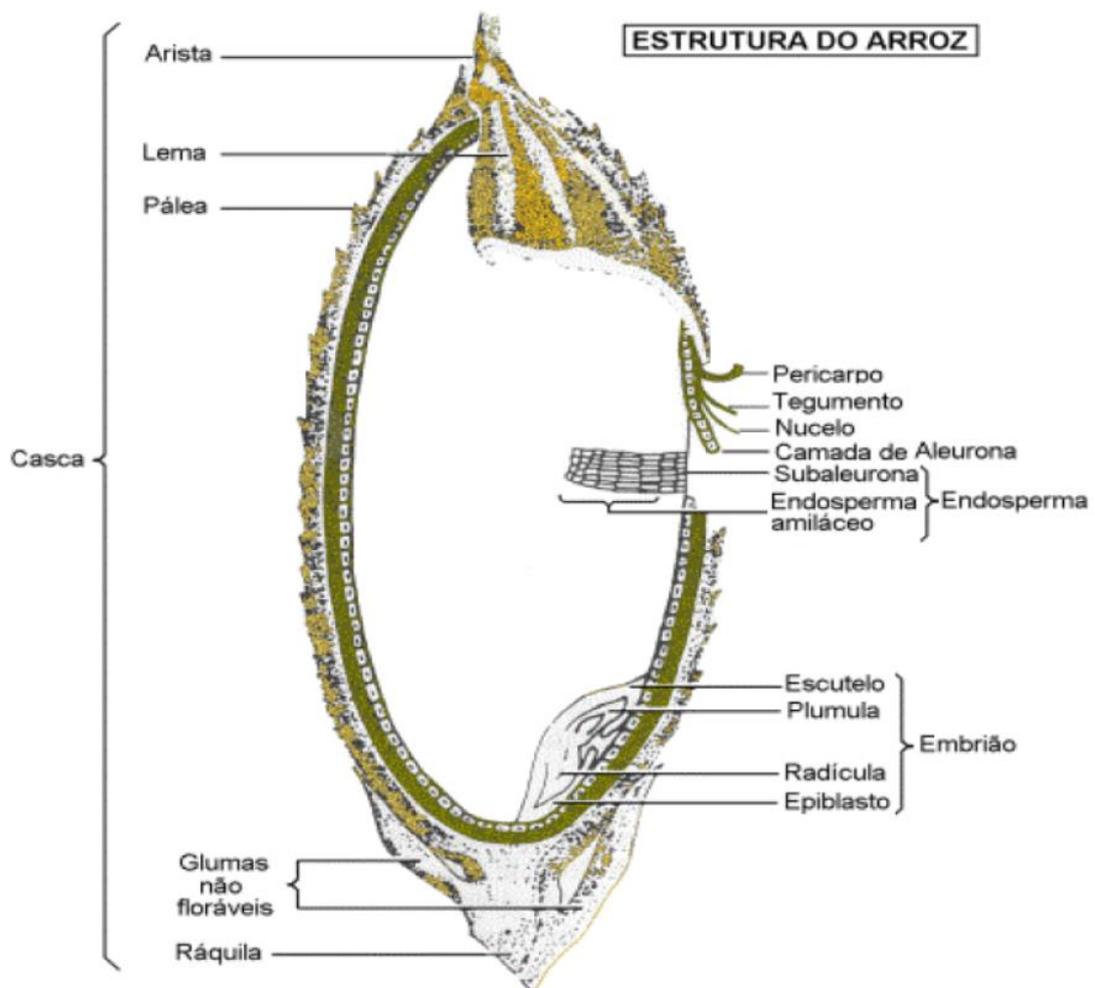


Figura 1 - Estrutura do Grão de arroz.
Fonte: (SOUZA, 2015).

De forma sucinta o grão de arroz é dividido em casca, película e gérmen e endosperma amiláceo. Essa classificação simplória é denominada de camadas

tecnológicas e sintetiza as principais frações do arroz (AMATO, CARVALHO e SILVEIRA FILHO, 2002).

2.2. Industrialização do arroz

O processo de industrialização do arroz inicia-se com o recebimento do produto em casca. Nesta etapa, muitas empresas contam com um laboratório para realizar as análises de caracterização do arroz, como impurezas, umidade, rendimento do beneficiamento, defeitos, infestações, brancura e polimento. Esta etapa é importante para determinar as próximas operações unitárias e na remuneração ao produtor (PERES, LUZ, *et al.*, 2015).

As próximas operações de pós-colheita do arroz compreendem a pré-limpeza do arroz, secagem, pós-limpeza do arroz e armazenamento. O beneficiamento é dado pelo descascamento, brunimento, polimento, separação dos grãos por tamanho, seleção eletrônica dos grãos e empacotamento (HALBERSTADT, SILVA, *et al.*, 2015).

Nas operações de pré-limpeza e pós-limpeza gera-se o resíduo de pré-limpeza do arroz. No descascamento gera-se a casca de arroz, enquanto no brunimento e polimento é gerado o produto farelo de arroz integral. Por fim, a operação de separação dos grãos por tamanho gera como principal produto os fragmentos de arroz, de forma geral, quirera de arroz. A Figura 2 ilustra o fluxograma de industrialização do arroz e indica os subprodutos e coprodutos gerados (ELIAS, 2007).

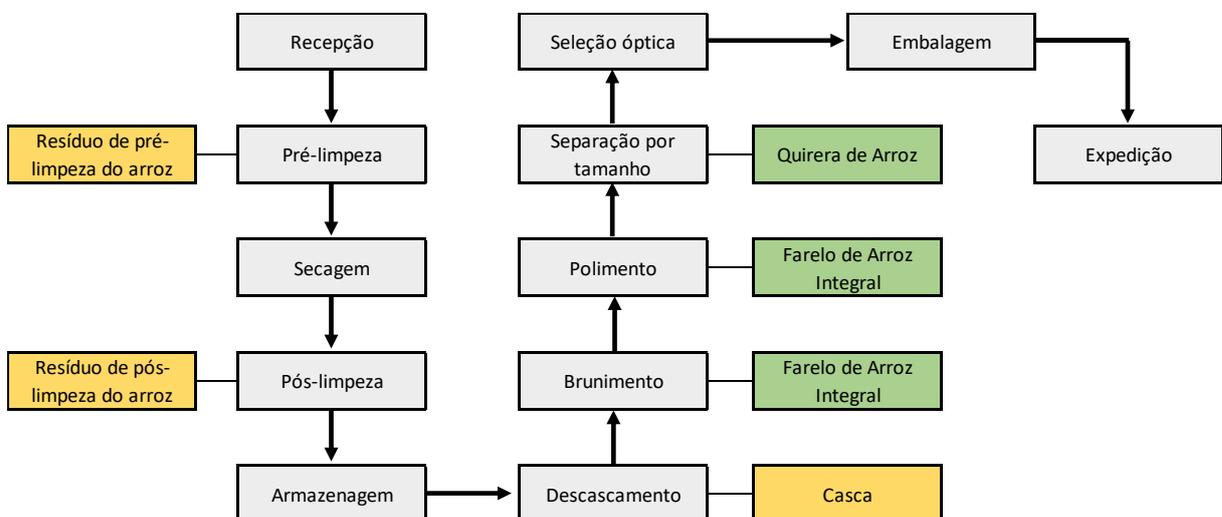


Figura 2 - Fluxograma das operações de industrialização do arroz e principais subprodutos e coprodutos gerados

2.3. Resíduo de pré-limpeza do arroz

Aproximadamente metade da constituição mássica do resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA) é de casca, ao qual é uma biomassa lignocelulósica, rica em silicato e oxalato, com baixo teor de nutrientes digestíveis (LANA, 2005). O seu elevado teor de silicato, aproximadamente 10% em massa, torna o subproduto muito abrasivo para o trato gastrointestinal, tanto de ruminantes como de monogástricos (GONÇALVES e SACCOL, 1997). Ademais, a utilização exclusiva de casca como alimento para nutrição animal, pode levar à compactação do rúmen e até mesmo causar a morte do animal. A moagem minimiza os efeitos, tornando-a mais palatável, principalmente se for utilizada como uma fração constituinte da dieta (STACEY e RANKINS, 2004).

A pré-limpeza do arroz é a operação compreendida entre o recebimento do grão e a secagem, objetivando reduzir a carga de impurezas, para que o secador seja abastecido com a massa de grãos o mais limpo possível. As impurezas retiradas nesta etapa são denominadas como “resíduo de pré-limpeza do arroz” (RPLA), também chamada, popularmente, como “crista de arroz”. Esses resíduos representam de 3 a 5% de toda a massa de arroz recebida na safra (PEDROSO, 1985).

Após a secagem do arroz, há outra operação de separação, onde se extrai o resíduo de pós-secagem do arroz. Este é similar em constituição ao resíduo de pré-limpeza, porém contém menos impurezas, baixo teor de umidade e as frações que o compõem são diferentes. Isso torna o resíduo de arroz um produto de composição bromatológica altamente variável (GONÇALVES e SACCOL, 1997).

O resíduo de pré-limpeza do arroz é composto basicamente por cascas de arroz (aproximadamente metade do produto é constituído de casca), de grãos de arroz inteiros (com ou sem casca), grãos de arroz chochos, grãos de arroz quebrados (com ou sem casca), palhas, sementes de invasoras, poeiras e impurezas (OLIVO, BRUM, *et al.*, 1991). A maior ou menor presença de grãos inteiros corresponde à problemas na regulagem de peneiras de pré-limpeza ou, até mesmo, na sobrecarga de produto no equipamento. Os grãos chochos são devidos às condições climáticas, doenças e pragas na lavoura. Os grãos quebrados podem ocorrer em maior quantidade dependendo da regulagem da colheitadeira, da oscilação de umidade ou do atraso na colheita de arroz. Por fim, a presença de sementes invasoras depende do grau de infestação da lavoura, do manejo e intensidade de uso. A semente invasora mais

comum no resíduo é a semente de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) (GONÇALVES e SACCOL, 1997).

A casca de arroz e o resíduo de pré-limpeza do arroz foram considerados por muito tempo dejetos, muito empregados como adubos e cama de aviário. A partir do fim da década de 1980 o resíduo de pré-limpeza começou a ser visto como potencial para uso na dieta animal, em especial de ruminantes (TOWNSEND, MAGALHÃES e COSTA, 1997).

Um dos primeiros usos do resíduo foi forma *in natura*. Porém é desaconselhável pelo seu elevado teor de umidade, sendo superior a 20%, o que obriga que seja usado em até 48h para evitar a degradação do produto. Como alternativa, o método de ensilagem é uma forma de acondicionar esse produto úmido por mais tempo (GONÇALVES e SACCOL, 1997).

