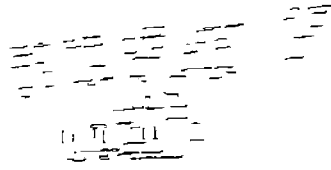


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



MARCOS CESAR ZANELLA JÚNIOR

ÁVALIAÇÃO DO DDGS (*Dried Distillers Grains with Solubles*) NA ALIMENTAÇÃO DA
TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

PALÓTINA

2016

MARCOS CESAR ZANELLA JÚNIOR

AVALIAÇÃO DO DDGS (*Dried Distillers Grains with Solubles*) NA ALIMENTAÇÃO DA
TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor de Palotina, Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Produção de organismos aquáticos e impactos ambientais da atividade de Aquicultura.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lilian Carolina Rosa da Silva

PALOTINA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Z28 Zanella Júnior, Marcos Cesar
Avaliação do DDGS (*Dried Distillers Grains with Solubles*) na
alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) / Marcos
Cesar Zanella Júnior – Palotina, 2016.
39f.

Orientadora: Lilian Carolina Rosa da Silva
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e
Desenvolvimento Sustentável.

1. Nutrição animal. 2. Aquicultura. 3. Peixes. 4. Nutrição. I.
Silva, Lilian Carolina Rosa da. II. Universidade Federal do Para-
ná. III. Título.

CDU 639.3

TERMO DE APROVAÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **MARCOS CESAR ZANELLA JUNIOR** intitulada **AValiação DO DDG (*Dried Distillers Grains*) NA ALIMENTAÇÃO DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**, após terem inquirido o aluno e realizado e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Palotina, 01 de Dezembro de 2016.



LILIAN CAROLINA ROSA DA SILVA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



LUIZ VITOR OLIVEIRA VIDAL
Avaliador Externo (UFBA)



FÁBIO MEURER
Avaliador Externo (UFPR)

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela força interior para seguir em frente;

Ao Prof. Dr. Fabio Meurer pela elaboração das rações e disponibilização da extrusora;

A Prof. Dra. Lilian Dena dos Santos pela disponibilidade do laboratório de qualidade de água e pelas análises estatísticas;

Em especial a Prof. Dra. Lilian Carolina Rosa da Silva que me orientou nesta caminhada, pelo apoio oferecido, pelo tempo dedicado a elaboração deste estudo;

A colega Soraia que forneceu o ingrediente para realização deste estudo;

A Marlise, técnica de laboratório, pela ajuda na rotina do experimento, confecção da ração e na finalização do experimento.

Ao colega Ramon pela ajuda na finalização do projeto e aos colegas João, Ian, Isabeli, Dian, Katsciane e Ramone pela ajuda na rotina e na finalização do experimento.

A colega Petra pelas análises bromatológica;

A equipe dos Laboratórios de Qualidade de Água, Química Instrumental e Laboratório de Nutrição pelas análises realizadas;

Aos membros da banca por aceitarem prontamente o convite para avaliação deste trabalho;

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação, sendo através de palavras, gestos e/ou atitudes;

Muito obrigado.

RESUMO

O resíduo de milho oriundo da fabricação de etanol é um subproduto rico em nutrientes e energia e pode ser usado para alimentação de peixes. O objetivo do trabalho foi determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia, e a composição de aminoácidos do DDGS (*Soluble Dried Distillers Grains with Solubles*), e a inclusão de diferentes níveis em dietas para juvenis de tilápia do Nilo. No experimento de digestibilidade (sistema de Guelph modificado), os valores de CDA da energia, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e aminoácidos do ingrediente testado, foram 50,97; 87,96; 93,00; 22,33; 22,72 e 71,57%, respectivamente, enquanto o aminoácido com maior CDA foi a histidina (91,78%), e o menor foi a treonina (71,57%). Para o experimento de desempenho, duzentos juvenis foram distribuídos em 20 tanques de 1000L e alimentados com rações isoenergética e isoprotéicas, com 5 tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40% de inclusão), e 4 repetições. Foram analisados os parâmetros desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e composição corporal bromatológica. Não foram encontradas diferenças significativas nas variáveis de desempenho zootécnico, matéria mineral e fibra bruta ($p > 0,05$). Rendimento de carcaça, taxa de eficiência proteica e proteína bruta apresentaram diferença estatística pelos tratamentos ($p < 0,05$). O índice hepatossomático apresentou efeito linear decrescente ($p < 0,05$), enquanto o extrato etéreo apresentou efeito linear crescente ($p < 0,05$). O DDGS pode ser utilizado em rações para juvenis de tilápia do Nilo.

Palavras-chave: Nutrição animal; Aquicultura; Peixe; Nutrição.

ABSTRACT

The corn residue originated from ethanol manufacturing is a by-product rich in nutrients and energy, and it can be used for feeding fish. The objective of this study was to determine the apparent digestibility coefficient (ADC) of the nutrients and energy, and the amino acid composition of the DDGS (Distillers Dried Grains with Solubles), and the inclusion of different diet levels for juvenile Nile tilapia. In the digestibility experiment (modified Guelph system), the ADC values of the energy, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and amino acids in the tested ingredient were 50.97, 87.96, 93.00, 22.33, 22.72 and 71.57%, respectively, while the amino acid with the highest ADC was histidine (91.78%), and the lowest was threonine (71.57%). For the performance experiment, 200 juvenile fish were distributed in 20 1000L-tanks and fed with isoenergetic and isoproteic feed, with five treatments (0, 10, 20, 30 and 40% inclusion) and 4 repetitions. The analyzed parameters were zootechnical performance, carcass yield and bromatological composition. No significant differences were found in the zootechnical performance variables, mineral matter and crude fiber ($p>0.05$). Carcass yield, protein efficiency rate and crude protein presented statistical difference in the treatments ($p<0.05$). The hepatosomatic index presented a decreasing linear effect ($p<0.05$), while the ether extract presented a increasing linear effect ($p<0.05$). The DDGS can be used in fed for juvenile Nile tilapia.

Keywords: Animal nutrition; Aquaculture; Fish; Nutrition.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição percentual das rações referência e teste, utilizados para a determinação dos coeficientes de digestibilidade do DDGS para juvenis de tilápia do Nilo.....	20
Tabela 2. Composição percentual das rações com níveis crescentes de DDGS na alimentação de tilápia do Nilo.....	22
Tabela 3. Composição bromatológica do DDGS, ração teste e ração referência (base na matéria seca)	24
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e valores digestíveis (VD) dos nutrientes e energia do DDGS para juvenis de tilápia do Nilo.....	25
Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e valores digestíveis (VD) dos aminoácidos do DDGS para juvenis de tilápia do Nilo.....	25
Tabela 6. Desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo níveis crescentes de DDGS.....	27
Tabela 7. Composição bromatológica da carcaça de juvenis de tilápias do Nilo alimentados com níveis crescentes de DDGS na dieta, com base na matéria natural.....	28
Tabela 8. Composição de aminoácidos do DDGS, farelo de soja e do milho.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	10
Referências.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVOS GERAIS	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 CAPÍTULO 1: Avaliação da digestibilidade e do desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com dietas contendo DDGS (<i>Distillers Dried Grains with Solubles</i>)	16
Resumo.....	17
1. Introdução.....	17
2. Material e métodos.....	19
2.1 Determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA).....	19
2.2 Inclusão do DDGS nas dietas experimentais.....	21
2.3 Análise estatística.....	23
3 Resultados.....	24
3.1 Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA).....	24
3.2 Inclusão do DDGS nas dietas.....	26
4. Discussão.....	28
4.1 Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA).....	28
4.2 Inclusão de DDGS nas dietas.....	31
5. Conclusão.....	32
Referências.....	33

1 INTRODUÇÃO GERAL

A conciliação da criação com baixo custo é um desafio atual no Brasil e a utilização de fontes alternativas na alimentação de peixes apresenta grande importância para a sustentabilidade da produção. Sabendo que a alimentação dos peixes é onerosa e pode representar até 70% do custo total de produção (Tashibana e Castagnolli, 2003), a busca por ingredientes alternativos que podem reduzir esses valores é fundamental para o desenvolvimento da criação de peixes.

O cultivo de peixes no mundo está em pleno crescimento, por outro lado a pesca extrativista está estabilizada há alguns anos (FAO, 2014). Enquanto a aquicultura mundial gira em torno de 160 milhões de toneladas/ano, a pesca extrativista estagnou-se a partir da década de 80, em torno de 90 milhões toneladas/ano. Este aumento se deve a vários fatores indiretos como, por exemplo, o crescimento da população mundial e a melhora da renda *per capita*, além dos fatores diretos, como melhor aproveitamento dos espaços e recursos hídricos, técnicas e manejos eficientes para a piscicultura, utilização de espécies e linhagens melhoradas (El-Sayed, 1999), além da utilização de rações desenvolvidas especificamente para a espécie cultivada (Ayroza, 2009).

No âmbito nacional, aproximadamente 25% do pescado comercializado é oriundo da aquicultura, o que representou cerca de 271.695 toneladas em 2006. Aproximadamente 69,7% da produção é proveniente da aquicultura continental devido a disponibilidade de grandes extensões de terra no território brasileiro, abundância de água doce e limpa e boa adaptação das variadas espécies em cultivo. (Oliveira, 2015).

De acordo com o Departamento de Economia Rural (DERAL, 2016) da SEAB (Secretaria de Agricultura e Abastecimento), a produção de pescados somou, em 2015, 90 mil toneladas no estado do Paraná. Esse valor representa 18% a mais que no ano de 2014, e a perspectiva para 2016 é um crescimento de 22%, chegando a 110 mil toneladas e representando o maior índice nacional de desenvolvimento aquícola.

