

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Carine Beatriz Adams

**DETERMINAÇÃO DE VALORES ENERGÉTICOS DO RESÍDUO DE
CERVEJARIA E DO BAGAÇO DE AZEITONA PARA FRANGOS DE
CORTE**

Santa Maria, RS
2022

Carine Beatriz Adams

**DETERMINAÇÃO DE VALORES ENERGÉTICOS DO RESÍDUO DE CERVEJARIA
E DO BAGAÇO DE AZEITONA PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**.

Orientadora: Dr.^a Catarina Stefanello

Santa Maria, RS
2022

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Adams, Carine Beatriz
DETERMINAÇÃO DE VALORES ENERGÉTICOS DO RESÍDUO DE CERVEJARIA E DO BAGAÇO DE AZEITONA PARA FRANGOS DE CORTE / Carine Beatriz Adams.2022.
49 p.; 30 cm

Orientadora: Catarina Stefanello
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, RS, 2022

1. Resíduo de cervejaria 2. Bagaço de azeitona
3. Frangos de corte 4. Energia Metabolizável
Aparente 5.
Digestibilidade I. Stefanello, Catarina II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, CARINE BEATRIZ ADAMS, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Carine Beatriz Adams

**DETERMINAÇÃO DE VALORES ENERGÉTICOS DO RESÍDUO DE CERVEJARIA
E DO BAGAÇO DE AZEITONA PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**.

Aprovada em 31 de março de 2022:



Catarina Stefanello, Dra (UFSM) - Videoconferência
(Presidente/Orientador)



Heitor Vieira Rios, Dr. (UFRGS) – Videoconferência



Sérgio Carvalho, Dr. (UFSM) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2022

DEDICATÓRIA

*Às pessoas que me ensinaram a lutar,
A jamais desistir, a ter força e coragem,
Exemplo de pessoas e de luz,
Meus maiores incentivadores,
Minha família.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram do meu lado neste momento e que, de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais este ciclo, em especial:

A Deus, por estar comigo em todos os momentos, me proporcionando força e saúde;

A minha família por todo apoio, paciência, compreensão, força e amor. Por não medirem esforços para que eu pudesse chegar nesse momento. Não tenho palavras para agradecer-lhes por tudo, é por vocês que estou aqui! Amo vocês!;

A minha orientadora Dra. Catarina Stefanello, pela oportunidade de trabalhar contigo, por estar sempre disponível para tirar dúvidas, pela confiança depositada, por todos os ensinamentos e por todo o incentivo, grata pela orientação;

A equipe LAVIC UFSM, obrigada por toda a amizade, parceria, aprendizado e momentos compartilhados;

Aos meus colegas de pós-graduação, em especial aos meus colegas do LAVIC, obrigada por tudo;

Aos professores, por todo aprendizado e auxílio;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por não desistir de apoiar as universidades e atuar na expansão e consolidação da pós-graduação;

A UFSM, que foi minha segunda casa durante a graduação e durante a pós-graduação, grata por toda acolhida e por todo aprendizado;

Aos meus amigos, por todos os conselhos, risadas e momentos compartilhados;

Enfim, muito obrigada a todos que estiveram comigo em mais essa etapa!

RESUMO

DETERMINAÇÃO DE VALORES ENERGÉTICOS DO RESÍDUO DE CERVEJARIA E DO BAGAÇO DE AZEITONA PARA FRANGOS DE CORTE

AUTORA: Carine Beatriz Adams
ORIENTADORA: Catarina Stefanello

A eficiência econômica da cadeia avícola vem sendo pressionada devido aos altos custos de ingredientes e de insumos, que resultam em maior custo de produção. Resíduos da indústria alimentícia são vistos como potenciais alternativos para serem utilizados na nutrição animal, podendo contribuir com a sustentabilidade dos sistemas. Diante disso, o resíduo de cervejaria e o bagaço de azeitona podem ser potenciais ingredientes na alimentação de aves, contribuindo no desenvolvimento regional, pois são produzidos em grande quantidade no Rio Grande do Sul (RS). Para que um ingrediente possa ser utilizado na nutrição de aves sem influenciar negativamente no desempenho produtivo, é necessário que se conheça sua composição nutricional e os valores de energia metabolizável aparente (EMA). Diante disso, um estudo foi conduzido no Laboratório de Avicultura da UFSM com o objetivo de determinar a EMA, a EMA corrigida para o balanço de nitrogênio (EMA_n) e a energia digestível ileal (EDI) do resíduo de cervejaria desidratado (RCD) e do bagaço de azeitona (BA). Um total de 320 pintos de um dia de idade foram alojados em gaiolas metabólicas, recebendo água e ração a vontade, e uma mesma dieta inicial. Aos 14 dias, as aves foram pesadas e 280 frangos foram distribuídos em 40 gaiolas conforme o peso médio. Dos 14 aos 21 dias os frangos receberam 5 dietas experimentais, em 8 repetições de 7 frangos cada. As dietas consistiram em uma dieta referência e quatro dietas teste, sendo duas contendo 10 ou 20% de RCD e duas dietas contendo 7,5 ou 15% de BA. Os ingredientes teste substituíram parcialmente os ingredientes que fornecem energia na ração (milho, farelo de soja e óleo de soja). Nos dias 19 e 20 foram realizadas coletas parciais de excretas e no dia 21 as aves foram pesadas e a digesta ileal foi coletada. Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente e metabolizabilidade da MS, N e energia foram calculados. Houve diminuição linear ($p < 0,05$) no peso corporal, ganho de peso e consumo de ração quando o RCD ou o BA foram incluídos na dieta referência. As regressões obtidas foram: $EMA = 2.935x + 7,739$; $EMA_n = 2.785x + 11,302$ e $EDI = 2.524x + 16,366$ para a dieta com RCD; enquanto $EMA = 1.778x + 7,739$; $EMA_n = 1.581x + 11,302$ e $EDI = 1.394x + 16,366$ foram obtidos para a dieta com BA ($p < 0,05$). Assim, os valores de EMA e EMA_n do resíduo de cervejaria desidratado para frangos de corte foram 2.935 e 2.785 kcal/kg MS, respectivamente, EMA e EMA_n do bagaço de azeitona foram 1.778 e 1.581 kcal/kg MS, respectivamente. A EDI para resíduo de cervejaria desidratado foi de 2.524 kcal/kg MS e do bagaço de azeitona foi de 1.394 kcal/kg MS. Portanto, essa determinação pode fornecer informações úteis que auxiliam a melhorar a utilização de ingredientes alternativos nas dietas de frangos de corte, formulando rações precisas para atender às exigências dos frangos.

Palavras-chave: Digestibilidade. Frango de Corte. Energia Metabolizável Aparente. Resíduo Cervejeiro. Resíduo de Azeitona.

ABSTRACT

DETERMINATION OF ENERGY VALUES OF BREWERY RESIDUE AND OLIVE POMACE FOR BROILERS

AUTHOR: Carine Beatriz Adams
ADVISOR: Catarina Stefanello

The economic efficiency of the poultry industry has been pressured due to the high costs of ingredients, which result in higher production costs. Residues from the food industry are seen as potential alternatives to be used in animal nutrition, also contributing to the sustainability of the systems. Brewery waste and olive pomace can be potential ingredients in poultry nutrition, contributing to regional development, since they are produced in large quantities in Rio Grande do Sul. For an ingredient to be used in poultry nutrition without negatively affecting production performance, it is necessary to know its nutritional composition and apparent metabolizable energy values (AME). A study was conducted at the UFSM Poultry Laboratory with the objective of determining the AME, corrected AME for nitrogen balance (AME_n) and ileal digestible energy (IDE) of dehydrated brewery waste (DBW) and olive pomace (OP), through the regression method. A total of 320 one-day-old chickens were housed in metabolic cages, receiving water and feed at will, and the same initial diet. At 14 days, the birds were weighed and 280 chickens were distributed into 40 cages according to average weight. From 14 to 21 days, the chickens received 5 experimental diets, in 8 replicates of 7 chickens each. The diets consisted of a reference diet and four test diets, two containing 10 or 20% brewery waste and two diets containing 7.5 or 15% olive pomace. The test ingredients partially replaced the energy source ingredients in the feed (corn, soybean meal, and soybean oil). On days 19 and 20 partial excreta collections were performed and on day 21 the birds were weighed and ileal content was collected. The apparent ileal digestibility coefficients and metabolizability of DM, N and energy were calculated. There was a linear ($p < 0.05$) decrease in body weight, body weight gain and feed intake when DBW or OP was included in the reference diet. The regressions obtained were: $AME = 2.935x + 7.739$; $AME_n = 2.785x + 11.302$ and $IDE = 2.524x + 16.366$ for the diet with DBW; while $AME = 1.778x + 7.739$; $AME_n = 1.581x + 11.302$ and $IDE = 1.394x + 16.366$ were obtained for the diet with OP ($p < 0.05$). Thus, the AME and AME_n values of DBW for broiler chickens were 2,935 and 2,785 kcal/kg DM, respectively, AME and AME_n of OP were 1,778 and 1,581 kcal/kg DM, respectively. The IDE for brewery residue was 2,524 kcal/kg DM and for olive pomace was 1,394 kcal/kg DM. Therefore, this determination can provide useful information that helps to improve the use of alternative ingredients in broiler diets, formulating precise diets to meet the requirements of chicken.

Keywords: Digestibility. Broiler. Apparent Metabolizable Energy. Brewery residue. Olive residue

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Composições bromatológicas do resíduo de cervejaria, citadas por diferentes autores.....	16
TABELA 2 - Composições bromatológicas do bagaço de azeitona, citadas por diferentes autores.....	25

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Processo de produção de cerveja e geração de resíduos.....	14
FIGURA 2 - Resíduo de cervejaria seco e moído.....	17
FIGURA 3 - Porcentagem de produção de azeitonas no mundo.....	20
FIGURA 4 - Azeitonas com 40% de maturação.....	22
FIGURA 5 - Métodos de extração de azeite de oliva.....	23
FIGURA 6 - Bagaço de azeitona in natura.....	24
FIGURA 7 - Bagaço de azeitona seco.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	RESÍDUO DE CERVEJARIA	12
2.1.1	Produção de cerveja	12
2.1.1.1	Resíduos e processamento da cerveja.....	13
2.1.2	Caracterização e composição do resíduo de cervejaria	15
2.1.3	Utilização do resíduo de cervejaria na nutrição animal	16
2.2.	BAGAÇO DE AZEITONA.....	20
2.2.1	Cultivo de oliveiras no Rio Grande do Sul.....	21
2.2.2	Resíduos e processamento da azeitona	22
2.2.2.1	Caracterização e composição do bagaço de azeitona	24
2.2.3	Utilização do bagaço de azeitona na nutrição animal	26
3	ARTIGO	29
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O ano de 2020 trouxe consigo uma das piores crises sanitárias e humanitárias já registradas na história, o que afeta diretamente no emprego, na renda, na alimentação e na nutrição da população (FAO, 2020). A indústria alimentícia possui o desafio de fornecer alimentos e meios de subsistência de menor custo ao consumidor, e o setor avícola busca acompanhar essa tendência através de avanços nutricionais, de ambiência, de manejo, de sanidade e de genética.

Os custos de alimentação na avicultura cresceram consideravelmente, sendo aproximadamente 9% superiores a janeiro de 2020, atingindo patamares de 77% dos custos totais de produção (EMBRAPA, 2022). Dessa forma, a busca por fontes alimentares alternativas para a nutrição de aves, de baixo custo e de qualidade, tem se tornado constante. Uma oportunidade de incrementar a sustentabilidade econômica e ambiental das explorações pecuárias e das agroindústrias é utilizar subprodutos agroalimentares na alimentação animal (GUERREIRO et al., 2021), como o resíduo de cervejaria (RC), oriundo do processo da fabricação da cerveja (JUNIOR; VIEIRA; FERREIRA, 2009), e o bagaço de azeitona (BA), resíduo oriundo da extração do azeite de oliva (MEDEIROS et al., 2015).

O resíduo de cervejaria e o bagaço de azeitona são ingredientes que possuem composições bromatológicas heterogêneas. Enquanto o RC possui elevado teor de proteína bruta, o BA possui elevado teor de energia bruta. Porém, são resíduos produzidos regionalmente em grandes quantidades, pois, o Rio Grande do Sul é o segundo maior estado brasileiro em número de cervejarias e é líder nacional em volume de azeite de oliva produzido (ALBA et al., 2014; MAPA, 2021a).

Dessa forma, o RC e o BA apresentam grande potencial para serem utilizados como ingredientes na formulação de dietas para frangos de corte. Diante disso, estudos vêm sendo conduzidos com o objetivo de incluir tais ingredientes às rações e diminuir impactos ambientais e custos de produção. Fornecer informações de valores energéticos e nutricionais desses ingredientes é de interesse da indústria avícola.

O objetivo desse estudo foi caracterizar a composição do resíduo de cervejaria e do bagaço de azeitona, e determinar a energia metabolizável (EMA), EMA corrigida para o balanço de nitrogênio (EMA_n) e a energia digestível ileal (EDI) de resíduo de cervejaria e de bagaço de azeitona para frangos de corte.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RESÍDUO DE CERVEJARIA

O consumo de cerveja é um hábito alimentar antigo, conhecido há pelo menos 7.000 anos antes da Era Cristã, e, se tornou uma das mais importantes atividades produtivas do século XXI (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011). É uma bebida não destilada obtida através da fermentação alcoólica do mosto de cereal maltado, obtido em sua maioria, da cevada, mas, podendo sofrer adição de outra matéria-prima amilácea ou lúpulo (JUNIOR; VIEIRA; FERREIRA, 2009).