A ensilagem é o processo de conservação de alimento para uso animal, em especial as forrageiras úmidas, por meio de fermentação. O processo transcorre em meio anaeróbico, onde são formados ácidos orgânicos, tais como o ácido butírico, acético, láctico e propiônico (ANDRIGUETTO, PERLY, *et al.*, 1982). Uma das dificuldades dessa técnica, é que o silo não pode ser aberto para colocar mais produto, devido à condicionante do meio anaeróbico, o que acaba encarecendo o processo de ensilagem para o resíduo de pré-limpeza do arroz.

Outro método muito adotado na década de 1990 era o tratamento álcali, o qual consiste em aplicar um produto alcalino (soda cáustica, uréia ou amônia) sobre o resíduo de pré-limpeza. O mais comumente empregado era a uréia, onde a umidade presente no resíduo fornecia as condições para a liberação da amônia. Além de alcalinizar o meio, o processo fornecia nitrogênio não proteico, elevando o teor de proteína bruta do resíduo (GONÇALVES e SACCOL, 1997).

A forma mais segura de armazenar o resíduo é com umidade inferior a 15%. Dessa forma, necessita-se que seja realizada a secagem do resíduo de pré-limpeza do arroz, onerando o produto. A secagem garante a estabilidade microbiológica do resíduo, podendo ser armazenado e utilizado em períodos específicos, como os de menor produção forrageira ou formulações de concentrados para alimentação animal (GONÇALVES e SACCOL, 1997).

No que se refere à apresentação física do resíduo, pode ser fornecido ao animal tanto inteiro como moído. O armazenamento do resíduo de pré-limpeza do arroz moído otimiza espaço além de favorecer a inclusão em formulação de rações. Há

evidências que a moagem da casca de arroz, um dos constituintes do resíduo, minimiza os distúrbios digestivos causado pela casca e torna mais palatável aos ruminantes (STACEY e RANKINS, 2004). Verificou-se também que o fornecimento moído melhora na conversão alimentar de vacas leiteiras (FERNANDES, MÜLLER, *et al.*, 2012).

2.4. Farelo de Arroz

O Farelo de Arroz Integral (FAI) é obtido principalmente na etapa de brunimento do grão, representando de 5 a 8% em massa do grão de arroz. Constitui de uma mistura de camadas de película de tegumento e gérmen dos grãos, sendo uma boa fonte de vitaminas, minerais, proteínas e fibras dietéticas. Além disso, também possui antioxidantes naturais como tocoferóis, tocotrienol e oryzanol (GUL, YOUSUF, *et al.*, 2015). A fração minoritária do farelo, cerca de 10%, é obtida na etapa de polimento do grão (PERES, LUZ, *et al.*, 2015). Nessa operação, o farelo pode conter mais partículas do endosperma, se diferenciando na sua composição do farelo da etapa de brunimento. Na prática industrial, esses dois fluxos de produtos gerados se misturam, dando uniformidade ao FAI.

Além das condições de processamento do grão, a composição química do farelo varia também pela cultivar e o tratamento pré-colheita. De forma geral, o farelo de arroz possui em média 15% de proteína, 15% de fibra e 16% de gordura, contendo importantes minerais como o cromo, cobre, zinco e magnésio. Ademais, possui elevado teor de vitamina A (PESTANA, MENDONÇA e ZAMBIAZI, 2008).

Pelo seu elevado teor de óleo, pode-se obter o “óleo de arroz” por extração mecânica ou por solventes. Na sua forma *in natura*, o farelo acaba sendo um bom aglutinante para as misturas de ração que sofrem processo de peletização, em razão do elevado teor de gordura (TSUCHIYA e YOSHIDA, 2017).

O óleo presente no FAI possui elevado teor de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, destacando-se os ácidos graxos linoleico e oleico, representando de 68% a 75% da fração dos ácidos graxos componentes. Possui também teor expressivo do ácido graxo palmítico, perfazendo a fração de 21% a 26% do total de ácidos graxos (PAUCAR-MENACHO, SILVA, *et al.*, 2007). Esse perfil de composição do óleo do farelo influencia diretamente na gordura animal de bovinos, no leite de

vacas leiteiras e na manteiga produzida a partir desse leite. Os lipídios, na alimentação de ruminantes, influenciam diretamente nas características de fluidez, cor, odor e sabor das gorduras de reserva. Pois, as gorduras formadas, conservam as suas características em função da composição de ácidos graxos (COSTA e FONTES, 2010). Como consequência, o uso acentuado de FAI na dieta de ruminantes pronuncia o amolecimento da gordura da carcaça e da manteiga produzida. De outra forma, a gordura presente no FAI é uma importante fonte de lipídios para a dieta de ruminantes, contribuindo para tornar os alimentos mais palatáveis (HEUZÉ e TRAN, 2015).

O conteúdo de óleo do farelo está organizado em células individuais, também chamados de corpos lipídicos. Durante o descasque e o brunimento, a ação mecânica dos equipamentos levam à ruptura dessas células promovendo o contato do óleo com a lipase (GUL, YOUSUF, *et al.*, 2015). A enzima inicia então o processo de hidrólise do triglicerídeo, como demonstrado na reação da Figura 3.

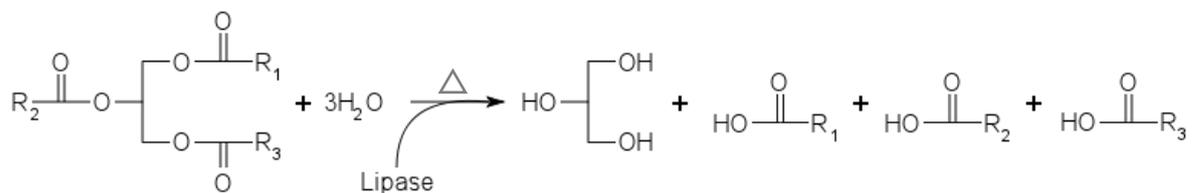


Figura 3 - Reação de hidrólise enzimática do triglicerídeo.

O ácido graxo livre resultante da hidrólise eleva o índice de acidez do farelo, caracterizando a rancidez do produto, popularmente chamado de “ranço”. Essa degradação do FAI limita o seu uso em algumas classes de animais, como os suínos (SCHIRMANN, ROCHA, *et al.*, 2018), e restringe as possibilidades de estocagem do produto para uso posterior. Essa degradabilidade ocorre rapidamente, até mesmo em horas dependendo da temperatura ambiente. Assim requer que o seu uso seja o tão logo possível ou que seja realizada a estabilização do FAI.

A estabilização do FAI interrompe a hidrólise lipolítica e as reações oxidativas no produto por meio da desnaturação das enzimas (lipases, lipoxigenases etc.), ou pela redução do teor de água livre, impossibilitando as reações enzimáticas. Vários métodos podem ser aplicados, como: secagem com ar quente, uso de vapor, refrigeração, secagem ao sol, secagem em leiteo fluidizado, aquecimento por micro-ondas, infravermelho, aquecimento ôhmico (GUL, YOUSUF, *et al.*, 2015).

De forma geral, esses processos são onerosos e ainda incipientes para as indústrias. O grande interesse na estabilização está voltado para o consumo humano, mercado ainda pouco explorado. Talvez seja um dos motivos por esses processos ainda não serem difundidos.

Algumas alternativas por rota química tem sido estudadas para a estabilização do farelo de arroz, como o tratamento com a mistura de ácidos acético e propiônico, à concentração de 2% em massa (GOPINGER, ZIEGLER, *et al.*, 2015). Os estudos apontam que a atividade enzimática se mantém baixa em 120 dias de armazenamento, mantendo-se as qualidades de composição centesimal. Mais especificamente, os estudos apontam que se consegue preservar as qualidades nutricionais por até 60 dias para uso na dieta de frangos de corte (GOPINGER, XAVIER, *et al.*, 2019).

A estabilização também é importante para contornar alguns fatores antinutricionais, como os inibidores de tripsina e as hemaglutininas, as quais inviabilizam o uso do FAI *in natura* para o consumo humano (GUL, YOUSUF, *et al.*, 2015).

Outro componente antinutricional presente no FAI é o fitato, ao qual não é possível de contornar com a estabilização. O ácido fítico do FAI representa 80% do total de fósforo do produto. Para os ruminantes, os estudos apontam que o fitato não representa um problema para a nutrição dos animais, pois há a hidrólise do anel do inositol pela fitase ainda no rúmen, ocorrendo uma redução de 90% do fitato no líquido ruminal em até 8h (MORSE, HEAD e WILCOX, 1992).

Tem-se estudado o uso do FAI para a alimentação animal em diferentes modelos de fornecimentos, desde puro a misturado com outros cereais, em sistemas de pastagem e confinamento. As pesquisas apontam melhoras nos ganhos de pesos de bovinos com o uso do FAI, com inclusões abaixo de 1% do peso vivo em animais em pastagem (BISCAÍNO, ROCHA, *et al.*, 2018) (NEGRINI, ROCHA, *et al.*, 2018) e também com mistura com milho (FORSTER, GOETSCH, *et al.*, 1993). Estudos com modelos nutricionais mais completos, com uso de rações formuladas, também apresentaram ganhos de peso maiores, quando comparados com dietas sem farelo de arroz (WHITE, 1965). O farelo também pode ser usado em dietas de outras espécies, como no caso do frango (DUTRA JR., NETO, *et al.*, 2001) e suínos. Já neste, a presença do elevado teor de fitato e a gordura limita o uso, sendo necessário adicionar enzimas para viabilizar a nutrição (SCHIRMANN, ROCHA, *et al.*, 2018).

2.5. Quirera de arroz

A Instrução Normativa 6/2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009) conceitua a quirera de arroz como os fragmentos de arroz beneficiado que não são retidos pela peneira de furo de 1,60mm. Ou seja, a quirera de arroz (QA) é o menor fragmento do grão quebrado, que por sua vez é assim denominado o fragmento com comprimento inferior a três quartos do comprimento do grão inteiro.

Na operação de separação por tamanho ocorre a maior retirada dos grãos quebrados de arroz, pois é nesta etapa que há a tipificação do produto final. Porém, a quebra do grão ocorre no descascamento, brunimento e polimento, sendo mais acentuada na remoção das últimas frações da película do arroz (AUTREY, GRIGORIEFF, *et al.*, 1955). Os principais fatores do beneficiamento que inferem na quebra são a velocidade dos cilindros nos descascadores, ao qual emprega muita abrasão ao grão e calor, levando à redução da umidade do grão; o grau de polimento da massa de grãos e a temperatura (KIM e LEE, 2012).

O teor de grãos quebrados é, em partes, resultado da intensidade do beneficiamento, e mais expressivamente de variáveis anteriores ao processo. As fissuras dos grãos, gessamento, imaturidade e dimensões do grão são os principais fatores da ocorrência de quebra (BUGGENHOUT, BRIJS, *et al.*, 2013).

