

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

LILLIAN BRITO LINS

**AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS AO MILHO E
FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE**

**RECIFE
2023**

LILLIAN BRITO LINS

**AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS AO MILHO E
FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia da Universidade Federal Rural de
Pernambuco para obtenção do título de Mestre em
Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientadora: Prof.^a Dra.^a Maria do Carmo Mohaupt
Marques Ludke

Coorientadores: Prof.^a Dra.^a Lilian Francisco Arantes de
Souza
Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello

**RECIFE
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L759a

Lins, Lillian Brito

AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS AO MILHO E FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE: Dissertação / Lillian Brito Lins. - 2023.
49 f. : il.

Orientadora: Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke.

Coorientadora: Lillian Francisco Arantes de Souza.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2023.

1. resíduos de frutas. 2. vegetação do semiárido. 3. energia metabolizável. 4. tempo de trânsito. I. Ludke, Maria do Carmo Mohaupt Marques, orient. II. Souza, Lillian Francisco Arantes de, coorient. III. Título

CDD 636

Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram, assim como todos os meus Professores, que iluminaram o caminho e me moldaram para fazer de mim o que sou hoje.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria de Lourdes Brito e Aderbal Buarque Lins (*in memoriam*), pelo amor e apoio incondicional que recebi durante todos os momentos de minha vida. À minha mãe, em especial, eu dedico todos os louros e todas as homenagens, este diploma é mais da senhora do que meu. Quando meu pai não pôde mais estar presente, a senhora se prontificou imediatamente a desempenhar os dois papéis e o fez com louvor. Não existem palavras o suficiente para expressar minha admiração e gratidão. **Te amo, mãe!**

A Danilo Gustavo Rodrigues Silva por todo companheirismo, ensinamentos e incentivos nessa jornada chamada Mestrado. Eu não teria chegado até aqui sem você. Obrigada por me estender a mão e estar ao meu lado nas horas de conquista e nas horas em que eu achei que não fosse conseguir subir esse degrau. A você dedico meu amor.

À minha família, mas em especial minha tia Maria Helena Brito, por ter me ajudado em diversos momentos da minha graduação e pós-graduação, e sempre ter cuidado tão bem de mim; muito obrigada. A senhora também é uma peça chave nessa conquista.

Às famílias Rodrigues Silva e Rodrigues Lins pelo maior presente que uma pessoa pode receber: uma família nova. E eu não ganhei só uma, mas duas de uma vez! Muito obrigada por tudo!

À Nami, por ter sido a melhor gatinha de todos os tempos. Sinto muito a sua falta, mas sou extremamente feliz e grata por ter tido você na minha vida. Obrigada pelos nossos 12 anos de aventuras e amor incondicional.

Aos meus professores, todos tiveram igual papel na minha formação acadêmica, mas gostaria de agradecer especialmente à Prof.^a Lilian Arantes, Prof.^a Antônia Sherlânea, Prof.^a Mércia Virgínia, Prof.^a Helena Emília, Prof. Francisco de Carvalho, Prof. Carlos Bôa-Viagem, Prof. Marcelo de Andrade e Prof. João Paulo Monnerat por todo o apoio, compreensão, paciência, disponibilidade e conhecimentos concedidos a mim. Para sempre serei grata.

Aos meus amigos, em especial Veridiana, Camila Duarte, Guilherme Melgaço, Paulo Sérgio e Marconi Italo, obrigada por toda a paciência e ajuda do mundo durante a confecção deste trabalho (assim como em todos os outros momentos da nossa amizade).

Aos colegas do curso de pós-graduação em Zootecnia da UFRPE, agradeço por todos os momentos de apoio, diálogos, generosidade, troca de conhecimento e paciência. Um beijo enorme, foi um prazer dividir esses anos da minha jornada com vocês.

Aos técnicos dos laboratórios por onde passei, em especial Carlos Mendes e Vanessa Fittipaldi, do LNA do DZ-UFRPE, os técnicos do LAA da UFPB, Campus II, Henrique e Wagner, do CAA da UFPE, tal como o Professor Dr. Roberto Sá.

Aos funcionários do DZ, em especial Seu Pedro, Seu Edson, Rafaela, Esteliano e Silvania. Muito obrigada por todo o suporte.

À empresa Fruta Pluss e o IPA de São Bento do Una, por terem disponibilizado os ingredientes utilizados neste estudo.

Por fim, agradeço à minha orientadora, a Professora Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, por toda paciência, prestatividade, disponibilidade e ensinamentos, por ter embarcado comigo num desafio tão intenso, por acreditar em mim, neste trabalho e me auxiliar no encerramento deste ciclo. Muito obrigada.

RESUMO

Objetivou-se determinar a composição química, os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia, valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn) e o tempo de trânsito digestivo de alimentos de origem vegetal em três experimentos de metabolismo pelo método de coleta total de excretas. Foram utilizados 225 frangos de corte machos Ross, com 14 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições/tratamento e 5 aves por gaiola. Cada ensaio de metabolismo possuiu uma dieta referência (RR) e os ingredientes a serem avaliados substituíram a RR em 20%. No metabolismo 1 foram utilizados 50 animais para avaliar o farelo do resíduo de manga (FRM), no metabolismo 2, utilizaram-se 75 animais para avaliar o farelo das folhas de algaroba (FFALG) e o farelo de bagaço de cana (FBC) com granulometria de 2 cm. E no metabolismo 3 utilizou-se 100 animais para avaliação do farelo da semente de jaca (FSJ), farelo das folhas da jurema-preta (FFJP) e FBC com 0,5 cm de granulometria. Os resultados obtidos entre as aves que consumiram o FBC com 2cm e 0,5cm de granulometria foram comparados estatisticamente pelo teste de ANOVA. Foi encontrado para os respectivos coeficientes de metabolizabilidade da proteína, energia bruta e a EMA e EMAn para o FRM (76,82%; 34,80%; 1587 kcal/kg e 1406 kcal/kg), FFALG (42,78%; 54,88%; 2842 kcal/kg e 2595 kcal/kg), FSJ (68,90%; 91,76%; 3612 kcal/kg, e 3018 kcal/kg), FFJP (72,01%; 64,95%; 3951 kcal/kg, e 3791 kcal/kg), FBC 2 cm (24,32%; 42,15%; 1756 kcal/kg, e 1531 kcal/kg), e FBC 0,5 cm (49,15%; 47,23%; 2037 kcal/kg, e 1716 kcal/kg). O FBC 0,5cm foi significativamente melhor aproveitado que o FBC com maior granulometria. As rações com FFALG (207.6 ± 10.11 minutos), FRM (185.8 ± 1.30 minutos) e FFJP (184.4 ± 10.57 minutos) foram que tiveram maiores tempos de trânsito no trato digestivo das aves.

Palavras-chave: resíduos de frutas, vegetação do semiárido, energia metabolizável, tempo de trânsito.

ABSTRACT

The objective was to determine the chemical composition, metabolizability coefficients of nutrients and energy, values of apparent metabolizable energy (AME), corrected apparent (AMEn), and digestive transit time of plant-based foods in three metabolism experiments using the total excreta collection method. 225 male Ross broilers, 14 days old, were used in a completely randomized design with 5 replicates/treatment and 5 birds per cage. Each metabolism trial had a reference diet (RR), and the ingredients to be evaluated replaced RR by 20%. In metabolism 1, 50 animals were used to evaluate mango residue meal (MRM), in metabolism 2, 175 animals were used to evaluate algaroba leaf meal (ALM), sugarcane bagasse meal (SBM) with a particle size of 2 cm, jackfruit seed meal (JSM), juremapreta leaf meal (JLM), and SBM with 0.5 cm particle size. The results obtained between birds that consumed SBM with 2 cm and 0.5 cm particle size were statistically compared by ANOVA. The respective metabolizability coefficients for protein, gross energy, and AME and AMEn were found for MRM (76.82%, 34.80%, 1587 kcal/kg, and 1406 kcal/kg), ALM (42.78%, 54.88%, 2842 kcal/kg, and 2595 kcal/kg), JSM (68.90%, 91.76%, 3612 kcal/kg, and 3018 kcal/kg), JLM (72.01%, 64.95%, 3951 kcal/kg, and 3791 kcal/kg), SBM 2 cm (24.32%, 42.15%, 1756 kcal/kg, and 1531 kcal/kg), and SBM 0.5 cm (49.15%, 47.23%, 2037 kcal/kg, and 1716 kcal/kg). The SBM 0.5 cm was significantly better utilized than the larger particle size SBM. Diets with ALM (207.6 ± 10.11 minutes), MRM (185.8 ± 1.30 minutes), and JLM (184.4 ± 10.57 minutes) demanded longer transit times in the birds' digestive tract.

Keywords: alternative feed, metabolizable energy, digestive transit time

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tempo de trânsito das dietas.....	37
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição bromatológica dos subprodutos de manga de acordo com diferentes fontes bibliográficas	17
Tabela 2 - Composição bromatológica da jaca e seus subprodutos, de acordo com diferentes fontes bibliográficas	18
Tabela 3 - Composição bromatológica da jurema-preta de acordo com diferentes fontes bibliográficas	20
Tabela 4 - Composição química da algaroba de acordo com diferentes fontes bibliográficas....	21
Tabela 5 - Composição bromatológica do bagaço de cana in natura de acordo com diferentes fontes bibliográficas.	23
Tabela 6 - Composição percentual calculada dos ingredientes e valor nutricional das rações referência (% de matéria seca).....	27
Tabela 7 - Composição bromatológica do farelo de resíduo de manga (FRM), farelo de folhas de algaroba (FFALG), farelo de folhas de jurema-preta (FFJP), farelo de semente de Jaca (FSJ) e farelo de bagaço de cana (FBC) (% de matéria seca)	29
Tabela 8 - Composição mineral do farelo de resíduo de manga (FRM), farelo de folhas de algaroba (FFALG), farelo de folhas de jurema-preta (FFJP), farelo de semente de Jaca (FSJ) e farelo de bagaço de cana (FBC) e das rações experimentais.	31
Tabela 9 - Coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia bruta, e valores de EMA e EMAN do farelo de resíduo de manga (FRM), farelo de folha da algaroba (FFALG), farelo das folhas da jurema-preta (FFJP), farelo da semente de jaca (FSJ) e farelo de bagaço de cana (FBC) nas granulometrias 2 cm e 0,5 cm, em base na MS	33
Tabela 10 - Coeficientes de metabolizabilidade e valores de EMA e EMAN do bagaço de cana em diferentes granulometrias.	35
Tabela 11 - Composição bromatológica e tempo de trânsito digestivo das rações referência e rações experimentais (% matéria seca).	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO E SUA VEGETAÇÃO	14
2.2 CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA E FATORES ANTINUTRICIONAIS DAS FRUTAS (MANGA E JACA) E PLANTAS FORRAGEIRAS (JUREMA-PRETA, ALGAROBA E BAGAÇO DE CANA) DO SEMIÁRIDO NORDESTINO.....	16
2.2.1 Manga.....	16
2.2.2 Jaca	18
2.2.3 Jurema-preta	19
2.2.4 Algaroba	20
2.3 IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DO APROVEITAMENTO NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE FRUTAS (MANGA E JACA) E PLANTAS FORRAGEIRAS DO SEMIÁRIDO (BAGAÇO DE CANA, JUREMA-PRETA, ALGAROBA) EM NÃO-RUMINANTES	23
3. OBJETIVOS.....	24
3.1. GERAL.....	24
3.2. ESPECÍFICOS	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. COMITÊ DE ÉTICA E USO DE ANIMAIS.....	24
4.2. PROCEDÊNCIA E PROCESSAMENTO PARA A OBTENÇÃO DO FARELO DAS FOLHAS DE ALGABORA, JUREMA-PRETA, RESÍDUO DE MANGA, SEMENTE DE JACA E BAGAÇO DE CANA	25
4. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ENERGÉTICA.....	25
4.4.1 EXPERIMENTOS DE METABOLISMO	25
4.4.2 ANIMAIS E INSTALAÇÕES	26
4.5 TEMPO DE TRÂNSITO DIGESTIVO.....	28
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
5 RAÇÕES E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	29
5.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ENERGÉTICA DOS ALIMENTOS E RAÇÕES EXPERIMENTAIS..	29
5.2. COEFICIENTES DE METABOLIZABILIDADE DOS NUTRIENTES E VALORES DE EMA E EMAN DOSALIMENTOS.	33
5.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES GRANULOMETRIAS DO BAGAÇO DE CANA E TEMPO DE TRÂNSITO DIGESTIVO	34
6 CONCLUSÕES.....	39
7 REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

A avicultura tem colocado o Brasil em posição de destaque mundial, com o país ocupando o lugar de maior exportador e de terceiro maior produtor de frangos de corte, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China (ABPA, 2023). Em 2022, foram produzidas 14,524 milhões de toneladas de carne de frango, sendo 66,8% da produção destinada ao mercado doméstico e 33,2% para exportação, onde o país deteve 20,46% da produção mundial estimada em 140,760 ton (ABPA, 2023; FAO 2023).

Segundo os dados do CEPEA/ESALQ-USP (2022), em função da conjuntura de produção e comercialização dos ingredientes base (milho e farelo de soja) utilizados em dietas de frangos de corte terem oscilado de forma contínua os custos com a alimentação desses animais encarecerem. Neste contexto, quando os ingredientes convencionais, por motivos como condições climáticas por exemplo, proporcionarem aumento em sua demanda e consequente nos seus custos, se faz necessário buscar alimentos alternativos que estejam disponíveis ao produtor e que possam nutricionalmente serem incluídos nas dietas de frangos de corte, tornando-se economicamente viáveis na avicultura (WANG *et al.*, 2021).