A produção de cerveja e seu consumo tem crescido consideravelmente nos últimos anos. O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, onde são produzidos em torno de 14,1 bilhões de litros por ano, sendo o setor responsável por movimentar em torno de 1,6% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional (CERVBRASIL, 2021). Em 2020, o número de estabelecimentos cervejeiros no país subiu de 1.209 para 1.383, concentrados principalmente nas regiões Sul e Sudeste, sendo o Rio Grande do Sul o segundo estado com maior número de cervejarias registradas (MAPA, 2021a).

Além de ser apreciada organolepticamente, a cerveja pode fornecer benefícios à saúde humana, pois contém proteínas, vitaminas do complexo B e alguns minerais (SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN; REZAEI, 2012). O consumo moderado de cerveja também pode estar associado à função cardiovascular protetora e à redução do desenvolvimento de doenças neurodegenerativas (AMBRA; PASTORE; LUCCHETTI, 2021). Dessa forma, além de estar presente nas mais diversas comemorações, o consumo da cerveja está associado aos benefícios à saúde. Entretanto, os aumentos de produção também representam maior geração de resíduos, os quais deverão ser adequadamente destinados.

2.1.1 Produção de cerveja

A cevada (*Hordeum vulgare*) é uma gramínea cultivada em clima temperado, produzida durante o inverno. É o principal ingrediente para a obtenção de cervejas. Devido ao clima favorável, no Brasil os três estados do Sul são os maiores produtores do cereal. O Paraná lidera a produção de cevada, seguido pelo Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (IBGE, 2020). Em 2020, o Brasil produziu aproximadamente 400 mil toneladas de cevada, sendo praticamente toda produção destinada a indústria cervejeira, porém a produção ainda é

baixa em relação ao consumo, dessa forma, o país importou em torno de 2,4 milhões de toneladas do grão em 2020 (IBGE, 2020; IGC, 2022; PIACENTINI et al., 2019).

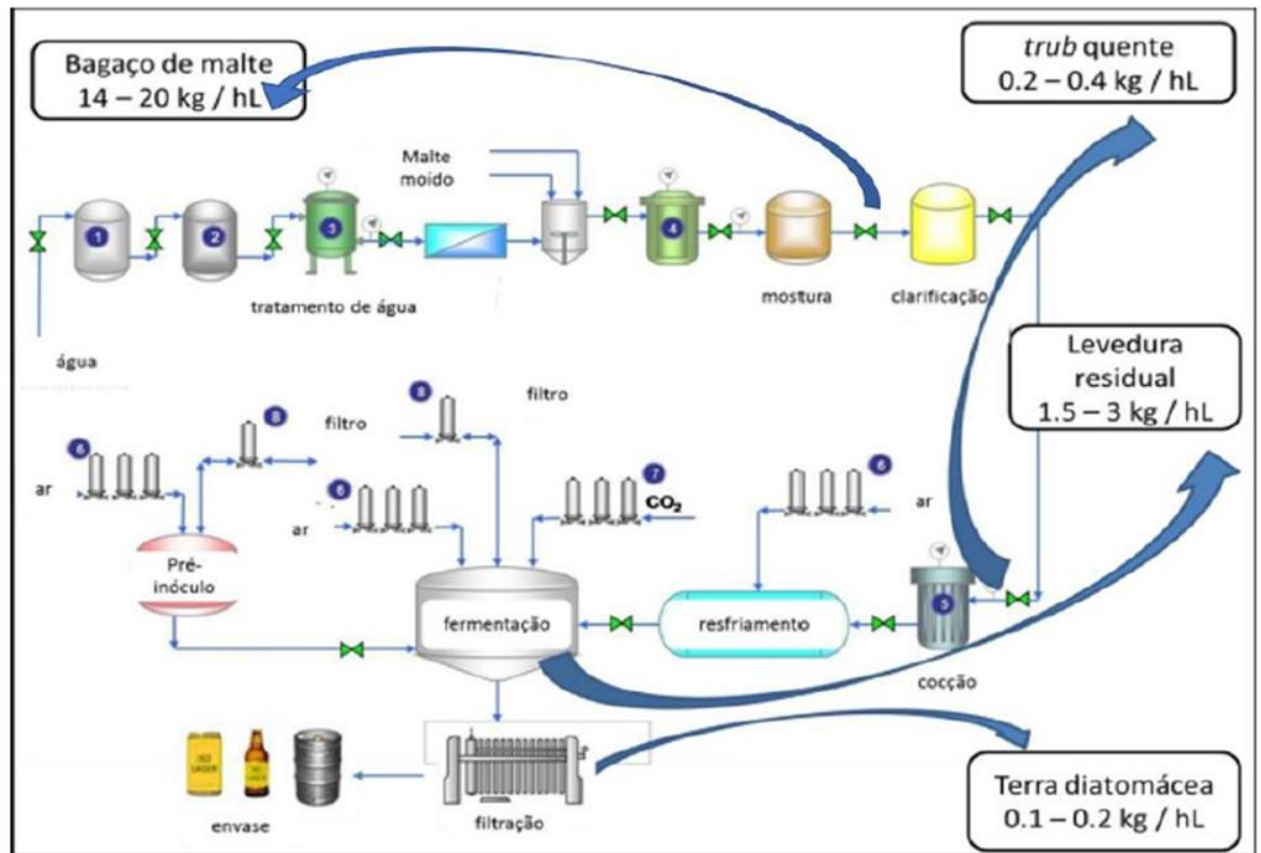
Para a produção de cerveja, é necessário que os grãos da cevada sejam transformados em malte. Dessa forma, após a colheita, os grãos são armazenados em silos, com controladas condições de umidade e temperatura, até serem enviados para a maltaria, que será responsável por transformar a cevada em malte. O processo consiste em fornecer aos grãos condições de temperatura e umidade favoráveis para germinação controlada, o que induz os vegetais a produzirem enzimas que serão responsáveis por reduzir o amido em açúcares fermentescíveis e favorecer o desenvolvimento microbiano. Após esse processo, a germinação é interrompida através de secagem, com temperatura controlada, objetivando manter a integridade das enzimas formadas no processo (JUNIOR; VIEIRA; FERREIRA, 2009; MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

Além do cereal maltado, o lúpulo (*Humulus lupulus*) também é um ingrediente essencial para a fabricação da cerveja, pois é responsável por fornecer o aroma e o amargor da bebida (JUNIOR; VIEIRA; FERREIRA, 2009; MAPA, 2021b). É uma trepadeira perene, cujas flores fêmeas ostentam resinas amargas e óleos essenciais, responsáveis por caracterizar a bebida (JUNIOR; VIEIRA; FERREIRA, 2009). No Brasil, o cultivo dessa planta é recente e a indústria cervejeira importa quase 100% da matéria-prima (MAPA, 2021b).

2.1.1.1 Resíduos e processamento da cerveja

Durante o processo de fabricação da cerveja (Figura 1), são gerados 3 principais resíduos: o bagaço de malte, o *trub* quente e a levedura residual. Esses resíduos não são reaproveitados pela indústria cervejeira e podem causar significativos impactos ambientais se destinados na natureza sem tratamento. O descarte incorreto desses resíduos em rios pode causar a diminuição da concentração de oxigênio e causar a mortandade de microrganismos importantes (BROCHIER; CARVALHO, 2009). O processo de fermentação também envolve consumo de energia e água, que em grande parte é descartada, além da remoção de resíduos sólidos (FAKOYA; VAN DER POLL, 2013).

Figura 1. Processo de produção de cerveja e geração de resíduos.



Fonte: TESSER, 2020.

O bagaço de malte, ou resíduo úmido de cervejaria, é o subproduto do processo da maceração e consiste em uma mistura complexa de casca de grão de cevada, pericarpo e fragmentos de endosperma (ALIYU; BALA, 2013; PIRES et al., 2012). Por ser muito úmido, estima-se que a cada 100 kg de malte de cevada, sejam gerados de em torno de 120 kg de resíduo úmido de cervejaria (FILLAUDEAU; BLANPAIN-AVET; DAUFIN, 2006), ou, em torno de 85% do total de resíduo gerado (ALIYU; BALA, 2013; MARSARIOLI, 2019). O bagaço de cevada geralmente apresenta teores elevados de umidade, de carbono, de hemicelulose, de lignina, de celulose, de proteína e de relação C/N, mas apresenta baixo valor de cinzas, assumindo potencial para obtenção de bioprodutos (ALDANA; OLIVEIRA; WALDMAN, 2021). Dos resíduos gerados na fabricação de cerveja, é o que possui maior capacidade de gerar impacto ambiental, pois requer até 100 vezes mais oxigênio para quebrar seu alto teor de carboidratos, de proteínas, de gorduras e de fibras quando comparado ao esgoto doméstico, por exemplo (CORDEIRO; EL-AOUAR; GUSMÃO, 2012).

O residual de levedura é o segundo maior resíduo gerado na produção de cervejas. É composto pela biomassa presente no fundo do tanque que apresenta maior teor de proteína, de

cinzas e maior biodegradabilidade que o bagaço de malte (ALDANA; OLIVEIRA; WALDMAN, 2021; VITANZA et al., 2016). Esse residual possui alta carga orgânica, em torno de 120.000 a 140.000 mg DBO/L, e grande valor nutricional, sendo geralmente destinada à indústria de alimentos (MARSARIOLI, 2019). Estima-se que a cada 100 litros de cerveja produzida, sejam gerados de 1,5 a 3 kg de resíduo de levedura (FERREIRA et al., 2010; FILLAUDEAU; BLANPAIN-AVET; DAUFIN, 2006; OLAJIRE, 2012).

O *trub* quente é outro resíduo sólido obtido através da produção de cerveja. É produzido após a fervura do mosto, e composto basicamente por proteínas coaguladas insolúveis, de alto peso molecular, polifenóis, carboidratos e ácidos graxos (ALDANA; OLIVEIRA; WALDMAN, 2021). São gerados em torno de 0,2 a 0,4 kg de *trub* a cada 100 litros de cerveja (COLPO; FUNCK; MARTINS, 2021).

Como citado anteriormente, o Rio Grande do Sul é o segundo maior estado em número de cervejarias registradas. Diante disso, o estado gera uma quantidade significativa de resíduos, que devem ser destinados adequadamente, evitando contaminação ambiental. Esses resíduos podem ser utilizados na alimentação animal e humana, criando materiais biodegradáveis, na produção de biometano, na de etanol, entre outros (COLPO; FUNCK; MARTINS, 2021).

2.1.2 Caracterização e composição do resíduo de cervejaria

Apesar da desejável padronização da composição de matérias-primas, assim como em grande parte dos resíduos, a composição do resíduo de cervejaria pode variar de acordo com a variedade da cevada, época de colheita, qualidade de grãos, características do lúpulo, aditivos e tecnologia utilizada pela cervejaria (SANTOS et al., 2003). No Brasil, a legislação vigente permite que parte do malte da cevada seja substituído por adjuntos como arroz, trigo, centeio, milho, aveia e sorgo, tornando indispensável a realização de análises bromatológicas (Tabela 1) a cada novo lote de resíduo adquirido (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

Tabela 1 - Composições bromatológicas do resíduo de cervejaria, citadas por diferentes autores.

	Senthilkumar et al., (2010)	Silva et al., (2010)	NRC suínos (2012)	Feedpedia (2014)	Parpinelli et al., (2020)	FEDNA (2021)
MS (%)	29,15 ¹	22,0 ¹	92,0 ²	91,0 ²	91,5 ²	91,5 ²
PB (%)	24,34	20,3	26,5	25,8	29,5	24,3
EE (%)	5,19	9,9	4,72	6,7	4,96	7,2
FB (%)	19,62	-	-	15,8	-	14,0
FDN (%)	54,64	58,0	48,7	56,3	65,0	48,9
FDA (%)	24,68	-	20,14	21,9	25,4	20,5
EB (kcal/kg)	3.543	-	4.805	4.705	4.526	-

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; EE = extrato etéreo; EB = energia bruta.

¹Resíduo de cervejaria úmido; ² Resíduo de cervejaria desidratado.

As células sem valores não possuem dados apresentados pelos autores.

Fontes: Adaptado de Senthilkumar et al., (2010); Silva et al., (2010); NRC suínos (2012); Feedpedia (2014); Parpinelli (2020); FEDNA(2021).

Como evidenciado na tabela acima, o resíduo de cervejaria possui altos teores de PB e EB, podendo ser usado em substituição aos grãos de milho e farelo de soja em dietas para animais. Porém, um fator limitante para a sua utilização em rações para aves é o seu alto teor de fibra e de umidade (EL-HACK et al., 2019). Dessa forma, a utilização desse ingrediente em rações para frangos deve ser limitada a baixas quantidades, para que o ganho de peso dos animais não seja comprometido.

Além dos componentes já citados, são também encontrados minerais como cálcio, cobalto, cobre, ferro, magnésio, manganês, fosforo, potássio, selênio, sódio e enxofre, em concentrações inferiores a 0,5%; vitaminas como a colina (presente em maior quantidade), biotina, ácido fólico, niacina, ácido pantotênico, riboflavina, tiamina e piridoxina; e aminoácidos (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006).

2.1.3 Utilização do resíduo de cervejaria na nutrição animal

Por ser produzido em grande quantidade e necessitar destinação adequada, o resíduo de cervejaria tem encontrado espaço na nutrição animal. As principais alternativas estudadas ao longo dos anos estão relacionadas a nutrição de animais ruminantes (BROCHIER;

CARVALHO, 2009), onde há comércio já definido. Na avicultura, a utilização desse resíduo para a nutrição de frangos de corte é um assunto relativamente novo e pouco estudado.

