

Farelo de Tucumã como alimento alternativo em dietas para frangos de corte de crescimento lento

Tucumã bran as an alternative food to diets for slow-growing broilers

Francisco Alberto de Lima Chaves¹, Letícia Lopes Guimarães², Cristiane Cunha Guimarães³,
Leiliane do Socorro Sodré de Souza⁴, João Paulo Ferreira Rufino⁵, Anderson Mathias Pereira⁶

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão do farelo de tucumã (FT) em dietas na fase inicial para frangos de corte de crescimento lento sobre o desempenho produtivo, rendimentos de carcaça e cortes, e composição centesimal do peito. Foram utilizados frangos de corte de crescimento lento da linhagem Label Rouge distribuídos com delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos, quatro repetições e 12 frangos por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle, sem a inclusão de FT nas dietas, e três níveis de inclusão de FT (5, 10 e 15%) nas dietas. Os frangos receberam as dietas experimentais de 1 a 28 dias de idade seguido de uma dieta basal no período de 29 a 56 dias de idade. Os resultados indicaram que a inclusão de 15% de FT nas dietas não afetou ($p > 0,05$) o consumo de ração, porém, influenciou ($p \leq 0,05$) no ganho de peso e conversão alimentar tanto na fase inicial quanto final de manejo dos frangos, indicando possível influência sobre o aproveitamento dos nutrientes da dieta. Apesar de redução linear no peso de abate e no percentual de nutrientes disponíveis na carcaça, a inclusão crescente de FT nas dietas proporcionou maior rendimento de carcaça ($p \leq 0,05$) e das vísceras de maior interesse comercial (fígado, moela e coração) ($p \leq 0,05$).

Palavras-chave: alimento alternativo, *Astrocaryum aculeatum*, avicultura, Label Rouge.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effects of tucumã bran (TB) in diets for slow-growing broilers at initial stage on productive performance, carcass and cuts yields, and proximate composition of the breast. Slow-growing Label Rouge broilers were distributed in a completely randomized experimental design with four treatments, four replications and 12 broilers per experimental unit. The treatments consisted of a control diet (without the inclusion of TB in the diets) and three levels of its inclusion (5, 10 and 15%) in the diets. Broilers received the experimental diets from 1 to 28 days of age followed by a basal diet from 29 to 56 days of age. The results of the present study indicated that the inclusion of 15% TB did not affect ($p > 0.05$) feed intake, however, it influenced ($p \leq 0.05$) the results of weight gain and feed conversion both in the initial and final stages of management, indicating a possible influence on the use of nutrients containing in the diet. Despite the linear reduction in slaughter weight and in the percentage of available nutrients in the carcass, the increasing inclusion of TB in the diets provided greater carcass yield ($p \leq 0.05$) and viscera greater commercial interest (liver, gizzard and heart) ($p \leq 0.05$).

Keywords: alternative food, *Astrocaryum aculeatum*, Label Rouge, poultry science.

Autor correspondente: João Paulo Ferreira Rufino
E-mail: joãopaulorufino@live.com

Recebido em: 17/05/2023
Aceito em: 01/04/2024

¹ Mestrando em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia

² Graduanda em Zootecnia

³ Doutoranda em Ciência Animal, Mestra em Ciência Animal, Graduada em Zootecnia pela Universidade Federal do Amazonas.

⁴ Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais, mestrado em Engenharia Química e graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará.

⁵ Doutor em Biotecnologia (REDE BIONORTE - UEA/UFAM), Mestre em Ciência Animal (UFAM) e Graduado em Zootecnia (UFAM).

⁶ Graduação em Engenharia de Alimentos, Mestrado em Engenharia Química e Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais pela Universidade Federal do Pará.

INTRODUÇÃO

A estrutura atual do sistema alimentar global resulta em uma disponibilidade de alimentos abaixo do ideal para a alimentação animal, já que uma grande proporção dos recursos usados nesta pode ser consumida pelos seres humanos. Neste sentido, até 40% de toda a terra arável, além de 30% da produção de cereais, é destinada para a alimentação animal (MOTTET et al., 2017; SANDSTRÖM et al., 2022). Essa competição reduz a eficiência do sistema alimentar existente, pois os custos ambientais e de recursos são maiores quando a terra arável é usada para produção de ração animal em vez de contribuir diretamente para o consumo humano (GODFRAY et al., 2010; BOWLES et al., 2019).

O aumento de subprodutos advindos do sistema alimentar, ou seja, os produtos secundários criados juntamente com os produtos primários de consumo humano, tem sido proposto como uma solução para aumentar a eficiência do uso de recursos (SCHADER et al., 2015; VAN KERNEBEEK et al., 2016; RÖÖS et al., 2017; VAN HAL et al., 2019), para reduzir a competição entre alimentos (VAN ZANTEN et al., 2018) e aumentar circularidade do sistema alimentar (VAN HAL et al., 2019; VAN ZANTEN et al., 2018; BILLEN et al., 2021). Além disso, o uso de subprodutos do sistema alimentar como alimentos para animais pode reduzir a pressão ambiental sobre as terras aráveis e os ecossistemas de água doce, bem como reduzir as emissões de gases de efeito estufa e a aplicação de fertilizantes (SCHADER et al., 2015; VAN HAL et al., 2019; VAN ZANTEN et al., 2018). Aumentar o uso de subprodutos e resíduos de colheita como alimentos para animais também pode ser rentável, uma vez que muitos deles são materiais amplamente disponíveis e de baixo custo (DEVENDRA; SEVILLA, 2002).