Em diversas regiões do Brasil, com destaque ao nordeste, podem ser elaboradas dietas com substituição de ingredientes tradicionais por plantas nativas, desde que a exigência nutricional da espécie a ser ofertada seja atendida, pois esses alimentos podem conter altos níveis de fibras e fatores antinutricionais, que podem interferir na metabolização de nutrientes e da energia pelo animal (DE ARRUDA *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2015).

A investigação de substitutos alimentares também se torna essencial para a diminuição do impacto ambiental pela utilização de resíduos oriundos de diferentes culturas vegetais que não são aproveitados pela indústria, e segundo a política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 9.605/98) no artigo 55, é proibido descarte de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos ao ambiente. Esses resíduos, após serem higienizados e processados, podem apresentar potencial para serem utilizados na alimentação de espécies de interesse zootécnico, agregando valor e reduzindo os custos produtivos (CASAGRANDE *et al.*, 2021; MATTE *et al.*, 2021)

Entretanto, para a adequada utilização desses substitutos, é essencial o conhecimento de seu valor nutricional e energético proporcionando dietas balanceadas aos animais, que ao serem consumidas proporcionem um desempenho tão bom quanto às dietas convencionais (NUNES, 2000).

Assim, surge a possibilidade de avaliar plantas encontradas no Brasil, cujos trabalhos sobre sua utilização são escassos, como a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e a algaroba (*Prosopis juliflora*). Enquanto a primeira é originária do sul do México, Américas Central e Sul e partes do Caribe, sendo bem adaptada à região Agreste de Pernambuco e capaz de atingir uma produção anual de 17 a 58 mil hectares na época chuvosa (BAKKE *et al.*, 2006), a segunda está presente na América do Sul e Central e atinge produção de até 10 ton/ano (SAWAL *et al.*, 2004).

Outra possibilidade é a de avaliar resíduos industriais, como o resíduo de manga (*Mangifera indica*), fruta nativa do sul e do sudeste da Ásia e bem adaptada ao clima tropical brasileiro, que teve uma produção de 1.546.375 ton em 2022, da jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*), originária das florestas tropicais do sudoeste da Índia (produção de 4.113 frutos em 2017), e o bagaço-de-cana, oriundo do processamento da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) originária do Sudeste Asiático, região que inclui Nova Guiné, Ilhas do Sudeste Asiático e partes da Índia, e que teve 724.428.135ton produzidas no Brasil em 2022 (IBGE 2023).

Sendo assim, hipotetizando-se que estes alimentos são caracterizados nutricionalmente e apresentam potencial de aproveitamento na alimentação de aves, objetivou-se avaliar diferentes fontes vegetais ou resíduos de origem vegetal processadas, através da sua composição bromatológica, coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes e a determinação da energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) e tempo de trânsito digestivo em frangos de corte, como também comparar qual a adequada forma física do bagaço de cana (ingrediente com maior quantidade de fibra) que possa ser fornecida e consumida por estes animais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO E SUA VEGETAÇÃO

O semiárido brasileiro é a região mais seca do Brasil, onde predominam médias de chuvas anuais de ≤ 800 mm/ano e variabilidade espacial e interanual das chuvas extremamente elevada (SUDENE, 2021). Além dos baixos valores pluviométricos, o clima semiárido também apresenta elevadas taxas mensais e anuais de insolação e evaporação; chuvas bem concentradas (estações seca e chuvosa bem definidas); períodos de seca intercalados à períodos chuvosos, com predomínio de anos com chuvas dentro e abaixo da média (AB SABER, 2003; LUCENA & STEINKE, 2015). Outros aspectos naturais do semiárido são: o predomínio de solos rasos e pedregosos; relevo semi- plano e deprimido com formações testemunhas, cursos de água temporários; forte escoamento superficial, fraca recarga subterrânea; vegetação nativa caducifólia rica em cactáceas típicas do bioma Caatinga (SUDENE, 2021).

Com 982.566 km², que corresponde a 18,2% do território nacional do Brasil, o semiárido é a região mais ruralizada do país concentrando 32% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros (CONAFER, 2021). O Censo Agropecuário de 2017, levantamento feito em mais de 5 milhões de propriedades rurais de todo o Brasil, aponta que 77% dos estabelecimentos agrícolas do país foram classificados como da agricultura familiar. Em extensão de área, a agricultura familiar ocupava, no período da pesquisa, 80,9 milhões de hectares, o que representa 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2021) e desse total, o Nordeste concentra aproximadamente 50% dos estabelecimentos de agricultura familiar do País (ECO NORDESTE, 2021).

Na região semiárida existe uma variedade muito grande de plantas nativas, que são conhecidas principalmente por conta de suas diversas utilidades. Parte delas possuem efeitos medicinais, outras são forrageiras importantes para alimentação animal, já outras possuem um potencial muito grande quando utilizadas na alimentação, gerando trabalho e renda para as famílias.

A produção animal vem sendo desenvolvida em sistemas de produção que podem ser melhorados, principalmente em um dos principais fatores que influenciam sua sustentabilidade; a alimentação. Neste contexto, os resíduos agroindustriais de alimentos, que quando processam grande quantidade de frutas tropicais, geram uma grande quantidade de subprodutos. Bagaços, farelos, cascas, caroços os quais tem potencial de serem usados para alimentação animal, deixando de ser uma fonte de lixo orgânico que, quando descartados de forma incorreta, geram graves problemas ambientais. A utilização racional desses resíduos pode contribuir para redução dos custos com a alimentação o qual perfaz 70% dos custos da atividade (GIORGANI *et al.*, 2014).

A Região Nordeste, mediante a participação dos seus polos irrigados, é a principal região produtora e exportadora de frutas tropicais frescas do Brasil. Nesta região, estão os quatro maiores estados produtores e exportadores de frutas frescas do Brasil: Bahia: Pernambuco: Ceará e Rio Grande do Norte (LOPES e OLIVEIRA, 2010). Os referidos estados possuem mais de 300.000 ha irrigados, cultivando principalmente, culturas da mangueira, videira, bananeira, jaqueira, cajueiro, citrus, coqueiro, goiabeira, aceroleira, meloeiro, melanciaira, cebola, tomateiro, dentre outras.

Segundo o IBGE (2020) o estado de Pernambuco em 2019 produziu 518.231 toneladas de manga, o que representou 36,6% da produção nacional. O estado é o primeiro produtor nacional e, juntamente com a Bahia, é responsável por 68% da safra no país (960.464 toneladas). Nos três primeiros meses de 2021, foram exportadas aproximadamente 27 mil toneladas de manga *in natura*, desses, mais de 90% oriundas do Vale do São Francisco.

Com destaque para a manga, que de acordo com ROIZEN & PUMA (2001) é nutricionalmente rica em antioxidante, possuindo expressivos níveis de betacaroteno e de vitaminas A e C, estima-se que na produção e comercialização das frutas há um grande volume de perdas das mais variadas causas.

Além de frutas, a região do semiárido dispõe de uma vegetação de Caatinga que apresenta diferentes forragens. A Caatinga é um tipo de formação vegetal com características bem definidas: árvores baixas e arbustos que, em geral, perdem as folhas na estação seca, além de muitas cactáceas, que no processo evolutivo desenvolveram estruturas adaptadas para armazenar água. As raízes cobrem a superfície do solo, para capturar o máximo de água durante as chuvas curtas mais intensas. Dentre os biomas brasileiros, a Caatinga é o menos conhecido botanicamente. As famílias com maior número de espécies endêmicas são *Leguminosae* (80) e *Cactaceae* (41) (FERNANDES *et al.*, 2018). A Caatinga encontra-se dividida em oito

ecorregiões naturais: Complexo Chapada Diamantina (CDC), Complexo Campo Maior (CMC), Complexo Ibiapaba-Araripe (IAC), Depressão Sertaneja Sul (SSD), Depressão Sertaneja Norte (NSD), Dunas do São Francisco (SFD), Borborema Highlands (BOH) e Raso da Catarina (RAC). Essas ecorregiões foram definidas com base nos tipos de solo, clima, temperatura, relevo, altitude, precipitação e grupos taxonômicos de fauna e flora tipicamente observados nas regiões do bioma. (GUEDES *et al.* 2014).

De acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (2016), 932 espécies vegetais ocupam os solos da Caatinga, das quais 318 são endêmicas, sendo as bromélias e os cactos as principais famílias de plantas da região. A sapiência da natureza proporcionou às espécies folhas miúdas, cascas grossas e hastes espinhentas que são adaptadas à evapotranspiração intensa. As plantas ainda têm a especificidade de possuir raízes tuberosas para armazenar água, possibilitando a rebrota da planta mesmo após longos períodos de falta de água ou mesmo intervenções humanas, uma vez que essas plantas têm despertado o interesse dos pesquisadores, especialmente aquelas com potencial forrageiro (COSTA *et al.*, 2007, ARRUDA *et al.*, 2010), como é o caso, por exemplo, da Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e da Algaroba (*Prosopis juliflora*). Esses recursos naturais precisam ser valorizados, tanto para o cultivo em campos de produção, assim como fonte de alimento alternativas para a alimentação animal.

2.2 CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA E FATORES ANTINUTRICIONAIS DAS FRUTAS (MANGA E JACA), SUBPRODUTOS (BAGAÇO DE CANA) E PLANTAS FORRAGEIRAS (JUREMA-PRETA, ALGAROBA DO SEMIÁRIDO NORDESTINO)

2.2.1 Manga

Visando atender a qualidade exigida no mercado internacional, o fruto da manga sofre rigorosa seleção. No mercado interno aproximadamente 17% da produção é transformada em suco (equivalente à 200 mil toneladas) e seu rendimento é de 50 a 70% do fruto dependendo do tamanho da fruta. Durante o despulpamento, desintegra-se a fruta, deixando-se o caroço intacto. A polpa líquida pode ser separada do caroço, da casca residual e das fibras por centrifugação ou por prensagem, por meio de peneiras em série.

A semente de manga, por sua vez, tem sido utilizada na alimentação animal, o resíduo pode conter elevado teor de taninos (AMIN & EL-SAYED, 1973), de aproximadamente 5% da matéria seca (RIBEIRO, 2006) assim como estudos realizados com a amêndoa da semente de manga, que também apontam teor de taninos de 5 a 7% (CHEEKE, 1991). O conhecimento do teor de fenólicos totais no farelo do resíduo (cascas, caroços e frutas descartadas) é importante, visto que os resíduos da agroindústria são potenciais fontes de antioxidantes (MOURE *et al.*, 2001) e, em baixas concentrações, podem proteger o alimento da deterioração oxidativa, entretanto, em altas concentrações, os compostos fenólicos contribuem para a adstringência o

sabor amargo do alimento, além de interagir com proteínas, carboidratos e minerais, reduzindo o valor nutricional do alimento (SHAHIDI & NACZK, 1995).

O tratamento térmico tem se mostrado muito eficiente na redução dos teores de fatores antinutricionais. No entanto, este método em tempo prolongado para destruição completa dos inibidores de proteases, além de desnecessário, não é recomendável por provocar diminuição da digestibilidade proteica, com conseqüente perda do valor nutricional e alterações das propriedades funcionais das proteínas (GENOVESE & LAJOLO, 2000).

O processamento de frutas gera grande quantidade de resíduos ricos em compostos bioativos, amplamente reconhecidos pelas suas propriedades promotoras de saúde e aplicações tecnológicas, como antioxidantes e antimicrobianos, representando, portanto, potenciais fontes naturais dessas substâncias (JORGE & MALACRIDA, 2008), superando muitas vezes o teor nas porções comestíveis das frutas (SOONG & BARLOW, 2004; SHUI & LEONG, 2006).

A composição química dos vegetais depende de fatores climáticos, como tipo de solo, variedades e estágio de maturação (SILVA *et al.*, 1986), portanto, estudos realizados em outros países não podem ser utilizados como referência para a realidade brasileira.

São raros os estudos sobre as variedades de mangas brasileiras, especialmente sobre a composição dos resíduos agroindustriais. LIMA *et al.* (2011) descreveram os seguintes resultados (Tabela 1) para a composição química com base na matéria seca para o resíduo de manga:

Tabela 1- Composição química-bromatológica dos subprodutos de manga, com base na matéria seca

MS	Composição Química (%MS)				
	EB(kcal)	PB	FB	EE	CZ
94,10 ^{1,a}	3.702 ^{1,a}	4,44 ^{1,a}	14,99 ^{1,a}	6,09 ^{1,a}	3,14 ^{1,a}
92,23 ^{2,b}	3.893 ^{2,b}	3,87 ^{2,b}	14,60 ^{2,b}	4,36 ^{2,b}	2,1 ^{2,b}
-	-	2,01 ^{3,c}	8,28 ^{3,c}	0,53 ^{3,c}	0,40 ^{3,c}
90,78 ^{1,d}	-	6,84 ^{1,d}	-	5,81 ^{1,d}	-

MS – Matéria Seca, EB – Energia Bruta, PB – Proteína Bruta, FB – Fibra Bruta, EE – Extrato Etéreo, CZ – Cinzas, ¹Farelo do resíduo (sementes, cascas e bagaço). ²Farelo de sementes e cascas. ³Cascas. Adaptado de Lima *et al.* (2011)^a, Vieira *et. al* (2008)^b, Canuto *et al.*(2009)^c, Sá *et al.*(2007)^d

2.2.2– Jaca

O fruto da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*) é muito popular nas regiões tropicais do mundo e, um volume expressivo de subprodutos como cascas e sementes estão disponíveis como resíduos da agroindústria do doce. O aproveitamento das sementes na alimentação humana é feito há bastante tempo, sugerindo um possível potencial de uso também como ingrediente de rações para aves em geral. Dos subprodutos, as sementes da jaqueira (15 a 25% do fruto), são ricas em amido e quando assadas e moídas, produzem uma farinha utilizável no preparo de biscoitos, doces, entre outros. Na medicina caseira, a semente de jaca também é utilizada no tratamento de desarranjos intestinais (BALIGA *et al.*, 2011).