Devido ao alto teor de umidade (80 a 85%), esse resíduo se torna susceptível ao crescimento microbiano em curto período de tempo, em torno de 7 a 10 dias (STOJCESKA; AINSWORTH, 2008). Esse fator é considerado limitante no caso de nutrição de frangos de corte, visto que, se for utilizado úmido, causa rápida deterioração da ração, além de não estar na forma física recomendada. Diante disso, para ser utilizado na avicultura, esse resíduo precisa ser seco. A pré-secagem deve ser realizada em estufa de circulação de ar forçado a 55°C, ou então, ao sol, onde o material deve ficar exposto durante cerca de três dias, sob superfície concretada e em camadas de no máximo 2 cm, necessitando ser revolvido a cada duas horas e coberto durante a noite para evitar deposição de orvalho (SCHONE et al., 2016). Além dos fatores já citados, a secagem do resíduo também é importante para reduzir o volume do produto e reduzir os custos com transporte e armazenamento (SANTOS et al., 2003). Após a secagem, o resíduo deve ser moído de acordo com a granulometria desejada (Figura 2).

Figura 2. Resíduo de cervejaria seco e moído.



Fonte: arquivo pessoal.

Antes de recomendar a utilização de um novo ingrediente na nutrição animal, é necessário que sejam realizadas análises químicas e estudos de composição nutricional que busquem o melhor aproveitamento desse ingrediente, sem prejudicar o desempenho dos animais. Além disso, é essencial que seja determinado o valor de energia metabolizável aparente (EMA) e/ou energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMA_n). A EMA é representada pela energia bruta (EB) da dieta menos a EB das excretas, enquanto a EMA_n é corrigida para o nitrogênio presente no corpo (NRC, 1994). A aplicação

desse conceito é fundamental na formulação de dietas para aves, pois permite formular dietas mais precisas e reduzir a excreção de nutrientes (SILVA et al., 2020).

Para o resíduo de cervejaria, os resultados da utilização na dieta para frangos de corte são controversos, e os níveis de inclusão são variados e diferem na literatura. Por se tratar de um tema pouco difundido na avicultura, os dados de EMA_n de resíduo de cervejaria encontrados na literatura são citados por *Feedipedia* (2014), que apresenta um valor de 2.197 kcal/kg na MS, e pela plataforma *Feedtable* (2017a), que apresenta um valor de 2.270 kcal/kg. Os teores de fibra bruta encontrados na literatura variam entre 14,7 e 19,6% e os níveis de proteína variam de 20,3 a 29,5 % (FEDNA, 2021; PARPINELLI et al., 2018; SENTHILKUMAR et al., 2010; SILVA et al., 2010). Além disso, as tabelas referências de composição de nutrientes em ingredientes e exigências nutricionais não apresentam digestibilidade de nutrientes e valores energéticos desse resíduo para aves (FEDNA, 2021; NRC, 1994, 2012; ROSTAGNO et al., 2017).

Silva e Ferreira (2017) ao avaliarem o desempenho e rendimento de carcaça de frangos alimentados com dietas contendo 0; 1,75; 3,5; e 5,25% de resíduo de cervejaria, de 1 a 75 dias de idade, encontraram maior peso vivo e ganho de peso com a dieta contendo 5,25% deste resíduo nas fases 1-15 dias, e 31-45 dias, e pior conversão alimentar de 16-30 dias. Porém, no rendimento de carcaça nenhuma diferença foi observada entre os tratamentos. Babarinde et al. (2020) ao avaliarem o desempenho de frangos de corte alimentados com dieta inicial e final contendo 15% de resíduo de cervejaria, não encontraram diferença no ganho de peso, peso de carcaça e peso de órgãos a frangos alimentados com dieta controle. Da mesma forma, Denstadli et al. (2010) não encontraram diferença no ganho de peso de frangos alimentados de 12 a 33 dias, com até 20% de inclusão de grãos de cervejaria.

Esses resultados contradizem os resultados encontrados por Ashour et al., (2019), que ao avaliarem frangos alimentados com níveis de 0, 3, 6, 9 e 12% de resíduo de cervejaria, encontraram menor peso vivo e ganho de peso das aves, nos tratamentos que possuíam resíduo. Da mesma forma, Lawal et al. (2016) ao avaliarem o desempenho e a digestibilidade de nutrientes de frangos de corte alimentados com dieta controle, dieta contendo 7% de resíduo de cervejaria e dieta contendo 3, 5, e 7% de resíduo de cervejaria degradado com *Aspergillus flavus*, observaram pior desempenho e digestibilidade de nutrientes nas aves alimentadas com dieta contendo 7% de resíduo de cervejaria.

Através desses resultados, é visível a necessidade de mais estudos a respeito desse ingrediente para a formulação de rações para aves. Uma das maiores dificuldades para determinação da composição nutricional desse ingrediente é a falta de padronização do

subproduto, o qual pode conter diferentes composições dependendo da indústria cervejeira do qual é adquirido. Além disso, o alto teor de fibra e a reduzida digestibilidade da proteína tendem a diminuir o valor nutricional e a energia metabolizável. Diante desses resultados apresentados, o resíduo cervejeiro pode ser mais adequado a frangos de corte mais velhos ou galinhas poedeiras (HEUZÉ et al., 2017).

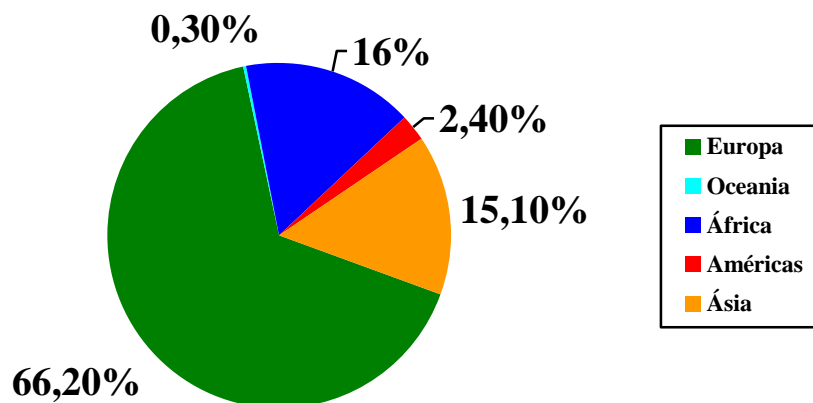
2.2. BAGAÇO DE AZEITONA

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma das árvores frutíferas mais antigas, cujo cultivo é considerado uma prática milenar, conhecido pela humanidade a mais de 6 mil anos (JÚNIOR et al., 2009). É uma árvore de porte médio, pertencente à família botânica Oleaceae, que possui boa adaptação ao clima mediterrâneo, podendo viver centenas de anos (VOSSEN, 2007). O fruto produzido é a azeitona, muito apreciada mundialmente, que dependendo da variedade pode ser consumida como azeitona de mesa ou processada, dando origem ao azeite de oliva.

O consumo do azeite de oliva tem crescido consideravelmente nos últimos anos, devido às apreciadas características sensoriais, e às descobertas dos benefícios à saúde humana. Os compostos fenólicos e polifenólicos presentes no azeite possuem propriedades anticancerígenas, antioxidantes, anti-inflamatórias e com efeitos antimicrobianos e antivirais (GORZYNIK-DEBICKA et al., 2018). A descoberta desses fatores tem impulsionado o consumo e conseqüentemente a produção do produto no mundo todo.

A Europa é responsável por 66,2% da produção mundial de azeitonas, seguida pela África, Ásia, Américas e Oceania (Figura 3), sendo que Espanha, Itália e Grécia lideram as produções e exportações (FAOSTAT, 2019).

Figura 3. Porcentagem de produção de azeitonas no mundo.



Fonte: Adaptado de FAOSTAT, 2019.

O consumo anual de azeite de oliva por brasileiro é em média 450 mililitros (BELARMINO et al., 2020). Apesar do consumo ainda ser considerado baixo, o Brasil é o segundo maior importador de azeite de oliva, perdendo apenas para os Estados Unidos

(INTERNATIONAL OLIVE COUNCIL, 2020). Em 2020, o Brasil importou 110,3 mil toneladas de azeite, um crescimento de 20% em relação a 2019 (CANAL RURAL, 2021).

O aumento do consumo do azeite pode estar associado a hábitos mais saudáveis, principalmente em razão da pandemia da COVID-19. Tal fato impulsiona o interesse e os investimentos no plantio da oliveira, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Paraná, que já possuem olivais em fase de produção, com beneficiamento de azeitonas e produção de azeites com elevada qualidade comercial (MAPA, 2020). Essas regiões também possuem clima e relevo propício para desenvolvimento da cultura.

2.2.1 Cultivo de oliveiras no Rio Grande do Sul

O desenvolvimento da olivicultura no RS iniciou em 1948, com apoio da Secretaria da Agricultura do Estado; entretanto, com pouca base técnica, os olivais formados eram de baixa qualidade, o que passou a desvalorizar o produto (JÚNIOR et al., 2009), e resultou na diminuição das áreas cultivadas. Dessa forma, estima-se que o plantio de mudas da planta com apoio técnico e com o objetivo de produção do azeite de oliva se deu em Caçapava do Sul, no ano de 2003, com apoio da Embrapa Clima Temperado (EMATER/RS, 2015). Desde então, essa atividade agrega valor ao agronegócio do Estado, apresentando competitividade a níveis nacional e mundial, tendo o produto conquistado medalhas de ouro, prata e platina em alguns eventos internacionais (SECRETARIA DA AGRICULTURA, 2021).

O estado do RS, principalmente sua metade-sul, é atualmente o maior investidor no plantio de oliveiras e líder nacional no volume de azeite produzido. A região apresenta condições edafoclimáticas favoráveis à prática da olivicultura (ALBA et al., 2014), pois possui invernos rigorosos e verões secos, necessários para a boa indução floral (OLIVEIRA et al., 2012). Estima-se que dos 10.000 hectares cultivados no país, mais de 70% das áreas sejam em solo gaúcho (BELARMINO et al., 2020).

As azeitonas são colhidas e processadas no período de janeiro a março, ou quando a média dos frutos atinge 40% de maturação (Figura 4) (GARCIA, 2018; OLIVEIRA et al., 2012). Para produção do azeite, os frutos da oliveira passam por processos mecânicos ou físicos, sob rígido controle de temperatura, para que não aconteça alteração nas propriedades nutricionais do produto. Além disso, após colhidos, os frutos devem ser processados de 12 a 24 horas, ou devem ser armazenados em ambiente de temperatura controlada por no máximo 48 horas, para que não ocorram danos às características sensoriais do produto final

(SPERONI, 2019). Vale ressaltar que o processo da colheita deve ser feito de forma cautelosa, sem causar danos aos frutos, pois eles influenciam diretamente na qualidade final do azeite (GARCIA, 2018).

Figura 4. Azeitonas com 40% de maturação.



Fonte: Garcia, 2018.

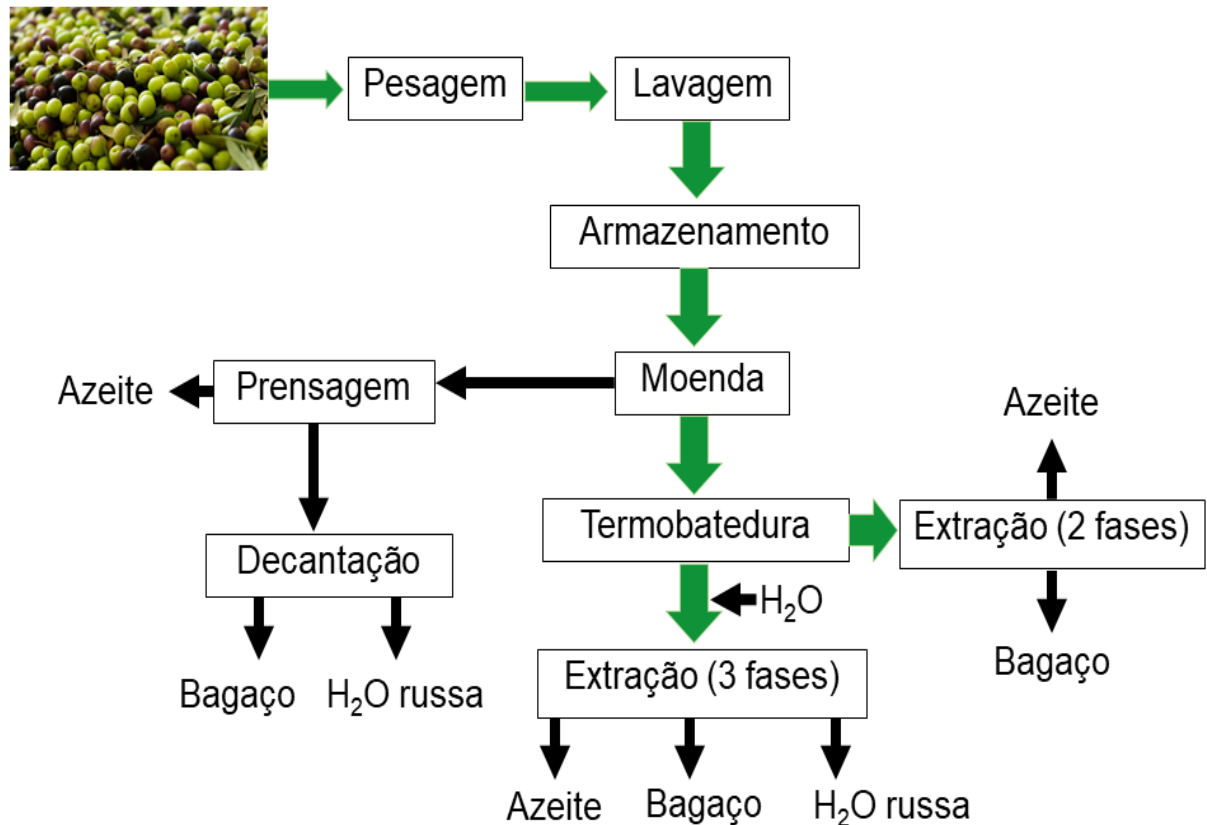
Até o término de 2020 a área plantada de oliveiras no RS estava próxima de 6,2 mil hectares, sendo apenas 35% em idade produtiva, ou seja, com mais de quatro anos. Estima-se que com a safra de 2020/2021 tenha-se produzido 202 mil litros de azeite (SECRETARIA DA AGRICULTURA, 2021). Assim, o crescente aumento de consumo e de produção de azeite de oliva também traz consigo um aumento na produção de resíduos oriundos do processamento da azeitona. Estima-se que 1000 kg de azeitona produzam cerca de 800 kg de resíduo, também conhecido como bagaço de azeitona (ALCAIDE; GARCÍA; RUIZ, 2011), que deve ser tratado ou reaproveitado, evitando contaminação ambiental.