Frente a esse cenário, Nascimento (2010), Hanna et al. (2013), Rufino et al. (2015) e Cruz et al. (2016), apontaram a Amazônia como o principal exemplo de região brasileira onde todos esses problemas citados acima podem ser observados. Ao mesmo tempo, esses autores também relataram que a Amazônia apresenta uma grande variedade de espécies nativas com potencial econômico, tecnológico e nutricional uso na nutrição animal como alimentos alternativos visando resolvê-los. Dentre estes, o tucumã destaca-se por suas inúmeras propriedades nutricionais, como o potencial calórico advindo do seu bom teor de lipídios, considerável concentração de fibras, além de conter provitaminas A (caroteno) e outros micronutrientes (GENTIL; FERREIRA, 2005).

O fruto do tucumã é o principal produto da palmeira do tucumanzeiro, que agronomicamente apresenta-se classificada em duas espécies: *Astrocaryum vulgare*, encontrado na Amazônia Oriental, nos Estados do Amapá, Maranhão, Pará e Tocantins; e *Astrocaryum aculeatum*, que ocorre na Amazônia Central, especialmente no Estado do Amazonas (CLEMENT et al., 2005). Segundo Yuyama et al. (2008), o tucumã ainda é descrito como um fruto não suculento, com baixo teor de açúcar, mas com elevado conteúdo lipídico, onde essa característica contribui consideravelmente para o seu elevado valor energético e o torna um dos principais produtos das cadeias produtivas amazônicas.

As referências sobre o uso de subprodutos do tucumã em dietas para aves ainda são escassas, conforme descrito por Miller et al. (2013), Rufino et al. (2015) e Costa et al. (2018). No entanto, esses autores também apontaram que os resíduos advindos do processamento do tucumã, especialmente da extração da polpa que é o seu produto de maior interesse econômico, apresentam potencial biológico para serem utilizados em dietas para aves, seja para frangos de corte de crescimento rápido (abate com idade média de 35 à 42 dias), frangos de crescimento lento (abate com idade média de 56 à 75 dias) ou poedeiras (aves para produção de ovos), através da inclusão em dietas balanceadas. A partir dessas informações, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão do farelo de tucumã em dietas para frangos de corte de crescimento lento sobre o desempenho produtivo, rendimentos de carcaça e cortes e composição centesimal do peito.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, localizado no Setor Sul do Campus Universitário, Manaus, Amazonas, Brasil (Latitude de 3° 06' 14" S; Longitude de 59° 58' 46" W; e de Altitude 260 m). O protocolo experimental foi submetido ao Comitê de Ética no Uso de Animais (Processo nº 23105.007863/2023-30) da referida Universidade.

PROCESSAMENTO DO FARELO DE TUCUMÃ

Os resíduos pós-despolpamento do tucumã (semente e casca), denominados como torta de tucumã, foram obtidos do comércio local de produtores de polpa de tucumã em estabelecimento comercial localizado na cidade de Manaus. Os resíduos foram coletados imediatamente após a retirada da polpa, sendo transferidos para recipientes de 50 litros, transportados para o Setor de Avicultura. Os resíduos passaram por uma seleção manual, para separar a parte que estava em boa qualidade e o material em decomposição foi descartado. Logo após essa seleção, os resíduos foram lavados, secos em estufa a 60 °C por 24 horas e posteriormente triturados em moinho (30CV, NOGUEIRA[®]) de martelos de 16 mm e peneiras de 4 mm para obtenção do produto denominado farelo de tucumã.

Antes da realização do experimento, a composição centesimal do farelo de tucumã foi determinada. O teor de umidade, cinzas e proteínas totais foram determinados pelos métodos 925.10, 923.03 e 920.87 da AOAC (2019), respectivamente. Para as análises de lipídeos e fibras foram utilizadas as metodologias Ba 3-38 da AOAC (2019) e Van Soest et al. (1991), respectivamente. A energia bruta e a energia metabolizável foram determinadas pelos métodos de cálculo descritos por Sakomura e Rostagno (2016) e Rostagno et al. (2017).

ANIMAIS, ARRANJO EXPERIMENTAL E DIETAS

O aviário experimental utilizado foi construído em alvenaria, com 25 m de comprimento e 8 m de largura, pé direito de 3,25 m e subdividido em baias de 4 m², com sistema de ventilação natural e arborismo em seu entorno. Cada baia (unidade experimental) foi revestida de maravalha (cepilho de madeira), com bebedouros pendulares e comedouros tubulares. O programa de luz e o controle de temperatura foram regulados de acordo com o manual da linhagem.

Foram utilizados 192 frangos de corte de crescimento lento da linhagem Label Rouge distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições com 12 frangos por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle (sem a inclusão de farelo de tucumã nas dietas) e três níveis de inclusão (5, 10 e 15%) deste nas dietas.

Os frangos receberam as dietas experimentais de 1 a 28 dias de idade (fase inicial) seguido de uma dieta basal no período de 29 a 56 dias de idade (fase final). As dietas baseadas em milho e farelo de soja (Tabela 1) foram formuladas de acordo com as recomendações nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2017), com exceção do farelo de tucumã que utilizou os valores obtidos na análise de composição do produto realizada previamente. O farelo de tucumã foi incluso de forma fixada no cálculo das dietas, com valores dos demais ingredientes sendo ajustados conforme a presença do ingrediente.