Segundo a REBRA (1992), além da facilidade de cultivo e alta produtividade, a jaqueira produz frutos que podem ser usados na alimentação animal. Ruminantes em geral, equinos e suínos consomem o fruto picado com casca e sementes, que se constitui em ótimo volumoso para vacas leiteiras e porcas em lactação, sendo o fruto um alimento muito apreciado também por aves. Entretanto, pouco se sabe sobre o uso deste subproduto na produção avícola.

Quanto às pesquisas voltadas para a alimentação animal, tanto a jaca quanto suas sementes frescas são uma boa fonte de nutrientes (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição bromatológica da jaca e seus subprodutos, de acordo com diferentes fontes bibliográficas

Composição Química (%MS)					
MS	EB (kcal)	PB	FB	EE	CZ
37 ^{1,c}	4.275 ^{1,c}	14,4 ^{1,c}	21 ^{1,c}	3,7 ^{1,c}	11,3 ^{1,c}
77,4 ^{2,a}	4.275 ^{2,a}	12,7 ^{2,a}	2,8 ^{2,a}	1,4 ^{2,a}	3,5 ^{2,a}
35,3 ^{3,b}	4.275 ^{3,b}	12,9 ^{3,b}	8,1 ^{3,b}	1,8 ^{3,b}	5,1 ^{3,b}
36,1 ^{2,d}	-	12,4 ^{2,d}	3,5 ^{2,d}	-	3,0 ^{2,d}

MS – Matéria Seca, EB – Energia Bruta, PB – Proteína Bruta, FB – Fibra Bruta, EE – Extrato Etéreo, CZ – Cinzas. ¹Parte aérea, fresca; ²Sementes; ³Fruta fresca. Adaptado de Abedin *et al.* (2012)^a, Arung *et al.* (2010)^b, Ribeiro Pereira (2007)^c, Ravindran *et al.* (1996)^d

Ainda de acordo com MORTON (1987), 100 g de sementes frescas contém 0,25 mg de cálcio; 0,18 mg de fósforo total; 2 mg de sódio; 407 mg de potássio; 540 UI de vitamina A; 0,03 mg de tiamina; 4 mg de niacina e 9 mg de ácido ascórbico. Em geral, as sementes frescas são consideradas ricas em amido, pobres em cálcio e ferro, além de boas fontes de vitaminas B1 e B2.

A jaqueira mesmo sendo de uma cultura muito popular e de múltiplos objetivos de uso, ainda não despertou a atenção do mercado para a rentabilidade que pode gerar. Entretanto,

considerando a grande diversidade de produtos obtidos, esta espécie vegetal apresenta bom potencial para a comercialização e geração de renda no campo.

2.2.3 – Jurema-preta

Leguminosae é a terceira maior família de plantas, possuindo distribuição cosmopolita, sendo encontrada em praticamente todos os ambientes terrestres, desde a beira do mar até o alto das montanhas. Essa família inclui 727 gêneros e 19.327 espécies (QUEIROZ, 2009), dentre essas espécies encontra-se a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*).

A jurema-preta é uma planta que se encontra distribuída em larga escala na caatinga, abrangendo os estados do Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (MAIA, 2004) e cresce de 2,5 a 5,5m de altura, sendo considerada uma arvoreta de porte arbustivo (QUEIROZ, 2009), apresenta metabólitos secundários que são excreções das plantas, que não são diretamente envolvidos nos processos de crescimento e desenvolvimento, mas que podem proteger as plantas contra microorganismos, herbivoria, intempéries ambientais, além de interferirem em processos simbióticos e atração de polinizadores (BRISKIN, 2000).

Alguns dos metabólitos secundários presentes na jurema-preta, são taninos, terpenos e os alcaloides que são derivados de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina), os quais são derivados do ácidoxiquímico, e de aminoácidos alifáticos (ornitina, lisina) (PERES, 2008).

Devido à presença dos metabólitos secundários a jurema-preta é utilizada para fins medicinais. Pela alta quantidade de DMT, a casca é utilizada para fins psicoativos (SOUZA *et al.*, 2008). Já o extrato da casca, inibe o peristaltismo intestinal e facilita o aumento do tônus muscular da parede do estômago (MECKES-LOZOYA *et al.* 1990). Outros trabalhos avaliando as propriedades antimicrobianas da jurema-preta demonstraram também ação inibitória contra bactérias Gram-positivas, Gram-negativas e fungos dermatófitos (LOZOYA *et al.*, 1989).

Em estudos sobre as propriedades farmacológicas *in vitro* de vários extratos do caule de jurema-preta, GONÇALVES *et al.*, (2022), observaram uma alta atividade antimicrobiana do extrato hidroalcolólico da planta sobre *Escherichia coli*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus mirabilis*, *Shigella sonnei*, *Staphylococcus aureus*. Já LOZOYA *et al.*, (1989) observaram que substâncias extraídas com etanol (95%) também eram eficientes contra a *Candida albicans*.

Nos estudos referentes especificamente à alimentação animal, SILVA *et al.*, 2021; e ALMEIDA *et al.*, 2011 obtiveram dados de composição bromatológica variáveis, apresentados a seguir (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição bromatológica da Jurema-preta de acordo com diferentes fontes bibliográficas

MS	Composição Química (%MS)				
	PB	FDN	FDA	EE	CZ
89,17 ^{1,a}	16,88 ^{1,a}	54,6 ^{1,a}	29,53 ^{1,a}	3,21 ^{1,a}	16,88 ^{1,a}
47,17 ^{1,b}	13,02 ^{1,b}	40,64 ^{1,b}	27,83 ^{1,b}	2,96 ^{1,b}	13,02 ^{1,b}

MS – Matéria Seca, PB – Proteína Bruta, FDN - Fibra em Detergente Neutro, FDA - Fibra em Detergente Ácido, EE - Extrato Etéreo, CZ – Cinzas. ¹Feno. Adaptado de Silva *et al.* (2021)^a, Almeida *et al.*(2011)^b.

Já os frutos da jurema-preta constituem uma fonte de alimento para os animais, principalmente na época seca quando amadurecem e caem sobre o solo. ARAÚJO *et al.*, (2005) relatam produção de sementes de jurema-preta de até 1598g/planta, com uma média de 526,4g/planta ao contabilizarem a produção de 30 plantas com frutos, em área de caatinga rala em sítio seco e de solo raso, Patos-PB. Segundo VALE *et al.* (1985), estas sementes apresentam 29% de proteína bruta (PB), sendo 54,24% digeríveis pelos animais.

2.2.4 – Algaroba

A algaroba (*Prosopis juliflora* Sw. DC.) que pertence à família *Fabaceae* – *Mimosoideae*, é originada da América Central e do norte da América do Sul. No Brasil, é cultivada principalmente na Região Nordeste, onde se adaptou bem às condições edafoclimáticas locais, sendo que a sua introdução ocorreu na década de 40, em Serra Talhada, PE (RIBASKI *et al.*, 2009).

Esta cultura arbórea difundiu-se e durante algumas décadas, os órgãos governamentais estimularam seu plantio. Dos pequenos arboretos cultivados pela população rural aos plantios comerciais, a algaroba expandiu-se em larga escala, tendo sua disseminação facilitada pelos rebanhos, haja vista que seus frutos constituem forragem de boa qualidade (ANDRADE *et al.*, 2009).

Apresenta-se como uma promissora alternativa econômica, tendo em vista sua adaptação em diversas regiões semiáridas do mundo com boa produção de lenha, madeira, forragem e outros produtos. O gênero pode ser diagnosticado pela presença de espinhos em cada nó, florespediceladas e frutos com endocarpo (QUEIROZ, 2009).

A algarobeira chega até 8 m de altura, sendo que em condições ótimas pode chegar a 18 m (DRUMOND *et al.*, 2010). Segundo RIBASKI *et al.*, (2009) a espécie vegetal bem adaptada em regiões com baixa precipitação pluviométrica, resistindo a longos períodos de estiagens, possui ainda potencial para restabelecer a fertilidade e produtividade de solos salinos degradados e para o reflorestamento (SILVA, 2001). Nas sementes de leguminosas o ácido fítico contém aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato, sendo estruturalmente integrado com proteínase/ou minerais, na forma de complexos, tornando indisponível para o ser humano e os animais monogástricos (ZHOU & ERDMAN, 1995).

A produção de vagens começa 3 anos após o plantio. Os rendimentos de vagens podem chegar a 10 t/ha/ano, com rendimentos médios de 8,7 t/ha/ano nos EUA e 6 t/ha/ano, após 4 anos de cultivo, no Brasil sob bons níveis de fertilizantes (RIVEROS, 1992). O rendimento médio por árvore é de cerca de 10-50 kg de vagens/ano, que podem ser coletados de maio a junho e setembro a outubro (SAWAL *et al.*, 2004).

As vagens de algaroba têm um valor nutricional relativamente alto, mas sua composição é considerada bastante variável (Tabela 4).

Tabela 4. Composição bromatológica da Algaroba de acordo com diferentes fontes bibliográficas

Composição Química (%MS)					
MS	EB(kcal)	PB	FB	EE	CZ
-	4.394 ^{1,a}	16,9 ^{1,a}	26,9 ^{1,a}	3,1 ^{1,a}	8,9 ^{1,a}
94,1 ^{2,b}	4.490 ^{2,b}	12,5 ^{2,b}	21,2 ^{2,b}	2,8 ^{2,b}	3,6 ^{2,b}
-	4.585 ^{3,c}	4,3 ^{3,c}	54,3 ^{3,c}	0,6 ^{3,c}	3,4 ^{3,c}

MS – Matéria Seca, EB – Energia Bruta, PB – Proteína Bruta, FB – Fibra Bruta, EE – Extrato Etéreo, CZ – Cinzas. ¹Folhas frescas; ²Vagem Seca; ³Casca de vagem. Adaptado de CIRAD(1991)^a, Barmanetal(2006)^b, Imp. Bureal (1936)^c.

As vagens presentes na Índia e da África parecem ter níveis mais baixos de carboidratos desejáveis e níveis mais altos de fibras indesejadas do que as vagens do Peru e do Brasil (PASIECZNIK *et al.*, 2001). O teor de açúcar os torna palatáveis para ruminantes, suínos, equinos e outros animais e suas sementes contêm até 30-40% de proteína e menos fibra (3-7%) do que as vagens (SAWAL *et al.*, 2004).

2.2.5 – Bagaço de Cana

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma gramínea originária da Ásia, introduzida no Brasil por volta de 1532, e pertence à família *Gramineae*. Comum em países tropicais e subtropicais em todo o mundo, essa planta pode crescer de oito a vinte pés de altura, apresentando caules geralmente com cerca de 2 polegadas de espessura. Diferentes variedades hortícolas são conhecidas, variando em cor e comprimento do caule. A cultura da cana-de-açúcar é cultivada em cerca de 200 países, com o Brasil liderando como o maior produtor mundial, responsável por aproximadamente 25% da produção global.

Ao longo da história, a cana-de-açúcar sempre desempenhou um papel crucial na economia de países tropicais. No Brasil, especialmente após a década de 70 com a implementação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), houve um impulso significativo no setor pelo desenvolvimento de novas tecnologias e materiais genéticos com maior potencial de produção.

A cana-de-açúcar é reconhecida como uma das matérias-primas mais cruciais na atualidade, com diversas aplicações, como a produção de açúcar, álcool, energia elétrica e plástico biodegradável. Seus subprodutos são completamente reutilizáveis, conforme destacado

por Costa & Bocchi (2012). Segundo a UNICA (2019), o Brasil conta com 370 unidades produtoras em atividade, consolidando-se como o maior produtor global, com uma área plantada que ultrapassa os 9 milhões de hectares e um processamento de 640 milhões de toneladas por safra.

O Estado de Goiás emergiu nos últimos anos como o segundo maior produtor de cana-de-açúcar no Brasil, registrando um notável aumento na área plantada, saindo de 140 mil hectares de área plantada em 54 municípios há uma década, para superar os 900 mil hectares distribuídos por 99 municípios (SILVA, 2018).

O bagaço da cana-de-açúcar destaca-se como o resíduo agroindustrial mais abundante no Brasil, representando aproximadamente 280 kg por tonelada de cana processada (SILVA *et al.*, 2007). Uma estratégia eficaz para gerenciar esse resíduo é sua utilização como uma alternativa de volumoso suplementar durante a época de estiagem, oferecendo uma opção viável para minimizar os custos de produção na criação de ruminantes. Apesar de a cana-de-açúcar ser usada como fonte de volumoso para suplementar animais desde o início do século passado, é crucial observar que seu bagaço possui baixo valor nutricional, desempenhando na dieta dos animais o papel de exclusiva fonte de fibras (PRUDENTE, 2009).

Um subproduto fibroso resultante da moagem da cana para a produção de açúcar ou álcool, o bagaço de cana pode ser aproveitado de diversas formas, incluindo a produção de energia por meio da queima em caldeiras, a conversão em etanol celulósico, a incorporação ao solo para aumentar a fertilidade ou mesmo como parte de uma dieta animal. Mesmo após a extração da sacarose e outros componentes, o bagaço ainda contém considerável matéria orgânica rica em polissacarídeos, como celulose e hemicelulose, além de lignina. Esses componentes representam mais de 75% da biomassa vegetal, enquanto o restante consiste em açúcares, proteínas e minerais (SOARES, 2012).

