

Técnicas nutricionais para a redução do impacto ambiental da produção intensiva de animais não ruminantes

Nutritional techniques for reducing the environmental impact of intensive non-ruminant animal production

Técnicas nutricionales para reducir el impacto ambiental de la producción intensiva de animales no rumiantes

Recebido: 26/08/2019 | Revisado: 02/09/2019 | Aceito: 02/09/2019 | Publicado: 20/09/2019

Marcos Vinícius Martins Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8335-4127>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: viniciusmartins_zootecnia@hotmail.com

Heder José D'Avila Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8360-8227>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: hederdavila@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo neste estudo, foi relatar e discutir novas estratégias aplicadas a nutrição animal que podem contribuir para uma produção sustentável, minimizando a excreção de poluentes, sem que haja prejuízos na qualidade e no máximo desempenho dos animais. De acordo com os estudos analisados de nutrição animal ligados a sustentabilidade, é possível reduzir o impacto da poluição ambiental através de diversas estratégias nutricionais com o objetivo de maximizar a eficiência da retenção de nutrientes e diminuição da excreção dos mesmos. O emprego do conceito de proteína ideal juntamente a utilização de aminoácidos industriais, podem ser utilizados como forma de reduzir a excreção de nitrogênio em diversas espécies sem prejudicar o desempenho. A utilização dos minerais orgânicos em animais não ruminantes, assim como a fitase, e enzimas, contribuem para o aumento da absorção e aproveitamento dos nutrientes, enquanto que os planos nutricionais são de fundamental importância para o balanço adequado de nutrientes e aporte das exigências de cada animal. Paralelo a isso, embora ainda recente, os estudos de nutrigenômica podem colaborar para o melhor ajuste das exigências, levando em consideração o fator genética. Por outro lado, as técnicas empregadas para redução da produção e emissão de gases em cama avícola, quando

aliadas as estratégias nutricionais, podem gerar redução da emissão de gases poluentes, e maximização da qualidade da cama, colaborando com o bem-estar animal.

Palavras-chave: Aminoácidos; enzimas; excreção de nutrientes; minerais orgânicos.

Abstract

The objective of this study was to report and discuss new strategies applied to animal nutrition that can contribute to sustainable production, minimizing the excretion of pollutants, without damage to the quality and maximum performance of animals. According to the sustainability-related animal nutrition studies analyzed, it is possible to reduce the impact of environmental pollution through various nutritional strategies in order to maximize nutrient retention efficiency and decrease nutrient excretion. The use of the ideal protein concept together with the use of industrial amino acids can be used as a way to reduce nitrogen excretion in several species without impairing performance. The use of organic minerals in non-ruminant animals, as well as phytase and enzymes, contribute to the increase of nutrient absorption and utilization, while the nutritional plans are of fundamental importance for the proper balance of nutrients and the requirements of each animal. Parallel to this, although still recent, nutrigenomics studies may contribute to the best adjustment of requirements, taking into account the genetic factor. On the other hand, the techniques employed to reduce the production and emission of poultry litter, when combined with nutritional strategies, can lead to a reduction in the emission of pollutant gases, and maximization of litter quality, contributing to animal welfare.

Keywords: Amino acids; enzymes; nutrient excretion; organic minerals.

Resumen

El objetivo de este estudio fue informar y discutir nuevas estrategias aplicadas a la nutrición animal que pueden contribuir a la producción sostenible, minimizando la excreción de contaminantes, sin dañar la calidad y el máximo rendimiento de los animales. De acuerdo con los estudios de nutrición animal relacionados con la sostenibilidad analizados, es posible reducir el impacto de la contaminación ambiental a través de diversas estrategias nutricionales para maximizar la eficiencia de retención de nutrientes y disminuir la excreción de nutrientes. El uso del concepto de proteína ideal junto con el uso de aminoácidos industriales puede usarse como una forma de reducir la excreción de nitrógeno en varias especies sin afectar el rendimiento. El uso de minerales orgánicos en animales no rumiantes, así como fitasa y enzimas, contribuyen al aumento de la absorción y utilización de nutrientes, mientras que los

planes nutricionales son de importancia fundamental para el equilibrio adecuado de nutrientes y los requisitos de cada animal. Paralelamente a esto, aunque aún es reciente, los estudios de nutrigenómica pueden contribuir al mejor ajuste de los requisitos, teniendo en cuenta el factor genético. Por otro lado, las técnicas empleadas para reducir la producción y emisión de gases de cama de aves de corral, cuando se combinan con estrategias nutricionales, pueden conducir a la reducción de las emisiones de gases contaminantes y a maximizar la calidad de la cama, contribuyendo al bienestar de los animales.

Palabras clave: aminoácidos; enzimas; excreción de nutrientes; minerales orgánicos.

1. Introdução

A produção de animais não ruminantes em contexto nacional, vem se estabelecendo como integrante fundamental para a geração de renda e alimentos para a população. Anualmente, esse setor vem gerando empregos diretos e indiretos, produzindo grandes quantidades de proteína de alta qualidade em tempo e espaço compacto.

Os sistemas que se integram a essa produção tem se intensificado e fortificado através de novas tecnologias implantadas, moldando as técnicas de manejo, genética, nutrição e sanidade. Entretanto, com a potencialização da produção de alimentos, tem se observado prejuízo nas questões ambientais e conseqüentemente discussão acerca da sustentabilidade da cadeia produtiva.

De acordo com órgãos de fiscalização e proteção ambiental, a suinocultura, dentre os não ruminantes, é considerada a atividade de maior gradiente poluidor, devido ao elevado número de contaminantes contido em seus efluentes (Oliveira, 2003). Esses, podem estar envolvidos na eutrofização de cursos d'água caso estejam presentes nos efluentes que são descartados de maneira inadequada. Para o fósforo, o problema é ainda pior, pois as reservas de fosfatos minerais são limitadas, logo, devem ser utilizadas racionalmente e com técnicas para se potencializar a utilização desse nutriente no metabolismo animal. Do mesmo modo, a presença exacerbada de cobre e zinco em solos, pode gerar toxicidade às plantas e microrganismos a médio e longo prazo.

O panorama da avicultura mundial indica uma crescente intensificação da produção. Entretanto, os problemas ambientais vieram paralelamente, indo assim na contra mão da sustentabilidade. A cama originada da criação de frangos é comumente difundida como importante fertilizante por ser rica em nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e potássio (K), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn) (Payne, 1998). Embora seja rica em nutrientes e importante fornecedora de matéria orgânica, a cama de frango, quando utilizada de forma

inadequada, pode transformar os nutrientes benéficos em potenciais contaminantes do meio ambiente.