Tabela 1. Composição e valores nutricionais das dietas contendo farelo de tucumã utilizadas para frangos de corte de crescimento lento Label Rouge

Ingredientes	Dietas da fase inicial com inclusão de farelo de tucumã (%, 1 a 28 dias)				Dieta basal da fase final (29 a 56 dias)
	0	5	10	15	
Milho (7.88%)	58,07	51,34	44,39	37,44	65,69
Farelo de soja (46%)	38,35	39,05	39,79	40,53	30,40
Farelo de tucumã	0,00	5,00	10,00	15,00	0,00
Calcário calcítico	0,82	0,81	0,79	0,78	0,77
Fosfato bicálcico	1,79	1,81	1,83	1,85	1,57
Suplemento ^{1,2}	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum	0,37	0,27	0,28	0,28	0,53
DL-metionina (99%)	0,10	0,12	0,13	0,15	0,04
Óleo de soja	0,00	1,10	2,29	3,47	0,50
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes					
Energia Metabolizável (kcal.kg ⁻¹)	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.150,00
Proteína bruta (%)	22,50	22,50	22,50	22,50	19,50
Cálcio (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80
Fósforo disponível (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,40
Fibra bruta (%)	3,40	4,77	6,13	7,49	3,08
Metionina total (%)	0,45	0,46	0,46	0,47	0,35
Metionina + Cistina (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,67
Lisina total (%)	1,21	1,21	1,21	1,21	1,01
Treonina total (%)	0,87	0,86	0,85	0,84	0,76
Triptofano total (%)	0,28	0,28	0,29	0,29	0,24
Sódio (%)	0,19	0,15	0,15	0,15	0,25

¹ Suplemento vitamínico/mineral – inicial – contém em 1 kg = ácido fólico 800 mg, ácido pantotênico 12.500 mg, antioxidante 0,5 g, biotina 40 mg, niacina 33.600 mg, selênio 300 mg, vit. A 6.700.000 UI, vit. B1 1.750 mg, vit. B12 9.600 mcg, vit. B2 4.800 mg, vit. B6 2.500 mg, vit. D3 1.600.000UI, vit. E 14.000 mg, vit. K3 1.440 mg. Suplemento mineral – contém em 0,5 kg = manganês 150.000 mg, zinco 100.000 mg, ferro 100.000 mg, cobre 16.000 mg, iodo 1.500 mg.

² Suplemento vitamínico/mineral – crescimento/terminação – contém em 1 kg = ácido fólico 650 mg, ácido pantotênico 10.400 mg, antioxidante 0,5 g, niacina 28.000 mg, selênio 300 mg, vit. A 5.600.000 UI, vit. B1 0,550 mg, vit. B12 8.000 mcg, vit. B2 4.000 mg, vit. B6 2,080 mg, vit. D3 1.200.000 UI, vit. E 10.000 mg, vit. K3 1.200 mg. Suplemento mineral – contém em 0,5 kg = manganês 150.000 mg, zinco 100.000 mg, ferro 100.000 mg, cobre 16.000 mg, iodo 1.500 mg.

ANÁLISES EXPERIMENTAIS

Semanalmente, os frangos foram avaliados para o cálculo das variáveis de desempenho zootécnico. O consumo de ração foi determinado por meio do quociente entre o total de ração consumida e a quantidade de frangos, o ganho de peso foi determinado pelo peso total de cada parcela dividido pelo número de frangos da parcela e a conversão alimentar foi determinada pela relação entre o total de ração consumida e o ganho de peso, além de considerar o peso final dos frangos ao final de cada fase.

No 56º dia, três frangos por unidade experimental foram selecionados (n=48), pesadas e abatidas individualmente por eletronarcose seguido de sangria. Posteriormente, os frangos foram depenados, eviscerados, pesados quentes e novamente após resfriamento por 30 min. Para calcular o rendimento de carcaça foi utilizado o peso da carcaça eviscerada fria (sem cabeça, pés, pescoço e gordura abdominal) em

relação ao peso da ave viva. Para o rendimento de cortes (pescoço, asa, coxa, sobrecoxa, peito e dorso) foi considerado o peso da carcaça fria eviscerada (MENDES; PATRÍCIO, 2004; GOMIDE et al., 2012). Amostras de peito de cinco carcaças de cada tratamento foram coletadas e enviadas imediatamente à laboratório para avaliação do seu teor nutricional (umidade, gordura, proteína bruta e cinzas) de acordo com os métodos descritos pela AOAC (2019).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados foram analisados por análise de variância usando o Software R (versão 4.1.3). Todos os comandos foram executados de acordo com Logan (2010). Primeiro, o teste de diferença honestamente significativa de Tukey foi usado para testar as diferenças significativas entre os valores médios. Os resultados foram apresentados como médias e o nível de significância para diferenças foi estabelecido a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Em seguida, a regressão polinomial foi aplicada para analisar a influência da variável independente (níveis de farelo de tucumã nas dietas) em cada variável dependente em modelo linear ($Y = a + bx$) ou quadrático ($Y = ax^2 + bx + c$). Valores de R^2 foram considerados como fator para indicar o melhor modelo (DORMANN et al., 2013). O modelo matemático foi ajustado de acordo com a influência de cada variável independente na variável dependente analisada (CHATTERJEE, 2006; DORMANN et al., 2013). A análise de correlação também foi aplicada entre a variável independente e cada variável dependente para determinar a intensidade e a direção de sua relação (variação de -1 a 1) (DORMANN et al., 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados de composição centesimal (Tabela 2), verifica-se que o farelo de tucumã pode ser uma fonte de energia em dietas para frangos devido aos altos teores de carboidratos solúveis e lipídeos, o que lhe confere elevado teor tanto de energia bruta quanto metabolizável. Assim, o farelo de tucumã pode ser considerado como alimento alternativo para inclusão moderada em dietas para frangos de crescimento lento, pois o percentual de fibra pode ser fator limitante para dietas de não-ruminantes (MATEOS et al., 2012; HE et al., 2015; RUFINO et al., 2017).