A extração dos açúcares da cana ocorre por meio de moendas ou difusores, separando o caldo da cana-de-açúcar e resultando no bagaço. Dada a restrição da produção de bagaço ao período de safra da cana-de-açúcar, estratégias de conservação são essenciais para garantir a qualidade do produto por períodos mais longos. A baixa estabilidade do bagaço torna o processamento uma exigência para sua conservação. A fenação e a ensilagem são estratégias eficazes e populares para a conservação, aumentando o teor de matéria seca e reduzindo o crescimento de microrganismos indesejáveis (PEREIRA, 2006).

Conforme Balat (2011), o bagaço é um material lignocelulósico, composto principalmente por celulose e hemicelulose. No entanto, sua digestibilidade reduzida o torna inadequado como fonte nutritiva principal, como demonstrado abaixo (Tabela 5).

Tabela 5. Composição bromatológica do bagaço de cana *in natura* de acordo com diferentes fontes bibliográficas

MS	Composição Química (%MS)		
	PB	FDN	FDA
40,1 ^a	2,3 ^a	59,0 ^a	38,3 ^a
50,0 ^b	1,8 ^b	62,7 ^b	62,7 ^b
42,0 ^c	0,8 ^c	54,4 ^c	54,4 ^c

MS – Matéria Seca, PB – Proteína Bruta, FB – Fibra Bruta, FDN – Fibra em Detergente Neutro, FDA – Fibra em Detergente Ácido. Adaptado de Carvalho *et al.*(2006)^a, Pires *et al.*(2004)^b, Manzano *et al.*(2000)^c.

2.3 – IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DO APROVEITAMENTO NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE FRUTAS (MANGA E JACA), SUBPRODUTO (BAGAÇO DE CANA) E PLANTAS FORRAGEIRAS DO SEMIÁRIDO (JUREMA-PRETA, ALGAROBA) EM NÃO-RUMINANTES

Estudos têm revelado que acima de 70% das espécies botânicas da caatinga participam da composição da dieta animal, principalmente durante o período chuvoso, quando há maior volume de forragem e há disponibilidade da mesma para fenação e silagem, garantindo alimento para as épocas mais secas do ano (SEBRAE, 2012).

Sob esse contexto, pesquisadores têm testado alimentos alternativos e níveis de inclusão desses alimentos nas dietas de animais não ruminantes. Alguns exemplos podem ser a utilização do resíduo de manga (cascas e caroços), estudado por VIERA *et al.* (2008), que avaliaram níveis de inclusão (0, 2,5, 5, 7,5 e 10%) em rações de frangos de corte, e observaram que até 10% viabilizou seu uso em dietas balanceadas. Porém, RAVINDRAN e BLAIR (1991) afirmaram que um nível de até 20% nas rações de frangos de corte pode ser utilizado.

SILVA. *et al.* (2007) em um experimento com codornas japonesas com inclusão de até 10%, determinaram que o nível de 7,44% do farelo de semente de jaqueira na alimentação de codornas japonesas é o mais viável, melhorando a pigmentação da gema dos ovos.

Já segundo LIMA *et al.* (2011), o valor nutricional dos resíduos agroindustriais da fruticultura tropical para a nutrição animal ainda é pouco estudado, sendo necessário o aumento de pesquisas que visem avaliar estes ingredientes, como ensaios de metabolismo e de desempenho na tentativa de aproveitar estes subprodutos nas rações.

Quando abordadas exclusivamente as plantas da Caatinga, COSTA *et al.* (2007) afirmam que a inclusão dos fenos de forrageiras nativas nas dietas, principalmente os fenos de jureminha e feijão-bravo, promove redução no consumo de alimento pelos animais não ruminantes, à medida que aumenta seu nível de inclusão nas dietas, e segundo AVILA *et al.* (2006), os valores de EMAn para frangos de corte podem ser influenciados pelo consumo de alimento, que pode interferir nas perdas energéticas metabólicas e endógenas.

A energia dietética constitui frequentemente o parâmetro inicial a ser considerado na

elaboração de formulações de dietas para animais, dada a sua necessidade para os processos metabólicos, funções fisiológicas, manutenção, crescimento, renovação de tecidos e produção de calor no organismo do animal. Em aves, a energia metabolizável aparente (EMA), representada pela diferença entre a energia bruta (EB) da ração e a EB das excretas, tem sido empregada na formulação de rações desde a década de 1950 (HILL & ANDERSON, 1958; HILL *et al.*, 1960). Tal prática demanda um abrangente banco de dados contendo valores de EMA para grãos, gorduras e óleos, bem como outros ingredientes provenientes de diversas fontes, por exemplo, resíduos da industrialização das frutas (WU *et al.*, 2020).

3. OBJETIVOS

3.1. GERAL

Avaliar diferentes fontes ou resíduos de origem vegetal, através de ensaios de metabolismo para frangos de corte.

3.2. ESPECÍFICOS

- Determinar a composição bromatológica de diferentes alimentos alternativos
- Avaliar o coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes de alimentos alternativos ao milho e farelo de soja para frangos de corte
- Determinar a energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) de alguns alimentos alternativos
- Avaliar o tempo de trânsito das dietas contendo alimentos alternativos para frangos de corte
- Determinar e comparar o aproveitamento nutricional e energético do bagaço de cana (ingrediente com maior teor de fibra) em duas diferentes granulometrias para frangos de corte

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. COMITÊ DE ÉTICA E USO DE ANIMAIS

O procedimento experimental para os ensaios de metabolismos foi aprovado pelo Comitê de Ética e Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Protocolo 31580205/22) e realizado no Laboratório de digestibilidade de não ruminantes, no Departamento de Zootecnia da UFRPE, Recife-PE, sob as coordenadas geográficas 8°04'03''S e 34°55'00''W.

4.2. PROCEDÊNCIA E PROCESSAMENTO PARA A OBTENÇÃO DO FARELO DAS FOLHAS DE ALGABORA, JUREMA-PRETA, RESÍDUO DE MANGA, SEMENTE DE JACA E BAGAÇO DE CANA

O resíduo de manga foi cedido por uma indústria de polpa de frutas localizada no bairro do Passarinho, cidade do Recife, PE. A tecnologia utilizada pela indústria para a obtenção da polpa de manga consiste na separação mecânica da casca, semente e polpa grossa. Após o processamento da polpa grossa, todo o material restante é considerado resíduo (casca, semente e bagaço). Por 72h, esse resíduo de manga, onde casca, caroço e o bagaço foram usados em partes iguais, foi mantido em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C, e revirado periodicamente até estar completamente seco. Ao fim da pré-secagem, este material apresentou um rendimento de 17,57%.

Para a obtenção da semente de jaca, foram colhidos 150 frutos das jaqueiras espalhadas pelo campus sede da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. As jacas foram individualmente abertas e suas sementes manualmente coletadas. Após a coleta, as sementes foram cozidas submersas em água em uma panela comum por uma hora, a uma temperatura de 100°C, adaptado da metodologia de Talabi *et al.* (2006), a fim de inativar os fatores antinutricionais. Posteriormente estas foram dispostas em lona sob o sol durante 30 minutos para a evaporação do excesso de água e em seguida levadas à estufa de ventilação forçada, a 55°C, por 72h, sendo reviradas periodicamente. Após o período de pré-secagem, este ingrediente apresentou rendimento de 86,10%.

A algaroba, jurema-preta e bagaço de cana, foram originários da Estação Experimental do Instituto de Pesquisa Agropecuária (IPA), localizada em São Bento do Una-PE. O bagaço de cana foi adquirido já seco e grosseiramente triturado. As hastes da algaroba e jurema-preta, contendo apenas folhas, foram mantidos em sala refrigerada a 20°C até o final do processo manual de separação das mesmas.

As folhas foram acondicionadas em bandejas de plástico e levadas à estufa de circulação forçada de ar, a 55°C, por 48h. A jurema-preta e a algaroba, após a pré-secagem, apresentaram rendimento de 73,9% e 50%, respectivamente.

Após o processo de pré-secagem, o resíduo de manga, sementes de jaca e o bagaço de cana foram triturados em máquina forrageira equipada com peneira de 2 cm. Parte do bagaço de cana foi reservado para ser utilizado na granulometria de 2cm, enquanto a outra parte do bagaço de cana, juntamente com todos os ingredientes utilizados neste estudo, foram moídos em moinho de facas, equipado com peneira de porosidade de 0,5cm.

4.3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ENERGÉTICA

Para determinação da composição química e energética dos alimentos, foram realizadas análises da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB),

fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE, campus SEDE, de acordo com as metodologias descritas por Detmann (2021). No laboratório de Química do Departamento de Química da UFPE, campus Agreste, foi realizada a determinação de minerais por meio de Fluorescência de Raio-X (FRX) de acordo com a metodologia descrita por Brouwer (2013). A determinação de energia bruta (EB) foi feita por meio de bomba calorimétrica, de acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFPB, Campus II.

4.4. EXPERIMENTOS DE METABOLISMO

4.4.1 ANIMAIS E INSTALAÇÕES

No primeiro ensaio, foram utilizadas 10 gaiolas metabólicas, com dimensões 1,00 x 0,50 x 0,50, sendo 5 aves/gaiola, machos, da linhagem ROSS P 350, com 14 dias de idade, totalizando 50 animais. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com 2 tratamentos e 5 repetições cada. No segundo ensaio, foram utilizadas 15 gaiolas metabólicas também com 5 aves/gaiola, totalizando 75 animais. As aves foram distribuídas ao acaso, em 3 tratamentos com 5 repetições/tratamento. No terceiro e último ensaio, foram avaliados 4 tratamentos distribuídos em 20 gaiolas, com 5 aves/repetição, totalizando 100 animais. Todos os ensaios tiveram duração de 9 dias, utilizando-se sempre um novo lote de frangos.

4.4.2 RAÇÕES E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

No primeiro ensaio, as dietas consistiram em uma ração referência (RR1) e uma ração teste constituída de 80% da RR + 20% do farelo do resíduo de manga, com base na matéria natural (MN). No segundo ensaio, as dietas consistiram em uma ração referência (RR2) e duas rações teste, compostas, respectivamente, por 80% da RR2 + 20% do farelo das folhas de algaroba, e 80% da RR2 + 20% do farelo de bagaço de cana com a granulometria de 2 cm. No terceiro ensaio, as dietas consistiram em uma ração referência (RR3) e três rações teste, compostas respectivamente por 80% da RR3 + 20% do farelo das folhas de jurema-preta, 80% da RR3 + 20% do farelo da semente de jaca, e 80% da RR3 + 20% do farelo de bagaço de cana com a granulometria de 0,5cm. Todas as rações referência (Tabela 6) foram formuladas para atender as exigências nutricionais de aves (ROSTAGNO *et al.*, 2017) na fase de 8 a 21 dias.

Tabela 6. Composição percentual calculada dos ingredientes e valor nutricional das rações referência (% de matéria seca).

Ingredientes (%)	Ração Referência 1	Ração Referência 2 e 3
Milho	49,370	52,737
Farelo de soja	40,708	37,757
Óleo de Soja	5,574	4,963
Fosfato Bicálcico	1,837	1,776
Calcário	0,926	0,983
Sal Comum	0,523	0,524
Premix Vitamínico/Mineral ¹	0,400	0,400
DL-Metionina	0,397	0,394
L-Lisina	0,251	0,319
L-Treonina	0,145	0,145
BHT	0,01	0,01
Total (%)	100	100
Proteína Bruta (%)	21,93	21,93
EM aves (kcal/kg)	3100	3100
Lisina dig. aves (%)	1,306	1,306
Met+ cist dig. aves (%)	0,966	0,966
Treonina dig. aves (%)	0,862	0,862
Extrato etéreo (%)	8,292	7,688
Fibra bruta (%)	2,942	2,747
Cálcio (%)	0,907	0,907
Fósforo disponível (%)	0,432	0,432
Sódio (%)	0,221	0,221

¹Níveis de garantia por quilo do produto: Iodo (min) 265 mg/kg, Selênio (min) 80,00, mg/kg, Cobre (min) 3.000,00 mg/kg, Ferro (min) 9.550,00 mg/kg, Manganês (min) 13,50 g/kg mg/kg, Zinco (min) 12,50 g/kg, Ácido Fólico (min) 250,00 mg/kg, Niacina (min) 7.800,00 mg/kg, Biotina 13,90 mg/kg, Ácido Pantotênico 3.180,00 mg/kg, Vitamina A 2.400.000,00 UI/kg, Vitamina B1 (min) 550,0 mg/kg, Vitamina B12 (min) 3,75 mg/kg, Vitamina B2 (min) 1.400,00 mg/kg, Vitamina B6 (min) 615,00 mg/kg, Vitamina D3 (min) 590.000,00 UI/kg, Vitamina E 4.250,00 UI/kg, Vitamina K 875,00 mg/kg, Colina (min) 69,50 g/kg, BHT (min) 100,00 mg/kg, HALQUINOL (min) 7.500,00 mg/kg.

As aves passaram por um período de adaptação às gaiolas e às rações experimentais de 5 dias, e em seguida houve o período de coleta total de excretas com duração de 4 dias. Para a coleta das excretas, foram utilizadas bandejas de alumínio nas gaiolas, revestidas em lona plástica. A identificar o início e o fim do período, foi realizada com adição às rações 1% de óxido férrico (marcador), no primeiro e no último dia de coleta de excretas, as quais foram realizadas duas vezes ao dia, no início da manhã e final da tarde. Após a coleta, o material foi acondicionado em sacos plásticos, identificado conforme tratamento e repetição, pesado e congelado.