Os grãos de arroz são higroscópicos, absorvendo e desorvendo a umidade até um ponto de equilíbrio, em função da maior ou menor pressão de vapor de água da vizinhança, respectivamente. Esses gradientes de umidade gerados resultam no estresse do grão (CHOI, LANNING e SIEBENMORGEN, 2009). Quando absorve água, as camadas externas incham, comprimindo as camadas do endosperma amiláceo, gerando forças opostas dentro do grão. Se as tensões excederem, formam-se fissuras perpendiculares ao eixo longitudinal. Esta é a características das fissuras causadas pela absorção de água (SIEBENMORGEN, NEHUS e ARCHER, 1998). Na ocorrência de desorção de água, devido à baixa umidade relativa da vizinhança, a retirada de água das camadas externas é mais rápida que a migração da água das camadas internas para as externas, resultando em fissuras superficiais. Estas fissuras, com aspecto craquelê, são evidências da desorção do grão (LLOYD e SIEBENMORGEN, 1999).

O gessamento do grão depende fortemente da variedade de arroz e da maturação da planta. Os grãos gessados, notório pela sua opacidade, possuem baixa resistência, tornando-os susceptíveis ao estresse mecânico nas etapas de descascamento e brunimento. Dessa forma, o grão gessado quebra com maior facilidade que o translúcido (BUGGENHOUT, BRIJS, *et al.*, 2013).

Análogo aos grãos gessados, os grãos imaturos são menos resistentes ao estresse mecânico, facilitando sua fragmentação. Ademais, grãos imaturos apresentam umidade superior a 22%, provocando gradientes de umidade interno e, por consequência, fissuras (BUGGENHOUT, BRIJS, *et al.*, 2013).

As dimensões dos grãos, como os longos-finos e médios, também influenciam no teor de quebrados no beneficiamento. Grãos médios tem maior dificuldade de estabelecer o equilíbrio de umidade entre as camadas internas e externas do grão, uma vez que aumenta o percurso (diâmetro) para a difusão da água. Assim, acabam gerando fissuras mais facilmente que os grãos longo-finos (MUKHOPADHYAY e SIEBENMORGEN, 2013).

A quirera de arroz apresenta teores de proteína bruta e energia similares ao milho, em especial para uso em suínos. Uma das barreiras do uso em ração animal é o seu preço, geralmente sendo mais oneroso que o milho (NEPOMUCENO, CARVALHO, *et al.*, 2011). Tem-se como vantagem do uso da quirera de arroz a ausência, ou nível muito baixo, de micotoxinas. Esta característica é importante desde a cadeia de pequenos animais, até dos ruminantes, como vacas leiteiras.

Para a nutrição de frangos de corte, a quirera pode substituir o milho sem afetar a conversão alimentar. Porém a carência de carotenóides na quirera, em comparação ao milho, resulta em uma menor pigmentação da canela e bico do frango. No entanto, o aporte vitamínico na dieta é suficiente para prover as necessidades do animal (BRUM JÚNIOR, ZANELA, *et al.*, 2007).

Para os ruminantes, a quirera de arroz pode substituir o milho sem prejuízo nutricional ou sanitário, pois apresenta o mesmo desempenho para o animal (WHITE e HEMBRY, 1985).

2.6. Peletização

A formulação de dietas para ruminantes com os produtos de arroz pode ser feita por diferentes metodologias, para diferentes categorias de animais e manejos.

De forma geral, os cálculos levam em consideração as necessidades nutricionais dos animais e as composições bromatológicas dos alimentos, resultando em rações apresentadas na forma física farelada ou peletizada (LANA, 2005).

A fabricação de ração compreende, em resumo, a moagem dos ingredientes, em especial os grãos, e a mistura nas proporções estipuladas pela nutrição. A qualidade dos insumos, moagem, mistura e limpeza das linhas são cruciais para a fabricação de produtos de qualidade. No entanto, a ração na forma farelada apresenta algumas desvantagens, como a possibilidade de segregação das partículas na hora de alimentar o animal, dificuldade no transporte entre as operações unitárias, baixa densidade aparente e perdas durante o manejo (THOMAS, VAN VLIET e VAN DER POEL, 1998).

A peletização é um tratamento térmico dado à ração farelada, através da ação mecânica de compressão da mistura por roletes em uma matriz, pressão proveniente de vapor d'água e temperatura, que fica na faixa dos 60°C à 90°C. O processo resulta em aglomerados de ração conhecidos como "péletes" (MASSUQUETTO, 2018). Ademais, esses aglomerados melhoram as propriedades de fluxo da ração nos sistemas transportadores e silos, aumentam a densidade aparente, reduzindo espaço para armazenagem e transporte e mantem os ingredientes agregados (COLOVIC, VUKMIROVIC, *et al.*, 2010).

As partículas, finamente moídas, são comprimidas por uso de temperatura, umidade e pressão, formando sistemas trifásicos de ar, água e sólido. Esses micro sistemas distribuídos ao longo do pélete, sob ação de forças intermoleculares, especialmente do tipo van der Waals, são os grandes responsáveis por manter as partículas aglomeradas (THOMAS e VAN DER POEL, 1996).

No aspecto nutricional, a peletização possibilita a gelatinização parcial do amido, tornando-o menos resistente ao ataque enzimático e aumentando a sua digestibilidade. A gelatinização também contribui para a formação do pélete, atuando como um agente aglutinador (SHIVUS, UHLEN e HARSTAD, 2005). Segundo dados industriais, a peletização promove a gelatinização de 20% a 35% do amido, além de promover a plastificação das proteínas e a fissura nas paredes celulares (KLEIN, 2018).

Por ser um tratamento térmico também ocorre a destruição de patógenos, aumentando a vida útil, além de possibilitar a inclusão de alimentos de baixa

palatabilidade, pois propicia a melhora na digestibilidade e palatabilidade da ração (TAVERNARI, LIMA, *et al.*, 2013).

3. Material e Métodos

3.1. Material

O resíduo de pré-limpeza do arroz oriundo da safra 2018/2019, proveniente de lavouras da área de abrangência de Alegrete, passou pela operação de remoção de pedras, homogeneizado e seco. O produto foi acondicionado em sacaria de rafia e armazenado à temperatura ambiente no depósito da unidade fabril da Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda (Figura 4).



Figura 4 - Resíduo de pré-limpeza de arroz seco.

O farelo de arroz integral e a quirera de arroz foram obtidos do processo de beneficiamento de arroz da Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda.

O milho utilizado apresentava teor de impurezas inferior a 1%, oriundo da safra 2019.

O núcleo mineral e vitamínico utilizado foi da marca Nutron® (Cargill Alimentos), indicado para bovinos de corte.

O calcário calcítico utilizado foi fornecido pela empresa Calcário Andreazza.

3.2. Métodos

3.2.1. Caracterização das frações constituintes do resíduo de pré-limpeza

Amostras em triplicata do resíduo foram separadas manualmente em frações de grãos inteiros, grãos chochos, grãos quebrados (com ou sem casca), cascas e palhas e sementes de invasoras, conforme metodologia adaptada de OLIVO, BRUM, *et al.* (1991).

3.2.2. Análise centesimal e acidez

As análises foram realizadas em triplicatas e os valores expressos nas suas respectivas unidades. Para a umidade, adotou-se o método de estufa a 105°C, com circulação de ar por 24h (BRASIL, 1999). A determinação de proteína ocorreu pela quantificação do nitrogênio total, pelo método de Kjeldahl estabelecido pela American Association of Cereal Chemists (AOAC, 1997). Os lipídios foram determinados pelo método de extração por Soxhlet, com éter de petróleo, conforme a metodologia da American Association of Cereal Chemists (AOAC, 1997). O teor de cinzas determinou-se em mufla a 600°C até o peso manter-se constante (AOAC, 1997).

A quantificação de fibra bruta ocorreu pela determinação do resíduo orgânico resultante de uma digestão ácida, seguida de uma alcalina, da amostra, conforme metodologia apresentada nos Métodos Analíticos para Controle de Alimentos para uso Animal, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1991). O teor de cálcio foi determinado por método titulométrico, mediante a reação de complexação de sais de cálcio em presença de indicador, conforme a metodologia dos Métodos Analíticos Físico-Químicos, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1999). A quantificação de fósforo deu-se por método espectrofotométrico, a partir da reação de Misson, onde o ortofosfato reage formando um complexo estável de coloração amarela, medido em comprimento de onda de 420nm (BRASIL, 1999). O índice de acidez foi determinado por método titulométrico de neutralização de ácidos graxos livres, extraídos com solvente alcóolico (BRASIL, 1991).

3.2.3. Formulações

A ração fora formulada com auxílio de técnicos e software *Nutrismart* de nutrição da empresa Nutron/Cargill alimentos, para que os níveis nutricionais, *a priori*, atendesse a necessidade de ruminantes em sistema de campo nativo. Ou seja, formulou-se uma ração de manutenção, com teor aproximado de 10% em proteína bruta. A composição em matéria úmida é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição da ração formulada, em percentual de matéria seca.

Componente	Quantidade (% MS)
Milho	7,0
Resíduo de pré-limpeza do arroz	20,0
Farelo de arroz	46,5
Quirera de arroz	20,0
Núcleo mineral	4,0
Calcário calcítico	2,5

A ração foi produzida pela mistura dos produtos de arroz, milho, núcleo mineral e calcário calcítico, todos moídos, em misturador industrial da marca Keppler-Webber, com capacidade de 500kg por batelada. A mistura foi homogeneizada pelo sistema de pás do misturador por 6 minutos, obtendo-se na apresentação física de ração farelada (Figura 5). Logo após a descarga do misturador, a ração foi submetida por meio de equipamentos de transporte (elevadores de canecos) à peletização em equipamento industrial, da marca Incomac, pertencente à Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda, com capacidade produtiva de 10 toneladas por hora de ração, obtendo-se a forma de ração peletizada (Figura 6). Amostragens foram feitas no fluxo para a peletizadora, tomando-se assim as amostras de ração farelada.

O farelo de arroz usado nas rações fora obtido no mesmo dia das formulações. O índice de acidez foi avaliado após 30 dias de produzidas as formulações.

3.2.4. Tratamento estatístico

Os dados obtidos das composições centesimais e índice de acidez foram expressos em média \pm desvio padrão. A análise estatística fora realizada com o auxílio do *software* Statistica®, versão 7.0. As médias foram comparadas por análise de variância (ANOVA) e testada por Tukey, ao nível de significância de 5%. Quando

aplicável, as médias foram comparadas pelo teste t de Student, conforme indicado nos resultados.