Na aquicultura, a caracterização dos efluentes é estabelecida diretamente sobre o nível de produção implementado, ou seja, fatores como, qualidade da água de abastecimento, qualidade e quantidade de alimentos fornecidos, tempo de residência do efluente dentro dos sistemas, espécies cultivadas, densidade de estocagem e biomassa dos organismos influenciam de modo geral as características dos efluentes (Baird et al., 1996). Os principais impactos dos efluentes originados na aquicultura sobre o ecossistema aquático e o meio ambiente são: acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos, bem como, aumento das concentrações de fósforo e nitrogênio na coluna d'água (Midlen & Redding, 1998). Diante da alta disponibilidade de nutrientes no ambiente aquático e o aumento da população fitoplanctônica, o equilíbrio e dinâmica do oxigênio é alterada, causando prejuízos ambientais.

Dado o exposto, o objetivo neste estudo, foi relatar e discutir novos conceitos, tecnologias e estratégias aplicadas a nutrição animal, que podem contribuir para uma produção sustentável, minimizando a excreção de poluentes, sem que haja prejuízos na qualidade e no máximo desempenho dos animais.

2. Metodologia

O presente estudo, trata-se de uma revisão exploratória, de natureza qualitativa (Pereira et al., 2018), por meio de pesquisa bibliográfica a respeito das diversas técnicas e estratégias nutricionais utilizadas com objetivo de reduzir a excreção de nutrientes e o impacto ambiental da produção intensiva de animais não ruminantes. O levantamento dos artigos sobre o assunto, foi realizado a partir de quatro bases indexadas: CAPES, SCOPUS, SCIELO e SCIENCE DIRECT, com um recorte temporal das últimas duas décadas.

3. Técnicas para diminuir a excreção de nitrogênio, conceito de proteína ideal e balanço de aminoácidos

Existe uma tendência atual no cenário da produção animal para redução de custos das rações através da utilização de alimentos alternativos e até mesmo nutrientes sintéticos como substitutos a fontes comumente utilizadas. Os aminoácidos industriais, além de serem facilmente encontrados comercialmente, possibilitam formular dietas com custo mínimo, atendendo as exigências em aminoácidos essenciais com diminuição da proteína bruta (PB) (Martins & Assunção, 2018). Conhecer as necessidades reais dos aminoácidos, possibilita

reduzir o excesso de aminoácidos circulantes no sangue e conseqüentemente problemas como perdas energéticas por incremento calórico e excreção excessiva de ácido úrico e ureia (Moura, 2004).

Com isso, excelentes resultados em testes experimentais e lotes comerciais, têm sido obtidos com rações contendo níveis mais baixos de proteína bruta, estabelecendo os níveis recomendados dos aminoácidos essenciais e reduzindo o impacto do excesso de nutrientes nas rações de suínos sobre o meio ambiente (Rostagno et al., 2011).

A proteína ideal é conceituada como balanço exato de aminoácidos essenciais e o fornecimento adequado dos não-essenciais, dessa forma, a necessidade geral de todos os aminoácidos requeridos para crescimento e manutenção são supridos (Parsons & Baker, 1994). De forma geral, a lisina é utilizada como aminoácido referência, sendo o nível dos demais a ela relacionados.

Pena et al. (2013) avaliando o efeito de diversas estratégias nutricionais visando a redução de nutrientes poluidores nos dejetos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos dos 30 a 100 kg, observaram que a redução da proteína bruta da ração não prejudicou o desempenho dos animais avaliados. Em contra partida, Zangeronimo et al. (2007), testando duas percentagens de proteína bruta (18 e 16%), e quatro percentagens de lisina digestível (0,7; 0,9; 1,11; e 1,3%) em leitões de 9 a 21kg, verificaram que a redução de proteína bruta comprometeu e reduziu o ganho de peso diário. Relandeau et al. (2000) realizaram uma revisão de literatura utilizando 21 trabalhos objetivando estudar o impacto da redução de proteína bruta sobre o desempenho dos suínos, ao final, relataram que a diminuição de proteína bruta da dieta, não prejudicou o desempenho dos animais, e concluíram que em fase de terminação, a proteína bruta pode ser reduzida até 12% sem prejuízos ao desempenho dos animais.

Altos níveis de PB na ração sobrecarregam a digestão, absorção e eliminação de nitrogênio não aproveitável, acarretando em sobrecarga do fígado e rins dos animais (Bertechini, 2006). Por outro lado, o incremento calórico (IC) que é representado por toda perda de energia durante os processos de digestão, absorção, e metabolismo de nutrientes (Sakomura & Rostagno, 2007) é afetado diretamente pelo excesso de PB na ração, pois, dietas com maior teor de proteínas, apresentam maior IC, quando comparados às dietas com PB reduzida. O quadro de elevação de IC, afeta diretamente a eficiência alimentar, pois, reduz a energia líquida que poderia ser utilizada para a deposição de tecido muscular.

Donato et al. (2016) investigaram o efeito da manipulação de metionina + cistina e treonina na dieta de frangos de corte sobre a excreção de nitrogênio e deposição de nitrogênio.

Os achados desse estudo determinaram que a manipulação de metionina + cistina e treonina na dieta, diminuíram a excreção de nitrogênio sem prejudicar o desempenho, confirmando que a medida que os níveis de aminoácidos se elevam, maior é o nitrogênio excretado. Corzo et al. (2005) afirmam que quando os aminoácidos estão um pouco abaixo de suas exigências de crescimento e manutenção, ocorre melhorias na eficiência da utilização de aminoácidos. Com relação a quantificação de aminoácidos, os autores observaram que a redução de ingestão para cada unidade de metionina + cistina e treonina, obtém-se redução de 0,5% de nitrogênio excretado. Outros estudos com frangos de corte obtiveram resultados através da determinação de nitrogênio excretado, onde, com o decréscimo de 1% de PB na dieta, há um decréscimo de 7% (Faria Filho et al., 2005) e 10% do nitrogênio excretado (Cauwenberghe & Burnham, 2001; Si et al., 2004).