2.2.2 Resíduos e processamento da azeitona

São utilizados dois métodos de extração de óleo: o método tradicional utilizando prensa hidráulica e o de centrifugação, que é dividido no sistema contínuo de duas e de três fases (Figura 5). O método de prensa tradicional é pouco usado atualmente. Consiste em moer as azeitonas em moinhos de pedra de granito cônicas, o que promove a liberação do azeite e, a separação da fração sólida ocorre por prensagem hidráulica, sendo o azeite coletado por um tanque decantador. Esse método é pouco vantajoso pois a prensagem é demorada e há deposição de massa de azeitona nas entranhas dos discos de prensagem, o que dificulta a limpeza do sistema (BÖHMER, 2018). Além disso, o resíduo gerado apresenta maiores

porções fibrosas, como celulose, hemicelulose e lignina, e teores mais elevados de gordura (SOUILEM et al., 2017).

Figura 5. Métodos de extração de azeite de oliva.



Fonte: Adaptado de BÖHMER, 2018.

Já no método de extração por centrifugação a moagem das azeitonas é realizada em moinho de martelo. No sistema de três fases são adicionados de 50 a 100% de água à pasta de azeitona formada, em seguida, a pasta batida é conduzida a uma centrífuga decantadora horizontal, que separa o bagaço e a fração líquida (azeite e água ruça), após, ocorre centrifugação em uma centrífuga vertical, para a separação da água ruça e do azeite.

Esse processo é mais barato que o anterior e há aumento da produtividade, pois é um processo contínuo, mas, há produção de águas residuais (BÖHMER, 2018). O sistema de centrifugação contínua de duas fases elimina a utilização de água durante o processo, pois possui auxílio de uma centrífuga decantadora automatizada que separa a fração sólida da líquida, e posteriormente outra centrífuga faz a separação do azeite e da água vegetal (ALBURQUERQUE et al., 2006; BÖHMER, 2018).

Como citado anteriormente, apenas 20% do que é extraído da azeitona é aproveitado, sendo o restante considerado resíduo com alta capacidade de gerar impacto ambiental. A eliminação desse resíduo é um dos maiores problemas ambientais nos países do Mediterrâneo que possuem produção de azeite em larga escala (JÚLIO, 2014), visto que, contribui significativamente com a poluição ambiental devido ao odor, carga orgânica elevada, pH ácido (3 a 5,9), difícil degradabilidade, alto teor de sólidos e elevado teor de polifenóis totais que são tóxicos para grande parte dos microrganismos (SILVA, 2019). Além disso, o resíduo originado na indústria, em geral, é bastante úmido (Figura 6).

Figura 6. Bagaço de azeitona in natura.



Fonte: Arquivo pessoal.

Devido a esses fatores, diversos pesquisadores têm se preocupado em avaliar possíveis utilizações desse resíduo, com o intuito de agregar valor a esse subproduto (JÚLIO, 2014). O bagaço de azeitona seco pode ser utilizado para diversos fins, entre eles: como fonte para geração de energia, pois possui alto poder calorífico; como material de compostagem e de adubação mineral, devido as quantidades elevadas de matéria orgânica e de elementos minerais (MEDEIROS et al., 2015), ou ainda, pode ser utilizado na nutrição humana e animal (SPERONI, 2019).

2.2.2.1 Caracterização e composição do bagaço de azeitona

O bagaço de azeitona é um resíduo oriundo da extração do azeite de oliva. É composto por polpa, epicarpo dos frutos, parte de caroço triturado e água. Sua composição é considerada altamente variável (Tabela 2) pois depende de diversos fatores, como teores de óleo residual e de água, proporção de partes de caroço na massa, maturação dos frutos, variedade das plantas, dentre outros (MEDEIROS et al., 2015). Assim, quando se busca a utilização de novos ingredientes, principalmente coprodutos, é essencial avaliar adequadamente a composição química dos mesmos (OLIVEIRA et al., 2021).

Tabela 2 - Composições bromatológicas do bagaço de azeitona, citadas por diferentes autores.

	Feedipedia (2012)	Sayehban et al., (2016)	Guido et al., (2017)	Silva (2019)	Guerreiro et al., (2021)	FEDNA (2021)
MS (%)	87,7 ²	93,45 ²	27,9 ¹	30,21 ¹	50 ¹	93,2 ²
PB (%)	7,8	10,7	5,8	6,07	10	9,6
EE (%)	12,4	-	18,0	22,98	11	16,2
FB (%)	38,1	25,6	44,1	32,85	-	22,0
FDN (%)	70,5	71,6	57	52,60	64	35,6
FDA (%)	56,1	55,5	50,5	38,55	50	22,7
LDA (%)	-	-	-	20,68	28	12,1
MM (%)	-	8,5	2,9	-	-	-
EB (kcal/kg)	4.968	2.980	5.828	-	5.144	-

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; EB = energia bruta.

¹BA úmido; ²BA desidratado.

As células sem valores não possuem dados apresentados pelos autores.

Fontes: Adaptado de Feedipedia (2012); SAYEHBAN et al. (2016); GUIDO et al. (2017); SILVA (2019); GUERREIRO et al. (2021); FEDNA (2021)

Em geral, os níveis proteicos do bagaço de azeitona são baixos em comparação aos níveis de fibra presentes. A porção fibrosa é estimada através do total de fibra (FB), que é composta por FDN (celuloses, hemicelulose e lignina) e FDA (celulose e lignina) (MACEDO JÚNIOR et al., 2007). A FB no bagaço de azeitona é bastante variável, podendo chegar a 48% (PAPPAS et al., 2019). Esse teor é considerado alto para animais não ruminantes, principalmente aves, pois pode afetar negativamente o consumo e a digestibilidade dos ingredientes. Nas dietas para frangos teores entre 2,5 e 3,5% de FB permitem um melhor desempenho (JIMÉNEZ-MORENO et al., 2011).

Além de altos teores de FB, o bagaço de azeitona também é rico em lipídios, que são usados em processos metabólicos para produção de energia. Ele apresenta em maior concentração os ácidos graxos monoinsaturados, como o oleico (OLIVEIRA et al., 2021). O

bagaço de azeitona também apresenta minerais essenciais, como potássio, sódio, ferro, cálcio, magnésio e fósforo (URIBE et al., 2013). Porém, os minerais mais abundantes são cálcio, cobre e cobalto, enquanto fósforo, magnésio e sódio estão presentes em baixas quantidades, e manganês e zinco apresentam níveis razoáveis (RABAYAA; OMAR; OTHMAN, 2001).

Guido et al (2017) e Guerreiro et al. (2021) encontraram valores significativamente altos de EB para o bagaço de azeitona, 5.828 kcal/kg e 5.144 kcal/kg, respectivamente. O milho, principal ingrediente energético nas dietas para aves possui EB em média de 3.901 kcal/kg (ROSTAGNO et al., 2017). Assim, o resíduo de azeitona pode ser considerado um potencial ingrediente energético.

2.2.3 Utilização do bagaço de azeitona na nutrição animal

O setor avícola vem sofrendo pressão do mercado interno e externo, devido aos altos custos de produção que acabam sendo repassados ao consumidor final. O milho e o farelo de soja, principais insumos que compõem as rações, possuem seu preço diretamente ligado ao dólar, sendo bastante instável. Em maio deste 2022, o custo com alimentação de frangos foi responsável por mais de 76% dos custos totais de produção, uma alta de quase 10% em relação ao mesmo período de 2019 (EMBRAPA, 2022). Dessa forma, são necessários mais estudos com ingredientes alternativos, que podem ser potencialmente utilizados em formulações para reduzir os custos ou então contribuir para o desenvolvimento da avicultura regional.

Diante disso, uma das alternativas de aproveitamento do bagaço de azeitona é a sua utilização na nutrição animal. Para ser adicionado nas rações de aves o bagaço de azeitona deve ser seco (Figura 7). A pré-secagem deve ser realizada em estufa de circulação de ar forçado a 55°C e após deve ser moído/triturado de acordo com a granulometria desejada. A utilização do bagaço de azeitona úmido na ração reduz seu valor nutricional devido a diluição, além disso, acelera o processo de deterioração da ração, pois promove rápido desenvolvimento de bactérias e fungos fermentativos (SAYEHBAN et al., 2016), que podem prejudicar a saúde das aves, causando quedas de desempenho.

Figura 7. Bagaço de azeitona seco.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os valores de EMA e EMA_n do bagaço de azeitona ainda são pouco conhecidos e pouco encontrados na literatura. Além disso, poucos níveis de inclusão do ingrediente têm sido explorados. A plataforma *Feedtable* (2017b) apresenta o valor de 1.130 kcal/kg de EMA_n para frangos e 1.250kcal/kg de EMA_n para galos. A literatura apresenta valores de proteína bruta de 5,8 até 10%, e níveis de fibra bruta de 23,5 a 27,6% (FEDNA, 2021; GUERREIRO et al., 2021; GUIDO et al., 2017). E, assim como para o resíduo de cervejaria as tabelas referências de composição de nutrientes em ingredientes e exigências nutricionais utilizadas para formulações de rações na avicultura, não apresentam digestibilidade de nutrientes e valores energéticos do resíduo para aves (FEDNA, 2021; NRC, 1994, 2012; ROSTAGNO et al., 2017).

Em seu estudo Papadomichelakis et al. (2019) avaliaram o desempenho e a qualidade de carne de frangos alimentados com níveis crescentes de bagaço de azeitona apenas nas fases de crescimento e final. As taxas de inclusão (0, 2,5 e 5% na fase de crescimento; e, 0, 5 e 8% na fase final), foram selecionadas de acordo com os teores de FB e EE do ingrediente e a dieta foi formulada com base na EMA de 2.675 kcal/kg. Os frangos alimentados com dieta contendo até 2,5% na fase de crescimento e 5% do ingrediente na fase final tiveram melhor eficiência alimentar que os alimentados com 5% na fase de crescimento e 8% na fase final. Sendo esse resultado atribuído ao aumento de FB da dieta. A maior inclusão de bagaço de azeitona também afetou negativamente a estabilidade oxidativa dos lipídios da carne.

Em contrapartida, os resultados encontrados por El-Hachemi et al. (2007) contradizem os resultados dos autores citados anteriormente, quando em seu estudo não obtiveram diferenças significativas em ganho de peso, peso de carcaça e rendimentos de cortes de frangos recebendo dieta controle e dieta com níveis de 5, 10 e 15% de resíduo de azeitona.

Da mesma forma Sayehban et al., (2016) ao avaliarem o desempenho de frangos de corte com diferentes níveis de bagaço de azeitona (0, 5 e 10%), suplementados ou não com mistura comercial enzimática (contendo fitase, β -glucanase, celulase, pectinase, xilanase, lipase, protease e α -amilase), não encontraram diferença no desempenho de frangos alimentados ou não com dietas contendo diferentes níveis de BA. Al-Harhi (2016) também não encontrou diferença no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de frangos alimentados com dietas contendo 0, 5 e 10% de bagaço de azeitona.

Assim como o resíduo de cervejaria, o bagaço de azeitona não é um ingrediente padronizado, e sua composição varia no mundo todo, tornando necessário mais estudos a respeito da sua inclusão em dietas para frangos. Contudo, os dois ingredientes foram selecionados para esse estudo por serem ingredientes produzidos regionalmente em grande quantidade e obtidos a custos relativamente baixos, o que pode ser benéfico para a indústria avícola regional, para reduzir custos de produção, principalmente nesse momento em que os dois principais ingredientes que compõem a dietas das aves (milho e farelo de soja) são adquiridos a valores significativamente altos, podendo, além disso, colaborar com a sustentabilidade das produções.

3 ARTIGO

Energy Values of Brewer's Grains and Olive Pomace Waste for Broiler Chickens Determined Using the Regression Method ¹

¹ O artigo é apresentado de acordo com as normas da revista Agriculture; Fator de impacto: 2,925.

Artigo aceito em 15 de março de 2022.

Energy Values of Brewer's Grains and Olive Pomace Waste for Broiler Chickens Determined Using the Regression Method

Carine Adams, Otoniel Souza, Jessica Agilar, Geovana Muller, Beatriz Rodrigues and Catarina Stefanello*

Department of Animal Science, Federal University of Santa Maria, Santa Maria 97105-900, Brazil; carineadamsb@gmail.com (C.A.); otonielflx@hotmail.com (O.S.); jecrisagilar@hotmail.com (J.A.); geovanagsmuller@gmail.com (G.M.); bizinha75@gmail.com (B.R.)