Tabela 2. Composição do farelo de tucumã

Variáveis	Valores
Matéria seca, %	89,38
Proteína bruta, %	4,99
Lipídeos, %	10,62
Cinzas, %	2,01
Fibra bruta, %	29,09
Fibra em detergente neutro, %	60,32
Fibra em detergente ácido, %	43,37
Carboidratos solúveis, %	53,29
Energia bruta, kcal.kg ⁻¹	6.110,33
Energia metabolizável, kcal.kg ⁻¹	3.180,05

A análise de desempenho zootécnico dos frangos indicou efeito significativo ($p \leq 0,05$) da inclusão do farelo de tucumã sobre o ganho de peso e a conversão alimentar tanto na fase inicial quanto na fase final (Tabela 3). A inclusão crescente de farelo de tucumã na fase inicial provocou redução linear no ganho de peso, enquanto a conversão alimentar aumentou na mesma proporção, com esse comportamento dos dados sendo validado pelos resultados da análise de regressão e correlação. Entretanto, na fase final, houve um comportamento totalmente oposto, onde houve um aumento linear no ganho de peso e uma redução proporcional na conversão alimentar, com esse comportamento dos dados também sendo validado pelos resultados da análise de regressão e correlação.

Esses resultados mostraram que, em um primeiro momento, a inclusão de farelo de tucumã, apesar de não ter afetado significativamente o consumo de ração dos frangos ($p > 0,05$), pode ter afetado o aproveitamento dos nutrientes provenientes dos demais ingredientes da dieta, o que pode ter ocasionado a redução no ganho de peso e, conseqüentemente, na conversão alimentar. Neste caso, o nível de fibra do farelo de tucumã pode ter sido fundamental para essa redução no aproveitamento desses nutrientes, uma vez que os níveis de fibra de um alimento tendem a afetar o equilíbrio nutricional dos frangos, refletindo diretamente no seu desempenho produtivo (GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2008; JIMÉNEZ-MORENO et al., 2009; ARRUDA et al., 2018; PUSTJENS et al., 2014). No entanto, **é importante ressaltar que** frangos de corte de crescimento lento tendem a ser mais tolerantes com esses níveis de fibra que frangos de corte convencionais (HETLAND et al., 2003; GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2007; GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2008; JIMÉNEZ-MORENO et al., 2009; NEVES et al., 2014; PUSTJENS et al., 2014; ARRUDA et al., 2018).

Tabela 3. Desempenho zootécnico de frangos de corte de crescimento lento alimentados com dietas contendo farelo de tucumã na fase inicial¹

Fase	Variável ²	Níveis de farelo de tucumã (%)				p-valor ³	CV ⁴ , %	COR ⁵	MR ⁶	R ²
		0	5	10	15					
Inicial	CR	1,137±0,13	1,169±0,15	1,107±0,09	1,165±0,10	0,75	7,36	-	-	-
	GP	0,577±0,19 ^a	0,588±0,16 ^a	0,542±0,15 ^b	0,524±0,21 ^c	0,05	10,29	-0,41	Y = 589,464 - 4,166x	0,48
	CA	1,973±0,11 ^b	1,998±0,13 ^b	2,050±0,13 ^{ab}	2,235±0,12 ^a	0,05	9,16	0,51	Y = 1,9385 + 0,016774x	0,56
Final	CR	2,444±0,20	2,417±0,20	2,407±0,17	2,374±0,22	0,09	7,86	-	-	-
	GP	0,882±0,19 ^c	0,951±0,19 ^b	0,963±0,12 ^b	1,028±0,21 ^a	0,05	8,07	0,30	Y = 888,725 + 9,000x	0,40
	CA	2,781±0,08 ^a	2,547±0,09 ^b	2,560±0,07 ^b	2,444±0,10 ^c	0,05	6,14	-0,27	Y = 2,73309 - 0,01995x	0,47
Geral	CR	3,597±0,08	3,615±0,25	3,526±0,13	3,539±0,15	0,79	5,48	-	-	-
	GP	1,494±0,21 ^b	1,558±0,25 ^a	1,535±0,24 ^a	1,552±0,22 ^a	0,05	10,02	0,21	Y = 1512,669 + 3,001x	0,48
	CA	2,409±0,17 ^a	2,321±0,19 ^b	2,311±0,17 ^b	2,333±0,15 ^b	0,05	9,85	-0,21	Y = 2,379583 - 0,004785x	0,41

¹ Dados apresentados como média de 44 repetições de cada tratamento.

² CR = consumo de ração (kg.ave⁻¹). GP = ganho de peso (kg.ave⁻¹). CA = conversão alimentar (kg.kg⁻¹).

³ As médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

⁴ CV = Coeficiente de variação.

⁵ COR = coeficiente de correlação entre a variável independente e a variável dependente analisada.

⁶ MR = Modelo de regressão ajustado de acordo com a influência da variável independente na variável dependente analisada.

R² = coeficiente de determinação que indica a medida de ajuste do modelo de regressão.

Bach-Knudsen (1997) e Hetland et al. (2003) também relataram que alimentos fibrosos, mesmo com altos teores de carboidratos solúvel, podem causar alterações no fluxo bioquímico e fisiológico do sistema digestório de frangos de corte, principalmente na moela e intestino delgado. Segundo esses mesmos autores, tais alterações podem ocasionar efeitos negativos no consumo de ração e no aproveitamento dos nutrientes, conseqüentemente, uma piora na produtividade. Por outro lado, Goulart et al. (2016) afirmaram que o teor de fibras nas dietas, de forma moderada auxilia no equilíbrio da microbiota intestinal e no aproveitamento dos nutrientes durante a absorção pelas aves. Tal comportamento é similar aos obtidos com prebióticos comerciais (MONTAGNE et al., 2003).

Esses resultados de desempenho refletiram diretamente nos resultados dos rendimentos de carcaça e cortes comerciais (Tabela 4). A inclusão crescente de farelo de tucumã nas dietas ocasionou aumento linear ($p \leq 0,05$) nos resultados de rendimento de carcaça, peso das patas, peso do fígado, peso da moela, peso do coração e percentual de pescoço. Entretanto, proporcionou uma redução linear ($p \leq 0,05$) no peso médio de abate e no percentual de dorso. Ambos resultados validados pelos resultados da análise de regressão e correlação.