Entre várias espécies aquícolas cultiváveis, destaca-se a tilápia, originada do continente africano, perfeitamente climatizada em praticamente todas as regiões do mundo, com exceção apenas para as regiões frias. Nos últimos 30 anos, a produção da espécie foi mais bem desenvolvida através de técnicas de manejo e também algumas tecnologias, embora ainda muito escassas. A tilápia do Nilo foi introduzida no Brasil em 1971, pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca) (Figueiredo Júnior et al, 2008) e enfrentou

vários problemas na sua produção comercial: alevinos de baixa qualidade, rações inadequadas, falta de pesquisa e conhecimentos limitados.

A espécie destaca-se por apresentar parâmetros zootécnicos desejáveis para sua criação, sendo estes: linhagem domesticada, rápido crescimento, fácil adaptação a alimentação, boa conversão alimentar, bom rendimento de carcaça e mercado amplo e crescente. A tilápia do Nilo apresenta excelentes resultados na piscicultura, principalmente no âmbito de sua rusticidade, crescimento rápido, fácil adaptação ao confinamento. (OLIVEIRA et al., 2007). Em relação ao comércio, a tilápia é um peixe muito bem aceito pelo consumidor, principalmente devido ao fato de não possuir o espinho em formato ‘Y’, o sabor suave da carne e de coloração branca.

Segundo dados do Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (MPA, 2008) foram identificados 15.496 produtores no Brasil, sendo que mais de 50% (8.855) tem a tilápia como a principal espécie produzida. Do total desses aquicultores, 41% estão situados na região Sul, 31% na região Nordeste, 22% na região Sudeste, 3% na região Norte e 3% no Centro-Oeste. O Paraná é o estado que se destaca como maior produtor de peixes de água doce no país (MPA, 2011), tendo como destaque a Região Oeste do estado. (ACEB, 2014).

Naturalmente, a indústria visa à redução de custos para a produção de alimentos para peixes e a utilização de resíduos da indústria de biocombustíveis tem despertado um grande interesse. Durante o processo de fabricação de etanol a partir do milho há a produção de DDG (*Dried Distillers Grains*), subproduto que pode ser utilizado na alimentação de várias espécies animais, inclusive peixes. Após a moagem do milho, é realizado o cozimento do grão, liquefação, sacarificação, fermentação e, finalmente, a separação dos sólidos, que tem como resultado final o DDG, e esse ingrediente tem concentração proteica 3,59 vezes superior ao próprio milho, fato esse que ocorre também com o óleo (3,4 vezes) e cinzas (3,32 vezes) (Liu et al, 2009). A cada 2,54kg de milho fermentado, são produzidos 1,02 litros de etanol, 0,28 kg de dióxido de carbono e 0,82kg de DDG. (Lim e Yildirim-Aksoy, 2008).

A composição química para os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), grãos secos de destilaria (DDG) e destilados secos solúveis (DDS) são muito semelhantes. Geralmente a diferença entre os três subprodutos se dá pela quantidade de fibra bruta e matéria mineral (Lim e Yildirim-Aksoy, 2008). O DDGS possui 9,2% de fibra bruta e 4,9% de matéria mineral; já o DDG e DDS, 14,1 e 4,9% de fibra bruta e 2,4 e 8,9% de matéria mineral, respectivamente (Feedstuffs, 2008).

A composição bromatológica do DDG pode apresentar pequenas variações, pois depende de vários fatores durante o processamento, como o tempo de cozimento do grão, quantidade e tipo de enzimas utilizadas e tempo de fermentação (Brito et al., 2008). Spiels et al (2002), analisou a composição bromatológica do DDG obtendo valores de proteína bruta entre 28,7 e 32,9%; extrato etéreo 8,8 à 12,4%; FDN 19,7 à 34,1%; FDA 6,2 à 13,4% e cinzas de 3,0 à 9,8%. Dong et al (1987) relataram valores de proteína bruta e extrato etéreo diferentes em 3 tipos de DDG, sendo 31,6% e 8,9% para o DDG de milho, 40,4% e 3,2% para o DDG de trigo branco e 34,4% e 3,4% para o DDG de trigo vermelho, respectivamente.

Apesar das boas concentrações de energia, a quantidade elevada de fibra pode influenciar em sua digestibilidade (Magalhães, 2013), entretanto, de acordo com Overland et al (2013), a adição de DDG não afeta a digestibilidade de proteína e pode melhorar a digestibilidade da energia, o que possibilita o ingrediente ser utilizado na alimentação da truta arco-íris.

Sua utilização em rações ainda é limitada, embora alguns estudos já evidenciam seu potencial de inclusão na alimentação de outros animais. Para peixes, o DDG pode ser uma fonte proteica principalmente para peixes onívoros, uma vez que suas exigências em níveis proteicos não são tão elevadas como para os peixes carnívoros (Gatlin III, et al, 2007) bem como a utilização de maiores níveis de carboidratos presentes na dieta.

Stone et al. (2005) realizaram estudo com a truta arco-íris (*Onchorinchis mykiss*) com a intenção de substituir a farinha de peixe por combinações de DDG e glúten de milho em dietas extrusadas e peletizadas. Neste trabalho concluíram que a combinação de 10% de DDG e 8,4% de glúten de milho na dieta não afetou o desempenho zootécnico dos peixes, independentemente do processamento realizado na ração.

Segundo Welker et al. (2014), há limites para o uso de DDG na alimentação de peixes, devido à possível deficiência/desbalanceamento de aminoácidos, porém, é sabido que os aminoácidos podem ser incluídos nas rações na sua forma cristalina, isolando esse potencial problema durante a formulação das rações. Ainda de acordo com o autor, é possível utilizar até 300g de DDG/kg de ração para trutas arco-íris sem afetar seu desempenho zootécnico. Robinson et al, (2008), em estudo realizado com catfish (*Ictalurus punctatus*) observou que a substituição de farelo de soja pelo DDG em 30%, não afetou o crescimento dos animais, quando a ração foi suplementada com o aminoácido lisina.

Os estudos relacionados à utilização do DDG para peixes evidencia o potencial do alimento em ser utilizado como ingrediente para produção das rações, sendo necessários estudos científicos que comprovem esse potencial e definam quantidades possíveis de serem

utilizadas pelos em animais em substituição a fontes de alimentos como o farelo de soja e milho.

Referências

- AYROZA, L. M. S. Criação de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, na usina de Chavantes, Rio Paranapanema, SP/PR. 2009 (Tese Doutorado). Faculdade de Ciências agrárias e veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.
- BRITO, C. Uso do DDGS, um subproduto na produção do etanol, na alimentação de monogástricos. Artigo técnico; Poli-Nutri alimentos, 2008.
- DERAL – Departamento da Economia Rural do Paraná. Produção de pescados deve crescer 22% no Paraná em 2016, 2016.
- DONG, F.M.; RASCO, B.A.; GAZZAZ, S.S. A protein quality assessment of wheat and corn distillers dried grains with solubles. *Cereal Chemistry*, v. 64, p. 327-332, 1987.
- EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein source for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* *Aquaculture*, Amsterdã, v. 179, n. 1, p. 149-168, 1999.
- FAO - Food and Agriculture Organization. The State of World Fisheries and Aquaculture, 2014
- FEEDSTUFFS. Feedstuffs ingredient analysis table. Volume 79, number 38, 2008
- FIGUEIREDO JÚNIOR, C. A.; VALENTE JÚNIOR, A. S. Cultivo De Tilápias No Brasil: Origens e Cenário Atual. In: XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, Anais. Rio Branco-AC, 2008.
- GATLIN, Delbert M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture research*, v. 38, n. 6, p. 551-579, 2007.
- LIM, C.; YILDIRIM-AKSOY, M. Distillers dried grains with solubles as an alternative protein source in fish feeds. In: 8th International symposium on tilapia in aquaculture, p. 67-82, 2008.
- LIU, Ke Shun. Effects of particle size distribution, compositional and color properties of ground corn on quality of distillers dried grains with solubles (DDGS). *Bioresource technology*, v. 100, n. 19, p. 4433-4440, 2009.
- MAGALHÃES, Rui. Dried Distillers Grains with Solubles (DDGS): a potencial protein source in feeds for aquaculture. 2013
- Ministério da Pesca e Aquicultura. Censo Aquícola Nacional. 2008.
- Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. Brasília: MPA, 2011. 60p.

- OLIVEIRA, E. G. DE; SANTOS, F. J. DE S.; PEREIRA, A. M. L.; LIMA, C. B. Produção de tilápia: mercado, espécie, biologia e recria. Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 2007.
- ØVERLAND, Margareth et al. Evaluation of distiller's dried grains with solubles (DDGS) and high protein distiller's dried grains (HPDDG) in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v. 416, p. 201-208, 2013.,
- ROBINSON, Edwin H.; LI, Menghe H. Replacement of soybean meal in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diets with cottonseed meal and distiller's dried grains with solubles. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 39, n. 4, p. 521-527, 2008.
- SPIEHS, M.J., M.H. WHITNEY, and G.C. SHURSON. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639, 2002.
- STONE, D. A. et al. Effects of extrusion on nutritional value of diets containing corn gluten meal and corn distiller's dried grain for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, v. 17, p. 1-20, 2005.
- TACHIBANA, L.; CASTAGNOLLI, N. Custo na alimentação dos peixes: é possível reduzir mantendo a qualidade? *Pan. Aquic.*, v.75, p.55-57, 2003.
- WELKER, Thomas L. et al. Use of distiller's dried grains with solubles (DDGS) in rainbow trout feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v. 195, p. 47-57, 2014

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do presente estudo foi determinar o coeficiente de digestibilidade aparente do DDGS derivado da produção de etanol de milho, e avaliar este ingrediente na dieta de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), energia e aminoácidos do DDGS derivado da produção de etanol de milho produzido no Brasil, para a tilápia do Nilo (*O. niloticus*);
- b) Determinar o perfil de aminoácidos do DDGS;
- c) Determinar o melhor nível de inclusão de DDGS bruto como fonte proteica para tilápias do Nilo na fase de crescimento, avaliando seu desempenho zootécnico e a composição bromatológica da carcaça.