Figura 5 - Ração formulada na forma farelada



Figura 6 - Ração formulada na forma peletizada

4. Resultados e discussão

4.1. Resíduo de pré-limpeza do arroz

O percentual dos constituintes do resíduo de pré-limpeza do arroz está demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Porcentagem em matéria seca dos componentes do resíduo de pré-limpeza do arroz.

Constituinte	Fração (% MS)
Cascas, palhas e impurezas	51,89 ± 9,57
Grãos chochos	1,60 ± 1,41
Grãos inteiros	18,13 ± 2,93
Grãos quebrados (com ou sem casca)	18,95 ± 5,76
Sementes de invasoras	9,43 ± 2,25

O teor de impurezas expresso no constituinte “cascas, palhas e impurezas” refere-se às impurezas remanescentes da operação de peneiramento, sendo indeterminada, apresentando-se visualmente como poeira.

O teor de sementes de invasoras expressa as sementes de capim arroz (*Echinochloa* spp.) e de angiquinho (*Aeschynomene rudis*) encontradas. Esta última representa apenas 0,6% das sementes de invasoras encontradas nas amostras.

O valor de cascas, palhas e impurezas está próximo ao encontrado no trabalho de Olivo, Brum, *et al.* (1991), onde os autores separaram os teores de cascas, palhas e partículas, encontrando na soma dessas frações o valor de 51,82%. O valor também está próximo ao citado por Gonçalves e Saccol (1997) de 66,52% para essas frações.

O grão de arroz chocho é classificado como o grão fisiologicamente não desenvolvido, não sendo apenas casca, conforme a Instrução Normativa nº6 de 18 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009). O teor de grão chocho (1,60%) foi inferior ao obtidos por Olivo, Brum, *et al.* (1991), ao qual encontrou 3,72% para o produto coletado na safra de 1990/1991. O mesmo autor encontrou 8,91% no produto da safra de 1989/1990. Essa oscilação reforça a variabilidade do resíduo de pré-limpeza de arroz e o efeito das condições de clima, manejo e cultivar.

O teor de grãos inteiros apresentou resultado (18,13%) similar ao de Olivo, Brum, *et al.* (1991) na safra de 1990/1991 (18,1%). Porém os valores são diferentes do encontrado pelo mesmo autor na safra de 1990/1991 (2,97%) e o apresentado por Gonçalves e Saccol (1997) na safra de 1994/1995 (3,12%).

O valor de grãos quebrados (18,95%) está de acordo com o obtido por Olivo, Brum, *et al.* (1991) na safra de 1990/1991 (18,68%) e o apresentado por Gonçalves e Saccol (1997) para a safra de 1994/1995 (17,41%).

A fração de sementes invasoras é um indicativo do manejo na lavoura e o grau de infestação. Para os dados da safra de 2018/2019 obteve-se 9,4%, similar ao de Olivo, Brum, *et al.* (1991) na safra de 1990/1991 (7,57%) e ao apresentado por Gonçalves e Saccol (1997) na safra de 1994/1995 (8,71%).

Na Tabela 3 é demonstrado um comparativo dos resultados da composição do resíduo de pré-limpeza com a literatura.

Tabela 3 - Comparativo da caracterização da composição física do resíduo de pré-limpeza do arroz, expressos em percentual de matéria seca.

Constituinte	Safr			
	2018/2019	1989/1990	1990/1991	1994/1995
Cascas, palhas e imp.(%)	51,89	40,60	51,82	66,52
Grãos chochos (%)	1,60	8,91	3,72	3,35
Grãos inteiros (%)	18,13	2,97	18,21	3,12
Grãos quebrados (%)	18,95	32,67	18,68	17,41
Sementes invasoras (%)	9,43	14,85	7,57	9,60
Referência	O Autor	Olivo, Brum, <i>et al.</i> (1991)	Olivo, Brum, <i>et al.</i> (1991)	Gonçalves e Saccol (1997)

Pelos dados comparativos apresentado acima, é possível inferir que aproximadamente a metade dos constituintes do subproduto é composto de cascas, palhas e impurezas. Resultado já esperado, pois essas frações é o objeto de interesse das operações de peneiramento.

O teor de grãos inteiros é decorrente principalmente da operação de pré-limpeza, como estado das telas das peneiras e sobrecarga, sendo uma característica inerente à industrialização. Isso pode indicar o motivo de valores extremos, de 2,97% à 18,21% de grãos inteiros encontrados.

A fração de grãos chochos depende das condições de manejo, clima e variedade, entre outras variáveis. Dessa forma é possível esperar que haja uma variação do seu teor de safra para safra e de região para região. De modo análogo, pode-se inferir acerca dos grãos quebrados e das sementes invasoras.

Na Tabela 4 é apresentado a composição centesimal do produto, expressa em percentual de matéria seca de amostra, com base em 90,3% de matéria seca.

Tabela 4 - Composição centesimal do resíduo de pré-limpeza do arroz em percentual de matéria seca.

Componente	Teor (% MS)
Proteína	9,70 ± 0,21
Fibra bruta	17,35 ± 0,06
Extrato etéreo	1,51 ± 0,05
Extrativo não nitrogenado	63,71 ± 0,34
Cinzas	9,71 ± 0,10
Cálcio	0,11 ± 0,02
Fósforo	0,21 ± 0,02

O teor de proteína ficou acima do reportado por Olivo, Brum, *et al.* (1991), ao qual foi de 7,01% MS e 6,62% MS para as safras de 1989/1990 e 1990/1991, respectivamente. No trabalho de Dutra Jr., Neto, *et al.* (2001) encontraram 9,14% MS de proteína, enquanto que Gonçalves e Saccol (1997) encontraram valores variando de 7,7% MS a 10,9% MS.

Em relação ao teor de fibra bruta, o valor foi próximo ao de Dutra Jr., Neto, *et al.* (2001), ao qual reportaram 16,78% MS de fibra bruta para o produto analisado, proveniente da região de Uruguiana, Rio Grande do Sul. Prates (1992) apud (GONÇALVES e SACCOL, 1997) encontrou valores de fibra bruta variando de 11,6% MS a 26,3% MS.

O teor de extrato etéreo foi menor que o reportado por Gonçalves e Saccol (1997), variando de 3,2% MS a 6,8% MS.

O teor de extrativo não nitrogenado é uma estimativa da fração de carboidratos de fácil digestão, como açúcares, amido e pectina. O resultado está de acordo com os dados reportados por Gonçalves e Saccol (1997).

Os teores de cálcio e fósforo estão acima dos encontrados por Dutra Jr., Neto, *et al.* (2001), sendo de 0,09% MS e 0,11% MS, respectivamente.

4.2. Farelo de arroz

A composição centesimal do farelo de arroz é apresentada na Tabela 5, com base em 90,95% de matéria seca.

O teor de proteína está de acordo com os reportados por Dilelis, Gomes, *et al.* (2019) e por Forster, Goetsch, *et al.* (1993), sendo 14,26% MS e 14,0% MS de proteína, respectivamente.

Tabela 5 - Composição centesimal do farelo de arroz, em percentual de matéria seca.

Componente	Teor (% MS)
Proteína	14,75 ± 0,49
Fibra bruta	7,19 ± 0,34
Extrato etéreo	19,05 ± 0,15
Extrativo não nitrogenado	48,84 ± 0,92
Cinzas	10,17 ± 0,26
Cálcio	0,11 ± 0,01
Fósforo	2,27 ± 0,11

Segundo Lima, Zanotto, *et al.* (2002) o teor de extrato etéreo no farelo de arroz é de 17,54% MS. Já Dilelis, Gomes, *et al.* (2019) reportaram 22,33% MS, evidenciando uma amplitude no teor de gordura no produto, que é intrínseco à variedade de arroz utilizada e grau de beneficiamento.

Os teores de cinzas, cálcio e fósforo estão de acordo com Lima, Zanotto, *et al.* (2002), ao qual reportaram 10,27% MS, 0,03% MS e 2,14% MS, respectivamente.

4.3. Quirera de arroz

Os dados da composição centesimal da quirera de arroz são apresentados na Tabela 6, expressos com base em 88,68% de matéria seca.

Tabela 6 - Composição centesimal da quirera de arroz, expresso percentual de matéria seca e mg/100g de matéria seca.

Componente	Teor (%MS)
Proteína (%MS)	8,38 ± 0,13
Fibra bruta (%MS)	0,20 ± 0,03
Extrato etéreo (%MS)	1,28 ± 0,14
Extrativo não nitrogenado (%MS)	89,37 ± 0,23
Cinzas (%MS)	0,77 ± 0,05
Cálcio (mg/100g)	7,11 ± 1,62
Fósforo (%MS)	0,18 ± 0,01

O teor de proteína é menor que o reportado por Lima, Zanotto, *et al.* (2002) e por Junqueira, Duarte, *et al.*, ao qual foi de 9,33% MS e 9,74% MS, respectivamente. Enquanto para o extrato etéreo o valor é maior que o reportados pelos autores citados (0,86% MS e 0,78% MS, respectivamente). A quirera de arroz utilizada neste trabalho é a chamada “quirera B”, coproduto do beneficiamento com maior teor de tegumento sobre os fragmentos. Dessa forma, é condizente os resultados apresentarem menor teor de proteína e maior teor de gordura, em relação aos fragmentos de arroz polido.

4.4. Comparativo entre os produtos de arroz

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) do comparativo dos produtos de arroz e do milho, através dos testes de normalidade e homocedasticidade.

A Figura 7 apresenta o teste de normalidade para os dados de teor de proteína, enquanto a Figura 8 apresenta o teste de homocedasticidade.

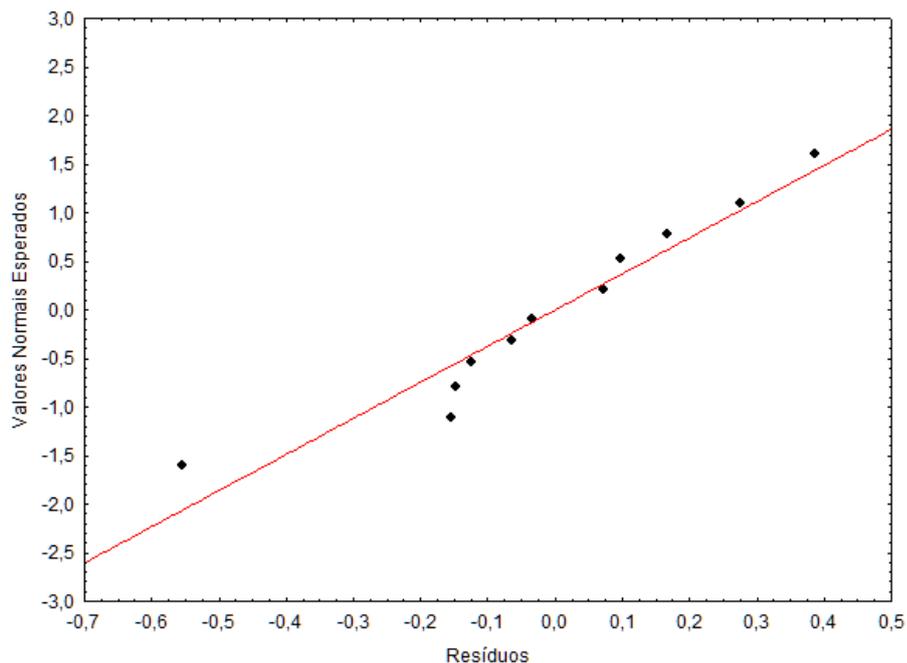


Figura 7 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos, referente aos dados de teor de proteína entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e Milho.