Kerr (1995), realizou uma revisão com mais de 35 trabalhos com a suplementação de aminoácido em rações de aves e suínos. Os autores relataram que a excreção de nitrogênio foi reduzida de 2,3 a 22,5% por cada unidade percentual de proteína bruta da dieta. Rostagno et al. (2005) afirma que em média, a suplementação de aminoácidos nas dietas de aves e suínos, reduz a excreção de nitrogênio em 8,5% por unidade percentual de proteína bruta reduzida na dieta.

Para peixes, as pesquisas sobre a viabilidade da redução dos teores recomendados de proteína bruta das dietas vem recentemente sendo estudadas, com o auxílio da suplementação de aminoácidos limitantes, garantindo qualidade proteica e redução dos níveis excedentes de aminoácidos. Alguns estudos com tilápia revelam viabilidade na redução de 2 a 4% da proteína bruta da dieta, desde que ocorra suplementação aminoacídica (Botaro et al., 2007; Bomfim et al., 2008; Righetti et al., 2011).

Desta forma, pode-se afirmar que as dietas podem ser formuladas de modo eficaz, utilizando a redução de proteína bruta acompanhada da suplementação de aminoácidos limitantes na forma industrial e o conceito de proteína ideal, de forma que atinja as exigências de crescimento e manutenção. Como resultado, o metabolismo minimiza a excreção de nitrogênio oriundo do catabolismo dos aminoácidos que estariam acima das exigências (Righetti et al., 2011; Furuya et al., 2010; NRC, 2011), podendo assim conciliar a melhoria da capacidade de retenção de aminoácidos com a redução da excreção de nitrogênio ao meio, sem causar prejuízos no desempenho do animal.

4. Utilização de minerais orgânicos na nutrição de não ruminantes

Os minerais contribuem na maior parte das funções metabólicas do corpo, sendo eles

macroelementos (cálcio, fósforo, potássio, cloro, magnésio, sódio, enxofre) e os microelementos, hoje chamados de elementos traço ou oligoelementos (manganês, níquel, cobalto, ferro, zinco, cobre, cromo, molibdênio, iodo, selênio, estanho, arsênico, vanádio, flúor e sílica). Enquanto que os macroelementos possuem ação estrutural ou fisiológica, os oligoelementos possuem ação primária de catalisadores nos sistemas celulares enzimáticos, atuando em funções metabólicas como, crescimento, reprodução e resposta imune (Kiefer, 2005). Logo, esses minerais interagem diretamente em associações com proteínas como proporção fixa de metalenzimas onde a ação conjunta entre os minerais e as enzimas melhoram as atividades catalizadoras das mesmas (Vieira, 2004). Embora os sintomas da deficiência de oligoelementos não sejam evidentes, o animal responde reduzindo a taxa de crescimento de forma gradual gerando grandes problemas na produção. Além disso, os microminerais possuem baixa disponibilidade (Kiefer, 2005) devido a interação com outras substâncias formando complexos que no sistema digestório serão pouco solúveis (Mabe, 2001).

Estes fatos, despertaram interesse aos pesquisadores em estudar e explorar os diversos fatores que poderiam aumentar a absorção ou metabolização dos oligoelementos. Desse modo, a utilização de minerais quelatados ou orgânicos, que são constituídos de íons metálicos ligados a substâncias orgânicas, tem sido alvo de estudos, visando o maior aproveitamento desses elementos traço, o que aumentaria o desempenho, reduziria os custos com excesso de minerais na dieta e diminuiria a excreção dos oligoelementos ao meio, reduzindo assim a poluição ambiental (Echeverry et al., 2016; Liu et al., 2016).

Zhu et al. (2019) avaliando os efeitos de oligoelementos dietéticos (Cu, Zn, Fe e Mn) em formas inorgânicas ou orgânicas, em diferentes níveis (30% e 50% da dieta controle) em relação ao crescimento e desempenho produtivo e excreção mineral fecal de frangos de corte, relataram que a redução da suplementação de oligoelementos não influenciou, ou impactou negativamente desempenho do crescimento, rendimento de carcaça e qualidade da carcaça, entretanto, reduziu a excreção mineral fecal. Em contrapartida, o fornecimento de oligoelementos orgânicos exerceu papel limitado na excreção fecal e foi parcialmente benéfico no desempenho animal. Esse fato indica que a substituição de oligoelementos inorgânicos por orgânicos pode ser uma estratégia nutricional eficaz no aproveitamento mineral (Świątkiewicz et al., 2014).

De forma geral, os elementos traço orgânicos possuem efeitos benéficos sobre a regulação das funções imunológicas, aumento da função intestinal, absorção de nutrientes e funcionalidade sobre seu perfil antioxidante (Gajula et al. 2011; Sun et al. 2012). Entretanto,

os autores afirmam que a forma orgânica dos oligoelementos fornecidos na dieta, podem exercer melhor desempenho nas funções fisiológicas, todavia, para a redução da excreção mineral fecal, somente a estratégia de redução dos concentrações ofertadas de oligoelementos inorgânicos ou orgânicos na dieta, exerceram papel significativo.

Liu et al. (2016) avaliaram a substituição total de oligoelementos inorgânicos por orgânicos sobre o crescimento, composição mineral dos tecidos, atividade enzimática antioxidante no fígado e excreção mineral fecal em suínos em terminação. Os autores observaram que os suínos suplementados com oligoelementos orgânicos apresentaram maior atividade de cobre e zinco no fígado, assim como redução na excreção fecal desses microminerais. O estudo ainda demonstra que o desempenho dos animais não foi comprometido. Dessa forma, os oligoelementos orgânicos poderiam ser utilizados na dieta sem prejuízos no desempenho animal e com redução significativa de excreção fecal. Os mesmos resultados foram encontrados no estudo de Martin et al. (2011) utilizando suínos na fase de saída da creche. Já Muniz et al. (2010), observaram desempenho superior de leitões em fase de creche suplementados com fontes minerais orgânicas quando comparados às fontes inorgânicas, logo, a combinação de fontes orgânicas de microminerais promove melhores condições para o desenvolvimento dos leitões.

Lima (2014) avaliando o efeito da suplementação de fontes de zinco orgânico e inorgânico em Tiláias do Nilo, descreveram que os peixes alimentados com fonte orgânica de zinco apresentaram maiores concentrações de zinco no tecido muscular. Dessa forma, pode-se inferir que houve maior absorção na forma orgânica, reduzindo assim a excreção fecal desse oligoelemento.