Não foram encontrados estudos que descrevam os efeitos de ingredientes alternativos para alimentação de frangos de corte de crescimento lento na fase inicial até 28 dias em que os frangos permanecessem confinados sem acesso ao piquete sobre os rendimentos de carcaça. A maioria dos estudos avalia este tipo de ave quando a criação ocorre de forma semi-intensiva, ou seja, com livre acesso ao piquete durante a maior parte do dia até o abate (SANTOS et al. 2014; VELOSO et al. 2014; TAVARES et al. 2015). Entretanto, foi possível verificar que o uso do farelo de tucumã nas dietas para frangos de corte de crescimento lento em confinamento, mesmo que apenas na fase inicial de manejo, afetou os rendimentos de carcaça e cortes comerciais dos frangos, o que pode estar relacionado com os efeitos desse alimento alternativo no metabolismo nutricional dos frangos descritos acima.

Quando comparado com estudos que utilizaram frangos de corte convencionais (de crescimento rápido, até 42 dias, e em total confinamento), verificou-se que os resultados avaliados neste estudo apresentaram rendimentos de carcaça iguais ou superiores àqueles reportados por Moraes et al. (2015), Tavares et al. (2015), Arruda et al. (2018) e Costa et al. (2018). Além disso, comparando com os resultados obtidos por Veloso et al. (2014), que testou diferentes linhagens de frangos de corte de crescimento lento, verificou-se similaridades nos rendimentos obtidos, principalmente nos rendimentos médios de carcaça (acima de 75%) e dos principais cortes comerciais (peito, coxa e sobrecoxa).

Tabela 4. Peso de abate e rendimentos de carcaça, vísceras e cortes comerciais de frangos de corte de crescimento lento alimentados com dietas contendo farelo de tucumã na fase inicial¹

(Continua)

Variável ²	Níveis de farelo de tucumã (%)				P-valor ³	CV ⁴ , %	COR ⁵	MR ⁶	R ²
	0	5	10	15					
PA	1,967 ± 0,27 ^a	1,846 ± 0,25 ^b	1,701 ± 0,31 ^c	1,755 ± 0,27 ^c	0,05	11,21	-0,27	Y = 1,89158 - 0,00985x	0,37
RC	76,656 ± 0,22 ^c	81,187 ± 0,22 ^b	82,177 ± 0,27 ^b	85,289 ± 0,12 ^a	0,05	7,04	0,15	Y = 80,3098 + 0,1357x	0,30
PT	71,953 ± 0,33 ^c	77,942 ± 0,32 ^b	77,225 ± 0,35 ^b	78,215 ± 0,30 ^a	0,04	4,84	0,23	Y = 75,4204 + 0,1218x	0,36
FI	42,216 ± 0,27 ^b	43,320 ± 0,27 ^b	43,921 ± 0,26 ^b	45,768 ± 0,27 ^a	0,05	9,08	-0,19	Y = 44,02622 - 0,02926x	0,39
MO	32,970 ± 0,31 ^c	35,169 ± 0,30 ^b	35,395 ± 0,31 ^b	38,509 ± 0,24 ^a	0,01	10,47	0,37	Y = 33,64433 + 0,24891x	0,44
CO	9,643 ± 0,22 ^b	9,288 ± 0,41 ^b	9,837 ± 0,42 ^b	10,012 ± 0,33 ^a	0,05	6,77	0,39	Y = 9,49925 + 0,02615x	0,48
PO	30,66 ± 0,13	32,31 ± 0,15	33,08 ± 0,15	32,50 ± 0,11	0,16	8,6	-	-	-

(Conclusão)

Variável ²	Níveis de farelo de tucumã (%)				P-valor ³	CV ⁴ , %	COR ⁵	MR ⁶	R ²
	0	5	10	15					
CX	16,05 ± 0,11	15,31 ± 0,10	14,97 ± 0,10	15,47 ± 0,12	0,67	13,92	-	-	-
SC	11,62 ± 0,19	12,17 ± 0,23	11,95 ± 0,21	12,25 ± 0,23	0,77	13,14	-	-	-
DO	23,43 ± 0,11 ^a	21,27 ± 0,25 ^b	20,38 ± 0,23 ^b	19,67 ± 0,23 ^c	0,02	15,38	-0,27	Y = 22,36608 - 0,15668x	0,53
AS	9,64 ± 0,09	10,37 ± 0,07	10,08 ± 0,19	10,46 ± 0,15	0,1	8,99	-	-	-
PE	3,57 ± 0,25 ^c	4,52 ± 0,25 ^a	4,00 ± 0,29 ^b	4,58 ± 0,24 ^a	0,02	12,63	0,22	Y = 4,07534 + 0,01259x	0,35

¹ Dados apresentados como média de 12 repetições de cada tratamento.

² PA = peso médio de abate (kg.ave⁻¹). RC = rendimento de carcaça (%). PT = patas (g). FI = fígado (g). MO = moela (g). CO = coração (g).

PT = rendimento de peito (%). CX = rendimento de coxas (%). SC = rendimento de sobrecoxas (%). DO = rendimento de dorso (%).

AS = rendimento de asas (%). PE = rendimento de pescoço (%).

³ As médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

⁴ CV = Coeficiente de variação.

⁵ COR = coeficiente de correlação entre a variável independente e a variável dependente analisada.

⁶ MR = Modelo de regressão ajustado de acordo com a influência da variável independente na variável dependente analisada.