A Figura 9 apresenta os teores de proteína dos produtos de arroz. Como esperado, o farelo de arroz (FAI) apresentou o maior conteúdo proteico, precedido pelo milho, quirera de arroz (QA) e pelo resíduo de pré-limpeza (RPLA).

Na Figura 10 apresenta-se o teste de normalidade e na Figura 11 o teste de homocedasticidade para o teor de fibra bruta.

Na Figura 12 pode-se observar a diferença dos teores de fibra bruta, sendo o resíduo de pré-limpeza do arroz o que apresenta o maior teor, precedido pelo farelo de arroz, milho e quirera de arroz. Pela composição física do subproduto, é esperado que o valor de fibra seja muito superior aos demais componentes.

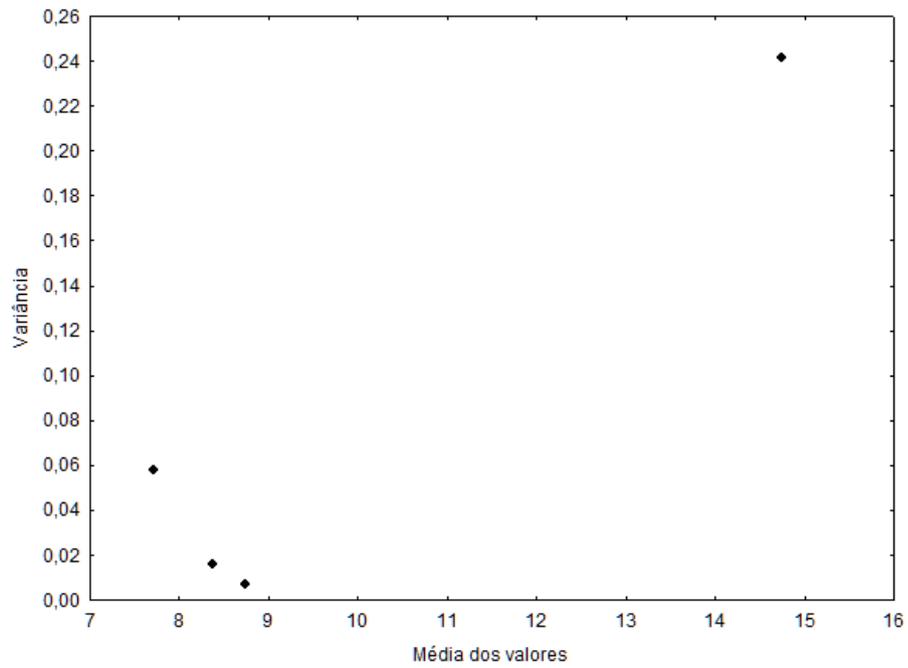


Figura 8 - Gráfico de variância pela média dos valores, do teste de homocedasticidade do teor de proteína entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.

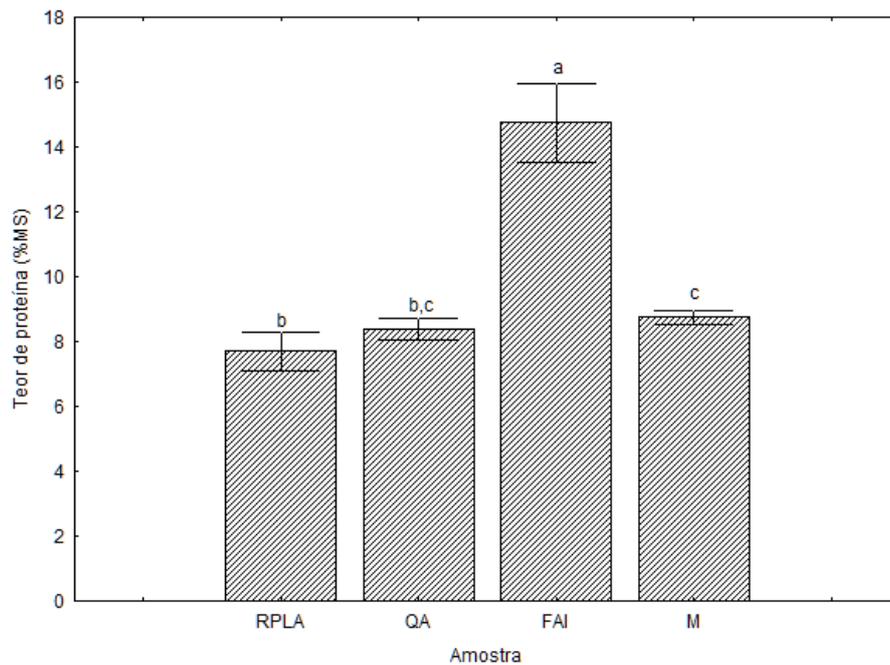


Figura 9 - Teor de proteínas no resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA), quirera de arroz (QA), farelo de arroz integral (FAI) e milho (M).

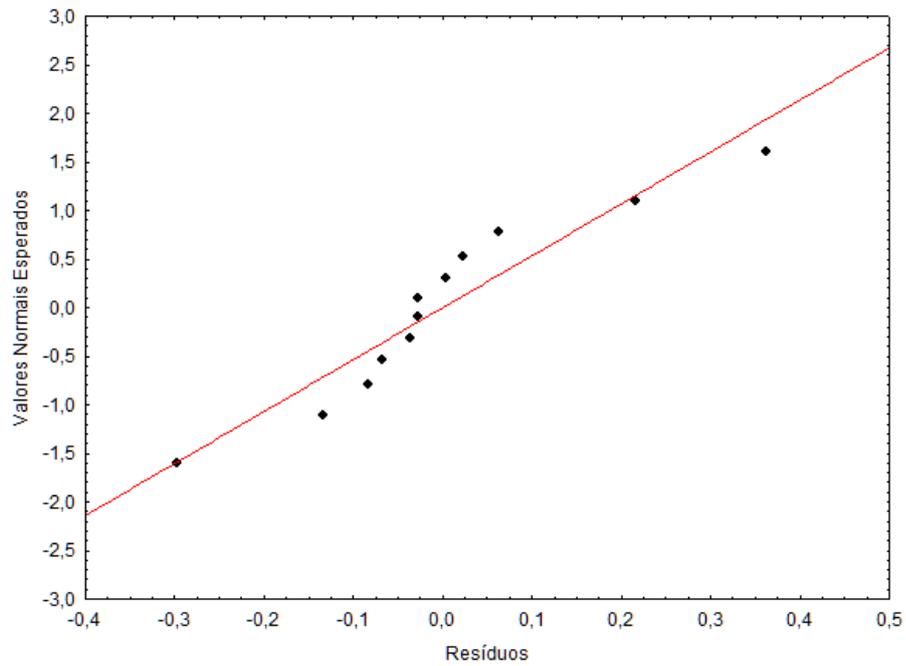


Figura 10 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos, referente aos dados de teor de fibra bruta entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.

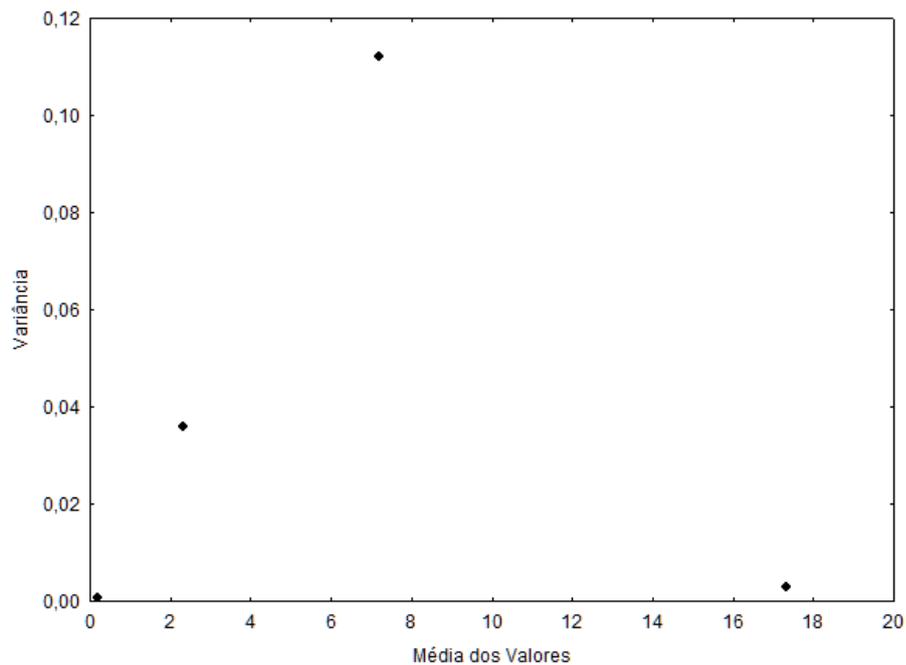


Figura 11 - Gráfico de variância pela média dos valores, do teste de homocedasticidade do teor de fibra bruta entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.