3 CAPÍTULO 1: Avaliação da digestibilidade e do desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas contendo DDGS (*Distillers Dried Grains with Solubles*)

Capítulo submetido à revista *Aquaculture*

Autores: Marcos César Zanella Júnior, Otávio Pientka Nienkoetter, Izabel Volkweis Zadinelo, Marlise Teresinha Mauerwerk, Fábio Meurer, Lilian Dena dos Santos, Lilian Carolina Rosa da Silva

Resumo

O resíduo de milho oriundo da fabricação de etanol é um subproduto rico em nutrientes e energia e pode ser usado para alimentação de peixes. O objetivo do trabalho foi determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia, e a composição de aminoácidos do DDGS (*Soluble Dried Distillers Grains*), e a inclusão de diferentes níveis em dietas para juvenis de tilápia do Nilo. No experimento de digestibilidade (sistema de Guelph modificado), os valores de CDA da energia, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e aminoácidos do ingrediente testado, foram 50,97; 87,96; 93,00; 22,33; 22,72 e 71,57%, respectivamente, enquanto o aminoácido com maior CDA foi a histidina (91,78%), e o menor foi a treonina (71,57%). Para o experimento de desempenho, duzentos juvenis foram distribuídos em 20 tanques de 1000L e alimentados com rações isoenergética e isoprotéicas, com 5 tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40% de inclusão), e 4 repetições. Foram analisados os parâmetros desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e composição corporal bromatológica. Não foram encontradas diferenças significativas nas variáveis de desempenho zootécnico, matéria mineral e fibra bruta ($p>0,05$). Rendimento de carcaça, taxa de eficiência proteica e proteína bruta apresentaram diferença estatística pelos tratamentos ($p<0,05$). O índice hepatossomático apresentou efeito linear decrescente ($p<0,05$), enquanto o extrato etéreo apresentou efeito linear crescente ($p<0,05$). O DDGS pode ser utilizado em rações para juvenis de tilápia do Nilo.

1. Introdução

Na piscicultura, a alimentação representa alto percentual dos custos operacionais, em torno de 40 a 60%, sendo que os ingredientes proteicos são responsáveis pela maior parte deste custo (El-Sayed, 1999; Cheng et al., 2003), pois compõem a maior porção dos ingredientes na formulação e são mais caros que os alimentos energéticos (Meurer et al., 2003). Com a expansão da produção aquícola, tem-se aumentado a produção de rações e as indústrias têm buscado ingredientes alternativos, economicamente viáveis e ambientalmente amigáveis, que devem compor dietas nutritivas para que as espécies aquáticas possam crescer efetivamente e produzir carne de alta qualidade, com mínimo impacto ambiental (Gatlin et al., 2007). Neste contexto, subprodutos industriais têm sido considerados como ingredientes alternativos.

Durante o processo de fabricação de etanol a partir do milho, há a produção de DDGS (*Distillers Dried Grains with Solubles*), subproduto que pode ser utilizado na alimentação de várias espécies animais (Liu, 2009), inclusive na de peixes. Estima-se que, para cada tonelada de milho utilizada para a produção de etanol, 323 kg de DDGS são produzidos. O DDGS apresenta bom teor proteico (aproximadamente 30% de proteína bruta) e não possui fatores antinutricionais comumente encontrados nos alimentos proteicos de origem vegetal (Lim et al., 2007). Sua composição bromatológica pode apresentar pequenas variações, pois depende de vários fatores durante o processamento, como o tempo de cozimento do grão, quantidade e tipo de enzimas utilizadas e tempo de fermentação (Lim et al., 2011).

Para os peixes onívoros, o DDGS pode ser uma fonte proteica, uma vez que suas exigências em níveis proteicos não são tão elevadas como para os peixes carnívoros (Gatlin et al., 2007), além de apresentar alto valor energético e alto teor de fósforo digestível. No entanto, o teor de nutrientes e a digestibilidade podem variar significativamente entre as fontes de DDGS devido ao seu processamento (Spiehs et al., 2002).

Estudos sobre o potencial uso de DDGS na alimentação de peixes datam de 1940, entretanto, trabalhos objetivando a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente do DDGS para peixes são escassos. Estudos para determinação do CDA foram realizados com o sunshine bass (*Morone chrysops X Morone saxatilis*) (Thompson et al., 2008), bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (Li et al., 2011), robalo (*Dicentrarchus labrax*), corvina (*Argyrosomus regius*) (Magalhães et al., 2015) e tilápia do Nilo (Lewandowski et al., 2017).

Para a tilápia do Nilo, esse ingrediente apresenta potencial para ser utilizado na dieta como um ingrediente protéico, visto que a espécie apresenta capacidade de aproveitamento principalmente da proteína, com coeficiente de digestibilidade de 89,51% (proteína digestível de 33,19%), enquanto da energia foi de apenas 62,52% (Lewandowski et al., 2017); entretanto a digestibilidade quanto aos aminoácidos ainda não foi determinada.

Sabe-se que há limites para a inclusão do DDGS na alimentação de peixes, devido à possível deficiência e ou desbalanceamento de aminoácidos, porém, é sabido que os aminoácidos podem ser incluídos nas rações na sua forma cristalina, isolando esse potencial problema durante a formulação das rações (Welker et al., 2014), sendo necessário determinar o nível de inclusão do DDGS nas dietas de cada espécie, considerando também a sua fonte e processo de obtenção.

Alguns estudos mostram que o DDGS pode ser utilizado na alimentação de peixes de diferentes espécies, como tilápia do Nilo, bagre do canal e a truta arco-íris, sem acarretar prejuízos a seu desempenho sendo um bom substituto de fontes proteicas, como farelo de soja

e farinha de peixe (Webster et al., 1991; Cheng & Hardy, 2004; Stone et al., 2005; Lim et al., 2007; Robinson & Li, 2008; Shelby et al., 2008; Lim et al., 2009; Zhou et al., 2010; Reveco et al., 2012; Renukdas et al., 2014; Welker et al., 2014; Suprayudi et al., 2015; Mamauag et al., 2017; Diógenes et al., 2018).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), energia e aminoácidos do DDGS derivado da produção de etanol de milho produzido no Brasil, para a tilápia do Nilo (*O. niloticus*) além de determinar o melhor nível de inclusão de DDGS bruto como fonte proteica para tilápias do Nilo na fase de crescimento, avaliando seu desempenho zootécnico e a composição bromatológica da carcaça.

2. Material e métodos

2.1 Determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA)

O experimento foi realizado no Laboratório de Sistemas de Produção do Pescado da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. A determinação do coeficiente de digestibilidade aparente do DDGS foi realizado pelo método indireto de coleta de fezes utilizando 0,1% de óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador inerte (NRC, 2011), para a ração referência e a teste. A ração teste foi composta por 70% da ração referência e 30% do alimento a ser testado.

Para a confecção das rações (Tabela 1) os ingredientes foram moídos em um triturador em peneira de 1,0 mm, misturados de acordo com a formulação e então processados na forma extrusada em extrusora experimental em matriz de 5 mm. Após a extrusão, as rações foram secas em estufa de ventilação forçada por 24h, a 55°C e acondicionadas em saco plástico, sendo posteriormente armazenadas em geladeira até a sua utilização.

Tabela 1 Composição percentual das rações referência e teste, utilizados para a determinação dos coeficientes de digestibilidade do DDGS para juvenis de tilápia do Nilo.

Alimento	Ração-referência (%)	Ração-teste (%)
Farelo de soja	70,22	49,15
Milho	20,20	14,14
BHT ¹	0,01	0,01
Fosfato bicálcico	2,90	2,03
Calcário	0,13	0,09
Óleo de soja	3,94	2,76
Premix ²	2,00	2,00
Sal	0,50	0,50
Óxido crômico	0,10	0,10
Alimento teste (DDGS)	0,00	29,22
Total	100,00	100,00

¹ BHT – Butil hidroxitolueno

² Suplemento mineral e vitamínico: Complemento vitamínico e mineral com níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 1.000.000 UI; vit. D3 - 500.000 UI; vit. E - 20.000 mg; vit. K3 - 500 mg; vit. B1 - 1.900 mg; vit. B2 - 2.000 mg; vit. B6 - 2.400 mg; vit. B12 - 3.500 mg; ácido fólico - 200 mg; pantotenato de cálcio - 4.000mg; vit. C - 25 g; biotina - 40 mg; niacina - 5.000 mg; Fe - 12,5 g; Cu - 2.000 mg; Mn - 7.500 mg; Zn - 25 g; I - 200 mg; Se - 70 mg. *BHT = Butil Hidroxi Tolueno

As análises químicas das rações e do alimento teste quanto aos valores de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, extrato etéreo, matéria mineral, energia bruta e hemicelulose foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no AOAC (1995). Já as quantificações dos aminoácidos foram realizadas na CBO análises laboratoriais Ltda, utilizando as metodologias de White (1986) e Hagen (1989).