* Correspondence: catarina.stefanello@ufsm.br; Tel.: (+55 55 3226 8083)

Abstract: Alternative ingredients can be adequately used in poultry feeds as long as energy values and nutrient digestibility have been previously determined. For example, brewer's grains and olive pomace waste, which are residues of the food industry, are potential ingredients of animal feed. This study was conducted to determine metabolizable energy (ME), nitrogen-corrected ME (ME_n), and ileal digestible energy (IDE) of brewer's grains and olive pomace waste for broiler chickens using the regression method. From day 14 to 21, two hundred and eight Cobb 500 male broilers were fed 5 experimental diets with 8 replicates of 7 birds each. Broilers were fed a corn-soy reference diet (RD) and 4 test diets (TD), where TD consisted of brewer's grains or olive pomace waste that partly replaced the energy sources in the RD at 10 or 20% and 7.5 or 15%, respectively. Total tract metabolizability and apparent ileal digestibility of dry matter, N, and energy as well as ME, ME_n, and IDE were determined. The ME, ME_n, and IDE values (kcal/kg) were 2,935, 2,785, and 2,524 for brewer's grains, respectively, whereas 1,778, 1,581, and 1,394 (kcal/kg) were obtained for olive pomace waste, respectively. This knowledge can provide useful information that helps to improve the inclusion of alternative ingredients in broilers diets and to formulate accurate feeds to meet broiler requirements.

Keywords: broiler; digestibility; feed formulation; metabolizable energy; nutrition

1. Introduction

The poultry industry has grown significantly in recent years and become one of the largest food suppliers for the human population. Therefore, understanding the digestive characteristics of animals as well as the adequate energy supply and nutrient digestibility of ingredients is necessary to improve the efficiency of poultry production. Corn and soybean meal (SBM) are the main ingredients of poultry feeds; however, market instability, exchange rate, high demand for grains, and climate challenges have increased the prices of corn and SBM. Therefore, alternative ingredients that partially replace these main sources of protein and energy are necessary to reduce feed costs, improve environmental sustainability, and develop animal production in some regions [1, 2].

Breweries are distributed worldwide, and the beer industry is a major contributor to the regional development of many cities. After the processing of germinated and dried cereal grains for beer production, some byproducts are generated as wet or dried brewers, brewer's spent grains, and brewery yeast. To produce 100 liters of beer, around 20 kg of waste is generated [3], which must be properly disposed off to avoid environmental pollution. Brewer's grains are characterized as a solid residue left after the processing of barley, wheat, corn, rice, or sorghum during beer production. Brewer's grains are collected at the end of the mashing process after fermentation. The remaining product is a concentrate of protein and fiber that has become interesting for animal feeding.

Olive oil industries are also found worldwide, and recent increases in olive oil consumption have increased the production of residues. Approximately 20% of the olive fruit (*Olea europaea* L.) results in extra virgin olive oil, and the remaining 80% becomes

olive pomace, which is a waste [4]. Once the waste is disposed off in the environment, severe problems occur because of the high organic content of poorly degradable phenolic compounds that are toxic for vegetables [5]. To improve the sustainability of the olive oil industry, olive pomace waste has been used for animal nutrition, soil fertilization, and waste composting [6].

Brewer's grains and olive pomace waste are low-cost residues of the processing industry. However, these wastes can be costly to transport due to their perishability and bulkiness when wet. As with many other byproducts, the composition and nutritional values of brewer's grains depend on the industrial process, selected cereals, and methods of preservation, whereas the composition and nutritional values of olive pomace waste can vary according to the residual oil, proportion of stones in the mass, fruit maturation, and plant variety [6].

Published research on nutrients and energy values of brewer's grains and olive pomace waste fed to broiler chickens is limited. It has been reported that the crude fiber (CF) content in brewer's grains ranged from 14.7 to 19.6% [7,8], having crude protein (CP) levels of 20.3%-29.5% [9,10]. The CP content in olive pomace waste ranged from 5.8 to 10% [2,11], whereas CF levels were reported to be 23.5%–27.6% [8,11]. No above-mentioned studies have determined the energy and nutrient digestibility of these ingredients in animals. Finally, tables of nutrient and ingredient composition [8,13,14] did not include digestibility of nutrients and energy values of brewer's grains or olive pomace waste for poultry; however, FEEDTABLE [15] reported metabolizable energy at 2,270 kcal/kg and 1,130 kcal/kg for brewer's grains and olive pomace waste, respectively.

Although the chemical composition of brewer's grains and olive pomace waste has been obtained, no published material has been found demonstrating the digestibility and energy values of these ingredients for broilers, which are needed to improve their utilization and to optimize diet formulation. Therefore, the objective of the present study was to determine metabolizable energy (ME), nitrogen-corrected ME (ME_n), and ileal digestible energy (IDE) of brewer's grains and olive pomace waste for broilers using the regression method. The hypothesis of this study was that brewer's grains have higher ME than olive pomace waste.

2. Materials and Methods

Procedures involving health care and management of birds were approved by the Animal Care and Use Committee of the Federal University of Santa Maria (Santa Maria, RS, Brazil).

Three hundred and twenty one-day-old male broiler chicks (Cobb 500 × Cobb 500), vaccinated for Marek's disease were obtained from a commercial hatchery (Agrogen, Montenegro, RS, Brazil). Birds were weighed before placement (42 g average body weight) and randomly allocated in wire battery cages (0.8 m × 0.4 m). Cages were equipped with one feeder and two nipple drinkers in a climate-controlled room. Birds had *ad libitum* access to a common starter feed (Table 1) from day 1 to 14. Lighting was continuous until day 21 and the average temperature was controlled to provide comfort throughout the study.

On day 14, two hundred and eighty broilers were sorted by weight ($557 \text{ g} \pm 7 \text{ g}$) and distributed into 40 cages. From day 14 to 21, birds were fed 5 experimental diets, having 8 replicates of 7 birds each. During the experimental period, broilers also had *ad libitum* access to water and mash feeds. Celite at 1% was used as an indigestible marker.

In this study, the regression method was used and dietary treatments consisted of a reference diet (RD) and four test diets (TD). A corn-soy feed was prepared as a RD in which soybean oil, soy, and corn were used as the energy-yielding sources (Table 1). Four TD were obtained by supplementing the RD with 10 or 20% of brewer's grains and 7.5 or 15% of olive pomace waste. The test ingredients were added to partly replace the energy sources in the TD, then the ratio of soybean oil, SBM, and corn across the experimental diets were maintained the same. These ratios were 7.9, 9.7, and 1.2 for SBM:soybean oil, corn:soybean oil, and corn:SBM, respectively.

Table 1. Ingredient and nutrient composition of starter diet fed from day 1 to 14 and experimental diets fed from day 14 to 21.

Item	Starter diet	RD ¹	Brewer's grains		Olive pomace waste	
	d 1 to 14	0%	10%	20%	7.5%	15%
Ingredients, %						
Corn	50.99	49.63	44.40	39.17	45.71	41.79
Soybean meal	41.68	40.19	35.96	31.72	37.01	33.84
Soybean oil	3.91	5.10	4.56	4.03	4.70	4.29
Dicalcium phosphate	0.99	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89
Limestone	1.20	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Salt	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
DL-Methionine	0.33	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
L-Lysine HCl	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
L-Threonine	0.03	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Vit. and min. premix ²	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Celite ³	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Brewer's grains	-	0.0	10.00	20.00	0.0	0.0
Olive pomace waste	-	0.0	0.0	0.0	7.50	15.00
Calculated energy and nutrient composition, % or as shown						
ME, kcal/kg	3,000	3,025				
Crude protein (CP)	23.79	22.68				
Calcium	1.00	0.96				
Phosphorus	0.83	0.79				
Total amino acids						
Arginine	1.32	1.31				
Cysteine	0.32	0.30				
Histidine	0.67	0.59				
Isoleucine	0.79	0.81				
Leucine	1.89	1.62				
Lysine	1.32	1.15				
Methionine	0.61	0.57				
Phenylalanine	1.20	0.98				
Threonine	0.82	0.80				
Valine	0.88	0.87				
Analyzed CP, %	24.0	22.4	22.1	22.0	20.0	18.7
Analyzed GE ⁴ , %	4,005	4,084	4,163	4,233	4,193	4,313

¹RD = reference diet. ²Composition per kilogram of feed: copper, 10 mg; iodine, 0.7 mg; iron, 40 mg; manganese, 80 mg; selenium, 0.25 mg; zinc, 80 mg; biotin, 0.1 mg; cyanocobalamin, 0.015mg; niacin, 35 mg; folic acid, 1,5 mg; pyridoxine, 3.8 mg; pantothenic acid, 12 mg; riboflavin, 6 mg; thiamine, 2 mg; vitamin A, 9,000 IU; vitamin D₃, 2,500 UI; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2,5 mg. ³Indigestible marker (Celite, Celite Corp., Lompoc, CA, US). ⁴GE = gross energy.

Brewer's grains were obtained from a local beer industry (Santamate Indústria e Comercio, Santa Maria, RS, Brazil), and the product was collected at the end of the mashing process after fermentation in the beer production. The olive pomace waste was obtained from an olive oil agroindustry (Olivas do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brazil). The material was collected right after the extraction of olive oil by biphasic centrifugation and stored at -20°C. Both ingredients were wet on receipt, dried in a forced air oven at 55°C for 3 days (Marconi, model MA 035) and ground in a knife mill with a 2 mm sieve. Brewer's grains and olive pomace waste were analyzed to determine chemical composition, gross energy (GE), and total amino acids.

2.1. Experimental Procedures

On day 14, chicks were weighed into groups of 7 birds per cage. Bird and feeder weights averaged by cage were recorded on days 14 and 21. Excreta were collected twice

daily on plastic sheeting from day 19 to 20 being mixed, pooled by cage, and stored at -20°C until analysis. Ileal digesta were collected from all birds on day 21 after euthanasia by cervical dislocation where the final 2/3 distal ileum were flushed with distilled water into plastic containers and immediately frozen until drying. Excreta and ileal digesta were dried in a forced air oven at 55°C . Feeds and samples of digesta and excreta were ground to pass a 0.5-mm screen in a grinder.

2.2. Chemical Analysis

Dry matter (DM) analysis of feeds, excreta, and ileal digesta was performed after oven drying the samples at 105°C for 16 h (method 934.01; [16]). Nitrogen (N) was determined using the dry combustion method (method 972.43; [16]) in a CN analyzer (Thermo-Finnigan Flash EA 1112, Waltham, MA, US). Acid insoluble ash concentration in the diet, ileal digesta, and excreta samples were determined using according to Choct and Annison [17]. Feeds, ileal digesta, and excreta samples were also analyzed for gross energy (GE) in an adiabatic bomb calorimeter (Parr Instrument Company, 6400, Moline, IL, US).

2.3. Calculations

This methodology has been used to determine energy values of ingredients for non-ruminant animals. Through the regression method, ileal digestibility and total tract metabolizability coefficients (C) of energy and nutrients were calculated as previously reported by Bolarinwa and Adeola [18] and Dalmoro et al. [19]. These coefficients were calculated as $C = 1 - [(Cd/Co) \times (Eo/Ed)]$, where Cd is the concentration of celite in the diet; Co is the concentration of celite in the excreta or ileal digesta; Eo is the concentration of energy or nutrient in the excreta or ileal digesta, and Ed is the concentration of energy or nutrient in the diet.

Ileal digestible energy (in kcal/kg of DM) of the diet was calculated as the product of C and the GE concentration (in kcal/kg) of the diet. The ME (in kcal/kg) of the diet was calculated as the product of C and the GE concentration (in kcal/kg) of the diet. Metabolizable energy was corrected to zero N retention (ME_n) using a factor of 0.03439248 kcal/g [20]. There is further description on the calculation of ME, ME_n , or IDE coefficients for reference diet, test diets, and test ingredient in the publications by Stefanello et al. [21], Zhang and Adeola [22], and Adeola and Kong [23]. The product of coefficients of IDE, ME, or ME_n at each level of test ingredient substitution rate (brewer's grains, 10 or 20% and olive pomace waste, 7.5 or 15%), kg of test ingredients intake (product of 0.1, 0.2 or 0.075, 0.15 dry feed intake), and the GE of test ingredients are the test ingredient-associated ME, ME_n , or IDE in kcal [18,22,23].

2.4. Statistical analysis

Data were analyzed using the GLM procedure of SAS [24]. Regressions of the test ingredient-associated ME, ME_n , or IDE intake in kcal against kg of test ingredient intake for cage of broilers were conducted using linear regression following SAS statements according to Bolarinwa and Adeola [18]. The effects of increasing levels of brewer's grains and olive pomace waste in assay diets were compared using linear and quadratic contrasts. Statistical significance was determined at $p < 0.05$.

3. Results

The analyzed nutrient composition of brewer's grains and olive pomace waste is presented in Table 2. Both ingredients were selected because they are food industry residues that potentially pollute the environment. Brewer's grains and olive pomace are wastes spread around the world but they also have a local representative importance, which contributes to the regional development when used as ingredients for animal nutrition. Crude protein, ash, calcium, and phosphorus contents were higher in brewer's grains compared to olive pomace waste. On the other hand, the olive pomace waste presented higher gross energy and crude fiber than brewer's grains. The high gross

energy is due to the high ether extract content, whereas the olive stones result in high crude fiber concentration.

Table 2. Analyzed chemical composition and total amino acids of brewer's grains and olive pomace waste.

Item, %	Brewer's grains	Olive pomace waste
Dry matter	92.71	95.57
Gross energy, kcal/kg	4,843	5,853
Crude protein (N × 6.25)	24.07	6.20
Ether extract	6.51	21.93
Crude fiber	17.11	37.68
Acid detergent fiber	20.59	45.50
Neutral detergent fiber	60.90	54.81
Ash	6.34	2.51
Calcium	0.20	0.16
Phosphorus	0.49	0.14
Indispensable amino acids		
Arginine	1.07	0.30
Histidine	0.48	0.12
Isoleucine	0.71	0.22
Leucine	1.50	0.41
Lysine	0.86	0.03
Methionine	0.32	0.05
Phenylalanine	1.18	0.28
Threonine	0.72	0.21
Valine	0.96	0.27
Dispensable amino acids		
Alanine	1.01	0.26
Aspartic acid	1.46	0.63
Cysteine	0.32	0.10
Glutamic acid	4.37	0.63
Glycine	0.91	0.29
Proline	2.19	0.26
Serine	1.02	0.27
Tyrosine	0.69	0.12

The inclusion of brewer's grains or olive pomace waste in the reference diet did not result in quadratic effects for all evaluated responses. Only linear decreases ($p < 0.05$) were observed in performance variables (Table 3). There was a linear decrease ($p < 0.05$) on final body weight, weight:gain, feed intake and gain:feed when brewer's grains or olive pomace waste were included in the reference diet.