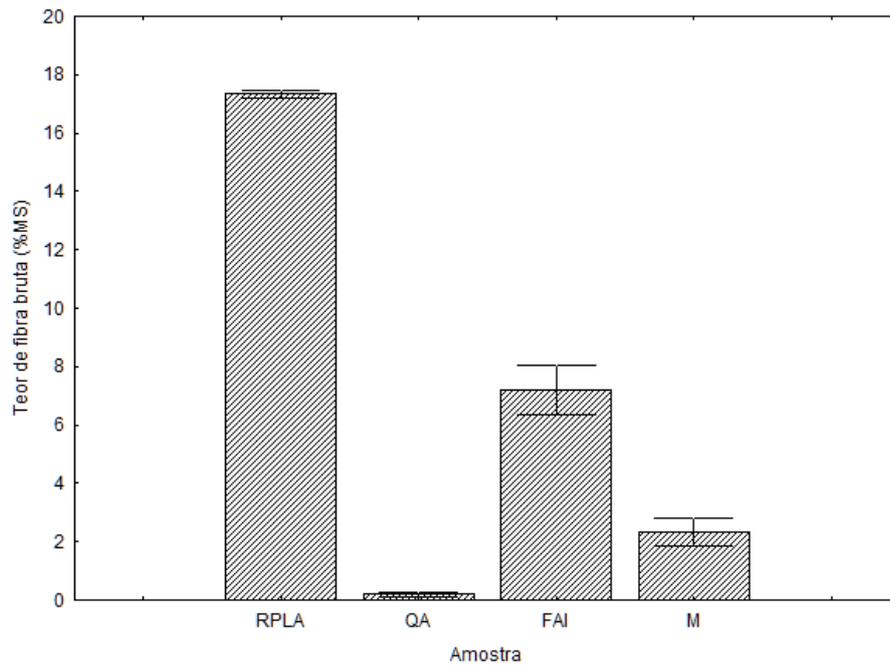


Figura 12 - Teor de fibra bruta no resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA), quirera de arroz (QA), farelo de arroz integral (FAI) e milho (M).

A Figura 13 apresenta o teste de normalidade e a Figura 14 o teste de homocedasticidade do teor de extrato etéreo.

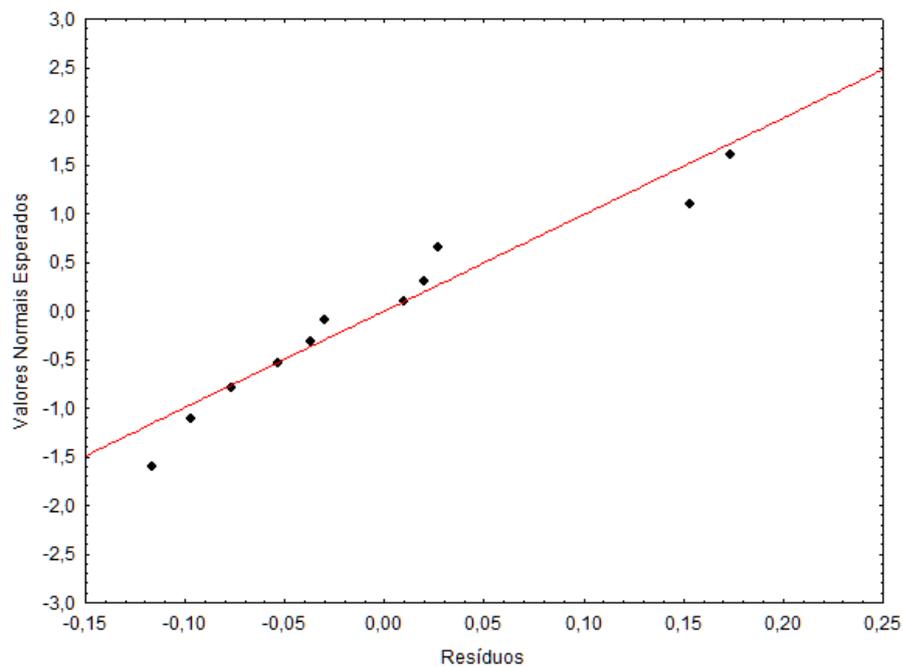


Figura 13 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos, referente aos dados de teor de extrato etéreo entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.

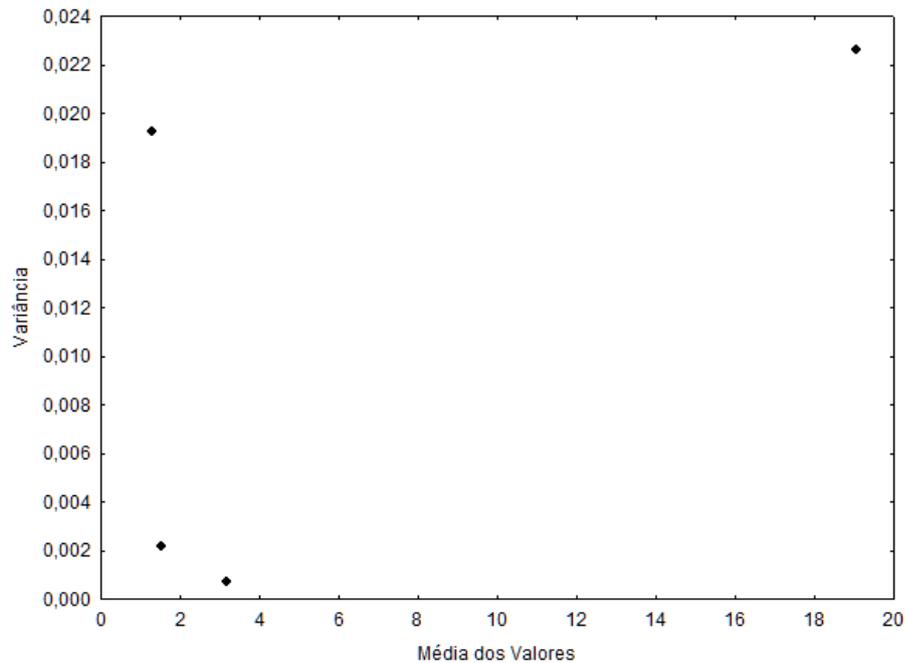


Figura 14 - Gráfico de variância pela média dos valores, do teste de homocedasticidade do teor de extrato etéreo entre farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de pré-limpeza do arroz e milho.

Na Figura 15 é possível observar a diferença de teor de gordura entre o farelo de arroz e os demais constituintes.

O alto teor de extrato etéreo no farelo de arroz é uma das limitações do uso do coproduto para algumas categorias de animais e formulações, devido a sua degradação enzimática.

Pode-se observar pela Figura 16 que a quirera de arroz apresentou o maior teor de extrativo não nitrogenado, uma vez que é o fragmento do endosperma do grão de arroz.

Os dados obtidos para fibra bruta e fósforo não seguem os pressupostos da ANOVA, conforme pode-se verificar na tabela com os dados do teste de homocedasticidade (Tabela 7) e por isso não foram testados pelo método de Tukey.

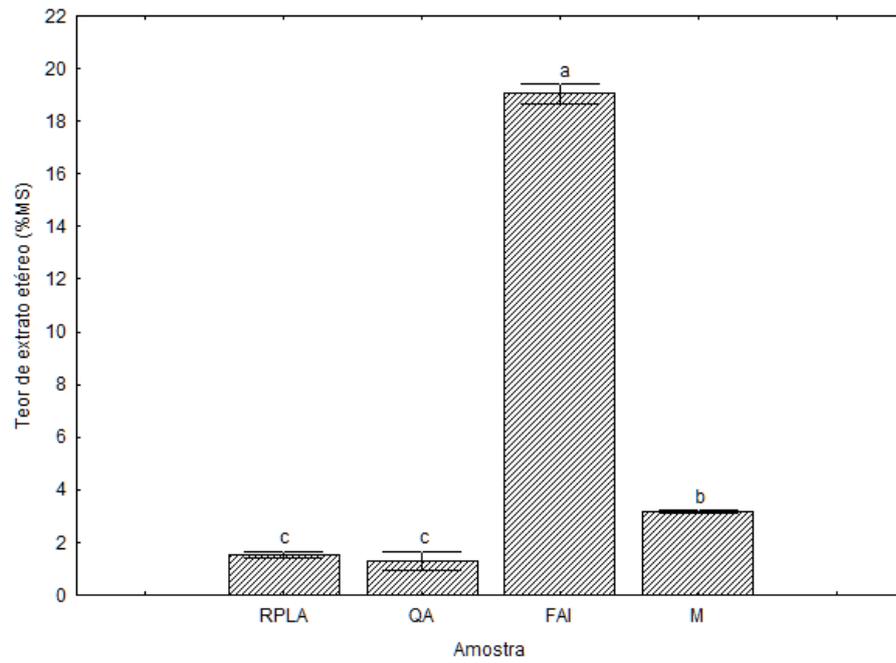


Figura 15 - Teor de extrato etéreo no resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA), farelo de arroz integral (FAI), quirera de arroz (QA) e milho (M).

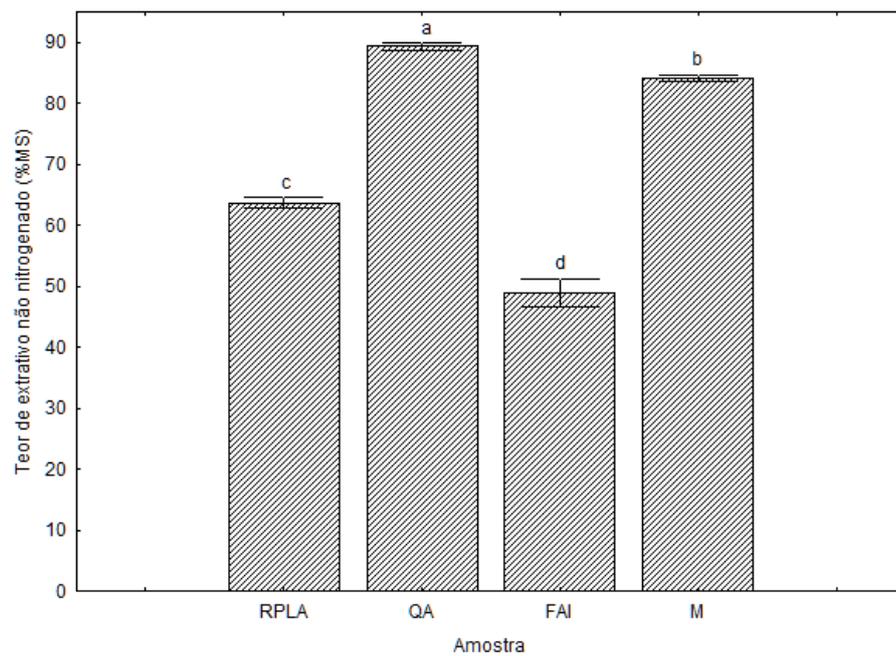


Figura 16 - Teor de extrativo não nitrogenado no resíduo de pré-limpeza do arroz (RPLA), quirera de arroz (QA), farelo de arroz integral (FAI) e milho (M).

Tabela 7 - Resumo do teste de Barlett aplicado aos parâmetros avaliados para QA, FAI, RPLA e Milho.

Variável	Estatística (χ^2)	Graus de liberdade	Valor p
Proteína	5,396862	3	0,144939
Fibra bruta	9,254000	3	0,026098
Extrato etéreo	5,259537	3	0,153750
Extrato não nitrogenado	4,805803	3	0,186582
Cálcio	7,719895	3	0,052170
Fósforo	12,73630	3	0,005243

A Tabela 8 é apresentada a composição centesimal dos produtos do arroz e o grão de milho, todos utilizados na formulação da ração animal.