Quarenta e cinco juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), com peso médio de 60±5 g foram distribuídos em três gaiolas com volume útil de 100 L mantidas em tanques de polietileno com 1000 L de volume útil, denominados de tanques de alimentação. No final do dia, as gaiolas com os peixes eram transferidas para cubas circulares de fundo cônico com 250 L de volume útil, denominadas de tanques de coleta de fezes. Os tanques de alimentação e de coleta de fezes foram aerados durante todo o período experimental e a temperatura foi controlada com auxílio de termostatos. Antes do início da coleta de fezes, os peixes foram adaptados às condições experimentais e a cada ração por um período de cinco dias.

Após o período de adaptação foi iniciada a coleta de fezes e os peixes foram alimentados até a saciedade aparente cinco vezes ao dia: 8:00, 10:00, 13:00, 15:30 e 17:30h. Após 15 minutos da última alimentação, foram transferidos para as cubas de coleta de fezes, onde permaneceram das 17:45h até as 7:00h da manhã seguinte, quando eram novamente

alocados nos tanques de alimentação. A metodologia utilizada para coleta e processamento da fezes foi a mesma utilizada e adaptada por Meurer et al. (2011).

O coeficiente de digestibilidade aparente dos ingredientes foi calculado com base no teor de óxido de crômio na ração e nas fezes, usando as fórmulas propostas por Mukhopadhyay & Ray (1997).

2.2 Inclusão do DDGS nas dietas experimentais

O experimento de inclusão do DDGS na dieta de juvenis de tilápias do Nilo foi realizado no Laboratório de Sistemas de Produção de Pescado da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Foram utilizados 200 juvenis de tilápia do Nilo com peso médio inicial de $29,12 \pm 0,50$ g que foram alojados em 20 tanques circulares de polietileno, com capacidade de 1000 L cada, ligados a um sistema de recirculação de água. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos e quatro repetições.

O experimento teve duração de 52 dias, sendo que os peixes foram alimentados com rações extrusadas isoproteicas e isoenergéticas, contendo 28% de proteína bruta, 3.000 kcal de energia digestível/kg de ração e cinco níveis de inclusão de DDGS, (0, 10, 20, 30 e 40%). Os alimentos foram moídos em peneira de 1,0 mm, misturados de acordo com a formulação (Tabela 2) e processados. Para garantir a qualidade das rações fornecidas aos animais, estas foram conservadas sob refrigeração após o processamento. A ração foi oferecida aos animais quatro vezes ao dia (08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h) até à saciedade aparente.

Tabela 2 Composição percentual das rações com níveis crescentes de DDGS na alimentação de tilápia do Nilo.

Ingredientes (%)	DDGS (%)				
	0	10	20	30	40
Farelo de soja	54,00	48,47	42,93	37,39	31,85
Milho moído	39,19	32,79	26,39	19,99	13,60
Fosfato bicálcico	3,37	3,15	2,92	2,71	2,48
Óleo de soja	1,87	3,18	5,73	7,66	9,59
Premix ¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário	0,06	0,19	0,33	0,46	0,60
BHT ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
DDGS	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
L-Lisina HCL	0,00	0,09	0,19	0,28	0,37
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes (%)					
Matéria seca	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína bruta	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Extrato etéreo	0,64	1,74	3,16	4,04	6,05
Energia bruta (Kcal/kg) *	4042,95	4228,61	4414,25	4599,91	4785,55
Energia digestível (Kcal/kg) *	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Matéria mineral	7,70	7,30	6,93	6,73	6,42
Fibra bruta	6,82	5,25	6,92	10,32	12,17

¹ Complemento vitamínico e mineral com níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 1.000.000 UI; vit. D3 - 500.000 UI; vit. E - 20.000 mg; vit. K3 - 500 mg; vit. B1 - 1.900 mg; vit. B2 - 2.000 mg; vit. B6 - 2.400 mg; vit. B12 - 3.500 mg; ácido fólico - 200 mg; pantotenato de cálcio - 4.000mg; vit. C - 25 g; biotina - 40 mg; niacina - 5.000 mg; Fe - 12,5 g; Cu - 2.000 mg; Mn - 7.500 mg; Zn - 25 g; I - 200 mg; Se - 70 mg.

²BHT = Butil Hidroxi Tolueno.

*Valor calculado com base no NRC, 2011.

Durante o período experimental a temperatura média da água (22,1 °C) e oxigênio dissolvido (7,56 mg/L) foram monitorados diariamente, pela manhã e à tarde, enquanto que pH, amônia total, nitrito, fósforo, alcalinidade e dureza foram analisados uma vez por semana, de acordo com a metodologia descrita em APHA (2005). Os valores de amônia permaneceram zerados em todas as análises feitas, enquanto que o nitrito foi de 0,01±0,03

mg/L, fósforo de $0,06 \pm 0,01$ mg/L, pH de $7,71 \pm 0,11$, alcalinidade $106,55 \pm 6,33$ mg/L de CaCO_3 e dureza de $30,42 \pm 1,38$ mg/L de CaCO_3 .

Ao final do período experimental, os animais foram mantidos em jejum por 24 horas para o esvaziamento do trato gastrointestinal, e, após este período, foram eutanasiados através de imersão em solução de água com superdosagem (300mg L^{-1}) de óleo de cravo (Vidal et al., 2008). Posteriormente, foram efetuadas as medidas individuais do desempenho zootécnico: peso total (g), ganho de peso total (g), comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), peso eviscerado (g) e de tronco limpo (g) e foram calculados ganho de peso (GP): peso final – peso inicial; rendimento de carcaça eviscerada (RC): (peso eviscerado/peso final) x 100; rendimento de tronco limpo (TL): (peso tronco limpo/peso final); taxa de crescimento específico (TCE): $\{[\log_n (\text{Peso final}) - \log_n (\text{Peso inicial})] / \text{período} \times 100$; conversão alimentar aparente (CAA): quantidade de alimento consumido / ganho de peso; taxa de eficiência proteica (TEP): ganho de peso / quantidade de proteína consumida; eficiência alimentar: (ganho de peso/consumo) x 100; fator de condição (FT: $)(\text{Peso final} \times 100) / (\text{Comprimento total}^3)$). Os hepatopâncreas de três animais foram removidos e pesados, para calcular o índice hepatossomático (IH): (peso do hepatopâncreas/peso final) x 100, enquanto que outros três foram coletados aleatoriamente para avaliação da composição química corporal, quanto a proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e matéria mineral, seguindo as metodologias descritas no AOAC (2005).

2.3 Análise estatística

As médias de todos os parâmetros avaliados entre os tratamentos foram submetidas aos testes de homocedasticidade (Levene) e de normalidade (Shapiro-Wilks), e, posteriormente à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade utilizando o software *Statística 7.0*[®] (Statsoft, Tulsa, OK, USA) sendo os valores expressos como média \pm desvio padrão. Quando constatadas diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de Tukey. Também foi realizada análise de regressão para determinar a relação entre os tratamentos.

3. Resultados

3.1 Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA)

A composição bromatológica das rações referência e teste, bem como do alimento teste, quanto aos valores de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, FDN, FDA, extrato etéreo, matéria mineral, energia bruta, hemicelulose e aminoácidos estão descritas na Tabela 3. O DDGS apresentou energia bruta de 4920 kcal/kg e 25,66 % de proteína bruta.

Tabela 3 Composição bromatológica do DDGS, ração teste e ração referência (base na matéria seca).

Composição	DDGS	Ração referência	Ração teste
Matérias seca (%)	91.34	89.22	93.61
Energia bruta (kcal/kg)	4920.00	4107.00	4440.00
Proteína bruta (%)	25.66	35.95	32.40
Extrato etéreo (%)	5.24	4.70	6.11
Fibra bruta (%)	11.34	ND	ND
FDA (%)	15.51	7.29	10.22
FDN (%)	60.16	26.48	39.36
Hemicelulose (%)	44.65	19.19	29.15
Matéria mineral (%)	1.72	8.50	6.87
Aminoácidos			
Essenciais			
Arginina	1.09	2.78	1.74
Fenilalanina	0.65	1.97	1.32
Histidina	0.65	0.97	0.92
Isoleucina	1.01	1.87	1.23
Leucina	2.83	2.98	2.39
Lisina	0.98	2.36	1.39
Metionina	0.49	0.51	0.44
Treonina	0.33	1.58	1.15
Triptofano	0.23	0.46	0.28
Valina	1.30	1.85	1.35
Não-essenciais			
Ácido aspárgico	1.83	4.32	2.69
Ácido glutâmico	4.27	6.76	4.71
Alanina	1.93	1.79	1.48
Cistina	0.44	0.39	0.36
Glicina	1.13	1.65	1.35
Prolina	2.24	2.03	1.79
Serina	1.26	1.82	1.30
Tirosina	1.05	1.39	1.09

FDA: fibra em detergente ácido; FDN: fibra em detergente neutro

As médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, energia e aminoácidos do DDGS para juvenis de tilápia do Nilo estão na Tabela 4, sendo que o CDA da proteína bruta foi de 87,96%, da energia bruta foi de 50,97%, enquanto o coeficiente de digestibilidade aparente de todos os aminoácidos foi superior a 71,57%.