Table 3. Growth performance of broilers fed experimental diets containing brewer's grains or olive pomace waste from day 14 to 21.

Item	RD ¹	Brewer's grains		Olive pomace waste		SEM	<i>p</i> -value			
							Brewer's grains		Olive pomace waste	
		10%	20%	7.5%	15%		L ²	Q ²	L	Q
Initial BW, g	562	558	550	561	557	2.0	0.416	0.837	0.105	0.762
Final BW, g	1,120	1,050	864	1,078	1,034	16.2	0.018	0.777	0.001	0.092
Weight gain, g	558	492	314	517	477	15.4	0.022	0.748	0.001	0.097
Feed intake, g	742	687	582	740	709	11.1	0.009	0.151	0.001	0.200
Gain:Feed, g:kg	753	716	532	700	673	15.3	0.007	0.277	0.001	0.289

¹RD = Reference diet. The RD was isonitrogenous and isocaloric, however test diets used brewer's grains or olive pomace waste to replace soybean oil, soybean meal, and corn at the same ratio. ²Linear and quadratic contrasts for brewer's grains or olive pomace waste (n = 40).

Total tract metabolizability coefficients, ME, and ME_n as well as ileal digestibility coefficients and IDE of the experimental diets are presented in Table 4. Linear decreases ($p < 0.05$) were observed on ME and IDE of diets with increasing brewer's grains. There were no effects ($p > 0.05$) on metabolizability or ileal digestibility coefficients of DM and N when brewer's grains was included. The addition of olive pomace waste linearly decreased ($p < 0.05$) ileal digestibility and metabolizability coefficients of DM, N, and energy as well as linearly decreased ($p < 0.05$) ME, ME_n, and IDE.

Table 4. Apparent ileal digestibility and total tract metabolizability of DM, nitrogen, and energy of broilers fed experimental diets containing brewer's grains or olive pomace waste from day 14 to 21.

Item	RD ¹	Brewer's grains		Olive pomace waste		SEM	<i>p</i> -value			
							Brewer's grains		Olive pomace waste	
		10%	20%	7.5%	15%		L ²	Q ²	L	Q
Ileal digestibility										
Dry matter coefficient	0.70	0.69	0.67	0.67	0.62	0.014	0.235	0.245	0.001	0.149
Nitrogen coefficient	0.86	0.85	0.85	0.81	0.77	0.017	0.889	0.898	0.010	0.746
Energy coefficient	0.73	0.71	0.68	0.70	0.64	0.014	0.036	0.390	0.001	0.190
IDE ³ , kcal/kg	3,345	3,312	3,196	3,319	3,070	0.07	0.005	0.688	0.001	0.726
Total tract metabolizability										
Dry matter coefficient	0.69	0.68	0.67	0.66	0.61	0.009	0.526	0.210	0.001	0.174
Nitrogen coefficient	0.72	0.71	0.65	0.64	0.60	0.029	0.056	0.110	0.001	0.104
Energy coefficient	0.75	0.73	0.72	0.71	0.67	0.009	0.092	0.101	0.002	0.102
Nitrogen-correct energy coefficient	0.70	0.68	0.67	0.67	0.63	0.008	0.154	0.249	0.001	0.118
ME ⁴ , kcal/kg DM ⁵	3,429	3,404	3,372	3,368	3,185	0.04	0.040	0.233	0.009	0.194
ME _n , kcal/kg DM	3,191	3,175	3,166	3,184	3,021	0.04	0.396	0.971	0.045	0.195

¹RD = Reference diet. The RD was isonitrogenous and isocaloric, however test diets used brewer's grains or olive pomace waste to replace soybean oil, soybean meal, and corn at the same ratio. ²Linear and quadratic contrasts for brewer's grains or olive pomace waste (n = 40). ³IDE = ileal digestible energy. ⁴ME = apparent metabolizable energy. ⁵DM = dry matter.

The regression of apparent ME, apparent ME_n, and IDE intake associated with brewer's grains or olive pomace waste for broilers is presented in Table 5. The obtained regressions were: ME = 2,935x + 7,739; ME_n = 2,785x + 11,302 and IDE = 2,524x + 16,366 for the diet with brewer's grains; whereas ME = 1,778x + 7,739; ME_n = 1,581x + 11,302 and IDE = 1,394x + 16,366 were obtained for the diet with olive pomace waste substitution ($p < 0.05$). Thus, ME and ME_n values for brewer's grains were 2,935 and 2,785 kcal/kg DM, respectively, while ME and ME_n for olive pomace waste were 1,778 and 1,581 kcal/kg DM, respectively. The IDE for brewer's grains was 2,524 kcal/kg DM and for olive pomace it was 1,394 kcal/kg DM (Table 5).

Table 5. Regressions analysis relating test ingredient-associated energy intake to intake of brewer's grains or olive pomace waste.

Item	Regression equation	SE of Intercept ¹	SE of Slope	p-value	r ²
Brewer's grains					
ME ¹	Y = 2,935x + 7.739	7.97	112.98	0.001	0.948
ME _n	Y = 2,785x + 11.302	8.33	118.12	0.001	0.940
IDE ²	Y = 2,524x + 16.366	12.08	171.28	0.001	0.855
Olive pomace waste					
ME	Y = 1,778x + 7.739	7.97	99.57	0.001	0.948
ME _n	Y = 1,581x + 11.302	8.33	95.24	0.001	0.940
IDE	Y = 1,394x + 16.366	12.08	144.37	0.001	0.855

¹ME = apparent metabolizable energy. ²IDE = Ileal digestible energy

4. Discussion

Alternative ingredients have been used in feed formulations for broilers due to the high prices of corn and soybean meal, which are the main energy and protein sources for poultry. Furthermore, the use of byproducts with potential interest in animal nutrition is considered an opportunity to increase the economic and environmental sustainability of livestock farms and agribusinesses [2]. Brewer's grains and olive pomace waste are two residues that have been produced in large scale besides the potential of using these ingredients for animal nutrition. Thus, determining the energy values of alternative ingredients for broilers becomes necessary to formulate diets with adequate levels, which meet the nutritional requirements for their maximum performance. In the present study, energy values (ME, ME_n, and IDE) of brewer's grains and olive pomace waste were determined for broilers.

The regression of energy or nutrient digestibility against proportions of energy or nutrients replaced and extrapolation to 100% replacement is used to determine digestibility of the components in test ingredients [23], then energy values can be determined. In the regression analysis, a RD is fed to one group of broilers, and at least 2 TD are fed to other broilers, with energy components in the RD being partially replaced by 2 levels of the test ingredient. The coefficient of energy digestibility of the test ingredient in each TD can be calculated using the equations; then test ingredient associated energy intake in kcal can be calculated and regressed against kg of test ingredient intake for broilers to generate intercepts and slopes, where the slope is the energy in kcal/kg of DM of test ingredients [18].

The chemical composition of brewer's grains can be variable due to several factors such as cereal types, soil, harvest period, brewing processes, and added adjuvants during brewing [25]. Brewer's grains had 24.0% CP, 17.1% CF, 6.51% ether extract (EE), and 4,843 kcal/kg GE in the present study. The analyzed CP content is in agreement with findings by Senthilkumar et al. [7] and Carvalho et al. [28], with brewer's grains having 24.3% and 24.4% CP, respectively, whereas Silva et al. [9] and NRC [27] reported 20.3% and 26.5% CP, respectively. The CF content of brewer's grains was reported as 14.7% [8] and 19.6% [7]. Additionally, Senthilkumar et al. [7], NRC [27] and Tesser [29] reported 3,543, 4,805 and 4,527 kcal/kg of GE, respectively. These studies did not determine metabolizable energy or digestibility of brewer's grains for animals.

Babarinde et al. [29], evaluating dried brewer's grains in broiler diets at 0 and 15% did not observe differences on weight gain, carcass and organs weights of broilers. Similarly, Denstadli et al. [3] fed broilers with 0, 10, 20, 30 and 40% dry brewer's grains from d 12 to 33 and found no difference on weight gain up to 20% of brewer's grains. From 30 to 40% inclusion, these authors observed a linear decrease on body weight. Parpinelli et al. [30] also did not observe effects of dry brewer's grains on broiler performance using inclusions at 0, 2, 4, 6, 8, and 10% for broilers until 21 days of age.

In the case of olive pomace waste, composition of residual oil and water contents, proportion of stone parts in the mass, fruit maturation and plant variety have been indicated as causes of variability in its composition [6]. In the current study, the olive

pomace waste had 6.2% CP, 37.8% CF, 21.93% EE, and 5,853 kcal/kg GE. Guido et al. [11] found similar values at 5.8% CP and 5,828 kcal/kg GE. Guerreiro et al. [2] reported 10% CP and 5,144 kcal/kg GE, whereas Pappas et al. [12] obtained 8.6% CP and 27.6% CF of olive pomace waste.

The olive pomace waste presented lower CP content and higher CF and GE compared to brewer's grains. Although the tested ingredients present higher GE, Ca, and fat contents compared to corn, their high fiber content probably can affect nutrient digestibility and energy utilization. Crude fiber can negatively affect feed intake and digestibility of ingredients for broilers when levels are higher than 3.5% [31]. According to Mateos et al. [32], the inclusion of up to 3% of insoluble fiber in diets of young chicks based on corn and SBM might improve the development of the digestive tract and growth performance. It has been demonstrated that the inclusion of moderate amounts of fiber sources increased HCl, bile acids, and enzyme secretion [33,34] as well as improved the functionality of the gastrointestinal tract. Then, fiber sources have become more studied for broilers; however, the digestibility is very limited if diets are formulated with high CF levels for broilers.

Papadomichelakis et al. [35] suggested that levels up to 5% of olive pomace waste can be used for broilers in the finisher phase, because after 28 days of age, the digestive tract is developed and also adapted to digest fibers. El-Hackemi et al. [36] did not find differences in weight gain and carcass weight of broilers fed a control diet or diets with 5, 10 or 15% olive pomace waste, demonstrating the possibility of using up to 15% olive pomace in broilers feeds. Similarly, Sayehban et al. [37] evaluating performance of broilers fed 0, 5 and 10% olive pomace did not find differences on growth performance and indicated that its inclusion can be up to 10% of feed.

Although some previous researches reported that brewer's grains or olive pomace waste can be included in diets for broilers reaching levels at 10 or 15% without decreasing performance, it is necessary firstly obtain ME values and nutrient digestibility to improve the usage of both ingredients and to formulate more accurate diets. Considering the ingredient composition and the obtained ME values in the current study, these ingredients seem to be promising sources of fiber and protein for broilers, but especially for pullets, laying, or breeder hens. Further research is needed to evaluate effects of increasing levels of brewer's grains and olive pomace waste for hens.

Investigating the nutritional composition, sensory characteristics, color, and physical properties of meat and eggs are essential to guarantee the benefit of using residues in the nutrition of the birds. Authors reported that phenolic compounds extracted from the olive industry might be beneficial to birds also through their antimicrobial activity, antioxidant and/or immunomodulatory effects [38], and anti-inflammatory functions [39].

As the test diets were not isocaloric and isonitrogenous because of the regression method, it was expected linear or quadratic effects when increasing levels of the tested ingredients replaced the energy-yielding sources (corn, soy, and soy oil). Thus, regression equations could be estimated considering the ingredient-associated energy intake, since the main objective of this work was not to evaluate broilers' performance. According to Kong and Adeola [23], in the energy utilization studies, the classical ME assay and the precision-fed method are applicable for poultry. Digestibility trials with poultry have used a single level of substitution of a test ingredient such that the reference diet has been used to estimate the energy content [40,41] or at least 2 levels of substitution of a reference diet component in the regression method [42].

In the literature, data on ME, ME_n, and IDE of brewer's grains and olive pomace waste are still scarce and determining energy values of these ingredients is necessary for greater precision in feed formulations. Published ME_n of brewer's grains and olive pomace waste for poultry were reported by FEEDTABLE [15] at 2,270 kcal/kg and 1,130 kcal/kg, respectively. The ME, ME_n, and IDE values of brewer's grains found in the current study were 2,935, 2,785, and 2,524 kcal/kg, respectively. Values of ME, ME_n, and IDE of olive pomace found in the present study were 1,778, 1,581, and 1,394 kcal/kg,

respectively. Tables of nutrient and ingredient composition [8,13,14] did not present digestibility of nutrients and energy values of brewer's grains or olive pomace waste for poultry.

5. Conclusions

Energy values of brewer's grains and olive pomace waste were determined using the regression method. Brewer's grains presented higher energy values if compared to olive pomace waste and both ingredients provided a considerable amount of fibers. The ME, ME_n, and IDE values were 2,935, 2,785, and 2,524 kcal/kg for brewer's grains, respectively, whereas 1,778, 1,581, and 1,394 kcal/kg were obtained for olive pomace waste, respectively. Besides these ingredients have variable nutrient composition as many plant byproducts, the obtained energy values are valuable to formulate accurate diets for broilers. Further studies are needed to evaluate inclusion of increasing levels of brewer's grains or olive pomace waste in diets for pullet, laying, and breeder hens.