Tabela 8 - Composição centesimal dos coprodutos de arroz, subproduto de arroz e grão de milho.

Componente	Teor encontrado			
	Resíduo de pré-limpeza	Farelo de arroz	Quirera de arroz	Milho
Proteína (%MS)	9,70 ± 0,21 ^b	14,75 ± 0,49 ^a	8,38 ± 0,13 ^{b,c}	8,74 ± 0,09 ^c
Fibra bruta (%MS)	17,35 ± 0,06	7,19 ± 0,34	0,20 ± 0,03	2,33 ± 0,19
Extrato etéreo (%MS)	1,51 ± 0,05 ^c	19,05 ± 0,15 ^a	1,28 ± 0,14 ^c	3,18 ± 0,03 ^b
Extrato não nitrogenado (%MS)	63,71 ± 0,34 ^c	48,84 ± 0,92 ^d	89,37 ± 0,23 ^a	84,20 ± 0,23 ^b
Cálcio (mg/100g)	110 ± 20 ^a	110 ± 10 ^a	7,11 ± 1,62 ^b	8,12 ± 8,23 ^b
Fósforo (%MS)	0,21 ± 0,02	2,27 ± 0,11	0,18 ± 0,01	0,26 ± 0,02

Valores precedidos de mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

É possível observar que o resíduo de pré-limpeza do arroz é um alimento fibroso com níveis de proteína e extrato etéreo comparáveis à quirera de arroz. Esta, por sua vez, é um alimento energético, com teor de carboidrato superior ao milho, porém com níveis de proteína e cálcio equiparáveis.

O farelo de arroz é um alimento proteico, rico em fósforo e com alta densidade energética, devido ao teor de lipídios. A sua inclusão na nutrição animal deve objetivar à suplementação proteica, não substituindo os alimentos fibrosos e energéticos. Deve-se tomar cuidado com a relação cálcio/fósforo, podendo ser balanceada com a adição de minerais à dieta.

4.5. Formulações

As formulações foram preparadas e submetidas à peletização. Imediatamente anterior à peletização, amostras da ração farelada foram tomadas, de forma que as formulações fossem a mais idêntica possível.

Os dados foram testados quanto à homocedasticidade, conforme demonstrado na Tabela 9 e após pelo teste t de Student.

Tabela 9 - Resumo do teste de Levene aplicado aos parâmetros avaliados para as formulações farelada e peletizada.

Variável	Soma dos quadrados dos tratamentos	Soma dos quadrados resíduos	Estatística F	Valor P
Proteína	0,062696	0,019609	3,197280	0,148279
Fibra bruta	0,048600	0,022170	2,192115	0,212829
Extrato etéreo	0,206585	0,023187	8,909512	0,040543
Extrato não nitrogenado	1,793067	0,173320	10,34539	0,032390
Cinzas	0,166667	0,018133	9,191176	0,038716
Cálcio	0,003919	0,002319	1,690096	0,263440
Fósforo	0,000896	0,001443	0,621309	0,474648
Índice de acidez	0,003919	0,016269	0,240865	0,649288

Na Figura 17 é possível visualizar a composição centesimal das rações na forma farelada e peletizada.

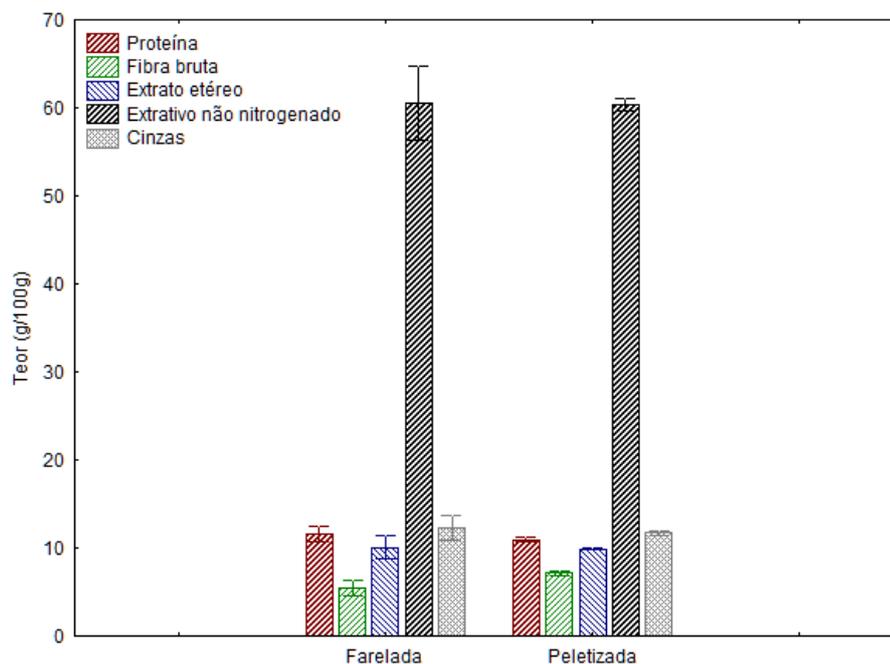


Figura 17 - Composição centesimal das formulações na forma farelada e peletizada.

É possível inferir o efeito da peletização na homogeneidade da ração, uma vez que o coeficiente de variação (CV) nos resultados da composição centesimal da forma peletizada foi de 0,08%, enquanto na farelada foi de 4,5%.

Observa-se também uma alteração no teor de fibra bruta e uma discreta alteração nos níveis de proteína. O tratamento térmico promovido pela peletização altera a estrutura terciária das proteínas e nos complexos proteína-carboidrato, bem

como afeta as cadeias de celulose, o que pode dar um indicativo das diferenças encontradas.

Os valores de composição centesimal e índice de acidez para as formulações de ração farelada e peletizada são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Composição centesimal das formulações na forma farelada e peletizada, expresso em percentual de matéria seca e mg de NaOH/mg.

Componente	Teor encontrado em matéria seca		
	Ração Farelada	Ração Peletizada	Valor-P
Proteína (% MS)	11,60 ± 0,38	10,97 ± 0,08	0,048
Fibra bruta (% MS)	5,48 ± 0,38	7,15 ± 0,10	0,002*
Extrato etéreo (% MS)	10,05 ± 0,53	9,88 ± 0,03	0,595
Extrativo não nitrogenado (% MS)	60,61 ± 1,70	60,28 ± 0,28	0,761
Cinzas (% MS)	12,26 ± 0,55	11,71 ± 0,12	0,169
Cálcio (% MS)	1,13 ± 0,16	1,21 ± 0,10	0,488
Fósforo (% MS)	1,20 ± 0,10	1,00 ± 0,06	0,038*
Índice de acidez (mg de NaOH/mg)	6,02 ± 0,23	6,09 ± 0,32	0,784

* Significância do valor-p ≤ 0,05 determinados pelo teste t.

O extrativo não nitrogenado não apresentou diferença entre as formulações. Porém, vale ressaltar que o resultado deste teor é a diferença matemática dos demais, carregando em si os erros inerentes dos demais métodos. Dessa forma, é condizente o declínio de 60,61% MS para 60,28% MS, visto o aumento do teor de fibra bruta de 5,48% MS para 7,15% MS.

O teor de cinzas expressa principalmente a inclusão do núcleo, assim como o de cálcio a adição de calcário calcítico, mantendo-se nas formas farelada e peletizada.

O índice de acidez não apresentou diferença nas formas farelada e peletizada, indicando que a peletização não é capaz de estabilizar o farelo de arroz. O tratamento térmico ocorre de 80°C a 95°C, com tempo de retenção na faixa de 20 segundos a 5 minutos, condições mais brandas que os tratamentos convencionais para a estabilização do farelo de arroz.

5. Conclusões

O emprego da quirera de arroz como substituinte do milho na nutrição de ruminantes pode ocorrer sem prejuízo à qualidade da dieta, visto se tratar de uma fonte de carboidratos com composição centesimal próxima ao do milho.

O resíduo de pré-limpeza do arroz mostrou-se uma fonte de fibra pra nutrição com aporte de proteína, podendo ser amplamente empregada, adotando-se as operações de secagem e homogeneização.

O farelo de arroz é a fonte proteica para a nutrição de ruminantes, devido ao seu teor elevado de proteína, em comparação aos demais produtos. Alguns ajustes devem ser feitos para corrigir a relação cálcio/fósforo, mediante emprego de calcário à formulação.

O uso do tratamento térmico de peletização não se mostrou eficaz na estabilização do produto, ao qual sofre uma degradação enzimática dos lipídios. Alternativas como farelo de arroz desengordurado e farelo de arroz estabilizado devem ser avaliadas para compor as formulações.

Referências

AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240 p.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; FILHO, A. B. **Nutrição Animal - Volume I: As Bases e os Fundamentos da Nutrição Animal - Os Alimentos**. São Paulo: Nobel, v. I, 1982. 396 p.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16^a. ed. Washington DC: American Association of Cereal Chemists, 1997.

AUTREY, H. S.; GRIGORIEFF, W. W.; ALSTSCHUL, A. M.; HOGAN, J. T. Effects of Milling Conditions on Breakage of Rice Grains. **Agricultural and Food Chemistry**, 3, n. 7, Julho 1955. 593-600.

BISCAÍNO, L. L.; ROCHA, M. G.; ELOY, L. R.; DA FONSECA NETO, A. M.; ALVES, M. B.; Graminho, L. A.; SICHONANY, M. J. O. Desempenho de bezerras de corte em pastagem de azevém recebendo farelo de arroz com ou sem monensina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 70, n. 3, 2018. 881-887.

BRASIL. **Portaria nº 108, de 04 de setembro de 1991**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. , p. 105. 1991.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 20, de 21 de julho de 1999**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. , p. 99. 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa 6/2009**, 2009. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1687046295>>. Acesso em: 15 Maio 2019.

BRUM JÚNIOR, B. S.; ZANELA, I.; TOLEDO, G. S. P.; XAVIER, E. G.; VIEIRA, T. A.; GONÇALVES, E. C.; BRUM, H.; OLIVEIRA, J. L. S. Dietas para frangos de corte contendo quirera de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, 37, n. 5, 2007. 1423-1429.

BUGGENHOUT, J.; BRIJS, K.; CELUS, I.; DELCOUR, J. A. The breakage susceptibility of raw and parboiled rice: A review. **Journal of Food Engineering**, 117, 2013. 304-315.

CHOI, B. -M.; LANNING, S. B.; SIEBENMORGEN, T. J. A Review of Hygroscopic Equilibrium Studies Applied to Rice. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 53, n. 6, 2009. 1859-1872.