Tabela 4 Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e valores digestíveis (VD) dos nutrientes e energia do DDGS para juvenis de tilápia do Nilo.

Energy/nutrients	CDA (%)	VD (%)
Energia bruta	50.97	2507.72
Proteína bruta	87.96	22.57
Extrato etéreo	93.00	4.87
Fibra em detergente neutro	22.33	13.43
Fibra em detergente ácido	22.72	3.52

O aminoácido com maior CDA para juvenis de tilápia do Nilo foi a histidina (91,78%), enquanto o menor CDA foi da treonina (71,57%) (Tabela 5).

Tabela 5 Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e valores digestíveis (VD) dos aminoácidos do DDGS para juvenis de tilápia do Nilo.

Aminoácidos	% no DDGS	CDA DDGS (%)	VD DDGS (%)
Essenciais			
Arginina	1.09	84.02	0.92
Fenilalanina	0.65	82.30	0.53
Histidina	0.65	91.78	0.60
Isoleucina	1.01	77.92	0.79
Leucina	2.83	82.11	2.32
Lisina	0.98	83.18	0.82
Metionina	0.49	88.51	0.43
Treonina	0.33	71.57	0.24
Triptofano	0.23	74.26	0.17
Valina	1.30	77.12	1.00
Não-essenciais			
Ácido aspárgico	1.83	87.65	1.60
Ácido glutâmico	4.27	90.03	3.84
Alanina	1.93	75.10	1.45
Cistina	0.44	79.08	0.35
Glicina	1.13	78.35	0.89
Prolina	2.24	82.62	1.85
Serina	1.26	83.50	1.05
Tirosina	1.05	85.97	0.90

3.2 Inclusão do DDGS nas dietas

As médias obtidas para as variáveis de desempenho zootécnico para juvenis de tilápia do Nilo alimentados durante 52 dias com dietas contendo níveis crescentes de DDGS estão descritas na Tabela 6. Não houve diferença significativa nas variáveis de peso inicial, peso final, ganho de peso, comprimento total, comprimento padrão, rendimento de tronco limpo, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico (TCE), eficiência alimentar, fator de condição, ganho de peso diário (GPD) e sobrevivência ($p > 0,05$).

Entretanto, valores de rendimento de carcaça, índice hepatossomático e taxa de eficiência proteica apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Quanto ao rendimento de carcaça, dietas com os níveis de 20 e 30% de adição de DDGS apresentaram os maiores valores, enquanto o de 10% apresentou o menor rendimento e os tratamentos de 0 e 40% foram semelhantes entre si e a todos os outros níveis. Quanto a taxa de eficiência proteica, os peixes alimentados com dieta contendo níveis de 20 e 30% de DDGS apresentaram TEP significativamente menor ($P < 0,05$) que aqueles alimentados com dietas sem adição do DDGS, enquanto que os que receberam dieta contendo 10 e 40% de DDG não diferiram dos demais (Tabela 6).

Quanto ao índice hepatossomático, houve efeito linear da inclusão dos níveis de DDGS ($p < 0,05$), apresentando uma diminuição no IHS conforme houve aumento nos níveis de inclusão do DDGS.

Resultados obtidos para análise da composição bromatológica dos animais alimentados com dietas contendo níveis crescentes de DDGS encontram-se na Tabela 7. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$), para os dados de fibra bruta e matéria mineral, por outro lado, a proteína bruta e o extrato etéreo sofreram efeito da inclusão do DDGS nas dietas ($p > 0,05$). Para proteína bruta, os tratamentos de 10 e 30% foram semelhantes entre si, e apresentaram os menores valores, enquanto o tratamento de 0 e 20% apresentaram os maiores valores e foram diferentes dos anteriores, enquanto o tratamento de 40% foi semelhante a todos os outros. Já para o extrato etéreo, foi observado efeito linear crescente ($p < 0,05$) deste parâmetro nas carcaças dos peixes, conforme aumentou a adição do DDGS na dieta (Figura 2).

Tabela 6 Desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo níveis crescentes de DDGS.

Variável	Tratamentos (% inclusão de DDGS)					<i>p-value</i>
	0	10	20	30	40	
Peso inicial (g)	28.96±9.62	28.32±9.07	29.26±10.29	29.26±8.34	29.44±9.72	0.99
Peso final (g)	100.31±15.36	103.97±9.74	98.88±12.40	107.20±10.37	106.11±10.12	0.82
Ganho de peso (g)	71.35±6.09	75.65±12.97	69.27±2.31	77.94±4.81	76.67±4.50	0.40
Comp. Total (cm)	16.89±0.91	16.56±0.84	16.84±0.91	17.22±0.68	17.16±0.82	0.80
Comp. Padrão (cm)	13.81±0.78	13.53±0.85	13.91±0.89	14.32±0.64	14.08±0.89	0.71
Rendimento carcaça (%)	84.85±1.14 ^{ab}	81.13±2.85 ^b	85.67±1.34 ^a	85.82±0.94 ^a	84.72±1.08 ^{ab}	0.01
Rend. tronco limpo (%)	45.75±4.62	44.00±9.01	43.03±8.70	47.84±6.52	43.34±7.35	0.87
Índice hepatossomático	3.05±0.10 ^c	2.76±0.31 ^{bc}	2.57±0.18 ^{ab}	2.47±0.25 ^{ab}	2.24±0.16 ^a	0.00
Conversão alimentar	1.23±0.06	1.25±0.12	1.34±0.07	1.35±0.05	1.31±0.08	0.18
TCE	2.45±0.34	2.57±0.63	2.40±0.45	2.55±0.40	2.54±0.49	0.98
TEP	3.00±0.14 ^b	2.74±0.28 ^{ab}	2.59±0.13 ^a	2.61±0.10 ^a	2.72±0.17 ^{ab}	0.03
Eficiência alimentar	81.36±3.87	80.41±8.25	74.80±3.68	74.02±2.85	76.40±4.72	0.19
Fator de condição	2.08±0.19	2.30±0.21	2.07±0.21	2.10±0.09	2.10±0.11	0.33
GPD (g)	1.37±0.12	1.45±0.25	1.33±0.04	1.50±0.09	1.47±0.09	0.40
Sobrevivência (%)	87,50±12,58	90,00±8,16	97,50±5,00	90,00±8,16	100±0,00	0.17

Tabela 7 Composição bromatológica da carcaça de juvenis de tilápias do Nilo alimentados com níveis crescentes de DDGS na dieta, com base na matéria natural.

Variável	DDGS (%)					p-value
	0	10	20	30	40	
Proteína bruta	53,72±0,97 ^b	50,61±1,86 ^a	53,89±1,96 ^b	50,56±1,64 ^a	50,85±1,45 ^{ab}	0,01
Extrato etéreo	25,55±1,26 ^a	25,21±1,61 ^a	26,91±1,12 ^{ab}	26,62±1,46 ^{ab}	28,73±0,70 ^b	0,00
Fibra bruta	7,90±1,38	9,04±3,23	5,58±1,52	9,80±2,21	10,96±4,28	0,11
Matéria mineral	14,25±0,99	13,91±2,00	13,26±1,70	14,49±1,23	13,32±1,45	0,72

4. Discussão

4.1 Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA)

O percentual de proteína bruta (PB) obtido no presente trabalho (25,66%) foi menor do que os valores observados em outros estudos, que variaram entre 28,9 e 37,05%: Shelby et al., 2008 (32,5% de PB); Welker et al., 2014 (28,9-31,3% de PB) e Lewandowski et al., 2017 (37,05% de PB). A influência do tipo de processo adotado nas indústrias de etanol, explica as diferenças dos valores nutricionais desse subproduto, quando comparado a outros estudos descritos na literatura (Shelby et al., 2008; Welker et al., 2014 e Lewandowski et al., 2017).

Neste trabalho o maior coeficiente de digestibilidade aparente encontrado na alimentação foi o do extrato etéreo, com 93%, o qual teve um aproveitamento de 4,87% (valor digestível), dos 5,24% presentes no alimento.

O CDA da proteína no presente trabalho foi de 87,96%, com valor digestível de 22,57%. Thompson et al., (2008) avaliaram a digestibilidade do DDGS pelo sunshine bass (*Morone chrysops x M. saxatilis*) e determinaram que 64,94% de proteína bruta é digestível pelo animal, já Li et al., (2013) avaliaram o valor nutritivo do DDGS para *Ictalurus punctatus* e obtiveram 89,9% de digestibilidade da proteína bruta. Por se tratar de um peixe com hábito alimentar onívoro, a tilápia é um animal que se adapta facilmente a vários ingredientes, fato esse que pode ser comprovado com o CDA da proteína do DDGS, chegando próximo aos valores de ingredientes comuns, como milho (91,66% de proteína digestível) e farelo de soja (91,56% de proteína digestível) (Pezzato et al., 2002). O CDA do DDGS encontrado para a tilápia do Nilo é semelhante a de outros alimentos vegetais utilizados como fontes proteicas na ração de peixes como o farelo de canola (CDA de 87,00%) e da farinha de glúten de milho 60% (CDA de 95,96%) para a mesma espécie (Pezzato et al., 2002).