5. Utilização de enzimas na nutrição de não ruminantes

As enzimas atuam como catalizadores biológicos provendo aceleração das reações metabólicas intra ou extracelulares, onde a ação enzimática depende da sua especificidade. Ou seja, cada tipo de enzima tem atuação sobre um substrato ou composto associado, este por sua vez, deve se encaixar perfeitamente à estrutura da enzima, de forma que os centros ativos coincidam, sendo comparados a relação chave e fechadura, descrita por (Fireman & Fireman, 1998).

Pensando na maneira de potencializar a atuação das enzimas, recentes estudos vêm sendo aplicados com a suplementação de enzimas exógenas na nutrição animal. Essas enzimas, atuando sobre compostos específicos, propiciam aumento da digestibilidade dos nutrientes (Zanella, 2001). Como resultado, essa atividade enzimática potencializada pode ser

utilizada como ferramenta melhoradora da eficiência da utilização dos nutrientes, perfazendo assim, grande agente redutor de excreção de nutrientes e poluição ambiental (Lima, 2008).

5.1. Fitase

De forma geral, as quantidades de fósforo contido nos alimentos vegetais seriam em boa parte das dietas, suficientes para atender as exigências dos animais não ruminantes. Entretanto, a baixa disponibilidade, torna esse nutriente um fator antinutricional devido ao fósforo estar disponível na forma de fitato. Desse modo, a baixa digestão e absorção do fósforo acarreta na excreção fecal do mesmo (Swick et al., 1992). O fitato é conhecido por quelatar cátions bivalentes (Ca, Fe, Zn, Mn, Cu, etc.) interferindo na absorção de aminoácidos e enzimas e deixando o fósforo indisponível (Silva et al., 2005; Caires et al., 2008).

Com intuito de aumentar a disponibilidade de fósforo, enzimas como a fitase vem sendo avaliadas na suplementação das dietas de não ruminantes. Essa enzima, possui mecanismo de transferência do grupo fosfato do substrato para a enzima e da enzima para a água. Machinsky et al. (2010) concluíram que a adição de fitase melhorou a retenção de P, excreção fecal e urinária desse nutriente em suínos com 24 kg de peso vivo. Além disso, a fitase pode interagir com outros nutrientes de forma indireta. Lüdke et al. (2002) demonstrou em seus estudos, que a utilização de fitase, resultou na diminuição da excreção de nitrogênio, fósforo e cálcio de leitões.

Martins et al. (2013) estudando o efeito da suplementação de fitase em frangos de corte, observaram redução de 12,7% na excreção fecal de P sem prejuízos no desempenho geral dos animais. Por outro lado, outros estudos verificaram redução de 33% (Applegate et al., 2003) e 55% (Laurentiz et al., 2007) de P excretado. Entretanto, além da utilização de fitase, os autores alcançaram esses resultados com aplicação da estratégia de redução de P da dieta. Quando combinadas as duas estratégias, as melhorias na redução da excreção foram significativamente maiores.

Em um estudo realizado com bagres, Zhu et al. (2014) observaram aumento da digestibilidade aparente de matéria seca de proteína e fósforo, resultando em uma redução significativa de fósforo fecal. Resultados semelhantes foram encontrados por Sugiura et al. (2001) utilizando truta arco-íris.

Lima et al. (2010), avaliaram o efeito da adição de fitase no aproveitamento dos ingredientes da ração para codornas e observaram melhora significativa no aproveitamento de energia das rações com a suplementação da fitase, ao passo em que os níveis de 195 e 186 uf/kg promoveram melhor aproveitamento da energia metabolizável aparente e energia

metabolizável aparente corrigida pela retenção de nitrogênio. A menor excreção de nitrogênio foi relatada com a utilização de 600 uf/kg de fitase para codornas. Em um estudo posterior, Lima et al. (2011) verificaram o efeito da adição de fitase sobre o desempenho produtivo e qualidade de ovos e relataram que eficiência do uso de fósforo para massa de ovos, a partir de 0,13% de disponibilidade desse mineral na ração, melhorou com a suplementação de 463 uft/kg de fitase.

Nesse sentido, a utilização de fitase para suínos, aves e peixes de maneira geral, pode atuar como uma estratégia nutricional eficaz com o objetivo de reduzir e excreção fecal de P, podendo ter ação potencializada atuando em conjunto com a redução do P da dieta, colaborando para a redução da poluição ambiental e a utilização racional do P.

5.2. Enzimas que degradam polissacarídeos não amiláceos (PNAs)

Os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), são majoritariamente constituintes da parede celular dos alimentos de origem vegetal, estes, por sua vez, são polímeros de açúcares, que devido à natureza de suas ligações, não podem ser digeridos por suínos (Zanella, 2001) prejudicando também o desempenho em aves (Rostagno et al., 2005). Os PNAs para não ruminantes, aumentam a viscosidade das dietas, formando um gel devido à alta capacidade de se ligar a grandes quantidades de água (Santos Jr. et al., 2004). O aumento da viscosidade da ingesta, implica na diminuição da taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas, impedindo a interação com a superfície da membrana intestinal. Além disso, a microflora intestinal e as funções fisiológicas do intestino são afetadas pelo aumento da viscosidade da ingesta (Choct et al., 2004).

Para atuar na redução da viscosidade do conteúdo digestivo, é necessário que os PNAs sejam degradados através da atividade enzimática em pequenas unidades, desse modo, a capacidade de se reter água é diminuída. Para tanto, tem se utilizado enzimas exógenas para potencializar a quebra dos PNAs, favorecendo a digestão e absorção dos nutrientes, aumento do trânsito intestinal, redução da quantidade de água nas fezes e de excreção de nutrientes (Opalinski, 2006).

Hew et al (1998), avaliando o efeito da adição de complexo enzimático em dietas com diferentes variedades de trigo sobre o desempenho de frangos de corte, observaram melhoria na digestibilidade da proteína, aminoácidos essenciais e da energia metabólica em todas as variedades de trigo. Ruiz et al. (2018) avaliando a suplementação ou não de um complexo enzimático contendo amilase, β -glucanase, celulase, pectinase, xilanase, protease e fitase em suínos, observaram redução significativa de excreções fecais de matéria orgânica de N, Ca,

Zn e Na e melhora da produção de biogás e metano na digestão anaeróbica das fezes.