COLOVIC, R.; VUKMIROVIC, D.; MATULAITIS, R.; BLIZNIKAS, S.; UCHOCKIS, V.; JUSKIENE, V.; LEVIC, J. Effect of die channel press way length on physical quality of pelleted cattle feed. **Food & Feed Research**, 37, n. 1, 2010. 1-6.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.7 - Safra 2019/20**. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, p. 47. 2019.

CORKE, H. Grain, Morphology of Internal Structure. In: WRIGLEY, C. W.; CORKE, H.; WALKER, C. E. **Encyclopedia of Grain Science**. 1^a. ed. Boston: Elsevier Academic Press, 2004. p. 30-38.

COSTA, R. L. D.; FONTES, R. S. Ácidos graxos na nutrição e reprodução de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, 4, n. 24, 2010. 1-39.

DALBHAGAT, C. G.; MAHATO, D. K.; MISHRA, H. N. Effect of extrusion processing on physicochemical, functional and nutritional characteristics of rice and rice-based products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, 85, 2019. 226-240.

DILELIS, F.; GOMES, A. V. C.; LIMA, C. A. R.; CORRÊA, D. C. B.; REIS, T. L. Metabolizable energy of rice bran, cottonseed meal and wheat bran for slow-growing broilers at two ages. **Ciência Animal Brasileira**, 20, 2019. e46537.

DUTRA JR., W. M.; NETO, J. B.; MOREIRA, J. C. S.; BIASSUS, I. O.; GIER, M. Substituição parcial do milho por resíduo de pré-limpeza do arroz com adição de enzimas em rações para frango de corte. II - características de carcaça. **Revista da FZVA**, 7/8, n. 1, 2001. 170-178.

DUTRA JÚNIOR, W. M.; SANDI, D.; TAROUCO, J. U.; BRACCINI NETO, J.; APPEL, P. W.; TEIXEIRA, J. L. A.; SILVA, S. L. Utilização da semente do capim arroz (*Echinochloa* spp) triturada na alimentação de suínos na fase de terminação.

Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguiana, 1, n. 1, 1994. 84-91.

ELIAS, M. C. **Tecnologias para armazenamento e conservação de grãos em médias e pequenas escalas**. 3ª. ed. Pelotas: Editora Universitária, 2002. 218 p.

ELIAS, M. C. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPel, v. 1, 2007. 424 p.

FERNANDES, T. A.; MÜLLER, M.; SILVA, R. W. S. M.; PORCIUNCULA, G. C.; FREITAS, P. O.; MARTINS, P.; KITTLER, D.; ANÇA, A. G. **Utilização do resíduo de pré-limpeza do arroz ofertado moído e inteiro na alimentação de vacas Holandesas**. XXII Congresso Brasileiro de Zootecnia. Cuiabá: [s.n.]. 2012. p. 1-3.

FORSTER, L. A.; GOETSCH, A. L.; GALLOWAY, D. L.; JOHNSON, Z. B. Feed Intake, Digestibility, and Live Weight Gain by Cattle Consuming Forage Supplemented with Rice Bran and(or) Corn. **Journal of Animal Science**, 71, n. 11, 1993. 3105-3114.

GONÇALVES, M. B. F.; SACCOL, A. G. **Alimentação animal com resíduo de arroz**. 2ª. ed. Brasília: Embrapa, 1997. 70 p.

GOPINGER, E.; ZIEGLER, V.; CATALAN, A. A. S.; KRABBE, E. L.; ELIAS, M. C.; XAVIER, E. G. Whole rice bran stabilization using a short chain organic acid mixture. **Journal of Stored Products Research**, 61, 2015. 108-113.

GOPINGER, E.; XAVIER, E. G.; ZIEGLER, V.; LOPES, D. C. N.; KRABBE, E. L.; NUNES, A. P.; ELIAS, M. C. Effects of stored whole rice bran treated with organic acids on the performance, nutrient digestibility, intestinal mucosa morphometry, and bone characteristics of broiler chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, 99, 2019. 724-731.

GUL, K.; YOUSUF, B.; SINGH, A. K.; SINGH, P.; WANI, A. A. Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food - A review. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, 6, n. 1, 2015. 24-30.

HALBERSTADT, K. F.; SILVA, V. A.; SANTOS, M. B.; SCHERER, F. L.; CARPES, A. M.; OLIVEIRA, M. C. S. F. Práticas sustentáveis na destinação dos resíduos

resultantes da cadeia produtiva do arroz. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, 19, n. 3, 2015. 298-312.

HEUZÉ, V.; TRAN, G. Rice bran and other rice by-products. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**, 2015. Disponível em: <<https://www.feedipedia.org/node/750>>. Acesso em: 5 Julho 2019.

JULIANO, B. O.; TUAÑO, A. P. P. Gross structure and composition of the rice grain. In: BAO, J. **Rice**. 4ª. ed. [S.I.]: AACC International Press, 2019. p. 31-53.

JUNQUEIRA, O. M.; DUARTE, K. F.; CANCHERINI, L. C.; ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, M. C.; GARCIA, E. A. Composição química, valores de energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de subprodutos de arroz para frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, 39, n. 8, 2009. 2497-2503.

KIM, S. Y.; LEE, H. Effects of Quality Characteristics on Milled Rice Produced under Different Milling Conditions. **Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry**, 55, Outubro 2012. 643-649.

KLEIN, A. A. **Tratamento térmico**: impacto do tratamento térmico e dos processos subsequentes sobre os nutrientes, a microbiologia e a qualidade física das rações. Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Chapecó: 19º Anais. 2018. p. 50-81.

LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. 2ª. ed. Viçosa: UFV, 2005. 344 p.

LIMA, G. J. M. M.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R.; MARTINS, R. R. **Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz**. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, p. 2. 2002.

LLOYD, B. J.; SIEBENMORGEN, T. J. Environmental Conditions Causing Milled Rice Kernel Breakage in Medium-Grain Varieties. **American Association of Cereal Chemists**, 76, n. 3, 1999. 426-427.

MASSUQUETTO, A. **Forma física, processamento do milho, programas alimentares e níveis de energia de dietas para frangos de corte**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 135. 2018.

MORSE, D.; HEAD, H. H.; WILCOX, C. J. Disappearance of Phosphorus in Phytate from Concentrates In Vitro and from Rations Fed to Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, 75, n. 7, 1992. 1979-1986.

MUKHOPADHYAY, S.; SIEBENMORGEN, T. J. Milled Rice Fissuring Rates of Pure-Line and Hybrid Cultivar Lots. **AAES Research Series**, n. 617, 2013. 370-382.

NEGRINI, M.; ROCHA, M. G.; PÖTTER, L.; SEVERO, P. O.; SALVADOR, P. R.; ROSA, V. B.; AMARAL NETO, L. G.; VICENTE, J. M. Forage intake and performance of heifers fed rice bran on Alexandergrass pasture. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 70, n. 5, 2018. 1577-1585.

NEPOMUCENO, R. C. et al. Inclusão da quirera de arroz em rações de suínos na fase de creche. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 12, n. 3, 2011. 718-728.

OLIVO, C. J.; BRUM, A. E. S.; RITTER, H.; RUVIARO, C.; DU BOIS, A. H. C.; SCHMIDT, M. C. Componentes e composição química do resíduo de limpeza do arroz e sua utilização na alimentação de novilha leiteira. **Ciência Rural**, 2, 1991. 257-266.

PARAGINSKI, R. T.; ZIEGLER, V.; TALHAMENTO, A.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. Propriedades tecnológicas e de cocção em grãos de arroz condicionados em diferentes temperaturas antes da parboilização. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, 17, n. 2, 2014. 146-153.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; SILVA, L. H.; SANT'ANA, A. S.; GONÇALVES, L. A. G. Refino de óleo de farelo de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições brandas para preservação do gama-orizanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27, n. Supl., 2007. 45-53.

PEDROSO, B. A. **Arroz Irrigado - Obtenção e Manejo de Cultivares**. 2ª. ed. Porto Alegre: Sagra, 1985. 176 p.

PERES, W. B.; LUZ, C. A. S.; LUZ, M. L. G. S.; GADOTTI, G. I. **Beneficiamento de Grãos e Sementes**. Pelotas: Gráfica Santa Cruz, 2015. 221 p.

PESTANA, V. R.; MENDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C. Farelo de arroz: características, benefícios à saúde e aplicações. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, 26, n. 1, 2008. 29-40.

PRATES, E. R. **Farelo de arroz e resíduos da limpeza do arroz na alimentação de ruminantes**. Simpósio Internacional de Utilização de Subprodutos Agroindustriais e Resíduos de Colheita na Alimentação de Ruminantes. São Carlos: [s.n.]. 1992. p. 123-135.

SCHIRMANN, G. D.; ROCHA, L. T.; MUNIZ, H. C. M.; KUNZLER, J. S.; KUHN, M. F.; OLIVEIRA, V. Digestibility and net prediction of rice by products determined with piglets. **Ciência Rural**, 48, n. 5, 2018. 1-6.

SHIVUS, B.; UHLEN, A. K.; HARSTAD, O. M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science and Technology**, 122, 2005. 303-320.

SIEBENMORGEN, T. J.; NEHUS, Z. T.; ARCHER, T. R. Milled Rice Breakage Due to Environmental Conditions. **American Association of Cereal Chemists**, 75, n. 1, 1998. 149-152.

SOUZA, C. S. R. **Aplicação de micro-ondas na estabilização do farelo de arroz**. Campinas. 2015.

STACEY, W. N.; RANKINS, D. L. J. Rice mill feed as a replacement for broiler litter in diets for growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, 82, n. 7, Julho 2004. 2193-2199.

TAVERNARI, F. C.; LIMA, G. J. M. M.; MANZKE, N. E.; MARASCA, S.; SUZIN, L. Resultados da Embrapa com peletização e uso de glicerina bruta. **Avicultura Industrial**, v. 105, n. 10, p. 10-19, 2013.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. **Animal Feed Science Technology**, 61, 1996. 89-112.

THOMAS, M.; VAN VLIET, T.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed 3. Contribution of feedstuff components. **Animal Feed Science Technology**, n. 70, 1998. 59-78.

TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. D. L. **Utilização de subprodutos e resíduos agrícolas na alimentação de ruminantes**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1997. ISBN 26.

TSUCHIYA, Y.; YOSHIDA, T. Pelletization of brown coal and rice bran in Indonesia: Characteristics of the mixture pellets including safety during transportation. **Fuel Processing Technology**, 156, 2017. 68-71.

WHITE, T. W. **Rice bran in beef cattle fattening rations**. LSU Agricultural Experiment Station Reports. Louisiana, p. 13. 1965.

WHITE, T. W.; HEMBRY, F. G. **Rice by-products in ruminant rations**. LSU Agricultural Experiment Stations Reports. Louisiana, p. 18. 1985.