Para Lewandowski e colaboradores (2017), o DDGS possui alta concentração de energia bruta e uma menor quantidade de proteína quando comparado com o farelo de soja,

ingrediente protéico mais usado em dietas para peixes. No presente trabalho, a energia digestível do DDGS foi de 2507,72 Kcal/kg, dos 4920 Kcal/kg de energia bruta disponíveis (CDA de 50,97%). Esse CDA foi inferior ao de outros ingredientes energéticos, como milho (93,49%) e farelo de arroz (84,2%) para tilápia do Nilo (Silva et al., 2016), e para ingredientes proteicos de origem vegetal como o glúten de milho (93,52%) (Meurer et al., 2003). Porém, a baixa digestibilidade da energia do DDGS já foi verificada por outros autores, como Li et al., (2013), que obteve o coeficiente de 58,5% de digestibilidade para *Ictalurus punctatus*, fato este que pode ser consequência das altas taxas de fibra na dieta, que podem reduzir a ação das enzimas digestivas nos nutrientes, diminuindo assim seu coeficiente de digestibilidade aparente (Sklan et al., 2004).

Sabe-se que os alimentos energéticos, normalmente usados na produção de rações, apresentam maior quantidade de amido em sua constituição. O amido é a molécula de reserva energética dos ingredientes vegetais e, devido às características morfológicas do trato gastrointestinal, a tilápia do Nilo apresenta elevada capacidade de aproveitamento desse nutriente (Rodrigues et al., 2012). Durante o processo de fermentação do milho na indústria de destilaria, a maior parte do amido é transformada em etanol, resultando em pequena quantidade desse nutriente (menos que 5%) na composição do DDGS (Welker et al., 2014), fato que pode ter contribuído para a menor digestibilidade da energia.

O DDGS utilizado neste estudo possuía um elevado teor de fibras. Na presença de elevadas quantidades de fibras, por serem de baixa digestibilidade e rápida passagem pelo trato gastrointestinal, estas podem ter limitado a ação das enzimas digestíveis, sobre os outros ingredientes da alimentação, principalmente da energia que é de lenta absorção (Bakke et al., 2011; Vidal et al., 2017), o que está de acordo com o trabalho de Oliveira e colaboradores (2021), que observaram uma redução dos níveis de digestibilidade da matéria seca e energia para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), devido a quantidade de fibras presentes nas dietas (FDN entre 28 à 44%).

Já o extrato etéreo apresentou um CDA de 93%, o que é interessante pelo fato do mesmo ser uma fonte de energia prontamente disponível, sendo um precursor de hormônios e importante para a absorção de vitaminas lipossolúveis. O resultado é similar ao encontrado por Lanna et al., (2004), onde alevinos de tilápia do Nilo apresentaram CDA de 97,31% do extrato etéreo após terem sido alimentados com uma dieta contendo 12% de fibra bruta e 10% de óleo de soja em sua composição, mostrando que esses teores de fibra não influenciaram na digestibilidade do extrato etéreo.

Quanto aos aminoácidos essenciais e não essenciais presentes no DDGS, estes apresentaram coeficientes de digestibilidade aparente superiores a 71%. A histidina apresentou maior CDA, de 91,78%, seguida pelo ácido glutâmico (90,03%), com valores digestíveis de 0,60% e 3,83% (Tabela 5). Dependendo da fonte dos grãos utilizados, os DDGS podem ser deficientes em aminoácidos quanto às necessidades dietéticas da tilápia do Nilo, quando comparado com o farelo de soja, o qual caracteriza-se como a principal fonte proteica de origem vegetal utilizada na alimentação animal (NRC, 2011), podendo ser necessário a adição de outras fontes de proteína com um perfil de aminoácidos essenciais complementares de modo que não comprometa a digestibilidade do alimento, ou da suplementação de aminoácidos essenciais nas dietas, para suprir a deficiência nutricional do alimento de maneira eficaz (Welker et al., 2014).

Comparando os aminoácidos do DDGS com o farelo de soja e com o milho, as duas fontes de proteínas das dietas utilizadas neste experimento (ingredientes que foram parcialmente substituídos para a inclusão do DDGS), constatamos que ele tem menores porcentagens de aminoácidos essenciais que o farelo de soja, mas é mais completo nutricionalmente que o milho (Tabela 8). Desta forma, pode-se inferir que, dependendo dos níveis de inclusão e de qual ingrediente será substituído, não seja necessária a suplementação da dieta com aminoácidos cristalinos.

A deficiência em aminoácidos dos DDGS está relacionada principalmente em relação à lisina, treonina e triptofano. Robinson e Li, (2008) e Welker et al., (2014) observaram que o DDGS pode ser incluído em dietas para catfish (*Ictalurus punctatus*) e trutas arco-íris (*Onchorhynchus mykiss*), respectivamente, em até 30% quando a ração foi suplementada com lisina. Soltan et al., (2015), verificaram que as dietas formuladas para seu estudo com níveis de inclusão entre 10 a 30% de DDGS, substituindo o milho e o farelo de soja, não apresentaram nenhuma variação quanto aos níveis de aminoácidos entre elas, e atenderam as exigências de aminoácidos da tilápia do Nilo. O uso de outras fontes de proteína e energia derivadas de plantas ou de seus subprodutos, mais baratas do que o farelo de soja e milho moído nas dietas, pode ser explorado como forma de reduzir o custo da alimentação dos peixes.

Tabela 8 Composição de aminoácidos do DDGS, farelo de soja e do milho.

Amino acids	DDGS			Farelo de soja (46.43% de CP) ¹			Milho (8.22% de CP) ¹		
	%	CDA (%)	VD (%)	%	CDA (%)	VD (%)	%	CDA (%)	VD (%)
Essenciais									
Arginina	1.09	84.02	0.92	3.75	96.21	3.61	0.38	91.22	0.35
Fenilalanina	0.65	82.30	0.53	1.86	93.33	1.74	0.33	88.45	0.29
Histidina	0.65	91.78	0.60	1.09	92.41	1.01	0.29	87.64	0.25
Isoleucina	1.01	77.92	0.79	1.90	87.48	1.66	0.27	80.76	0.22
Leucina	2.83	82.11	2.32	3.42	91.04	3.11	0.88	92.51	0.81
Lisina	0.98	83.18	0.82	2.64	90.83	2.40	0.23	90.23	0.21
Metionina	0.49	88.51	0.43	0.55	97.10	0.53	0.16	92.36	0.15
Treonina	0.33	71.57	0.24	1.53	90.29	1.38	0.32	88.25	0.28
Triptofano	0.23	74.26	0.17	0.56	92.61	0.52	0.08	91.15	0.07
Valina	1.30	77.12	1.00	1.95	89.38	1.74	0.39	89.26	0.35
Não-essenciais									
Ácido aspárgico	1.83	87.65	1.60	4.64	93.93	4.36	0.39	88.77	0.35
Ácido glutâmico	4.27	90.03	3.84	7.86	95.97	7.54	1.45	89.42	1.30
Alanina	1.93	75.10	1.45	1.76	87.21	1.53	0.61	86.24	0.53
Cistina	0.44	79.08	0.35	0.55	93.97	0.52	0.17	88.55	0.15
Glicina	1.13	78.35	0.89	1.70	87.08	1.48	0.21	85.48	0.18
Prolina	2.24	82.62	1.85	2.43	87.39	2.12	0.72	95.44	0.69
Serina	1.26	83.50	1.05	1.86	97.03	1.80	0.3	86.24	0.26
Tirosina	1.05	85.97	0.90	1.08	88.84	0.96	0.43	84.36	0.36

¹ Furuya et al. (2001).

4.2 Inclusão do DDGS nas dietas

O DDGS é uma fonte de proteína acessível e foi incorporado com sucesso em dietas de peixes carnívoros como a truta arco íris (*Rainbow trout*) (Barnes et al., 2012; Cheng e Hardy, 2004), o robalo listrado (Trushenski et al., 2013) e a dourada (*Sparus aurata*) (Diógenes et al., 2018), bem como de peixes onívoros, como a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Wu et al., 1996; Shelby et al., 2008; Abo-State et al., 2009; Herath et al., 2016), o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (Tidwell et al., 1990) e o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (Oliveira et al., 2020; Oliveira et al., 2021).

A inclusão de níveis de até 40% de DDGS na dieta de juvenis de tilápia do Nilo não afetou o desempenho zootécnico dos animais. Resultados semelhantes foram observados por Wu et al., (1996), que concluiu que dietas contendo 32, 36 e 40% de proteína bruta e até 49% de DDGS apresentaram bons índices de ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica, e afirmam que este ingrediente pode ser utilizado na alimentação do animal. Já Soltan et al., (2015), indica a substituição do farelo de soja e da mistura de milho amarelo nas dietas para tilápia do Nilo, pelo DDGS, em até 20% sem adição de enzimas e até 30% com adição de enzimas.

Suprayudi et al. (2015), demonstraram que dietas sem farinha de peixe e com até 40% de inclusão de DDGS proporcionam bom desempenho zootécnico e são economicamente viáveis para a produção de tilápia vermelha em tanque rede. Para o bagre do canal, o DDGS parece ser um ingrediente adequado para uso em dietas com inclusão de até 30%, ou então quando a dieta é suplementada com lisina, de acordo com Robinson e Li, (2008). Já Renukdas et al., (2014) afirmam que o bagre do canal e o bagre híbrido (*Ictalurus punctatus* × *Ictalurus furcatus*) podem utilizar até 20% de inclusão do DDGS na dieta, sem sofrer efeitos negativos sobre as características produtivas, aparência do produto e composição proximal de nutrientes.