6. Planos nutricionais

O custo com a alimentação dos animais varia de acordo com o preço dos ingredientes e do nível de inclusão necessário para atender às exigências e contribuir para máximo desempenho dos animais (Buteri, 2003), representando cerca de 70% do custo de produção para aves e 60% para suínos. Além disso, o cenário de produção atual com o avanço das técnicas de produção, veio acompanhado com um novo perfil do consumidor que se preocupa com a qualidade da carne, bem estar (Scramim & Batalha, 2004) e preservação ambiental (Dourmad & Jondreville, 2007). Visando alcançar tais objetivos, os programas nutricionais atuais estão voltados para uma nutrição mais precisa no âmbito da produção animal. A nutrição de precisão é um conceito agrícola que abrange e considera tanto os aspectos de variação inter como intra-indivíduos (Wathes et al. 2008), ou seja, a formulação da dieta atual considera fatores como idade e sexo, logo, é possível elaborar planos nutricionais especificamente para as multifases e distinção do sexo.

Os programas de alimentação utilizados na produção de frangos atualmente conferem a formulação de cinco dietas ao longo da produção, desse modo, as aves recebem nutrientes com níveis subótimos no início da fase e terminam com dietas em excesso. A alimentação com pouca variação ao longo da cadeia produtiva também se aplica aos suínos. Diante desse cenário é possível que os nutricionistas possam desenvolver estratégias com maior especificidade da relação entre idade e exigências, para os dois sexos.

É possível reduzir a excreção de nitrogênio e fósforo apenas com a utilização de alimentação multifases com ajustes diários em suínos (Pomar et al., 2007), aplicando a nutrição de precisão individual em fases de crescimento e terminação, podendo assim, cada animal receber uma ração ajustada em tempo real, contribuindo para a diminuição da excreção de nitrogênio e fósforo utilizados nas dietas. Outros autores observaram que ao trabalharem com planos nutricionais multifásicos, simulados por um modelo chamado InraPorc, também obtiveram menor excreção de nitrogênio e maior retorno econômico (Brossard et al., 2010).

Gutierrez et al. (2008) compararam dois programas nutricionais multifases com um convencional, avaliando desempenho e excreção de nitrogênio. As dietas dos planos nutricionais multifases foram manejadas e trocadas a cada três dias, enquanto que a convencional foi fornecida na forma de 4 dietas ao longo da fase de produção, atendendo às exigências. Como resultado, os autores relataram uma melhora significativa no ganho em

peso e conversão alimentar dos animais do programa alimentar multifases, entretanto, não obtiveram respostas quanto à excreção de nitrogênio.

Atualmente, a maioria dos produtores de frango de corte já adaptaram as dietas específicas para cada sexo visando a redução de custos com a alimentação. Resultados de alguns estudos, sugerem que as exigências de frangos de corte fêmeas são em geral 4 a 6% inferiores aos requerimentos de machos (Rostagno et al., 2000; Ferket et al., 2002). Diante desse cenário, a utilização da técnica nutricional de rações diferenciais para machos e fêmeas podem resultar em maior eficiência alimentar, reduzindo a excreção de nutrientes e o custo da dieta.

7. Estudos da Nutrigenômica

A Nutrigenômica na produção animal visa estudar a relação e a interação entre os nutrientes e genes, de modo que a nutrição e genética possam interagir sobre o equilíbrio entre saúde e doença. O conceito é semelhante ao utilizado na área farmacêutica onde o mesmo medicamento pode produzir efeitos diferentes, de acordo com o perfil genético do organismo. Assim, os estudos partem da premissa de que os nutrientes atuam de formas diferentes em cada animal de acordo com o perfil genético (Gonçalves et al., 2009).

A estrutura genética, estudada pela genômica, pode ser transcrita para RNA e traduzida em proteína no nível ribossômico, o controle do funcionamento dessa via, elucidada todos os processos biológicos e os traduz em índices zootécnicos podendo ou não, ser influenciados pela nutrição, doenças etc. (Rutz et al., 2009). O fluxo de informações que vão desde a base genética até a síntese proteica é regulado através da transcrição, onde será definido os processos metabólicos e a estrutura celular. Logo, o sequenciamento do genoma, possibilita elucidar as funções de cada gene e as interações com os fatores ambientais (Simpson, 2003). Ademais, a nutrigenômica vem sendo ferramenta chave para estabelecer a perfeita harmonia entre o fornecimento de nutrientes, estado nutricional e agentes controladores das funções biológicas sobre a expressão fenotípica.

Harvenstein et al. (2003) estudando sobre a relação da contribuição genética e da nutrição, demonstraram que 80% do desempenho dos frangos avaliados, se deve a genética. Araujo et al. (2018), analisando a expressão do gene SLC1A1 no intestino de frangos de corte, observaram que os diferentes níveis de balanço eletrolítico na dieta não influenciaram a expressão desse gene.

A interação gene-nutriente é estabelecida no momento em que os compostos bioativos dos alimentos e nutrientes influenciam e modificam o funcionamento do genoma,

ocasionando diferentes respostas (Kussmann et al., 2006), desse modo, com base no genótipo, é possível fornecer dietas exclusivas, aumentando a eficiência do aproveitamento nutricional e proporcionando diminuição da excreção de nutrientes.

8. Técnicas de redução da produção e emissão de gases em cama avícola

Na avicultura de corte, o confinamento é o principal sistema de criação por ser a forma mais eficiente e barata na produção de proteína de origem animal. Além disso, esse tipo de sistema requer menor requerimento de água, energia e espaço (Mendes et al., 2012). Entretanto, com o objetivo de maximizar o desempenho animal, as dietas são formuladas com proteína extra para que as exigências sejam atendidas. Como resultado, o aumento na excreção de nitrogênio na cama ocasiona grande gradiente de concentração desse nutriente. Uma vez depositados na cama aviária, os dejetos serão responsáveis pela produção de amônia no interior do galpão (Oliveira & Monteiro, 2013), o que corresponde a 35% do nitrogênio amoniacal excretado pelas aves (Misselbrook et al., 2010).

A emissão de amônia além de prejudicar a saúde dos colaboradores pode ainda comprometer o desempenho animal. Nesse sentido, pesquisas vem sendo desenvolvidas com intuito de reduzir a emissão de gases. Manejos nutricionais como redução da proteína bruta, suplementação de aminoácido industriais de acordo com o conceito de proteína animal, utilização de enzimas, e outros aditivos vem sendo utilizados com o objetivo de maximizar a eficiência do aproveitamento de nitrogênio, evitando assim a excreção do mesmo. Além disso, os galpões são preparados para obtenção das melhores condições de temperatura, ventilação, umidade, e desenvolvimento de bebedouros com alto nível tecnológico visando a redução do desperdício de água na cama, o que agrava a produção de gases. Entretanto, além dessas alternativas, hoje tem se estudado, a utilização de aditivos aplicados diretamente na cama, objetivando a redução da volatilização de amônia nos galpões avícolas por meio da alteração das condições do pH e umidade da cama (Bordignon, 2013).