Author Contributions: Conceptualization, C.S. and C.A.; methodology, C.A.; validation, O.S., C.A. and B.R.; formal analysis, C.A.; investigation, C.A., J.A., G.M. and B.R.; resources, C.S.; data curation, C.A.; writing—original draft preparation, C.S. and C.A.; writing—review and editing, C.S.; supervision, C.S.; project administration, C.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: This study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and was approved by the Ethics and Research Committee of the Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil (protocol code: 5404280717, 15 August 2017).

Data Availability Statement: Data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Acknowledgments: The authors wish to thank Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES—Brasília, DF, Brazil) for the partial scholarship paid to the first author.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Cunha, F. S. de A.; Rabello, C. B.-V.; Dutra Junior, W. M.; Ludke, M. C. M. M.; Loureiro, R. R. de S.; Freitas, C. R. G. de. Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas contendo farinha de resíduos do processamento de camarões (*Litopenaeus vannamei*). *Acta Sci. -Anim. Sci.* **2007**, *28*, 273–279. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v28i3.40>
2. Guerreiro, O.; Cachucho, L.; Costa, C.; Paulos, K.; Silva, J. S.; Dentinho, M. T. P.; Jerónimo, E. Subprodutos agroindustriais mediterrânicos com potencial para a utilização na alimentação animal. *Vida Rural* **2021**, 68–74.
3. Denstadli, V.; Westereng, B.; Biniyam, H.G.; Balance, S. Knutsen, S.H.; Svihus, B. Effects of structure and xylanase treatment of brewers spent grains on performance and nutrient availability in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* **2010**, *51*, 419–426. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.495745>
4. Alcaide, E. M.; García, A. I. M.; Ruiz, D. R. Y. Los subproductos del olivar en la alimentación de rumiantes. *Sitio Argentino de Producción Animal* **2011**.
5. Ramos-Cormenzana, A.; Monteoliva-Sánchez M.; Lopez, M. J. Biorremediação de alpequima. *Biodeterioração e Biodegradação Internacional* **1995**, *35*, 249–268.
6. Medeiros, R. M. L.; Villa, F.; Silva, D. F.; Cardoso Filho, L. R. Destinação e reaproveitamento de subprodutos da extração olivícola. *Rev. Sci. Agrár. Parana.* **2015**, *15*, 100–108, 2015. <https://doi.org/10.18188/sap.v15i2.11905>
7. Senthilkumar, S.; Viswanathan T. V.; Mercy, A. D.; Gangadevi, P.; Ally, K.; Shyama, K. Chemical composition of brewery waste. *Indian J. Anim. Res.* **2010**, *6*, 49–51.
8. FEDNA. *Tablas FEDNA de Composición y Valor Nutritivo de Alimentos para la Fabricación de Piensos Compuestos*, 4th ed.; Imprime: Improtalia S.L. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2021; 557 pp.
9. Silva, V. B.; Fonseca, C. E. M.; Morenz, M. J. F.; Peixoto, L. T.; Moura, E. dos S.; Carvalho, I. N. O. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. *R. Bras. Zootec.* **2010**, *39*, 1595–1599. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700028>
10. Parpinelli, W.; Cella, P. S.; Savaris, V. D. L.; Broch, J.; Nunnes, R. V. Dry brewery residue in broiler chickens feed. *Semin. Cienc. Agrar.* **2018**, *39*, 1707–1716. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n4p1707>

11. Guido, L. S.; Oliveira, C. O. de; Castro, J. N. P.; Borges, A. P.; Gonçalves, F. M.; Bongalhardo, D. C. Resíduo da extração de azeite de oliva com potencial para utilização na nutrição de não ruminantes. In *Proceedings XXVI Congresso de Iniciação Científica* **2017**.
12. Pappas, A. C.; Tsiplakou, E.; Papadomichelakis, G.; Mitsiopolou, C.; Sotirakoglou, K.; Mpekellis, V.; Haroutounian, S.A.; Fegeros, K.; Zervas, G. Effects of olive pulp addition to broiler diets on performance, selected biochemical parameters and antioxidant enzymes. *J. Hell. Vet. Medical Soc.* **2019**, *70*, 1687–1696. <https://doi.org/10.12681/jhvms.21793>
13. NRC. National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th ed.; The National Academies Press: Washington, US, 1994. <https://doi.org/10.17226/2114>.
14. Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perazzo, F. G.; Saraiva, A.; Teixeira, M. L.; Rodrigues, P. B.; Oliveira, R. F.; Barreto, S. L.T.; Brito, C. O. *Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais* **2017**. 4th ed.; Viçosa : Departamento de Zootecnia, UFV.
15. FEEDTABLE. *Composition and nutritive values of feeds for cattle, sheep, goats, pigs, poultry, rabbits, horses and salmonids*. **2021**. Aviable online: <https://www.feedtables.com> (accessed on 02 feb. 2022).
16. Association of Official Analytical Chemistry. *Official Methods of Analysis*, 18th ed. Analytical Chemists, Gaithersburg, MD. **2006**.
17. Choct, M.; Annison, G. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. *Br. Poult. Sci.* **1992**, *33*, 821–834. <https://doi.org/10.1080/00071669208417524>
18. Bolarinwa, O. A.; Adeola, O. Energy value of wheat, barley, and wheat dried distillers grains with solubles for broiler chickens determined using the regression method. *Poult. Sci.* **2012**, *91*, 1928–1935. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02261>
19. Dalmoro, Y. K.; Adams, C. B.; Haetinger V. S.; Bairros, L.; Yacoubi, N.; Stefanello, C. energy values of *Tenebrio molitor* larvae meal and tilapia byproduct meal for broiler chickens determined using the regression method. *Anim. Feed Sci. Technol.* **2021**, 272–280. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114784>.
20. Hill, F. W.; Anderson, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. Nutr.* **1958**, *64*, 587–603. <https://doi.org/10.1093/jn/64.4.587>
21. Stefanello, C.; Vieira, S. L.; Xue, P.; Ajuwon, K. M.; Adeola O. Age-related energy values of bakery meal for broiler chickens determined using the regression method. *Poult. Sci.* **2016**, *95*, 1582–1590. <https://doi.org/10.3382/ps/pew046>
22. Zhang, F.; Adeola, O. Energy values of canola meal, cottonseed meal, bakery meal, and peanut flour meal for broiler chickens determined using the regression method. *Poult. Sci.* **2017**, *96*, 397–404. <https://doi.org/10.3382/ps/pew239>
23. Adeola, O.; Kong, C. Energy values of triticale or sorghum distillers' dried grains with solubles and rye fed to broiler chickens. *J. Anim. Sci.* **2020**, *98*. doi:10.1093/jas/skaa018.
24. SAS Institute. *SAS User's Guide: Statistics*. Version 9.2. Cary, NC: SAS Institute, Inc. 2009.
25. Lynch, M.K.; Steffen, E.J.; Arendt, E.K. Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. *J. Inst. Brew.* **2016**, *122*, 553–568. <https://doi.org/10.1002/jib.363>
26. Carvalho, S.; Frasson, M. F.; Simões, F. S. B.; Bernardes, G. M. C.; Simões, R. R.; Griebler, L.; Pellegrin, A. C. R. S.; Menegon, A. M.; Deponti, L. S.; Severo, M. M.; Mello, V. L. Resíduo úmido de cervejaria na terminação de cordeiros em confinamento e seus efeitos sobre as características da carcaça e dos componentes não carcaça. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* **2017**, *69*, 742–750.
27. NRC. National Research Council. *Nutrient Requirements of Swine*, 7th ed.; The National Academies Press: Washington, US, 2012. <https://doi.org/10.17226/13298>.
28. Tesser, G. L. S. Resíduo seco de cervejaria na alimentação de frangos de corte. Dissertação de mestrado. 2020. Marechal Cândido Rondon, PR. Available on: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/4883> (accessed on: 07 feb. 2022).
29. Babarinde, E. O.; Akinlaja, M. R.; Longe, O. G.; Ojebiyi, O. O. 2019. Comparative carcass and organ characteristics of broilers fed brewers dried grain and red sorghum spent grain (burukutu Residue). *J. Anim. Prod. Res.* **2019**, *31*, 44 – 53.
30. Parpinelli, W.; Cella, P. S.; Broch, J.; Savaris, V. D. L.; Santos E. C.; Avila, A. S.; Nunes, R. V. Impact of dried brewers' grains supplementation on performance, metabolism and meat quality of broiler chickens. *S. Afr. J. Anim. Sci.* **2020**, *50*, 186–195. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v50i2.2>
31. Jiménez-Moreno, E.; Chamorro, S.; Frikha, M.; Safaa, H. M.; Lázaro, R.; Mateos, G. G. Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance, development of the gastrointestinal tract, and nutrient retention of broilers from one to eighteen days of age. *Anim. Feed Sci. Technol.* **2011**, *168*, 100–112. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.013>
32. Mateos, G. G.; Jiménez-Moreno, E.; Serrano, M. P.; Lázaro, R. P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. Appl. Poult. Res.* **2012**, *21*, 156-174. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>
33. Svihus, B. The gizzard: Function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poult. Sci. J.* **2011**, *67*, 207-224. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000249>
34. Hetland, H.; Svihus, B.; Krögdahl, A. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *Br. Poult. Sci.* **2003**, *44*, 275–282. <https://doi.org/10.1080/0007166031000124595>
35. Papadomichelakis, G.; Pappas, A. C.; Tsiplakou, E.; Symeon, G. K.; Sotirakoglou, K.; Mpekellis, V.; Fegeros, K.; Zervas, G. Effects of dietary dried olive pulp inclusion on growth performance and meat quality of broiler chickens. *Livest. Sci.* **2019**, *221*, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.01.023>
36. El-Hackemi, A.; El-Mecherfi, K. E.; Benzinebe, K.; Saidi, D.; Kheroua, O. Supplementation of olive mill wastes in broiler chicken feeding. *Afr. J. Biotechnol.* **2007**, *6*, 1848–1853. <https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2274>
37. Sayehban, P.; Seidavi, A.; Dadashbeiki, M.; Ghorbani, A.; Albino, L. F. T. Effects of different levels of two types of olive pulp with or without exogenous enzyme supplementation on broiler performance and economic parameters. *Braz. J. Poultry Sci.* **2016**, *18*, 489–500. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0060>

38. Lillehoj, H.; Liu, Y.; Calsamiglia, S.; Fernandez-Miyakawa, M. E.; Chi, F.; Cravens, R. L.; Oh, S.; Gay, C. G. Phytochemicals as antibiotic alternatives to promote growth and enhance host health. *Vet. Res.* **2018**, *49*:76. <https://doi.org/10.1186/s13567-018-0562-6>
39. Liehr, M.; Mereu, A.; Pastor, J. J.; Quintela, J. C.; Staats, S.; Rimbach, G.; Ipharraguerre, I. R. Olive oil bioactives protect pigs against experimentally-induced chronic inflammation independently of alterations in gut microbiota. *PLoS One*, **2017**. *12*:e0174239. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0174239>. eCollection 2017
40. Matterson, L. D.; Potter, L. M.; Stutz, M. W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Agric. Exp. Stn. Res.* **1965**, *7*, 3–11.
41. Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Funep, Jaboticabal, SP, Brazil. 2007.
42. Adeola, O. Digestion and balance techniques in pigs. *Swine Nutrition*, 2nd ed.; Lewis, A. J., Southern, L. L., Eds.; CRC Press, Washington, US, 2001, pp. 903–916.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do resíduo de cervejaria e do bagaço de azeitona na nutrição de aves apresenta grande potencial para aumentar a sustentabilidade das cadeias produtivas de carne de frango e de ovos no Rio Grande do Sul. O estado apresenta um ambiente favorável para a utilização desses ingredientes, uma vez que é grande produtor de cerveja e de azeite de oliva em âmbito nacional e produz quantidades importantes de resíduos de cervejaria e de bagaço de azeitona. Ademais, a utilização de tais subprodutos nas dietas de aves apresenta potencial de redução de custos de produção.

Contudo, por serem dois resíduos, os grãos de cervejaria e o bagaço de azeitona possuem composições variáveis e os dados encontrados demonstram que apesar de o bagaço de azeitona possuir maior energia bruta em relação ao resíduo de cervejaria, a EMA do resíduo de cervejaria é maior que a do bagaço de azeitona. A partir disso, são necessários mais estudos que avaliem a melhor possibilidade de utilização desses resíduos na nutrição de aves.

Com a determinação dos valores energéticos desses ingredientes, os próximos estudos podem estar voltados à busca de níveis de inclusão que propiciem o melhor desempenho e desenvolvimento de aves, bem como, determinação de digestibilidade de nutrientes e saúde intestinal. Além disso, os dois ingredientes possuem níveis consideráveis de fibra, tornando interessantes mais estudos na formulação de dietas para galinhas poedeiras na fase de recria, ou então na fase de produção de ovos, o que pode ser avaliado quanto à deposição de ácidos graxos nas gemas dos ovos. Estudos também podem ser realizados a respeito de distintos métodos de secagem e conservação desses ingredientes, de forma a avaliar possíveis alterações na composição nutricional em diferentes métodos de secagem e estocagem.