Por outro lado, Coyle et al., (2004) observou que juvenis de tilápia alimentados com dietas contendo 30% de DDGS + 46% de farelo de soja não apresentaram crescimento satisfatório, provavelmente devido a deficiência em aminoácidos apresentada pelos subprodutos de destilarias (DDG, DDGS e DDS), o que não ocorreu no presente estudo. Já Shelby et al., (2008) sugerem que a não suplementação de lisina em dietas para tilápia do Nilo contendo 60% de DDGS, foi um fator limitante para o crescimento dos animais.

Diferentes características do DDGS podem estar envolvidas ao fato de ser um ingrediente com comprovada eficácia na alimentação de peixes. O DDGS de milho contém 3,9% de levedura (Ingledeew, 1999), que são ricas em β -glucanos, podendo melhorar a imunidade dos animais, além de ser palatável aos peixes (Lim et al., 2011). Também houve relatos de que pacus alimentados com dietas contendo DDGS demonstraram melhorias na morfologia intestinal e do estado oxidativo celular, além de diminuir os efeitos negativos induzidos pelo farelo de soja sobre a morfologia intestinal, contribuindo para a melhora da saúde intestinal, podendo até ter efeito prebiótico (Oliveira et al., 2021).

Quanto ao índice hepatossomático, a redução linear observada no presente trabalho pode estar relacionada ao fato do animal ter acumulado gordura na carcaça e não no fígado. Este resultado discorda do observado por Lanna et al., (2004) que, em estudos com a tilápia do Nilo alimentadas com rações com níveis crescentes de óleo e fibra apresentaram maior deposição de gordura no fígado. Nas rações que apresentaram teor de gordura estimado em 8,73%, a variação quadrática do índice hepatossomático apresentou valores mais elevados. Para os maiores teores de fibra bruta (12%) estes mesmos autores observaram redução do índice hepatossomático de 1,41 para 0,98, o mesmo pode ter ocorrido com o presente estudo onde as rações com 40% de inclusão de DDG apresentaram teor de fibra bruta de 12,17% e menor IHS (2,21). O elevado teor de fibra bruta na ração pode ter ocasionado a redução no índice hepatossomático das tilápias, mas, mesmo com níveis de fibra superiores aos recomendados pelo NRC (2011) para peixes onívoros, não houve diminuição do seu desempenho zootécnico.

A composição de fibra bruta e matéria mineral não foram influenciados pela inclusão de DDGS na dieta de juvenis de tilápia do Nilo, por outro lado, proteína bruta e extrato etéreo foram afetados. Lim et al., (2007), em estudo com tilápia do Nilo, não encontraram diferenças para umidade, matéria mineral e extrato etéreo em dietas com suplementação de até 40% de DDGS com adição de lisina, porém, a proteína corporal dos animais alimentados com dieta contendo 40% DDGS, sem lisina, foi significativamente menor do que nos peixes alimentados com a dieta controle, mas não diferiu de outros tratamentos. Já Webster et al. (1991) observaram diminuição no teor de proteína da carcaça do catfish alimentados com 55% de DDGS.

Resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho foram obtidos por Lim et al. (2009) em estudos com catfish. A inclusão de 40% de DDGS não afetou o desempenho zootécnico dos animais e nem a proteína e matéria mineral da carcaça, mas

apresentou aumento na gordura corporal. Lim, et al. (2007) também encontraram aumento da gordura na carcaça de catfish alimentados com 40% de DDGS e suplementação de lisina na ração. A diferença significativa observada na análise de extrato etéreo da carcaça de tilápia do Nilo alimentada com níveis crescentes de DDG sugere que a adição de óleo de soja na composição da dieta com o propósito de suprir a demanda energética do animal possa ter influenciado no resultado já que as dietas eram isoenergéticas, causando um acúmulo de gordura e sobrepondo-se aos efeitos ocasionados pelo acréscimo do ingrediente testado. Lim, et al. (2007) também observaram que o aumento da gordura na carcaça ocorreu pelo aumento de gordura na ração dos animais, já que também utilizaram uma ração isoenergética. Esses resultados demonstram que a tilápia do Nilo pode armazenar quantidades significativas de gordura na carcaça (Lanna et al., 2004) sem afetar seu desempenho zootécnico.

A redução de deposição de proteína corporal dos animais alimentados com dietas contendo DDGS, em comparação ao tratamento controle, pode estar relacionado ao fato de não ter sido realizada suplementação de lisina, causando deficiência deste aminoácido, o que pode contribuir para a redução da síntese proteica (Lim et al., 2009). Webster et al. (1992) observaram diminuição no teor de proteína da carcaça do catfish alimentados com 90% de DDGS sem adição de lisina, quando comparados com a carcaça de peixes alimentados com dieta contendo 55% de DDGS. Lim et al., (2007) observaram proteína corporal inferior em catfish alimentados com dietas com 40% de DDGS e sem suplementação de lisina.

Sendo assim, observamos que o DDGS apresenta grande potencial para ser utilizado em dietas para juvenis de tilápia do Nilo em substituição ao farelo de soja e confirmou a possibilidade da inclusão deste ingrediente para a indústria de rações. Mais estudos devem ser elaborados em situações diferentes, com o objetivo de determinar melhor os efeitos do DDGS sobre o desempenho zootécnico em diferentes fases de cultivo e avaliar seu efeito sobre a saúde do animal.

5. Conclusão

O DDGS de milho pode ser utilizado como alimento alternativo nas dietas para a tilápia do Nilo, pois apresenta coeficiente de digestibilidade aparente de 87% da proteína bruta, 93% do extrato etéreo, e 50,97% da energia presente, entretanto, é indicado que seja realizada a suplementação com aminoácidos cristalinos para atender às exigências

nutricionais da tilápia do Nilo, além de se observar a quantidade de fibra adicionada a dieta, para que essa não interfira na digestibilidade do alimento. Também foi possível observar que juvenis de tilápia do Nilo tem a capacidade de utilizar dietas contendo até 40% de DDGS, sem suplementação de lisina, e não sofrem efeitos negativos no desempenho zootécnico.

Referências

- Abo-State, H.A., Tahoun, A.M., Hamouda Y.A., 2009. Effect of replacement of soybean by DDGS combined with commercial phytase on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings growth performance and feed utilization. *Am. Eurasian. J. Agric. Environ. Sci.* 5, 473-479.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^o ed. Washington, 2005.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1995) Official methods of analysis of AOAC international, 16th edn. AOAC Inc., Arlington, VA.
- Bakke, A.M., Glover, C., Krogh, A., 2011. Feeding, digestion and absorption of nutrients. In: Martin-Grosell, A.P.F., Colin, J.B. (Eds.), *Fish Physiol.* Academic Press, pp. 57–110.
- Barnes, M.E., Brown, M.L., Rosentrater, K.A., 2012. Initial observations on the inclusion of high protein distillers dried grain into rainbow trout diets. *Open Fish Sci. J.* 5, 21-29. doi.org/10.2174/1874401X01205010021
- Cheng, Z. J., Hardy, R. W., Usry, J. L., 2003. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients. *Aquaculture*, 215 (1-4), 255–265. doi:10.1016/s0044-8486(02)00166-7.
- Cheng, Z. J., Hardy, R. W., 2004. Nutritional Value of Diets Containing Distiller's Dried Grain with Solubles for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, 15 (3-4), 101–113. doi:10.1300/j028v15n03_08
- Coyle, S. D., G. J. Mengel, J. H. Tidwell, Webster, C.D., 2004. Evaluation of growth, feed utilization, and economics of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, fed diets containing different protein sources in combination with distillers dried grains with solubles. *Aquaculture Research*, 35, 365–370. doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01023.x
- Diógenes, A. F., Basto, A., Estevão-Rodrigues, T. T., Moutinho, S., Aires, T., Oliveira-Teles, A., Peres, H., 2018. Soybean meal replacement by corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and exogenous non-starch polysaccharidases supplementation in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*, 500, 435-442. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.10.035
- El-Sayed, A.F.M., 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, 179 (1-4), 149–168. doi:10.1016/s0044-8486(99)00159-3
- Hagen, S.R., Frost, B., Augustin, J., 1989. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. *Journal-Association of Official Analytical Chemists*, 72 (6), 912-916.