Um estudo recente, avaliou o efeito da adição de dois níveis da substância gipsita de dessulfuração de gás de combustão (FGDG) aplicados na cama, sobre a qualidade e volatilização de NH₃. Burt et al. (2017), observaram que a dição de FGDG diminuiu a degradação de ureia em 48 a 57%, amentou a mineralização de nitrogênio em 10 a 11% e diminuiu a volatilização de NH₃ em 18 a 28%. Como resultado, a inoculação de FGDG propiciou aumento no valor mineral da cama utilizada com fertilizante e reduziu a emissão de gases. Por outro lado, Pereira et al. (2019), estudando a influência da utilização de clinoptilolite como aditivo na cama sobre a emissão de gases, relataram que a aplicação desse

aditivo propiciou uma redução de NH₃ em 28%.

Essas técnicas podem gerar redução da emissão de gases poluentes, e quando aliadas a outros manejos nutricionais visando reduzir a excreção de nitrogênio, resultam em uma cama de melhor qualidade, reduzindo custos com desperdício de nutrientes e a produção se torna sustentável sem agressão ao meio ambiente.

9. Considerações finais

O cenário atual da produção animal, é marcado pelas novas exigências dos consumidores, acompanhada da necessidade de se adotar novas posturas éticas, práticas sustentáveis e preservacionistas. Nesse contexto, as várias técnicas nutricionais citadas, podem ser utilizadas como ferramenta para a diminuição da excreção de determinados nutrientes, minimizando o impacto da poluição ambiental causadas pelos dejetos nas diversas espécies citadas, sem causar prejuízos ao desempenho e muitas vezes contribuindo para a diminuição dos custos da dieta. Porém, é necessário que os estudos de novas técnicas caminhe ao passo do desenvolvimento e dos avanços tecnológicos da genética e a evolução da produção.

Referências

Applegate, T. J., Angel, R. & Classen, H. L. (2003). Effect of dietary calcium, 25-dihydroxycholecalciferol, or bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens. *Poultry Science*, 82(1): 1140-1148.

Baird, D. J., Beveridge, M. C. M., Kelly, L. A. & Muis, J. F. (1996). Aquaculture and waters resource management. *Blackwell Science*, Ltd. 219.

Bertechini, A. G. (2006). *Nutrição de monogástricos* (p. 301). Lavras: Ufla.

Bomfim, M. A. D., E. Lanna, A. T., Donzelle, J. L., Quadros, M., Ribeiro, F. B. & SOUSA, M. P. (2010). Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec*, 39 (1): 1-8.

Bordignon, L. A. F. (2013). *Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango*. Dissertação de mestrado Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR, Brasil.

Botaro, D., Furuya, W. M., Silva, L. C. R., Santos, L. S., Silva, T. S. C. & Santos, V. G. (2007). Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36 (3): 517-525.

Brossard, L., Quiniou, N., Dourmad, J. Y., Salaün, Y., & Van Milgen, J. (2010). Définir des stratégies alimentaires alliant performance économique et impact environnemental grâce à la modélisation du groupe de porcs en croissance. *Journées Recherche Porcine*, 42(1): 131-132.

Burt, C. D., Cabrera, M. L., Rothrock Jr, M. J., & Kissel, D. E. (2017). Flue-gas desulfurization gypsum effects on urea-degrading bacteria and ammonia volatilization from broiler litter. *Poultry science*, 96(8): 2676-2683.

Buteri, C. *Efeitos de Diferentes Planos Nutricionais sobre a Composição e o Desenvolvimento Produtivo e Econômico de Frangos de Corte*. (2003). Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

Caires, C. M., Fagundes, N. S., Fernandes, E. D. A., & Carvalho, A. D. (2008). Enzimas na alimentação de frangos de corte. *Revista Eletrônica Nutritime*, 5(1): 491-497.

Cauwenberghe, S. V., & Burnham, D. (2001). New developments in amino acid protein nutrition of poultry, as related to optimal performance and reduced nitrogen excretion. *Proceedings of 13th European Symposium on Poultry Nutrition*, Blankenberge, Belgium, 141–149.

Choct, M., Kocher, A., Waters, D. L. E., Pettersson, D., & Ross, G. (2004). A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 92(1): 53-61.

Corzo, A., Fritts, C. A., Kidd, M. T., & Kerr, B. J. (2005). Response of broiler chicks to essential and non-essential amino acid supplementation of low crude protein diets. *Animal feed science and technology*, 118(3-4): 319-327.

de Laurentiz, A. C., Junqueira, O. M., da Silva Filardi, R., Assuena, V., Casartelli, E. M., & da Costa, R. (2007). Efeito da adição da enzima fitase em rações para frangos de corte com redução dos níveis de fósforo nas diferentes fases de criação. *Ciência Animal Brasileira*, 8(2): 207-216.

Donato, D. C. Z., Sakomura, N. K., Silva, E. P., Troni, A. R., Vargas, L., Guagnoni, M. A. N., & Meda, B. (2016). Manipulation of dietary methionine+ cysteine and threonine in broilers significantly decreases environmental nitrogen excretion, *Animal*, 10(6): 903-910.

Dourmad, J. Y., & Jondreville, C. (2007). Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours. *Livestock Science*, 112(3): 192-198.

Echeverry, H., Yitbarek, A., Munyaka, P., Alizadeh, M., Cleaver, A., Camelo-Jaimes, G. & Rodriguez-Lecompte, J. C. (2016). Organic trace mineral supplementation enhances local and systemic innate immune responses and modulates oxidative stress in broiler chickens. *Poultry science*, 95(3): 518-527.

Faria Filho, D. E., Rosa, P. S., Vieira, B. S., Macari, M., & Furlan, R. L. (2005). Protein levels and environmental temperature effects on carcass characteristics, performance, and nitrogen excretion of broiler chickens from 7 to 21 days of age. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(4): 247-253.

Ferket, P. R., Van Heugten, E., Van Kempen, T. A. T. G., & Angel, R. (2002). Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *Journal of Animal Science*, 80(2): 168-182.