Após o descongelamento das excretas em sala climatizada (22°C), o material foi homogeneizado, e de cada tratamento e repetição foi coletada uma alíquota de 300g, os pesos foram registrados e as amostras foram levadas à estufa de circulação forçada a 55°C, por 72h.

Depois de pré-secas e resfriadas à temperatura ambiente, as amostras foram pesadas, para a determinação da porcentagem de ASA (amostra seca ao ar), e moídas em moinho de facas

tipo Wiley, equipado com peneira de porosidade de 1mm. As amostras das rações e das excretas foram submetidas à determinação da MS, PB, EE, FB, EB e MM. Posteriormente, foram determinados os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS), da proteína bruta (CMPB), fibra bruta (CMFB), energia bruta (CMEB) e os valores da energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) dos ingredientes, fundamentado nas fórmulas descritas por (SAKOMURA E ROSTAGNO, 2016). Não foi realizada comparações estatística entre os alimentos, devido ao objetivo do estudo ter sido a sua caracterização nutricional e energética.

4.5. TEMPO DE TRÂNSITO DIGESTIVO

A mensuração do tempo de trânsito gastrointestinal nas aves foi realizada no quinto dia de adaptação às dietas, no mesmo dia da marcação inicial das rações com óxido férrico. O intervalo de tempo decorrido desde o momento da ingestão da alimentação até a aparição das primeiras excretas marcadas foi empregado como indicador do tempo de trânsito das rações, expresso em minutos.

4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Apenas a variável tempo de trânsito das rações experimentais foram analisadas estatisticamente, utilizando o software estatístico SAS (versão 2022). O método empregado envolveu uma análise de variância (ANOVA) seguida por teste Brown-Forsythe e Welch de comparações múltiplas. Todos os resultados foram considerados significantes a um nível de confiança de 99%, com o valor de $p < 0,001$. O modelo matemático utilizado foi:

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} : é a observação referente ao tratamento i na repetição j ;

μ : é a média geral (ou constante comum a todas as observações);

t_i : é o efeito de tratamento, com $i = 1, 2, \dots, I$;

e_{ij} : é o erro experimental, tal que $e_{ij} \sim N(0; \sigma^2)$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ENERGÉTICA DOS ALIMENTOS E RAÇÕES EXPERIMENTAIS.

A composição química dos ingredientes e dietas encontra-se apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Composição bromatológica do farelo de resíduo de manga (FRM), farelo de folhas de algaroba (FFALG), farelo de folhas de jurema-preta (FFJP), farelo de semente de Jaca (FSJ) e farelo de bagaço de cana (FBC) (% de matéria seca).

ALIMENTOS	Composição Bromatológica							
	MS (%)	MM (%)	PB (%)	EE (%)	EB (Kcal/Kg)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)
FRM	85,42	5,81	4,25	13,66	4203,40	17,01	31,77	19,91
FFALG	88,39	10,81	16,10	16,75	4728,13	25,94	48,25	26,32
FFJP	90,58	5,90	14,95	10,92	4647,52	14,99	33,21	32,44
FSJ	92,01	3,56	12,68	1,32	4131,18	6,66	42,17	35,68
FBC	91,89	3,08	2,61	3,19	3633,03	44,85	78,23	47,28

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

Em relação ao farelo do resíduo de manga, foi observado que o teor de MS (85,42%) foi inferior aos encontrados por Vieira *et al.* (2008), e o de EE (13,66%); FB (17,01%) e de EB (4.203Kcal/Kg) foram superiores aos valores encontrados pelo mesmo autor (94,10%; 3,87%; 4,36%; e 3.893Kcal/Kg, respectivamente), enquanto o valor de PB (4,25%) se assemelha ao encontrado pelos autores (3,87%). Esta divergência encontrada pode estar atrelada ao solo, idade e período de coleta dos frutos, proporção das partes do material utilizado, bem como ao tipo de processamento e variedade de manga utilizada nos estudos (EMBRAPA, 2004; FARAONI *et al.*, 2009; AULAR *et al.*, 2013).

No farelo da semente de jaca, os valores de EB (4.131Kcal/Kg), EE (1,4%), PB (12,68%) e FB (6,66%) foram semelhantes aos encontrados por Abedin *et al.* (2012) de 4.275Kcal/Kg, 1,8%; 13,12% e 3,83%, respectivamente. Neste contexto, a semente de jaca apresentou menor variação entre diferentes literaturas, o que pode facilitar sua aplicabilidade na nutrição de aves.

Ao estudar a composição química do feno de jurema-preta, Silva *et al.* (2021), encontraram valores de 16,88% para PB e 54,6% para FDN, que são superiores aos valores encontrados neste estudo, com o farelo das folhas de jurema-preta, que foram 14,95% e 33,21%, respectivamente. No entanto, os valores de FDA (29,53%) e EE (3,21%) encontrados pelos mesmos autores, se mostram inferiores aos valores encontrados no presente estudo (33,44 e 10,92%, respectivamente).

Relativamente ao farelo das folhas de algaroba, os valores de EB (4.728Kcal/Kg); PB (16,10%) e FB (25,94%), assemelham-se aos encontrados por Barman *et al.* (2006) nas vagens secas da algaroba, sendo 4.490Kcal/Kg; 12,5% e 21,2%, respectivamente.

Quanto ao bagaço de cana, os valores registrados na Tabela Brasileira de Alimentos para Ruminantes (CQBAL) em 2023, são 1,83% para PB; 3,60%, para EE; 40,80% para FB; 78,74% para FDN e 49,20% para FDA, os quais se assemelham aos valores encontrados neste estudo (2,61%; 3,19%; 44,85%; 78,23% e 47,28% respectivamente). Os valores de EB (4.490Kcal/Kg) registrados na tabela são superiores aos encontrados nesta pesquisa (3.633Kcal/Kg). Devido ao seu elevado teor de FB, FDN e FDA, o bagaço de cana é usualmente utilizado na alimentação de ruminantes e não ruminantes como cavalos (ELGHANDOUR *et al.*, 2014) e na dieta de suínos em fase de terminação (SEWELL, 2023)

Também foi avaliada a composição mineral das rações e ingredientes utilizados nos ensaios de metabolismo (Tabela 8).

Tabela 8. Composição química dos alimentos farelo de resíduo de manga (FRM), farelo de folhas de algaroba (FFALG), farelo de folhas de jurema preta (FFJP), farelo de semente de Jaca (FSJ) e farelo de bagaço de cana (FBC) e das rações experimentais.

ALIMENTOS	MINERAL										
	Mg(%)	Al(%)	Si(%)	P(%)	S(%)	Cl(%)	K(%)	Ca(%)	Fe(%)	Zn(%)	Sr(%)
RM	1,507	1,069	5,189	4,004	3,083	2,184	30,053	16,328	-	15,529	-
ALG	1,598	0,645	1,472	2,554	7,272	7,580	23,763	32,757	1,044	-	-
JP	1,336	1,101	2,124	11,466	7,935	5,795	19,279	32,609	2,156	0,4921	0,4553
SJ	2,399	1,118	2,480	8,888	8,062	1,073	65,261	-	-	-	-
BC	-	7,545	34,375	2,117	4,413	2,878	12,901	10,749	13,295	-	-
RAÇÕES											
RR1	1,453	0,682	2,095	12,080	7,192	4,259	23,528	26,904	1,675	1,563	0,479
RFRM	1,344	0,982	2,689	20,691	11,667	5,173	34,575	44,708	2,622	0,782	0,711
RR2	1,540	0,851	2,332	21,645	10,262	5,869	97,688	41,342	2,264	0,727	0,669
RFFALG	1,362	0,009	0,217	0,1082	0,072	0,046	0,187	0,286	0,018	0,004	0,003
RFBC 2cm	0,005	0,613	2,127	13,237	6,354	4,735	19,337	31,829	2,087	1,625	0,522
RR3	1,540	0,851	2,332	21,645	10,262	5,869	97,688	41,342	2,264	0,727	0,669
RFFJP	0,014	0,002	0,007	0,0441	0,250	0,017	0,093	0,109	0,005	0,001	0,001
RFSJ	0,005	0,006	0,021	0,0557	0,026	0,017	0,100	0,109	0,015	0,002	0,001
RFBC 0,5cm	1,803	1,767	8,932	13,687	6,927	3,630	15,995	26,435	4,097	0,449	0,436

RR1: ração referência correspondente ao ensaio de metabolismo 1, RFRM1: ração teste composta por 80% da RR1 + 20% do farelo do resíduo de manga, RR2: ração referência correspondente ao ensaio de metabolismo 2, RFFALG: ração teste composta por 80% da RR2 + 20% do farelo das folhas de algaroba, RFBC: ração teste composta por 80% da RR2 + 20% do bagaço de cana com granulometria de 2cm, RR3: ração referência correspondente ao ensaio de metabolismo 3, RFFJP: : ração teste composta por 80% da RR3 + 20% do farelo das folhas de jurema preta, RSJM3: ração teste composta por 80% da RR3 + 20% do farelo das sementes de jaca, RFBC: ração teste composta por 80% da RR3 + 20% do bagaço de cana com granulometria de 0,5cm

Os resultados revelam variações nos teores de minerais, uma vez que foram utilizados diferentes ingredientes. Analisando os elementos traço, como zinco (Zn) e estrôncio (Sr), observamos que as rações contendo RFRM, RFBC 2cm e RFBC 0,5cm demonstraram níveis consideráveis desses minerais, apesar dos mesmos aparentemente não estarem presentes quando este ingredientes foram analisados, pois esta ausência de detecção pode estar ligada à densidade e quantidade de material utilizado para a formação dos discos para a análise, além do fato de que a ração completa é mais densa e possui outros elementos ricos em Zn e Sr, tais como o premix, por exemplo. A informação sobre a composição mineral é crucial para a formulação de dietas balanceadas, uma vez que elementos traço desempenham papéis essenciais em diversas funções fisiológicas dos animais (OLIVEIRA, 2018; MOYES &

SCHULTE, 2009). Eles influenciam os processos metabólicos normais por meio da interação ou incorporação de proteínas (UNDERWOOD, 1977).

O resíduo de manga demonstrou ser rico em potássio (K), cálcio (Ca) e Zinco (ZN), minerais importantes para funções regulatórias e formação óssea (TEIXEIRA, 2010). A algaroba e a jurema-preta se destacaram como fonte expressiva de potássio (K), cálcio (Ca) e ferro (Fe), essenciais para funções como relaxamento muscular, contração muscular e transporte de oxigênio (DE SOUZA *et al.*, 2023; DUARTE, 2023). A jaca, por sua vez, revelou uma elevada concentração de potássio (K), essencial para a regulação osmótica (WANG *et al.*, 2022; JOMOVA *et al.*, 2022

Essa diversidade mineral oferece uma oportunidade única para a formulação de dietas balanceadas, entretanto alimentos de origem vegetal, devido à presença do fator antinutricional fitato, tornam os cátions em parte indisponíveis, necessitando serem suplementados de forma inorgânica. Entretanto, adicionando a enzima fitase nas rações contendo estes alimentos, estes minerais podem ser disponibilizados, podendo chegar mais próximo ao atendimento da exigência das aves (SUREK *et al.*, 2008), abrindo espaço para futuras pesquisas utilizando também os ingredientes alternativos citados neste estudo, em associação com a enzima fitase.

Frente à escassez de pesquisas sobre a composição mineral destes alimentos, é fundamental ressaltar a necessidade de estudos adicionais para correlacionar esses dados com parâmetros fisiológicos e de produção animal, proporcionando uma visão mais abrangente sobre a eficácia das rações em questão.

5.2. COEFICIENTES DE METABOLIZABILIDADE DOS NUTRIENTES E VALORES DE EMA E EMAN DOS ALIMENTOS.

Os valores dos coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e o valor de EMA e EMAN dos alimentos estão listados na Tabela 9.

Tabela 9. Coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia bruta, e valores de EMA e EMAN do farelo de resíduo de manga (FRM), farelo de folha da algaroba (FFALG), farelo das folhas da jurema-preta (FFJP), farelo da semente de jaca (FSJ) e farelo de bagaço de cana (FBC) nas granulometrias 2 cm e 0,5 cm, em base na MS.

ALIMENTO	PARÂMETROS					
	CMMS(%)	CMPB (%)	CMFB (%)	CMEB (%)	EMA (Kcal/Kg)	EMAN (Kcal/Kg)
FRM	73,19±1,52	76,82±2,53	22,63±1,85	34,80±1,16	1587±13,62	1406±10,4
FFALG	49,22±8,59	42,78±7,79	42,48±8,70	54,88±5,15	2842±267,7	2595±243,8
FFJP	76,31±4,43	72,01±2,65	40,86±1,82	64,95±1,19	3951±65,32	3791±86,78
FSJ	83,87±3,76	68,90±2,74	16,37±8,67	91,76±2,10	3612±61,26	3018±55,5
FBC (2cm)	36,38±4,04	24,32±4,00	-	42,15±4,19	1756±164,9	1531±152,2
FBC (0,5cm)	65,93±1,69	49,15±3,57	-	47,23±0,89	2037±61,40	1716±32,46

CMMS: coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca do alimento; CMPB: coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta; CMFB: coeficiente de metabolizabilidade da fibra bruta; CMEB: coeficiente de metabolizabilidade de energia bruta; EMA: energia metabolizável aparente; EMAN: energia metabolizável aparente corrigida.