Nutricionalmente, verificou-se esses efeitos também sobre a composição centesimal do peito (Tabela 5) dos frangos de corte de crescimento lento avaliados neste estudo, onde a inclusão crescente de farelo de tucumã nas dietas na fase inicial ocasionou aumento linear (p ≤ 0,05) no percentual de umidade e, em contrapartida, redução proporcionalmente linear (p ≤ 0,05) nos percentuais de lipídeos e proteínas. De forma similar ao que foi observado anteriormente, mesmo que a inclusão do farelo de tucumã tenha ocorrido apenas na fase inicial, afetou o desenvolvimento da carcaça dos frangos.

Avaliando a construção química da carcaça dos frangos e a sua relação com a fisiologia nutricional associada ao desempenho, os resultados obtidos neste estudo podem ser o reflexo do aproveitamento dos nutrientes pelos frangos e a sua relação com o elevado teor de fibra que fora verificado na composição do farelo de tucumã. De acordo com Pustjens et al. (2014), algumas frações da fibra advindas das dietas naturalmente não são degradadas pelas aves devido à sua baixa disponibilidade de mecanismos bioquímicos para realizar essa tarefa, principalmente enzimas e microrganismos. Fisiologicamente, a fração de fibra é rica em polissacarídeos não amiláceos solúveis que podem causar uma inibição geral na digestibilidade de carboidratos, gorduras e proteínas, todos nutrientes essenciais para formar as estruturas musculares do frango (MARCATO et al., 2009; FREITAS et al., 2014; RUFINO et al., 2017).

É importante ressaltar que a absorção dos nutrientes contidos nas dietas das aves é dependente de mecanismos das vilosidades, microvilosidades e das células da mucosa intestinal, onde a integridade deste tecido e das células epiteliais associado a ação das enzimas digestivas no lúmen são fundamentais para que os nutrientes sejam aproveitados (BRITO et al., 2008). Nesse sentido, a presença de bloqueios nesses processos pode causar grandes prejuízos ao metabolismo e respostas de desempenho e rendimentos de carcaça e cortes comerciais dos frangos, principalmente devido as questões relacionadas a absorção e aproveitamento de nutrientes que são afetadas pela grande presença de fibras descritas acima (MATEOS et al., 2002; ROUGIÈRE; CARRÉ, 2010).

Em contrapartida, níveis baixos ou moderados de fibras podem causar um efeito positivo do desempenho e rendimentos de carcaça dos frangos em decorrência do seu efeito benéfico sobre o aproveitamento de nutrientes, o que implica em frangos com maior e melhor formação de carcaça (GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2007; MATEOS et al., 2012; RUFINO et al., 2017). A quantificação correta da

fibra alimentar e o seu efeito na digestão e no metabolismo, por décadas, tem sido relegada a segundo plano nos estudos de dietas para não ruminantes (RUFINO et al., 2017; RUFINO et al., 2021).

Tabela 5. Composição centesimal do peito de frangos de corte de crescimento lento alimentados com dietas contendo farelo de tucumã na fase inicial¹

Variável ²	Níveis de farelo de tucumã (%)				p-valor ³	CV ⁴ , %	COR ⁵	MR ⁶	R ²
	0	5	10	15					
UM	73,06 ± 0,31 ^b	74,05 ± 0,33 ^a	73,64 ± 0,17 ^{ab}	74,40 ± 0,29 ^a	0,01	0,8	0,70	Y = 73,24875 + 0,072x	0,49
CZ	1,03 ± 0,13	1,00 ± 0,23	1,04 ± 0,25	1,00 ± 0,15	0,83	4,16	-	-	-
LP	4,08 ± 0,19 ^a	3,47 ± 0,17 ^b	3,77 ± 0,21 ^b	3,32 ± 0,24 ^c	0,01	9,5	-0,66	Y = 3,96225 - 0,04005x	0,44
PT	22,69 ± 0,12 ^a	22,39 ± 0,42 ^{ab}	22,21 ± 0,37 ^{ab}	22,11 ± 0,33 ^b	0,04	1,45	-0,67	Y = 22,6355 - 0,0379x	0,45

¹ Dados apresentados como média de 12 repetições de cada tratamento.

² UM = teor de umidade (%). CZ = teor de cinzas (%). LP = teor de lipídeos (%). PT = teor de proteínas (%).

³ As médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

⁴ CV = Coeficiente de variação.

⁵ COR = coeficiente de correlação entre a variável independente e a variável dependente analisada.

⁶ MR = Modelo de regressão ajustado de acordo com a influência da variável independente na variável dependente analisada

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de 15% de farelo de tucumã em dietas na fase inicial para frangos de corte de crescimento lento da linhagem Label Rouge em confinamento não afetou o consumo de ração. No entanto, influenciou os resultados de ganho de peso e conversão alimentar na fase inicial e final do manejo, indicando possível influência sobre o aproveitamento dos nutrientes da dieta. Apesar de redução linear no peso de abate e no percentual de nutrientes disponíveis na carcaça, a inclusão crescente de farelo de tucumã nas rações proporcionou maior rendimento de carcaça e das vísceras de maior interesse comercial (fígado, moela e coração).

REFERÊNCIAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21^a edição.

Washington, DC: AOAC, 2019.

ARRUDA, J.C.B.; FONSECA, L.A.B.; PINTO, L.C.P.; PINHEIRO, H.C.O.; MONTEIRO, B.T.O.; MANNO, M.C.; LIMA, K.R.S.; LIMA, A.R. Açai seed bran in the feed of slow-growth broilers. **Acta Amazon.**, v. 48, p. 298-303, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201703994>

BACH-KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 67, n. 4, p. 319-338, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00009-6)

BILLEN, G.; AGUILERA, E.; EINARSSON, R.; GARNIER, J.; GINGRICH, S.; GRIZZETTI, B.; LASSALETTA, L.; LE NÖE, J.; SANZ-COBENA, A. Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: the potential of combining dietary change, agroecology, and circularity. **One Earth**, v. 4, p. 839-850, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.008>

BOWLES, N.; ALEXANDER, S.; HADJIKAKOU, M. The livestock sector and planetary boundaries: a 'limits to growth' perspective with dietary implications. **Ecol. Econ.**, v. 160, p. 128-136, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.033>

BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G.; LIMA, R.B.; MORAIS, S.N.; SILVA, J.H.V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. **Acta Vet. Bras.**, v. 2, n. 4, p. 111-117, 2008.