Fireman, F. A. T., & Fireman, A. K. B. A. T. (1998). Enzimas na alimentação de suínos. *Ciência Rural*, 28(1): 173-178.

Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Barros, M. M., Boscolo, W. R., Cyrino, J. E. P., Furuya, V. R. B. & Fieden, A. *Tabelas brasileiras para nutrição de Tilápias*. (2010). Toledo: GFM, 21(1): 100.

Gajula, S. S., Chelasani, V. K., Panda, A. K., Mantena, V. R., & Savaram, R. R. (2011). Effect of supplemental inorganic Zn and Mn and their interactions on the performance of broiler chicken, mineral bioavailability, and immune response. *Biological trace element research*, 139(2): 177-187.

Gonçalves, F. M., Corrêa, M. N., Anciuti, M. A., Gentilini, F. P., Zanusso, J. T., & Rutz, F. (2009). Nutrigenômica: situação e perspectivas na alimentação animal Nutrigenomics: state of the art and perspective in animal feeding. *Ciências Veterinárias*, (569-572).

Gutierrez, O., Surbakti, N., Haq, A., Carey, J. B., & Bailey, C. A. (2008). Effect of continuous multiphase feeding schedules on nitrogen excretion and broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 17(4): 463-470.

Havenstein, G. B., Ferket, P. R., & Qureshi, M. A. (2003). Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science*, 82(10): 1500-1508.

Hew, L. I., Ravindran, V., Mollah, Y., & Bryden, W. L. (1998). Influence of exogenous xylanase supplementation on apparent metabolisable energy and amino acid digestibility in wheat for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 75(2): 83-92.

Kerr, B.J. (1995). Nutritional strategies for waste reduction-management: nitrogen. In: Longenecker, J.B., Spears, J.W. (Eds.), *New Horizons in Animal Nutrition and Health*. The Inst. Nutr. Univ. North Carolina, Chapel Hill, Raleigh, NC, USA, pp. 47-68.

Kiefer, C. (2005). Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, 2(3): 206-220.

Kussmann, M., Raymond, F., & Affolter, M. (2006). OMICS-driven biomarker discovery in nutrition and health. *Journal of biotechnology*, 124(4): 758-787.

Lima, G. J. M. M. (2008). Nutrição de suínos: ferramenta para reduzir a poluição causada pelos dejetos e aumentar a lucratividade do negócio. In: Seminário Internacional de Aves e Suínos, 7, Florianópolis-SC, *Anais...* Florianópolis: Avesui, 09-41.

Lima, H. J. D. A., Barreto, S. L. D. T., Albino, L. F. T., Melo, D. S., Ballod, M. D. A., & Almeida, R. L. D. (2010). Aproveitamento de nutrientes e de energia da ração de codornas japonesas em postura com o uso de fitase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(7): 1517-1522.

Lima, H. J. D. A., Barreto, S. L. D. T., Donzele, J. L., Valeriano, M. H., Vieira, P. A. F., & Costa, C. H. R. (2011). Dietary phytase levels on performance and egg quality of Japanese quails. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(1): 129-134.

Lima, P. M. D. (2014). *Estudo metaloproteômico em amostras de tecido muscular de Tilápia do Nilo alimentadas com fontes de zinco orgânico e inorgânico*. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.

Liu, B., Xiong, P., Chen, N., He, J., Lin, G., Xue, Y. & Yu, D. (2016). Effects of replacing of inorganic trace minerals by organically bound trace minerals on growth performance, tissue mineral status, and fecal mineral excretion in commercial grower-finisher pigs. *Biological trace element research*, 173(2): 316-324.

Ludke, M. D. C. M. M., López, J., & Ludke, J. V. (2002). Fitase em dietas para suínos em crescimento: impacto ambiental. *Ciência Rural*. 32(1): 97-102.

Mabe, I. (2001) *Efeitos da suplementação dietética com quelatos de zinco e de manganês na produção de ovos e morfologia intestinal de galinhas poedeiras*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Machinsky, T. G., Kessler, A. D. M., Ribeiro, A. M. L., Moraes, M. D. L., Silva, I. C. M. D., & Cortés, M. E. M. (2010). Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cálcio. *Ciência Rural*, 40(11): 2350-2355.

Martin, R. E., Mahan, D. C., Hill, G. M., Link, J. E., & Jolliff, J. S. (2011). Effect of dietary organic microminerals on starter pig performance, tissue mineral concentrations, and liver and plasma enzyme activities. *Journal of animal science*, 89(4): 1042-1055.

Martins, B. A. B., Borgatti, L. M. D. O., Souza, L. W. D. O., Robassini, S. L. D. A., & Albuquerque, R. D. (2013). Bioavailability and poultry fecal excretion of phosphorus from soybean-based diets supplemented with phytase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(3): 174-182.

Martins, R. A. & Assunção, A. S. A. (2018). Importance of amino acids in the nutrition of broilers. Literature Review. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 12(4): 539 – 554.

Mendes, L. B., Tinôco, I. D. F. F., de Fátima Souza, C., & Saraz, J. A. O. (2016). O ciclo do nitrogênio na criação de frangos de corte e suas perdas na forma de amônia volátil: uma revisão. *Pubvet*, 6(1): 1-25.

Midlen, A. & Redding, T. (1998). Environmental Management for Aquaculture. *Kluwer Academic Publishers*, 214-215.

Misselbrook, T.H., Chadwick, D.R., Gilhespy, S.L., Chambers, B.J., Smith, K.A., Williams & J., Dragosits, U. (2010). *Inventory of Ammonia Emissions from UK Agriculture 2009*. Inventory Submission Report, October 2010, DEFRA contract AC0112.

Moura, A. M. A. (2004). Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, 1(1): 31-34.

Muniz, M. H. B., Berto, D. A., Augusto, R. M. N., Trindade Neto, M. A., Wechsler, F. S., Tierzo, V. L. & Hauptli, L. (2010). Fontes de minerais orgânicos e inorgânicos para leitões desmamados. *Ciência Rural*, 40(10): 2163-2168.

National Research Council - NRC. (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington: National Academy Press, p. 360.

Oliveira, P. A. V., Monteiro, A. N. T. R. (2013). Emissão de amônia na produção de frangos de corte. In: Conferência FACTA. Campinas, *Anais... FACTA*, Ed.