Os valores de coeficientes de metabolizabilidade da MS, PB e FB do farelo de resíduo de manga encontrados neste estudo foram de 73.19; 76,82 e 22.63%, respectivamente. Os valores de EMA e EMAN deste ingrediente (1587 e 1406 kcal/kg, respectivamente), diferem dos valores encontrados por Diarra *et al* (2014) para o caroço de manga cozido (3.454 e 3.275 kcal/kg, respectivamente). Dentre os fatores que influenciam a divergência entre os valores de EMA e EMAN, temos também, as partes diferentes utilizadas em ambos os estudos e a ampla variedade dos tipos de frutos, que são os aspectos mais destacados, uma vez que, conforme mencionado por Kansci *et al.* (2008), existem aproximadamente 1.000 variedades de manga em escala global, além dos diferentes teores de minerais, gordura e de fibra, cujo valor pode ser, além de limitante de consumo, um fator de interferência no aproveitamento dos nutrientes destes alimentos pelos frangos de corte e conseqüentemente no seu valor energético.

Em relação ao coeficiente de metabolizabilidade de fibra bruta (CMFB), a algaroba apresenta um valor de 42,48%. Este valor pode ser correlacionado com o estágio ou grau de maturidade da colheita e com a estação do ano, fatores que influenciam o teor de matéria seca e teor de fibra da planta *Prosopis*, e, conseqüentemente, sua metabolizabilidade (RIBASKI, 2012).

Os valores dos coeficientes de metabolização da MS (83,87%) e PB (68,90%) do farelo da semente de jaca, assim como os valores de EMA e EMAN (3.612 e 3.018 kcal/kg respectivamente) encontrados no presente estudo são maiores que os encontrados por

Ndyomugenyi *et al.* (2015) (69,7%, 52,9%, 2.683 e 2.053 kcal/kg, respectivamente). A diferença dos valores dos coeficientes entre os estudos não possui uma causa determinada, entretanto, é importante destacar que as sementes de jaca utilizadas neste estudo foram submetidas a tratamento térmico, no qual provavelmente destruíram ou reduziram os fatores antinutricionais. De acordo com BASSO (2017) a semente de jaca possui 0,24% de tanino, 2,74% de saponina e principalmente de ácido cianídrico com 11,58%, em que é destruído em exposição a altas temperaturas.

Os valores de CMMS (76,31%), CMPB (72,01%) e a EMA (3.951kcal/kg) e EMAn (3.791kcal/kg) do farelo das folhas da jurema-preta apresentaram bons resultados. Essa elevada densidade energética destaca este ingrediente como um potencial fonte de energia em formulações de rações. Esses valores se assemelham aos encontrados por Costa *et al.*, (2007) com 3.159 e 2.797 kcal/kg, respectivamente, para o feno de jureminha.

O farelo das folhas de algaroba apresentou os menores valores para CMMS, CMPB e CMEB com 49,22%, 42,78% e 54,88%, devido a um elevado teor de FB (25,9%). De acordo NUNES *et al.* (2008) os alimentos com alto teor de FB apresentam menores coeficientes de metabolizabilidade por proporcionar maiores perdas endógenas de proteína, consequentemente menores valores de EMA (2842 kcal/kg) e EMAn (2595 kcal/kg). Segundo PENZ JR. *et al.* (1999), o alto teor de FB nos alimentos tende a provocar diminuição no consumo de ração pelas aves e na estimativa dos valores energéticos, tendência que aumenta de acordo com a porcentagem desses alimentos nas rações.

5.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES GRANULOMETRIAS DO BAGAÇO DE CANA E TEMPO DE TRÂNSITO DIGESTIVO

A redução do tamanho de partícula, somada a uma maior uniformidade, resulta na maximização da superfície de contato de um determinado ingrediente (JIMENEZ-MORENO *et al.*, 2006). Segundo os autores, tal condição facilita a digestão e absorção dos nutrientes pelo animal, uma vez que é aumentada a exposição dos alimentos às enzimas digestivas. Este fenômeno resulta em uma maior digestibilidade dos nutrientes. Isto foi comprovado ao avaliar a inclusão do bagaço de cana em diferentes granulometrias a rações para frangos de corte (Tabela 10).

Tabela 10. Coeficientes de metabolizabilidade e valores de EMA e EMAn do bagaço de cana em diferentes granulometrias.

Coeficientes avaliados (%)	FBC 2 cm	FBC 0,5 cm
Consumo MS (g/ave/d)	81,19 ± 0,004 ^a	68,72 ± 1,03 ^b
CMMS	36,38 ± 4,04 ^b	65,93 ± 3,77 ^a
CMEB	48,32 ± 10,15 ^b	56,06 ± 3,77 ^a
CMPB	24,32 ± 5,66 ^b	49,15 ± 7,98 ^a
EMA	1756 ^b	2037 ^a
EMAn	1531 ^b	1716 ^a

CMMS: coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca; CMEB: coeficiente de metabolizabilidade de energia bruta; CMPB: coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta; EMA: energia metabolizável aparente; EMAn: energia metabolizável aparente corrigida; BC: bagaço de cana. Valores obtidos com n = 5, p < 0,005 e I.C = 95%.

Com base nos resultados apresentados, é possível estabelecer relações significativas entre os coeficientes de metabolizabilidade da MS, PB e EB, EMA, EMAn (Tabela 10) e o tempo de trânsito digestivo (Tabela 11) das rações experimentais, especialmente ao considerar a influência do tamanho das partículas do bagaço de cana.

Inicialmente, observa-se que o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) diferiu estatisticamente entre as duas formas físicas do farelo de bagaço de cana. O bagaço de cana com 0,5 cm de granulometria apresentou um CMEB com um valor superior (56,06%) em comparação com o bagaço de cana com 2 cm (48,32%), sugerindo uma maior eficiência na metabolização da energia quando as partículas são menores. Essa diferença no CMEB também se refletiu nos valores de EMA e EMAn, que foram inferiores no bagaço de cana com 2,0 cm em comparação com o bagaço de cana com 0,5 cm. Esses resultados indicam que o tamanho das partículas influencia diretamente na disponibilidade e no aproveitamento dos nutrientes, com implicações diretas na energia metabolizável disponível para as aves.

A diferença no CMMS, CMPB e CMEB entre os dois tipos de bagaço de cana pode ser atribuída à maior disponibilidade de superfície de contato dos nutrientes à ação enzimática no bagaço de cana 0,5 cm, que proporcionou melhor aproveitamento nutricional e energético. Isto explica a necessidade de maior consumo das dietas contendo o farelo de bagaço de cana 2,0 cm, no qual foi de 81,19g/ave/d versus 68,72 g/ave/d do farelo de bagaço de cana 0,5 cm, pois as aves consomem certas quantidades de ração para satisfazerem primariamente suas necessidades energéticas (LEESON et al., 1996). Entretanto, este maior consumo não foi suficiente em suprir ao atendimento energético das aves, de acordo com DAHLKE et al. (2003) a profundidade de cripta é aumentada em frangos ao ingerirem alimentos com maior tamanho da partícula, no qual é um efeito negativo na absorção dos nutrientes.

Os resultados obtidos para o coeficiente de metabolizabilidade de energia bruta (CMEB) nos dois tipos de bagaço de cana, a 2 cm e a 0,5 cm, revelam diferenças significativas na eficiência de metabolização da energia. O bagaço de cana 2cm demonstrou um CMEB médio de 48,32%, enquanto o de 0,5 cm foi de 56,06%, uma diferença de aproximadamente 7,74%. Consequentemente, a diferença no tamanho da partícula deste ingrediente também teve efeito significativo ($P < 0,05$) sobre os valores de EMA e EMAn (Tabela 10), com valores de EMA e EMAn de 1756 e 1531 kcal/kg do farelo de bagaço de cana 2,0 cm, inferiores aos valores de 2037 e 1716 kcal/kg, respectivamente, pelo bagaço de cana a 0,5 cm.

Em relação ao CMPB, a utilização eficiente da proteína da dieta é importante para maximizar o desempenho animal e otimizar a eficiência de produção. De acordo com os resultados mostrados na tabela acima o CMPB para o farelo de bagaço de cana 2 cm foi de 24,32%, enquanto para o bagaço de cana 0,5 cm foi de 49,15%.

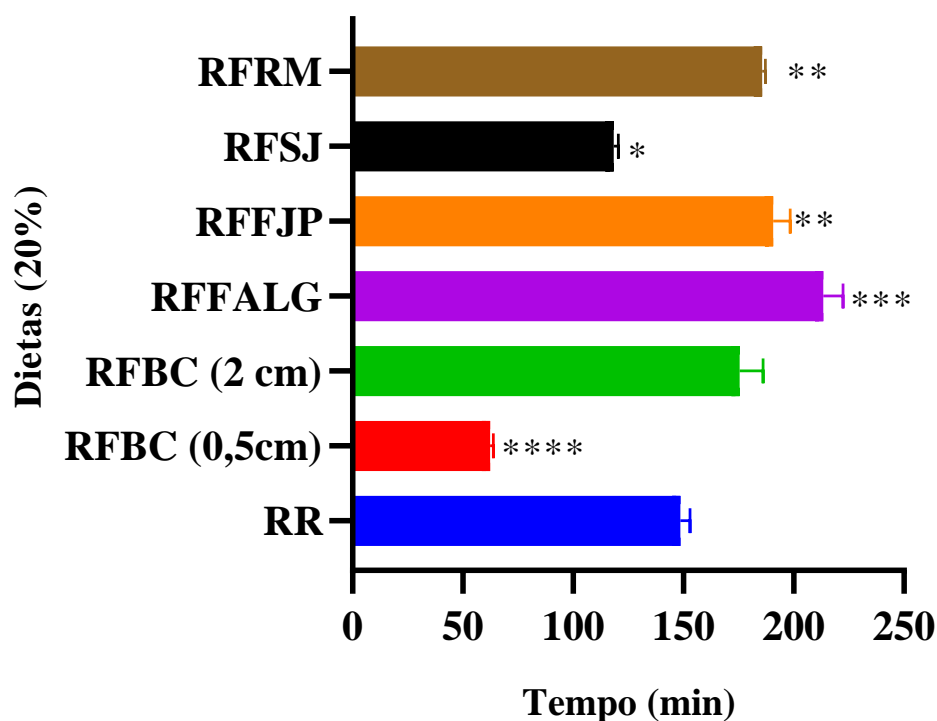
Esses resultados têm implicações práticas para a formulação de rações e dietas animais. Neste contexto, seria de importância a execução de um experimento de desempenho para determinar o nível de inclusão máximo deste ingrediente, em sua forma mais fina.

Os dados de tempo de trânsito para todas as rações (Tabela 11) foram obtidos em dois ensaios de metabolismo e foram expressos em minutos.

Tabela 11. Composição bromatológica e tempo de trânsito digestivo das rações referência e rações experimentais (% matéria seca).

RAÇÕES	MS (%)	MM(%) ²	PB(%) ²	EE(%) ²	EB(Kcal/Kg)	FB(%) ²	FDN(%) ²	FDA(%) ²	TDTD(min)
RR1	88,95	6,36	23,70	7,77	4638,96	6,789	18,13	7,20	181.4
RFRM	85,42	6,15	21,38	6,71	4066,06	7,624	17,30	7,39	185.8
RR2	90,12	10,19	25,22	10,47	4149,96	6,987	16,95	6,07	148.6
RFFALG	90,94	9,22	21,52	10,41	4247,77	8,844	18,71	10,13	213.3
RFBC 2cm	90,28	8,87	23,80	7,33	4284,41	10,311	29,45	17,22	175.5
RR3	90,68	10,28	27,62	10,32	4132,11	6,789	14,14	6,80	148.6
RFFJP	90,70	9,28	22,51	12,31	4284,41	6,785	21,21	8,95	190.7
RFSJ	90,28	9,63	21,32	6,23	4235,72	5,257	15,19	5,90	118.5
RFBC 0,5cm	91,02	8,22	23,73	7,33	3985,53	10,321	34,41	18,71	62.33

RR1: ração referência correspondente ao ensaio de metabolismo 1, RFRM1: ração teste composta por 80% da RR1 + 20% do farelo do resíduo de manga, RR2: ração referência correspondente ao ensaio de metabolismo 2, RFFALG: ração teste composta por 80% da RR2 + 20% do farelo das folhas de algaroba, RFBCM2: ração teste composta por 80% da RR2 + 20% do bagaço de cana com granulometria de 2cm, RR3: ração referência correspondente ao ensaio demetabolismo 3, RFFJP: : ração teste composta por 80% da RR3 + 20% do farelo das folhas de jurema-preta, RSJM3: ração teste composta por 80% da RR3 + 20% do farelo das sementes de jaca, RFBC: ração teste composta por 80% da RR3 + 20% do bagaço de cana com granulometria de 0,5cm. TTD: Tempo de trânsito digestivo (em minutos).

Figura 1: Tempo de trânsito das dietas experimentais

RR: ração referência; RFFALG: ração teste composta por 80% da RR + 20% do farelo das folhas de algaroba; RFBC (2cm): ração teste composta por 80% da RR + 20% do bagaço de cana com granulometria de 2cm; RFFJP: ração teste composta por 80% da RR + 20% do farelo das folhas de jurema-preta; RFSJ: ração teste composta por 80% da RR + 20% do farelo das sementes de jaca; RFBC (0,5cm): ração teste composta por 80% da RR + 20% do bagaço de cana com granulometria de 0,5cm; RFRM: ração teste composta por 80% da RR + 20% do farelo do resíduo de manga. Valores obtidos através do teste Brown-Forsythe e Welch de comparações múltiplas, considerando valor de $p < 0,001$ e intervalo de 99% de confiança. Um asterisco (*) identifica valores de p ajustados entre 0.01 e 0.05, dois asteriscos (**) identificam valores de p ajustados entre 0.01 e 0.001, três asteriscos (***) identificam valores de p ajustados entre 0.001 e 0.0001 e quatro asteriscos identificam valores de $p < 0.0001$.