CHATTERJEE, S.; HADI, A.S. **Regression Analysis by Example**. (4th ed.). New Jersey, US: John Wiley & Sons Ltd, 2006.

CLEMENT, C.R.; LLERAS, P.E.; VAN LEEUWEN, J. The potential of brazilian tropical palms: successes and failures of recent decades. **Rev. Bras. Agrociênc.**, v. 9, n. 1-2, p. 67-71, 2005.

COSTA, A.P.G.C.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; FEIJÓ, J.C.; MELO, R.D.; MELO, L.D.; DAMASCENO, J.L. Tucumã meal in diets for broilers on performance, carcass traits and serum biochemical profile. **Arch. Zootec.**, v. 67, n. 257, p. 137-142, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3501>

CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; DAMASCENO, J.L.; COSTA, A.P.G.C. Perfil socioeconômico da avicultura no setor primário do estado do Amazonas, Brasil. **Rev. em Agronegócio e Meio Ambient.**, v. 9, n. 2, p. 371-391, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n2p371-391>

DEVENDRA, C.; SEVILLA, C.C. Availability and use of feed resources in crop–animal systems in Asia. **Agric. Syst.**, v. 71, p. 59-73, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0308-521x\(01\)00036-1](https://doi.org/10.1016/s0308-521x(01)00036-1)

DORMANN, C.F.; ELITH, J.; BACHER, S.; BUCHMANN, C.; CARL, G.; CARRÉ, G.; MARQUÉZ, J.R.G.; GRUBER, B.; LAFOURCADE, B.; LEITÃO, P.J.; MÜNKEMÜLLER, T.; MCCLEAN, C.; OSBORNE, P.E.; REINEKING, B.; SCHRÖDER, B.; SKIDMORE, A.K.; ZURELL, D.; LAUTENBACH, S. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. **Ecogeg.**, v. 36, p. 27-46, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>

FREITAS, E.R.; BRAZ, N.M.; WATANABE, P.H.; CRUZ, C.E.B.; NASCIMENTO, G.A.J.; BEZERRA, R.M. Fiber level for laying hens during the growing phase. **Ciênc. Agrotec.**, v. 38, n. 2, p. 188-198, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200010>

GENTIL, D.F.O.; FERREIRA, S.A.N. Morphology of *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae) seedlings in development. **Acta Amazon.**, v. 35, p. 337-342, 2005.

GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J.F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1185383>

GOMIDE, L.A.M.; RAMOS, E.M.; FONTES, P.R. **Tecnologia de abate e Tipificação de Carcaças**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poult. Sci.**, v. 86, n. 8, p. 1705-1715, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1705>

GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; VALENCIA, D.G.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. **Poult. Sci.**, v. 87, p. 1779-1795, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00070>

GOULART, F.R.; ADORIAN, T.J.; MOMBACH, P.I.; SILVA, L.P. Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. **Revista de Ciência e Inovação do IF Farroupilha**, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

HANNA, A.C.S.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; TANAKA, E.S.; CHAGAS, E.O.; MELO, J.B.S. Bioefficacy of the copaiba oil (*Copaifera* sp.) in diets of laying hens in the second production cycle in humid

- tropical climate. **Int. J. Poult. Sci.**, v. 12, n. 11, p. 647-652, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.3923/ijps.2013.647.652>
- HE, L.W.; MENG, Q.X.; LI, D.Y.; ZHANG, Y.W.; REN, L.P. Influence of feeding alternative fiber sources on the gastrointestinal fermentation, digestive enzyme activities and mucosa morphology of growing Greylag geese. **Poult. Sci.**, v. 94, p. 2464-2471, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pev237>
- HETLAND, H.; SVIHUS, B.; KROGDALHL, A. Effects of oat hulls and wood shaving on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. **Br. Poult. Sci.**, v. 44, p. 275-282, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/0007166031000124595>
- JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. **Poult. Sci.**, v. 88, p. 1925-1933, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00193>
- LOGAN, M. **Biostatistical design and analysis using R: a practical guide**. New Jersey, US: John Wiley & Sons Ltd, 2010.
- MARCATO, S.M.; SAKOMURA, N.K.; FERNANDEZ, J.B.K.; NASCIMENTO, D.C.N.; FURLAN, R.L.; PIVA, G.H. Crescimento e deposição de nutrientes nas penas, músculo, ossos e pele de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Ciênc. Agrotec.**, v. 33, n. 4, p. 1159-1168, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000400030>
- MATEOS, G.G.; LÁZARO, R.; GRACIA, M.I. The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry feeds. **J. Appl. Poult. Res.**, v. 11, p. 437-452, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/11.4.437>
- MATEOS, G.C.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; SERRANO, M.P.; LÁZARO, R.P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **J. Appl. Poult. Res.**, v. 21, n. 1, p. 156-174, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>
- MENDES, A.A.; PATRÍCIO, I.S. **Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte**. In: MENDES, A.A.; NÄÄS, I.A.; MACARI, M. (eds.). *Produção de frangos de corte*. Campinas: FACTA. 2004. p. 323-336.
- MILLER, W.M.P.; CRUZ, F.G.G.; CHAGAS, E.O.; SILVA, A.F.; ASSANTE, R.T. Flour from tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart) residue in the diet of laying hens. **Rev. Acad. Ciênc. Anim.**, v. 11, n. 1, p. 105-114, 2013.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 108, p. 95-117, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00163-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00163-9)
- MORAIS, J.; FERREIRA, P.B.; JACOME, I.M.T.D.; MELLO, R.; BREDA, F.C.; RORATO, P.R.N. Curva de crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira. **Ciênc. Rural**, v. 45, p. 1872-1878, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130867>
- MOTTET, A.; DE HAAN, C.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G.; OPIO, C.; GERBER, P. Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. **Glob. Food Sec.**, v. 14, p. 1-8, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- NASCIMENTO, A.R.T. Riqueza e etnobotânica de palmeiras no território indígena Krahô, Tocantins, Brasil. **Floresta**, v. 40, p. 209-220, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v40i1.17112>