Oliveira, R. A. (2003). Efeito da temperatura e do descarte de lodo no desempenho de reatores anaeróbicos de fluxo ascendente com manta de lodo, em série, tratando águas residuárias de suinocultura. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA. Goiânia. *Anais... Jaboticabal: SBEA*.

Opalinski, M. (2006). *Utilização de enzima e soja integral em rações para frangos formuladas com ingredientes alternativos com base em aminoácidos digestíveis e totais*. Dissertação de mestrado em ciências veterinárias, Faculdade e Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Parsons, C. M., Baker, D. H. (1994). The concept and use of ideal protein in the feeding of non-ruminants. In: Simpósio Internacional de Produção De Não-Ruminantes, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, p.119-128.

Payne, V. W. (1998). Management, treatment and utilization of poultry litter with respect to environmental protection. In: Simpósio Int. sobre Ambiência e Sistemas de Produção Avícola, *Anais...* Concórdia SC. p. 182-193.

Pereira, A.S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 02 set. 2019.

Pena, S. M., Barbosa, F. F., Lopes, D. C., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., & Silva, F. C. O. (2013). Efeito de estratégias nutricionais para redução de nutrientes poluidores nos dejetos sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(1): 231-240.

Pomar, C., Dubeau, F., Létourneau-Montminy, M. P., Boucher, C., & Julien, P. O. (2007). Reducing phosphorus concentration in pig diets by adding an environmental objective to the traditional feed formulation algorithm. *Livestock Science*, 111(1-2): 16-27.

Relandeau, C., Van Cauwenberghe, S. & Le Tutour, L. (2000). *Prevenção da poluição por nitrogênio na criação de suínos através de estratégias nutricionais*. Informativo Técnico. Ajinomoto Animal Nutrition. Acesso em 13/05/2019 em: <https://www.lisina.com.br>.

Righetti, J. S., Furuya, W. M., Conejero, C. I., Graciano, T. S., Vidal, L. V. O., & Michellato, M. (2011). Redução da proteína em dietas para tilápias-do-nilo por meio da suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(3): 469-476.

Rodrigues, P. B., de Freitas, R. T. F., Fialho, E. T., Silva, H. O., & Gonçalves, T. M. (2010). Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1(02): 5-6.

Rostagno, H. S., Albino, L.F.T., Donzeles, J.L., et al. (2000). *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos*. Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa. MG, Brasil. 140 -141.

Rostagno, H. S., Dionizio, M A., Paez, L. E., Buteri, C. B. & Albino, L. F. (2005). *Impacto da Nutrição de Frangos de Corte sobre o Meio Ambiente*. Artigo Técnico. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. Acesso em 24de junho em <https://polinutri.com.br/upload/artigo/167.pdf>.

Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L. et al. (2011). *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos*. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 252p.

Ruiz, U. D. S., Thomaz, M. C., Lucas Júnior, J. D., Pascoal, L. A. F., Watanabe, P. H., Amorim, A. B., & Silva, A. A. (2017). Enzyme complex supplementation in different nutrient levels diets on pigs feces excretion and anaerobic digestion. *Scientia Agricola*, 74(3): 180-188.

Sakomura, N.K. & Rostagno, H.S. (2007). *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: Funep. 283p.

Santos Jr, A. A., Ferket, P. R., Grimes, J. L., & Edens, F. W. (2004). Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poults. *International Journal of Poultry Science*, 3(1): 33-45.

Scramim, F. C. L., & Batalha, M. O. (2004). Método para análise de benefícios em cadeias de suprimento: um estudo de caso. *Gestão & Produção*, 11(3): 331-342.

Shilo, M., & Rimon, A. (1982). Factors which affect the intensification of fish breeding in Israel. 2. Ammonia transformation in intensive fish ponds. *Bamidgeh= Quarterly on aquaculture in Israel*. 34(3): 101-114.

Silva, H., Fialho, E., Lima, J., Sousa, R. D., Schoulten, N., & Silva, L. (2005). Efeito da fitase sobre a excreção e teor de minerais nos ossos de suínos na fase de crescimento. *Agropecuária Técnica*, 26(1), 54-59.

Simpson, R. J. (Ed.). (2003). *Proteins and proteomics: a laboratory manual*. Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Sugiura, S. H., Gabaudan, J., Dong, F. M., & Hardy, R. W. (2001). Dietary microbial phytase supplementation and the utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)] fed soybean meal-based diets. *Aquaculture Research*, 32(7): 583-592.

Sun, Q., Guo, Y., Ma, S., Yuan, J., An, S., & Li, J. (2012). Dietary mineral sources altered lipid and antioxidant profiles in broiler breeders and posthatch growth of their offsprings. *Biological trace element research*, 145(3): 318-324.

Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., & Jozefiak, D. (2014). The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 70(3): 475-486.

Swick, R. A. & Ivey, F. J. (1992). Phytase: the value of improving phosphorus retention. *Feed Manage*, 43: 8-17.

Tokach, M., Derouchey, J., Dritz, S., Goodband, B., Nelssen, J. (2011). Amino acids requirements of growing pigs. In: III International Symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine, 2011, Viçosa. *Anais... Viçosa, MG*, 195-218.

Vieira, S. L. (2004). Minerais quelatados na nutrição animal. In: Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos. *Anais... CBNA – Campinas, SP*, 51-70.

Wathes, C. M., Kristensen, H. H., Aerts, J. M., & Berckmans, D. (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall?. *Computers and electronics in agriculture*, 64(1): 2-10.

Zanella, I. (2001). Suplementação enzimática em dietas avícolas. Pré-Simpósio de Nutrição Animal, *Anais...*, Santa Maria, RS, 37-49.

Zangeronimo, M. G., Fialho, E. T., LIMA, J. D. F., Rodrigues, P. B., & Murgas, L. D. S. (2006). Redução do nível de proteína bruta da ração suplementada com aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3): 849-856.

Zhu, Y., Qiu, X., Ding, Q., Duan, M., & Wang, C. (2014). Combined effects of dietary phytase and organic acid on growth and phosphorus utilization of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Aquaculture*, 430: 1-8.

Zhu, Z., Yan, L., Hu, S., An, S., Lv, Z., Wang, Z., ... & Zhang, A. (2019). Effects of the different levels of dietary trace elements from organic or inorganic sources on growth performance, carcass traits, meat quality, and faecal mineral excretion of broilers. *Archives of animal nutrition*, 1-14.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Marcos Vinícius Martins Morais – 50%

Heder José D'Avila Lima – 50%