Estes dados sugerem que os ingredientes RFSJ e RFBC (0,5cm) apresentaram menor tempo de trânsito intestinal com 118.5min e 62.33min, ocorrendo uma redução de 30.1min e 86.27min, respectivamente, de diferença em relação ao tempo de trânsito da RR(148.6min). Este aumento na taxa de passagem pode ser devido a maior presença de fibra insolúvel, devido a quantidade de FDA ter sido de 35,68% para o RFSJ e de 47,28% para o RFBC 0,5cm, em que de acordo com WARPECHOWSKI (1996), o aumento nos teores de fibra insolúvel na dieta pode provocar diminuição no tempo de trânsito da digesta pelo trato gastrintestinal, podendo ser decorrente da estimulação física da fibra insolúvel sobre as paredes do trato gastrintestinal, que tende a aumentar a motilidade e a taxa de passagem, interferindo na ação enzimática sobre os alimentos, consequentemente na metabolizabilidade dos nutrientes (FABREGAT, 2009).

Entretanto, em relação a RFBC 2,0cm, devido ao maior volume e conseqüente menor densidade, este tempo de trânsito se elevou quando comparado à ração referência, porém ocasionou menor aproveitamento nutricional, de acordo com os coeficientes analisados, já que

as partículas do bagaço mais grosseiras não se misturaram à ração referência de forma homogênea, proporcionando a ave um maior tempo para digerir, e de forma menos eficiente.

Diversos estudos destacam os efeitos benéficos de tamanhos de partícula médios (600-1000 μm) ou grandes ($>1000 \mu\text{m}$) em comparação com tamanhos finos ($<600 \mu\text{m}$) na performance de frangos de corte em dietas fareladas (HAMILTON & PROUDFOOT, 1995; PROUDFOOT & HULAN, 1989; NIR *et al.*, 1994; 1995; AMERAH, 2008). Entretanto, existem resultados divergentes, com alguns estudos indicando melhora na conversão alimentar em aves alimentadas com milho de partícula fina ($<600 \mu\text{m}$) em comparação com milho de partícula média (CHEWNING *et al.* 2012; NADERINEJAD *et al.*, 2016). Isso destaca a falta de consistência em relação ao tamanho ideal de partícula e seu impacto na performance das aves. A idade das aves e o desenvolvimento do trato gastrointestinal também influenciam a resposta ao tamanho de partícula em dietas fareladas.

Estudos mostraram que o tamanho de partícula pode afetar a performance das aves nos primeiros sete dias, mas aves alimentadas com partículas grossas de milho apresentaram melhor desempenho nos dias 7-21 (JACOBS *et al.*, 2010), sugerindo que aves mais jovens com moelas subdesenvolvidas têm capacidade limitada para triturar partículas grossas (NIR *et al.*, 1994).

O tempo de permanência do alimento no trato digestivo pode ser explicado pela composição química, estrutura do alimento ingerido e idade das aves (KATO, 2005; DIJKSLAG *et al.*, 2019) pois um tempo maior no intestino permite à digesta um maior contato com as enzimas digestivas e os sais biliares.

6. CONCLUSÕES

A EMAn do resíduo de manga, semente de jaca, o farelo das folhas de algaroba, o farelo das folhas de jurema-preta, do bagaço de cana (2cm) e bagaço de cana (0,5cm) foram 1406, 3018, 2595, 3791, 1531 e 1716 kcal/kg, respectivamente. Para um melhor aproveitamento nutricional e energético do farelo de bagaço de cana pelos frangos de corte, é recomendável serem moídos em granulometria de 0,5cm. As rações com algaroba, jurema preta e resíduo de manga foram que ocasionaram maiores tempos de trânsito no trato digestivo das aves, sem necessariamente refletir em melhor aproveitamento das rações, destacando a influência de fatores como a composição e digestibilidade dos ingredientes.

7. REFERÊNCIAS

- ABEDIN, MOHAMMAD SHOHEL; NURUDIN, Muhammad Muslehid; AHMED, Khurshida; HOSSAIN, Ashraful. Composições nutritivas de sementes de jaca disponíveis localmente (*Artocarpus heterophyllus*) em Bangladesh. *International Journal of Biosciences*, v. 2, n. 8, p. 1-7, 2012.
- ALMEIDA NETO, J. X.; ANDRADE, A. P.; LACERDA, A. V.; FÉLIX, L. P.; SILVA, D. S. Crescimento e bromatologia do feijão-bravo (*Capparis flexuosa L.*) em área de Caatinga no Curimataú paraibano, Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.488-494, 2011.
- AMBIENTAL, Tera. Legislação Ambiental: conheça as leis para indústrias de alimentos, químicas e aterros sanitários. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/legislacao-ambiental-as-leis-para-industrias-de-alimentos-quimicas-e-aterros-sanitarios>>. Acesso em: 10 de nov de 2023.
- AMERAH, A.M. Feed particle size, whole wheat inclusion and xylanase supplementation in broiler diets: Influence on the performance, digesta characteristics and digestive tract development. Massey University, 2008.
- ANDRADE, Leonaldo Alves de; FABRICANTE, Juliano Ricardo; OLIVEIRA, Franciello Xavier de. Invasão biológica por *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.: impactos sobre a diversidade e a estrutura do componente arbustivo-arbóreo da caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 23, p. 935-943, 2009.
- ARAÚJO, L. V. C.; LEITE, J. A. N.; ARRIEL, E. F.; BAKKE, O. A. Aspectos fenológicos de uma população de jurema preta (*Mimosa hostilis Benth.*) sem acúleos. In: Congresso e Exposição Internacional sobre Floresta, 6., 2000, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: Forest 2005, 2005. p. 18-19.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de; BARROS, N. N.; DIAS, M. L.; SOUSA, F. B. de. Desempenho de caprinos com alimentação exclusiva de jurema-preta (*Mimosa sp.*) e sabiá (*Mimosa acutitipula*). In: 27 REUNIÃO DA SBZ. Campinas, 1990. Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1990, p. 68.
- ARUNG, Enos Tangke *et al.* Selected medicinal plants in East and North Kalimantan (Indonesia) against *Propionibacterium acnes*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, v. 18, n. 1, 2017.
- ARRUDA, A.M.V. DE; MELO, A.S.; OLIVEIRA, V.R.M. DE; SOUZA, D.H.; DANTAS, F.D.T.; OLIVEIRA, J.F. Avaliação nutricional do feno de leucena com aves caipiras. *Acta Veterinária Brasílica*, v.4, n.3, p.162-167, 2010.
- AULAR, Jesus; NATALE, William. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, p. 1214-1231, 2013.
- AVILA, Valdir Silveira de *et al.* Determinação do período de coleta total de excretas para estimativa dos valores de energia metabolizável em frangos de corte. *Revista Brasileira de*

Zootecnia, v. 35, p. 1966-1970, 2006.

AZEVÊDO, T. K. B., *et al.* Teor de taninos condensados presente na casca de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) em função das fenofases. Floresta e Ambiente, v. 24, 2017.

BAKKE, Ivonete Alves *et al.* Regeneração natural da jurema-preta em áreas sob pastejo de bovinos. Revista Caatinga, v. 19, n. 3, p. 228-235, 2006.

BALIGA, M. S.; SHIVASHANKARA, A. R.; HANIADKA, R.; SOUZA, J.; BHAT, H. P. Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): A review. Food Research International, São Paulo, v. 44, p. 1800-1811, 2011.

BALAT, Mustafa. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: a review. Energy conversion and management, v. 52, n. 2, p. 858-875, 2011.

BASSO, ADRIANO MARTINEZ. Jaca: um estudo de sua química e uma resenha de sua história / Maria Clara Lucena de Lemos - Natal: IFRN, 2017. 102 p.

BRISKIN DP 2000 Medicinal plants and phytomedicines. Linking plant biochemistry and physiology to human health. Plant Physiology, 124: 507–514

BROUWER, Peter. Theory of XRF. 4. ed. Lelyweg: PANalytical B.V., 2013.

CASAGRANDE, Carine; KLINGER, Ana Carolina Kohlrausch; POLETTO, Rosangela. Eficiência produtiva de subprodutos e ingredientes alternativos utilizados na alimentação de coelhos. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 2, p. 12015-12029, 2021.

CANUTO, Kirley Marques. Propriedades químicas e farmacológicas de mangiferina: um composto bioativo de manga (*Mangifera indica* L.). 2009.

CHEEKE, P.R. Applied animal nutrition: feeds and feeding. New York: Macmillan Publishing Company, 1991. 504p.

CHEWNING, C., STARK, C. and BRAKE, J. (2012) Effects of particle size and feed form on broiler performance. The Journal of Applied Poultry Research 21: 830-837.

DAHLKE F, RIBEIRO AML, KESSLER AM, LIMA AR, MAIORKA A. Effects of Corn Particle Size and Physical Form of the Diet on the Gastrointestinal Structures of Broiler Chickens, Revista Brasileira de Ciência Avícola, v.5, n.1, p.61-67. 2003

DRUMOND, M. A., *et al.* Espécies arbóreas exóticas de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. 2010.

CARVALHO, G. G. P. *et al.* Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de ureia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n. 1, p.125-132, 2006.

COSTA, F. G. P. *et al.* Valores energéticos e composição bromatológica dos fenos de jureminha, feijão bravo e maniçoba para aves. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, n. 4, p. 813–817, ago. 2007.

COSTA, W. L. S.; DE MELO BOCCHI, Maria Lígia. Aplicações do bagaço dacana-de-açúcar utilizadas na atualidade. *Ciência & Tecnologia*, v. 4, n. 1, 2012.

DE ARRUDA, Alex Martins Varela et al. Avaliação nutricional do feno de flor de seda com aves caipiras. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 5, n. 3, p. 311-316, 2012.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.4, p.1380-1391, 2005.

DIARRA, Siaka S. Potential of mango (*Mangifera indica L.*) seed kernel as a feed ingredient for poultry: a review. *World's Poultry Science Journal*, v. 70, n. 2, p. 279-288, 2014.

DIJKSLAG, Martine A. *et al.* The effects of coarse and wet feeding on performance parameters, gastrointestinal tract and tibia traits, and digesta phytase activity in egg-type pullets, either fed a low or moderate phosphorus diet. *Poultry Science*, v. 98, n. 10, p. 4729–4744, 2019.

DUARTE, Stefano Francisco Pereira. Formulação de rações versáteis para ajuste da relação N: P: K em sistemas de aquaponia: desempenho e higidez de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), e qualidade e quantidade na produção de biomassa de alface. 2023. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.

ECO NORDESTE - Agricultura Familiar contribui para conservação e alimentação no Nordeste <https://agenciaeconordeste.com.br/agricultura-familiar-contribui-para-conservacao-e-alimentacao-no-nordeste/> Acesso em 06 dez. 2023

ELGHANDOUR, Mona M. Y.; SOLIMAN, Mona M.; MONTEMAYOR, Ana C.; SALEM, Abdelfattah Z. M.; ALBADRY, Mohamed A.; KOTBY, Elsayed A.; BANDELY, Heba. In Vitro Fermentative Capacity of Equine Fecal Inocula of 9 fibrous Forages in the Presence of Different Doses of *Saccharomyces cerevisiae*. v. 34, n. 5, p. 619–625, 1 maio 2014.

FABREGAT, T. E. H. P. (2009). Fontes de fibra na alimentação de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

FAO. Tendências da produção mundial de carne avícola em 2023. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/fao-tendencias-da-producao-mundial-de-carne-avicola-em-2023/>>. Acesso em: 25 nov. 2023.

FARAONI, A. S., *et al.* Caracterização da manga orgânica cultivar Ubá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 11, n. 1, p. 9-14, 2009.

FERNANDES, D. R. R., *et al.* Fauna de Ichneumonidae (*Hymenoptera: Ichneumonoidea*) em áreas de Caatinga do Sudoeste da Bahia, Brasil. *EntomoBrasilis*, v. 12, n.3, p. 126-131, 2018.

GENOVESE, M. I., LAJOLO, F. M. Inativação dos inibidores de proteases de leguminosas: uma revisão. *Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 34, n. 2, p. 107-112, jul./dez. 2000.

GONÇALVES, A. L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 72, p. 353-358, 2022.

GUEDES, Thais B.; NOGUEIRA, Cristiano; MARQUES, Otavio AV. Diversity, natural history, and geographic distribution of snakes in the Caatinga, Northeastern Brazil. *Zootaxa*, v. 3863, n. 1, p. 1–93-1–93, 2014.

HAMILTON, R. and PROUDFOOT, F. (1995) Ingredient particle size and feed texture: Effects on the performance of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 51: 203-210.

HILL, F. W. et al. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *Journal of Nutrition*, v. 64, p. 587-603, 1958.

HILL, F. W. et al. Studies of the metabolizable energy of grain and grain products for chickens. *Poultry Science*, v. 39, n. 3, p. 573-579, 1960.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cana-de-acucar/br>>. Acesso em: 24 nov. 2023.

IBGE - CONAFER. Disponível em: <<https://conafef.org.br/tag/ibge/>>. Acesso em: 13 dez. 2023.

IMPERIAL BUREAU OF ANIMAL NUTRITION, 1936. Technical Communication No. 6, Rowett Institute, Aberdeen, p. 32

JACOBS, C., UTTERBACK, P. and PARSONS, C. (2010) Effects of corn particle size on growth performance and nutrient utilization in young chicks. *Poultry Science* 89: 539-544.