NEVES, D.; BANHAZI, T.; NÄÄS, I. Feeding behaviour of broiler chickens: a review on the biomechanical characteristics. **Braz. J. Poult. Sci.**, v. 16, n. 2, p. 1–16, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-635x16021-16>

PUSTJENS, A.M.; DE VRIES, S.; SCHOLS, H.A.; GRUPPEN, H.; GERRITS, W.J.J.; KABEL, M.A. Understanding carbohydrate structures fermented or resistant to fermentation in broilers fed rapeseed (*Brassica napus*) meal to evaluate the effect of acid-treatment and enzyme-addition. **Poult. Sci.**, v. 93, p. 926-934, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03519>

RÖÖS, E.; BAJŽELJ, B.; SMITH, P.; PATEL, M.; LITTLE, D.; GARNETT, T. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. **Glob. Environ. Change**, v. 47, p. 1-12, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.001>

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

ROUGIÈRE, N.; CARRÉ, B. Comparison of gastrointestinal transit times between chickens from D+ and D- genetic lines selected for divergent digestion efficiency. **Animal**, v. 4, p. 1861-1872, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731110001266>

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; MILLER, W.P.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; CHAGAS, E.O. Análise econômica da inclusão de farinha do resíduo de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart) na alimentação de poedeiras comerciais. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 16, p. 1-9, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000100001>

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; MELO, L.D. Fibra alimentar em dietas para aves - Uma revisão. **Rev. Cient. Avic. Suín.**, v. 3, n. 2, p. 33-42, 2017.

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; BRASIL, R.J.M.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; MELO, R.D.; FEIJO, J.C. Relationship between the level and the action period of fiber in diets to laying hens. **Acta Sci. - Anim. Sci.**, v. 43, p. e49033, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.49033>

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal, SP: Funep, 2016.

SANDSTRÖM, V.; CHRYSAFI, A.; LAMMINEN, M.; TROELL, M.; JALAVA, M.; PIIPPONEN, J.; SIEBERT, S.; VAN HAL, O.; VIRKKI, V.; KUMMU, M. Food system by-products upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply. **Nat. Food**, v. 3, p. 729-740, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00589-6>

SANTOS, F.R.; STRINGHINI, J.H.; MINAFRA, C.S.; ALMEIRA, R.R.; OLIVEIRA, P.R.; DUARTE, E.F.; SILVA, R.B.; CAFÉ, M.B. Formulação de ração para frangos de corte de crescimento lento utilizando valores de energia metabolizável dos ingredientes determinada com linhagens de crescimento lento e rápido. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 66, p. 1839-1846, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-6402>

SCHADER, C.; MULLER, A.; SCIALABBA, N.E.-H.; HECHT, J.; ISENSEE, A.; ERB, K.-H.; SMITH, P.; MAKKAR, H.P.S.; KLOCKE, P.; LEIBER, F.; SCHWEGLER, P.; STOLZE, M.; NIGGLI, U. Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. **R. Soc. Interface**, v. 12, p. 20150891, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>

TAVARES, F.B.; SANTOS, M.S.V.; ARAÚJO, C.V.; COSTA, H.S.; LOUREIRO, J.P.B.; LIMA, E.M.; LIMA, K.R.S.

Performance, growth and carcass characteristics of alternatives lineages of broiler chickens created with access to paddock. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, p. 420-429, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000200016>

VAN HAL, O.; DE BOER, I.J.M.; MULLER, A.; DE VRIES, S.; ERB, K.-H.; SCHADER, C.; GERRITS, W.J.J.; VAN ZANTEN, H.H.E. Upcycling food lefovers and grass resources through livestock: impact of livestock system and productivity. **J. Clean. Prod.**, v. 219, p. 485-496, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.329>

VAN KERNEBEEK, H.R.; OOSTING, S.J.; VAN ITTERSUM, M.K.; BIKKER, P.; DE BOER, I.J. Saving land to feed a growing population: consequences for consumption of crop and livestock products. **Int. J. Life Cycle Assess.**, v. 21, p. 677-687, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-015-0923-6>

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. D.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.**, v. 74, p. 3583-3597, 1991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(91)78551-2)

VAN ZANTEN, H.H.E.; HERRERO, M.; VAN HAL, O.; RÖÖS, E.; MULLER, A.; GARNETT, T.; GERBER, P.J.; SCHADER, C.; DE BOER, I.J.M. Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. **Glob. Change Biol.**, v. 24, p. 4185-4194, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.14321>

VELOSO, R.C.; PIRES, A.V.; TORRES FILHO, R.A.; PINHEIRO, S.R.F.; WINKELSTROTER, L.K.; ALCÂNTARA, D.C.; CRUZ, C.C.D.C.S. Parâmetros de desempenho e carcaça de genótipos de frangos tipo caipira. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 66, p. 1251-1259, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-6312>

YUYAMA, L.K.O.; MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J.P.L.; MARINHO, H.A. Processing and shelf-life evaluation of dehydrated and pulverized tucuman (*Astrocaryum aculeatum* Meyer). **Food Sci. Technol. (Campinas)**, v. 28, n. 2, p. 408-412, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200021>