REFERÊNCIAS

- ALBA, J. M. F. et al. **Zoneamento edáfoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul**. XXIII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais...**2014
- ALBURQUERQUE, J. A. et al. Measuring detoxification and maturity in compost made from “alperujo”, the solid by-product of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system. 2006. **Chemosphere**, v. 64, n. 3, p. 470–477, 1 jun. 2006.
- ALCAIDE, E. M.; GARCÍA, A. I. M.; RUIZ, D. R. Y. **Los subproductos del olivar en la alimentación de rumiantes**. Sitio Argentino de Producción Animal. 2011. Disponível em: <www.produccion-animal.com.ar>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- ALDANA, C. D.; OLIVEIRA, L. C. DE; WALDMAN, W. R. Uma Visão Geral da Valorização de Subprodutos Gerados na Indústria Cervejeira. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 4, p. 926–932, 2021.
- AL-HARTHI, M. A. The efficacy of using olive cake as a by- product in broiler feeding with or without yeast. 2016. **Italian Journal of Animal Science**, v. 15, n. 3, p. 512-520, <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1194173>.
- ALIYU, S.; BALA, M. Brewer’s spent grain: A review of its potentials and applications. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 3, p. 324–331, 13 ago. 2013.
- AMBRA, R.; PASTORE, G.; LUCCHETTI, S. The Role of Bioactive Phenolic Compounds on the Impact of Beer on Health. **Molecules**, v. 26, n. 2, p. 486, 18 jan. 2021.
- ASHOUR, E. A. et al. Impacts of dietary inclusion of dried brewers’ grains on growth, carcass traits, meat quality, nutrient digestibility and blood biochemical indices of broilers. 2019. **S. Afr. J. Anim. Sci.**, v. 49, n.3., 2019. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v49i3.18>.
- BABARINDE, E. O. et al. Comparative carcass and organ characteristics of broilers fed brewers dried grain and red sorghum spent grain (burukutu Residue). **J. Anim. Prod. Res.** 2019, 31, 44 – 53
- BELARMINO, L. C. et al. **Análise econômica exploratória da olivicultura no Brasil e Espanha**. VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio 2020. **Anais...**Porto Alegre: 2020
- BÖHMER, B. W. **Potencial antimicrobiano e antitumoral de compostos fenólicos extraídos do bagaço oriundo da obtenção de azeite de oliva (Olea europea L.)**. 2018. Dissertação [Mestrado]. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.
- BROCHIER, M. A.; CARVALHO, S. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1392–1399, 2009.
- CANAL RURAL. **Consumo de azeite de Oliva no Brasil em 2020 sobe apesar da pandemia**. 2020. Disponível em: <<https://blogs.canalrural.com.br/blogdoazeite/2021/01/28/consumo-de-azeite-de-oliva-no-brasil-em-2020-aumenta-apesar-da-pandemia/>>. Acesso em: 24 jun. 2021.

CERVBRASIL. **Dados do setor – Cerv Brasil – Associação Brasileira da Indústria da Cerveja**. 2021. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/>. Acesso em: 13 mar. 2022.

COLPO, I.; FUNCK, V. M.; MARTINS, M. E. S. Waste Management in Craft Beer Production: Study of Industrial Symbiosis in the Southern Brazilian Context. **Environmental Engineering Science**, v. 00, n. 00, 2021.

CORDEIRO L. G.; EL-AOUAR Â. A.; GUSMÃO R.P. Characterization of the bagasse coming from malt beer. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, 2012.

DENSTADLI, V. et al. Effects of structure and xylanase treatment of brewers spent grains on performance and nutrient availability in broiler chickens. **Br. Poult. Sci.** 2010, 51, 419–426. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.495745>

EL-HACK, M. E. A. et al. Use of brewers dried grains as an unconventional feed ingredient in the diets of broiler chickens: A review. **Advances in Animal and Veterinary Sciences**, v. 7, n. 3, p. 218–224, 2019

EL-HACKEMI, A. et al. Supplementation of olive mill wastes in broiler chicken feeding. **Afr. J. Biotechnol.** 2007, 6, 1848–1853. <https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2274>

EMATER/RS. **Emater/RS - Referência de Qualidade em Extensão Rural**. 2015. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/noticias/detalhe-noticia.php?id=20864#.YOIRu-hKjIU>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

EMBRAPA. **ICPFrango/Embrapa - Portal Embrapa**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

FAKOYA, M. B.; VAN DER POLL, H. M. Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 136–140, 1 fev. 2013.

FAO. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2020. **Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2020**, 2 dez. 2020.

FAOSTAT. **Production quantities of Olives by country**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

FEDNA. **FEDNA tables on the composition and nutritional value of raw materials for the production of compound animal feeds (fourth edition)**. 2021. Disponível em: <<http://fundacionfedna.org/sites/default/files/FEDNA-Tables-TRANSLATED-2021-v012022.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

FEEDPEDIA. **Brewers grains**. 2014. Disponível em: <<https://www.feedipedia.org/node/74>>. Acesso em: 5 mar. 2022.

FEEDTABLE. **Brewers grains, dried**. 2017a. Disponível em: <<https://www.feedtables.com/content/brewers-grains-dried>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

FEEDTABLE. **Olive oil cake, with pits, oil > 5%**. 2017b. Disponível em: <<https://www.feedtables.com/content/olive-oil-cake-pits-oil-5>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

FERREIRA, I. M. P. L. V. O. et al. Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. **Trends in Food Science and Technology**, v. 21, n. 2, p. 77–84, 2010.

FILLAUDEAU, L.; BLANPAIN-AVET, P.; DAUFIN, G. Water, wastewater and waste management in brewing industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 5, p. 463–471, 2006.

GARCIA, J. S. **Produção de oliveiras com foco na produção de azeite de oliva extravirgem – Olivas do Sul**. 2018. [Trabalho de conclusão de curso]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul _ UFRGS, 2018.

GORZYNIK-DEBICKA, M. et al. Potential health benefits of olive oil and plant polyphenols. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 3, 2018.

GUERREIRO, O. et al. Subprodutos agroindustriais mediterrânicos com potencial para a utilização na alimentação animal. **Vida Rural**, p. 68–74, 2021.

GUIDO, L. DOS S. et al. **Resíduo da extração de azeite de oliva com potencial para utilização na nutrição de não ruminantes**. XXVI Congresso de Iniciação Científica - CIC. **Anais...2017**

HEUZÉ V. et al. **Brewers grains | Feedipedia**. 2017. Disponível em: <<https://www.feedipedia.org/node/74>>. Acesso em: 13 mar. 2022.

IBGE. **Produção de Cevada no Brasil | IBGE**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cevada/br>>. Acesso em: 8 mar. 2022.

INTERNATIONAL GRAINS COUNCIL. **Supply & Demand**. 2022. Disponível em: <<https://www.igc.int/en/markets/marketinfo-sd.aspx>>. Acesso em: 8 mar. 2022.

INTERNATIONAL OLIVE COUNCIL. **IMPORTAÇÕES DE AZEITE BRASIL**. 2020. Disponível em: <<https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/02/IOC-Import-profiles-Brazil-2019-20-rev0.html#olive-oil-and-olive-pomace-oil-percentage-world-imports-average-over-6-crop-years>>. Acesso em: 4 jul. 2021.

JIMÉNEZ-MORENO, E. et al. Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance, development of the gastrointestinal tract, and nutrient retention of broilers from one to eighteen days of age. **Animal Feed Science and Technology**, v. 168, p. 100–112, 2011.

JÚLIO, L. R. C. **Tratamento, caracterização química e estudo in vivo do bagaço de azeitona resultante da extração do azeite de oliva.** [Tese de Doutorado] Universidade Federal de Lavras, 2014.

JUNIOR, A. A.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de Produção de Cerveja. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 6, p. 61–71, 2009.

JÚNIOR, C. R. et al. Cultivo de Oliveira (*Olea europaea* L.). **Embrapa Clima Temperado-Sistema de Produção**, v. 16, p. 125, 2009.

LAWAL, T. E. et al. Aspergillus flavus Degraded Brewer Dried Grains for Broiler Chicken Diet: Performance and Nutrient Digestibility Parameters. 2016. **Journal of Advances in Biology & Biotechnology**, v. 11, n. 1, p 1-8. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Oluwatosin-Atobatele/publication/312167776_Aspergillus_flavus_Degraded_Brewer_Dried_Grains_for_Broiler_Chicken_Diet_Performance_and_Nutrient_Digestibility_Parameters/links/58a1c4a2aca272046aafc2da/Aspergillus-flavus-Degraded-Brewer-Dried-Grains-for-Broiler-Chicken-Diet-Performance-and-Nutrient-Digestibility-Parameters.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2022.

MACEDO JÚNIOR, G. DE L. et al. QUALIDADE DA FIBRA PARA A DIETA DE RUMINANTES. **Ciência Animal**, v. 17, n. 1, p. 7–17, 2007.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Anuário da cerveja 2020. p. 24, 2021a.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Mercado cervejeiro cresce no Brasil e aumenta interesse pela produção nacional de lúpulo e cevada.** 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mercado-cervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-de-lupulo-e-cevada>>. Acesso em: 8 mar. 2022.

MARSARIOLI, M. **Identificação e avaliação de geração de resíduos em processo de produção de cerveja em microcervejaria e proposição de reutilização.** [Dissertação de Mestrado] UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES , 2019.

MEDEIROS, R. M. L. et al. Destinação e Reaproveitamento de Subprodutos da Extração Olivícola. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 2, p. 100–108, 2015.

MEGA, J.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. DE. A Produção Da Cerveja No Brasil. **Revista Citino**, v. 1, n. 1, p. 1–6, 2011.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A. **PORT N°222 OLIVA RS.pdf — Português (Brasil).** 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/rio-grande-do-sul/safra-vigente/port-no222-oliva-rs.pdf/view>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, v. 43, p. 1–14, 2006.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Poultry**: Ninth Revised Edition. 1994. Washington, DC: The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/2114>.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Swine**. 11st Revised Edition.pdf. 2012.

OLAJIRE, A. A. The brewing industry and environmental challenges. **Journal of Cleaner Production**, 2012.

OLIVEIRA, C. O. DE et al. Olive pomace for the feeding of commercial poultry: effects on performance, meat and eggs quality, haematological parameters, microbiota and immunity. **World's Poultry Science Journal**, v. 77, 2021.

OLIVEIRA, M. C. DE et al. Características fenológicas e físicas e perfil de ácidos graxos em oliveiras no sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 30–35, jan. 2012.

PAPADOMICHELAKIS, G. et al. Effects of dietary dried olive pulp inclusion on growth performance and meat quality of broiler chickens. **Livest. Sci.** 2019, 221, 115–122.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.01.023>

PAPPAS, A. C. et al. Effects of olive pulp addition to broiler diets on performance, selected biochemical parameters and antioxidant enzymes. **Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society**, v. 70, p. 1686–1696, 2019.

PARPINELLI, W. et al. Dry brewery residue in broiler chickens feed. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 1707–1716, 2018.

PARPINELLI, W. et al. Impact of dried brewers' grains supplementation on performance, metabolism and meat quality of broiler chickens. **S. Afr. J. Anim. Sci.** 2020, 50, 186–195.
<http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v50i2.2>

PIACENTINI, K. C. et al. Assessment of Toxigenic Fusarium Species and Their Mycotoxins in Brewing Barley Grains. **Toxins** , v. 11, n. 1, p. 31, 10 jan. 2019.

PIRES, E. J. et al. A New Approach on Brewer's Spent Grains Treatment and Potential Use as Lignocellulosic Yeast Cells Carriers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, 2012.

RABAYAA, E.; OMAR, J. M. A.; OTHMAN, R. A. Utilization of Olive Pulp in Broiler Rations 1 . Introduction Improved utilization of crop residues and by-products to be used in animal feeding deserves more attention . Examples of important crop residues and agricultural by-products in Palestine , Isra. **An-Najah Univeristy .J.Res**, v. 15, p. 1–12, 2001.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos**. 2017.

SANTOS, M. et al. Variability of brewer's spent grain within a brewery. **Food Chemistry**, v. 80, n. 1, p. 17–21, 1 jan. 2003.

SAYEHBAN et al. Effects of Different Levels of Two Types of Olive Pulp with or without Exogenous Enzyme Supplementation on Broiler Performance and Economic Parameters. 2016. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.18, n.3, p. 489-500. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0060>

SCHONE, R. et al. Secagem de resíduo de cervejaria em camadas de diferentes espessuras. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 127–131, 5 jul. 2016.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, P. E. D. R. **Pró-Oliva - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural**. 2021. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/pro-oliva>. Acesso em: 2 jul. 2021.

SENTHILKUMAR, S. et al. Chemical Composition of Brewery Waste *. **Tamilnadu J. Veterinary & Animal Sciences**, v. 6, p. 49–51, 2010.

SILVA, D. L. et al. Energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de coprodutos de trigo e de farinhas de origem animal em dietas para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 6, p. 2402–2407, 2020.

SILVA, T. R. da; FERREIRA, M. W. Resíduo de cervejaria na alimentação de frangos. 2017. **Pubvet**, v.11, n.12, p.1274-1279. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n12.1274-1279>

SILVA, L. C. DA. **Composição químico-bromatológica do bagaço de azeitona conservado através de ensilagem**. [Trabalho de conclusão de curso] Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2019.

SILVA, V. B. et al. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, p. 1595–1599, 2010.

SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A. M.; REZAEI, K. Health-related aspects of beer: A review. **International Journal of Food Properties**, v. 15, n. 2, p. 350–373, 2012.

SOUILEM, S. et al. **Olive oil production sector: Environmental effects and sustainability challenges**. p. 1–28, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-805314-0.00001-7>

SPERONI, C. S. **Fracionamento granulométrico e micronização como estratégia para agregação de valor ao bagaço de oliva: compostos bioativos e bioacessibilidade**. [Tese de Doutorado] Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

STOJCESKA, V.; AINSWORTH, P. The effect of different enzymes on the quality of high-fibre enriched brewer's spent grain breads. **Food Chemistry**, v. 110, n. 4, p. 865–872, 15 out. 2008.

URIBE, E. et al. Quality Characterization of Waste Olive Cake During Hot Air Drying: Nutritional Aspects and Antioxidant Activity. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 5, p. 1207–1217, 2013.

VITANZA, R. et al. Biovalorization of Brewery Waste by Applying Anaerobic Digestion. **Chem. Biochem. Eng. Q**, v. 30, n. 3, p. 351–357, 2016.

VOSSEN, P. Olive oil: History, production, and characteristics of the world's classic oils. **HortScience**, v. 42, n. 5, p. 1093–1100, 2007.