JIMENEZ-MORENO, E. *et al.* Influence of source and particle size of fibrous ingredients on performance of broilers. In: *POULTRY SCIENCE*. 1111 N DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874-9604 USA: POULTRY SCIENCE ASSOC INC, 2006. p. 64-64.

JOMOVA, K., VALKO, M. (2011). Importance of iron chelation in free radical-induced oxidative stress and human disease. *Current pharmaceutical design*, 17(31), 3460-3473

JORGE N & MALACRIDA CR (2008) Extratos de sementes de mamão (*Carica papaya L.*) como fonte de antioxidantes naturais. *Alimentos e Nutrição*, 19:337-340.

KANSCI, G., KOUBALA, B.B. & MBOME, I.L. (2008) Biochemical and physicochemical properties of four mango varieties and some quality characteristics of their jams. *Journal of Food Processing and Preservation* 32 (4): 644-655

KATO, Rodrigo Kanisawa. Energia metabolizável de alguns ingredientes para frangos de corte em diferentes idades. 2005. 96f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LEESON, Stuart; CASTON, L.; SUMMERS, J. D. Broiler response to diet energy. *Poultry*

Science, USA, v. 75, n. 4, p. 529-553, 1996.

LIMA, J.L.S. 1996. Plantas forrageiras das Caatingas: usos e potencialidades. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA/PNE/RBG/KEW, 43p.

LIMA, M. R.; LUDKE, M. C. M. M.; PORTO NETO, F. F.; PINTO, B. W. C.; TORRES, T. R.; SOUZA, E. J. O. Farelo de resíduo de manga para Tilápia do Nilo. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 33, n. 1, p. 65-71, 2011.

LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. de M, 2010. Produção de frutas de clima temperado no semiárido brasileiro. Seminário Potencial e Desafios da Fruticultura Irrigada no Vale do São Francisco. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, v.2, 1998. 352p.

LOZOYA, X. et al. Experimental evaluation of *mimosa tenuiflora* (willd.) poir (*Tepescohuite*) I. Screening of the antimicrobial properties of bark extracts. Archivos de Investigación Médica, v. 20, n. 1, p. 87-93, 1989.

LUCENA, REBECCA LUNA; STEINKE, ERCÍLIA TORRES. Fatores geográficos e padrões de circulação atmosférica como base à compreensão do clima semiárido quente da região Nordeste. In: Revista Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. 2015. p. 01-07.

MAIA, G. N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D&Z, 2004. 413 p.

MANZANO, RICARDO PEREIRA et al. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, p. 1196-1204, 2000.

MATTE, Wanessa Daróz; DA SILVA, Henrique Melo; ZEFERINO, Cynthia Pieri. Subprodutos da mandioca como alimento alternativo para frangos de corte. Pubvet, v. 15, p. 176, 2021.

MECKES-LOZOYA, M.; LOZOYA, X.; GONZALEZ, J. L. Pharmacological properties in vitro of various extracts of *Mimosa tenuiflora* (*tepescohuite*). Archivos de investigacionmedica, v. 21, n. 2, p. 163-169, 1990.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO -
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/agricultura-familiar-1>
Acessado em 06 de dez. de 2023.

MORTON, J. F. Jackfruit. Fruits of warm climates. Miami: [s.n.], 1987. p. 58-67.

MOURE, Andrés et al. Natural antioxidants from residual sources. Food chemistry, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

MOYES, Christopher D.; SCHULTE, Patricia M. Princípios de fisiologia animal. Artmed

Editora, 2009.

NADERINEJAD, S., ZAEFARIAN, F., ABDOLLAHI, M., HASSANABADI, A., KERMANSHAHI, H. and RAVINDRAN, V. (2016) Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 215: 92-104.

NDYOMUGYENYI, E.; OKOT, M.; MUTETIKKA, D. The nutritional value of soaked-boiled-fermented jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed meal for poultry. *Journal of Animal and Poultry Sciences (JAPSC)*, v. 4, n. 4, p. 49–57, 2015.

NIR, I., HILLEL, R., PTICHI, I. and SHEFET, G. (1995) Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poultry Science* 74: 771-783.

NUNES, Renato Vinícius. Valores energéticos e aminoácidos digestíveis do grão de trigo e seus subprodutos para aves. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

NUNES, Renato Vinícius; ROSTAGNO, Horácio S.; GOMES, Paulo C.; NUNES, Cleise G. V.; POZZA, Paulo C.; ARAUJO, Maria S. D. Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 89-94, 2008.

OLIVEIRA, C. R. C. *et al.* Composição físico-química e valores energéticos de farinhas de silagem de peixe para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 66, n. 3, p. 933–939, jun. 2014.

OLIVEIRA, Erika Maria da Silva. Avaliação de metais (Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, V, Zn) em *Liposarcus pardalis* (BODÓ) E *Prochilodus Cearensis* (CURIMATÃ). 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/38987>>.

ORTEGA, A. D. S. V.; BABINSZKY, L.; OZSVÁTH, X. E.; ORIEDO, O. H.; SZABÓ, C. The effect of heat stress and vitamin and micro-mineral supplementation on some mineral digestibility and electrolyte balance of pigs. *Animals*, v. 12, n. 3, p. 386, 2022.

PASIECZNIK, Nick M. *et al.* The *Prosopis juliflora*-*Prosopis pallida* complex: a monograph. Coventry, UK: HDRA, 2001.

PENZ JR., A.M.; KESSLER, A.M.; BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1999. p.1-24.

PEREIRA, R. C. Ensilagem e fenação do bagaço de cana-de-açúcar proveniente da produção de cachaça. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2006. Disponível em:<<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3971>>. Acesso em: 06/12/2023.

PEREIRA, LG RIBEIRO *et al.* Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal *in vitro* da jaca dura e mole (*Artocarpus heterophyllus*). *Liv. Res. Rural Develop*, v. 19, 2007.

- PIRES, A. J. V. et al. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 3, p. 953 – 957, 2006.
- PROUDFOOT, F. and HULAN, H. (1989) Feed texture effects on the performance of roaster chickens. Canadian Journal of Animal Science 69: 801-807.
- PRUDENTE, D. S. A Utilização do Bagaço da Cana-de-açúcar na Composição da Dieta no Confinamento Bovino. Dissertação (Pós-Graduação em Gestão Sucrialcooleira), Centro Universitário de Lins, São Paulo, 2009. Disponível em: 25 <<http://revista.unilins.edu.br/index.php/cognitio/article/download/2/4>>. Acesso em 13/11/2023
- QUEIROZ, L.P. Leguminosas da caatinga. Feira de Santana. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009.
- RAVINDRAN, V.; BLAIR, R., 1991. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific region. I. Energy sources. World Poult. Sci. J., 47: 213-231
- RIBASKI, JORGE *et al.* Algaroba (*Prosopis juliflora*): árvore de uso múltiplo para a região semiárida brasileira. 2009.
- RIBASKI, J. (2012). Agro forestry System Combining *P. juliflora* and Buffel Grass in the Brazilian Semi-Arid Region. Management of Silvopastoral Resources. <http://www.fao.org/docrep/006/AD317E/AD317E18.htm>. Acessado em 03/12/2023.
- RIBEIRO, S.M.R. Caracterização e avaliação do potencial antioxidante de mangas (*Mangifera indica* L.) cultivadas no estado de Minas Gerais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 149p. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- RIVEROS, F. 1992. The genus *Prosopis* and its potential to improve livestock production in arid and semi-arid regions. p. 257-276. In: Speedy, A.; Pugliese, P., eds. Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Rome, Italy. (FAO Animal Production and Health Paper)
- ROIZEN, M. F. & PUMA, J. L. (2001). A dieta da idade verdadeira. Rio de Janeiro: Campus, 328 p.
- ROSTAGNO, H.S., L.F.T. ALBINO, J.L. DONZELE, P.C. GOMES, R.F. OLIVEIRA, D.C. LOPES, and S.L.T. BARRETO. 2005. Brazilian tables for poultry and swine, composition of feedstuffs and nutritional requirements, 2nd Edition. Universidade Federal de Viçosa-MDBrazil-36570-000.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; 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. 4ª edição, Viçosa, MG: UFV, 488 p., 2017.
- SÁ, CYNTHIA RENATA LIMA et al. Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis

crescentes de adição do subproduto da Manga (*Mangifera indica* L.). Revista Ciência Agronômica, v. 38, n. 2, p. 199-203, 2007.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016.262p.

SANTOS, P. E. F. et al. Formas de apresentação da cana-de-açúcar na alimentação animal. Revista Pubvet, v. 2, n. 41, p. 1 - 24, 2008.

SAWAL, R. K.; RATAN, Ram; YADAV, S. B. S. Mesquite (*Prosopis juliflora*) pods as a feed resource for livestock-A review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, v. 17, n. 5, p. 719-725,2004.

SHAHIDI, FERREIDON et al. Food phenolics. Technomic Pub. Co., 1995.

SHUI, Guanghou; LEONG, Lai Peng. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. Food chemistry, v. 97, n. 2, p. 277-284, 2006.

SEWELL, A. H. M. Efeitos da salinomicina sobre o desempenho e características de carcaças de suínos em terminação alimentados com rações contendo bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum p.L.*) auto-hidrolisado (BAH). Disponível em:
<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-20220207-191333/en.php>>
acessado em 11 de dez. de 2023.

SILVA, J. L. R. et al. Avaliação nutricional do farelo de mandioca para frangos de crescimento lento em diferentes idades. Archivos de zootecnia, v. 64, n. 248, p. 425-431, 2015.

SILVA, J.H.V., JORDÃO FILHO, J., RIBEIRO, M.L.G. AND SILVA, E.L. 2007. Effect of the addition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) seeds bran in dietary on the egg production, yolk pigmentation and dropping humidity in Japanese quails. Ciência Agrotécnica, 31: 523–530.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, E. L.; SILVA, J. H. V.; JORDÃO, F. J. Uso do farelo de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw. DC) processada a calor na alimentação de poedeiras comerciais. In :APINCO, 2001, Campinas. Anais... Campinas: FACTA, 2001. p. 21

SILVA, H. O.; FONSECA, R. A. DA; GUEDES FILHO, R. DE S. Características produtivas e digestibilidade da farinha de folhas de mandioca em dietas de frangos de corte com e sem adição de enzimas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 3, p. 823–829, jun. 2000.

SOONG YY & BARLOW PJ (2004) Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. Food Chemistry, 88:411-417.

SOARES, L. C. S. R. Destoxificação biológica do hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar para utilização em processos fermentativos. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial), Escola de Engenharia de Lorena – Universidade Federal de São

Paulo, Lorena, São Paulo, 2012. 112 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/D.97.2013.tde-27082013-153809>> acessado em 02 de dez. de 2023

SOONG, Yean-Yean; BARLOW, Philip J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food chemistry*, v. 88, n. 3, p. 411-417, 2004.

SOUZA, R. S. O.; SOUZA, R. S. O.; ALBUQUERQUE, U. P.; MONTEIRO, J. M.; AMORIM, E. L. C. Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.): a review of its traditional use, phytochemistry and pharmacology. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 51, n. 5, p. 937-947, 2008.

SUDENE - <<http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>> acessado em 06 de dez. de 2023.

SUREK, D., *et al.* Uso de fitase em dietas de diferentes granulometrias para frangos de corte na fase inicial. *Ciência Rural*, v. 38, p. 1725-1729, 2008.

TALABI, J. Y. *et al.* Nutritional and antinutritional compositions of processed avocado (*Persea Americana* Mill) seeds. *Asian J. Plant Sci. Res.*, v.6, n.2, p.6-12, 2016.

TEIXEIRA, HELMO LIMA. Composição química e perfil de ácidos graxos da castanha do fruto da castanhola (*Terminalia Catappa* Linn). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2010. Dissertação de mestrado. 60fl. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2017/04/HELMO-TEIXEIRA.pdf>> acessado em: 19 de nov de 2023.

UNDERWOOD, E.J. Trace elements in human and animal nutrition. New York: Academic Press; 1977.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). Balanço de atividades de 2012/13 a 2018/19. Disponível em: <<https://unica.com.br/wpcontent/uploads/2019/06/Relatorio-Atividades-201213-a-201819.pdf>>.

VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H.; ALBINO, L. F.T.; MORAES, G. H. K.; BARBOSA, A. A.; MÜLLER, E. S.; VIANA, M. T. S. Efeitos da inclusão de farelo de resíduo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 12, p. 2173-2178, 2008.

WANG, J. *et al.* Effect of almond hulls as an alternative ingredient on broiler performance, nutrient digestibility, and cecal microbiota diversity. *Poultry Science*, v. 100, n. 3, p. 100853, 2021.

WANG, X. The Effect of Calcium and Sodium Intake on Bone Health. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 11, 239-246. 2022.

WARPECHOWSKI, M. B. Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrointestinal de aves intactas, cecectomizadas e fistuladas no íleo terminal. 1996. 125 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

WAWRZY尼亚K, A., & BALAWENDER, K. (2022). Structural and metabolic changes in bone. *Animals*, 12(15), 1946. <https://doi.org/10.3390/ani12151946>

WU, SHU-BIAO; CHOCT, MINGAN; PESTI, GENE. Historical flaws in bioassays used to generate metabolizable energy values for poultry feed formulation: a critical review. *Poultry science*, v. 99, n. 1, p. 385-406, 2020.

ZHOU, J.R., ERDMAN, J.W. Phytic acid in health and disease. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.35, n.6, p.495-508, 1995.