- Furuya, W. M., Pezzato, L.E., Pezzato, A.C., Barros, M.M., Miranda, E.C., 2001. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, 3 (4), 1143-1149. doi.org/10.1590/S1516-35982001000500002
- Gatlin, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., Herman, E., Hu, Gongshe, Krogdahl, Á., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, J. E., Stone, D., Wilson, R., Wurtele, E., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research, 38 (6), 551–579. doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x
- Herath, S.S., Haga, Y., Satoh, S., 2016. Effects of long-term feeding of corn co-productbased diets on growth, fillet color, and fatty acid and amino acid composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 464, 205-212. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.032
- Ingledeew, W.M., 1999. Yeast—could you base business on this bug? In: Lyons TP, Jacques KA (eds) Under the Microscope – Focal Points for the New Millennium—Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech’s 15th Annual Symposium, pp. 27–47. Nottingham University Press, Nottingham, England.
- Lanna, E.A.T., Pezzato, L.E., Furuya, W.M., Vicentini, C.A., Cecon, P.R., Barros, M.M., 2004. Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, 33 (6), 2177-2185. doi.org/10.1590/S1516-35982004000900001
- Lewandowski, V., Sary, C., Pessini, J.C., Boscolo, W.R., Bittencourt, F., Feiden, A., 2017. DDGS (Grãos Secos de Destilaria com Solúveis) como ingrediente na alimentação da tilápia do Nilo. Sci. Agrar. Parana, 16 (2), 225-229. http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p225-229
- Li, M. H., Oberle, D. F., Lucas, P. M., 2011. Apparent digestibility of alternative plant-protein feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). Aquaculture Research, 44 (2), 282–288. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.03035.x
- Li, M. H., Oberle, D. F., Lucas, P. M., 2013. Apparent digestibility of alternative plant-protein feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). Aquaculture Research 44:282–288.
- Lim, C., Garcia, J. C., Yildirim-Aksoy, M., Klesius, P. H., Shoemaker, C. A., Evans, J. J., 2007. Growth Response and Resistance to *Streptococcus iniae* of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing distiller’s dried grains with solubles. Journal of the World Aquaculture Society, 38 (2), 231–237. doi:10.1111/j.1749-7345.2007.00093.x
- Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Klesius, P. H., 2009. Growth response and resistance to *Edwardsiella ictaluri* of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing distiller’s dried grains with solubles. Journal of the World Aquaculture Society, 40 (2), 182–193. doi:10.1111/j.1749-7345.2009.00241.x
- Lim, C., Li, E., Klesius, P. H., 2011. Distiller’s dried grains with solubles as an alternative protein source in diets of tilapia. Reviews in Aquaculture, 3 (4), 172–178. doi:10.1111/j.1753-5131.2011.01054.x
- Liu, K., 2009. Effects of particle size distribution, compositional and color properties of ground corn on quality of distillers dried grains with solubles (DDGS). Bioresource Technology, 100 (19), 4433–4440. doi:10.1016/j.biortech.2009.02.067
- Magalhães, R., Coutinho, F., Pousão-Ferreira, P., Aires, T., Oliva-Teles, A., Peres, H., 2015. Corn distiller’s dried grains with solubles: Apparent digestibility and digestive enzymes activities in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) and

- meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture*, 443, 90–97. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.03.016
- Mamauag, R. E. P., Ragaza, J. A., Nacionales, T. J., 2017. Nutritional evaluation of distiller's dried grain with soluble as replacement to soybean meal in diets of milkfish, *Chanos chanos* and its effect on fish performance and intestinal morphology. *Aquaculture Nutrition*, 23 (5), 1027–1034. doi:10.1111/anu.12470
- Meurer, F., Hayashi, C., Boscolo, W. R., 2003. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32 (6 suppl 2), 1801–1809. doi:10.1590/s1516-35982003000800001
- Meurer, F., Franzen, A., Piovesan, P., Rossato, K. A., Santos, L. D. D., 2011. Apparent energy digestibility of glycerol from biodiesel production for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758). *Aquaculture Research*, 43 (11), 1734–1737. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02974.x
- Mukhopadhyay, N., Ray, A. K., 1997. The apparent total and nutrient digestibility of sal seed (*Shorea robusta*) meal in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Aquaculture Research*, 28 (9), 683–689. doi:10.1046/j.1365-2109.1997.00909.x
- NRC - National Research Council, 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. The National Academies Press, Washington, D.C.
- Oliveira, K.R.B., Segura, J.G., Oliveira, B.A., Medeiros, A.C.L., Zimba, R.D., Viegas, E.M.M., 2020. Distillers' dried grains with soluble in diets for Pacu, *Piaractus mesopotamicus* juveniles: Growth performance, feed utilization, economic viability, and phosphorus release. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 262, 114393. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114393>
- Oliveira, K. R. B., Peres, H., Olivia-Teles, A., Marconi, J.N., Paulino, R.R., Diógenes, A.F., Viegas, E.M.M., 2021. Maize distillers dried grains with solubles alter dietary digestibility and improve intestine health of pacu, *Piaractus mesopotamicus* juveniles. *British Journal of Nutrition*, 125 (12), 1331-1343. doi.org/10.1017/S0007114520003645
- Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Barros, M.M., Pinto, L.G.Q., Furuya, W.M., Pezzato, A.C., 2002. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *R. Bras. Zootec.* 31, 1595-1604. doi.org/10.1590/S1516-35982002000700001
- Renukdas, N., Engle, C., Lochmann, R., Li, M. H., Avery, J., Tucker, C. S., Bosworth, B., 2014. Performance of alternative diets containing solvent-extracted distillers dried grains with solubles compared to traditional diets for pond-raised channel catfish, *Ictalurus punctatus*, and hybrid catfish, *Ictalurus punctatus* × *Ictalurus furcatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45 (3), 290–300. doi:10.1111/jwas.12123
- Reveco, F. E., Collins, S. A., Randall, K. M., Drew, M. D., 2011. Aqueous fractionation improves the nutritional value of wheat distillers grains for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 18 (2), 202–210. doi:10.1111/j.1365-2095.2011.00889.x
- Robinson, E. H., Li, M. H., 2008. Replacement of soybean meal in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diets with cottonseed meal and distiller's dried grains with solubles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39 (4), 521–527. doi:10.1111/j.1749-7345.2008.00190.x
- Rodrigues, A.P.O., Gominho-Rosa, M.D.C., Cargin-Ferreira, E., Francisco, A., Fracalossi, D.M., 2012. Different utilization of plant sources by the omnivores

- jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, 18 (1), 65-72.
- Shelby, R. A., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Klesius, P. H., 2008. Effect of distillers dried grains with solubles-incorporated diets on growth, immune function and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 39 (12), 1351–1353. doi:10.1111/j.1365-2109.2008.02000.x
- Silva, R.L., Araújo, E.P., Rocha, M.K.H.R., Damasceno, F.M., Barros, M.M., Pezzato, L.E., 2016. Valor nutritivo de alimentos energéticos para a Tilápia-do-Nilo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42 (3), 566-577. doi: 10.20950/1678-2305.2016v42n3p566
- Sklan, D., Prag, T., & Lupatsch, I., 2004. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). *Aquaculture Research*, 35, 358–364. doi: 10.1111/j.1365-2109.2004.01021.x
- Soltan, M.A., Radwan, A.A., Gomaa, Farag, A.M., 2015. Using distillers dried grains as an alternative protein source in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feeds. *Egypt. J. Aquat. Biol. & Fish.*, 19 (3), 23-33. doi: 10.21608/ejabf.2015.2268
- Spiehs, M. J., Whitney, M. H., Shurson, G. C., 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, 80 (10), 2639. doi:10.2527/2002.80102639x
- Stone, D. A. J., Hardy, R. W., Barrows, F. T., Cheng, Z. J., 2005. Effects of extrusion on nutritional value of diets containing corn gluten meal and corn distiller's dried grain for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, 17 (3), 1–20. doi:10.1300/j028v17n03_01
- Suprayudi, M.A., Yaniharto, D., Priyoutomo, N., Kurnianto, A., Ekasari, J., Jusadi, D., Haga, Y., 2015. Evaluation of practical diets containing high levels of corn distillers dried grains with soluble on red Tilapia floating net cage production performance. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14 (10), 708-711. doi:10.3923/pjn.2015.708.711
- Tidwell, J.H., Webster, C.D., Yancey, D.H., 1990. Evaluation of distillers grains with solubles in prepared channel catfish diets. *Trans. Ky. Acad. Sci.*, 52, 135-138.
- Thompson, K. R., Rawles, S. D., Metts, L. S., Smith, R., Wimsatt, A., Gannam, A. L., Twibell, R.G., Johnson, R.B., Brady, Y.J., Webster, C. D., 2008. Digestibility of dry matter, protein, lipid, and organic matter of two fish meals, two poultry by-product meals, soybean meal, and distiller's dried grains with solubles in practical diets for sunshine bass, *Morone chrysops* × *M. saxatilis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39 (3), 352–363. doi:10.1111/j.1749-7345.2008.00174.x
- Trushenski, J., Gause, B., 2013. Comparative value of fish meal alternatives as protein sources in feeds for hybrid Striped Bass. *N. Am. J. Aquacult.* 75, 329-341. doi.org/10.1080/15222055.2013.768574
- Vidal, L.V.O., Albinati, R.C.B., Albinati, A.C.L., Lira, A.D., Almeida, T.R., Santos, G.B., 2008. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(8), 1069-1074. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000800017>
- Vidal, L.V.O., Xavier, T.O., Moura, L.B., Michelato, M., Martins, E.N., Furuya, W.M., 2017. Apparent digestibility of wheat and coproducts in extruded diets for the

- Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., 18(3), 479-491. doi.org/10.1590/S1519-99402017000300008
- Webster, C. D., Tidwell, J. H., Yancey, D. H., 1991. Evaluation of distillers' grains with solubles as a protein source in diets for channel catfish. Aquaculture, 96(2), 179–190. doi:10.1016/0044-8486(91)90148-z
- Welker, T. L., Lim, C., Barrows, F. T., Liu, K., 2014. Use of distiller's dried grains with solubles (DDGS) in rainbow trout feeds. Animal Feed Science and Technology, 195, 47–57. doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.05.011
- White, J.A., Hart, R.J., Fry, J.C., 1986. An evaluation of the waters pico-tag system for the amino-acid analysis of food materials. Journal of Analytical Methods in Chemistry, 8 (4), 170-177.
- Wu, Y.V., Rosati, R.R., Brown, P.B., 1996. Effect of diets containing various levels of protein and ethanol coproducts from corn on growth of tilapia fry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44,1491-1493.
- Zhou, P., Zhang, W., Davis, D. A., Lim, C., 2010. Growth response and feed utilization of juvenile hybrid catfish fed diets containing distiller's dried grains with solubles to replace a combination of soybean meal and corn meal. North American Journal of Aquaculture, 72 (4), 298–303. doi:10.1577/a10-002.1