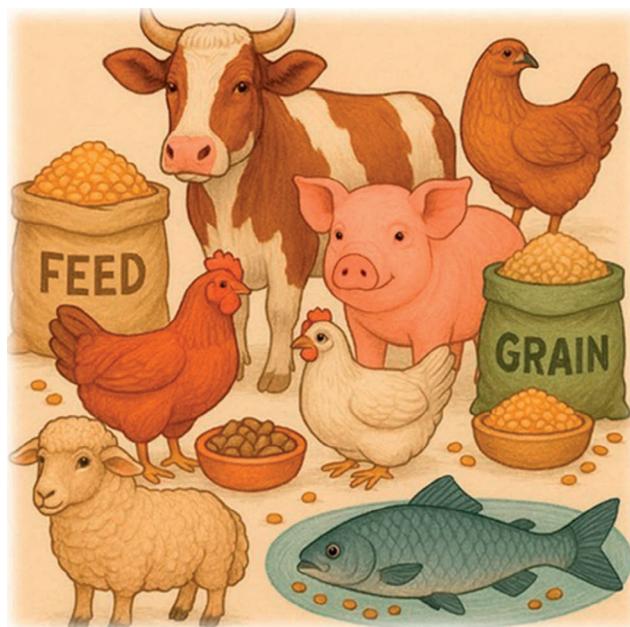


ZINCO E COBRE NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL: IMPACTO NA SEGURANÇA ALIMENTAR E MEIO AMBIENTE

O uso de cobre e zinco como aditivos na alimentação de animais de produção tem sido amplamente praticado, sobretudo pela sua ação como promotores de crescimento e agentes antimicrobianos. No entanto, a utilização excessiva desses elementos pode desencadear uma série de efeitos adversos, tanto na saúde animal quanto na saúde humana e no meio ambiente, pelo que é fundamental monitorizar e regulamentar os níveis desses minerais na dieta animal.

Estado da arte do uso de cobre e zinco na alimentação animal

O cobre (Cu) e o zinco (Zn) são minerais essenciais na nutrição animal, desempenhando funções críticas no metabolismo, crescimento, imunidade e saúde intestinal. A sua suplementação em dietas animais tem sido amplamente utilizada, especialmente em espécies de produção, como suínos, aves e ruminantes. O uso de Cu e Zn na alimentação animal é um tema que continua a ser amplamente estudado e regulamentado, dada a importância



Gabriela Assis

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



desses micronutrientes para a saúde animal e as preocupações com a sustentabilidade ambiental. Níveis elevados de Cu e Zn nas dietas animais podem ultrapassar a capacidade homeostática destes, levando à sua deposição nos músculos e órgãos.

Cobre na alimentação animal

Funções e benefícios

O cobre é essencial para várias funções biológicas, como a formação de hemoglobina, o funcionamento do sistema imunológico e a síntese de colagénio.

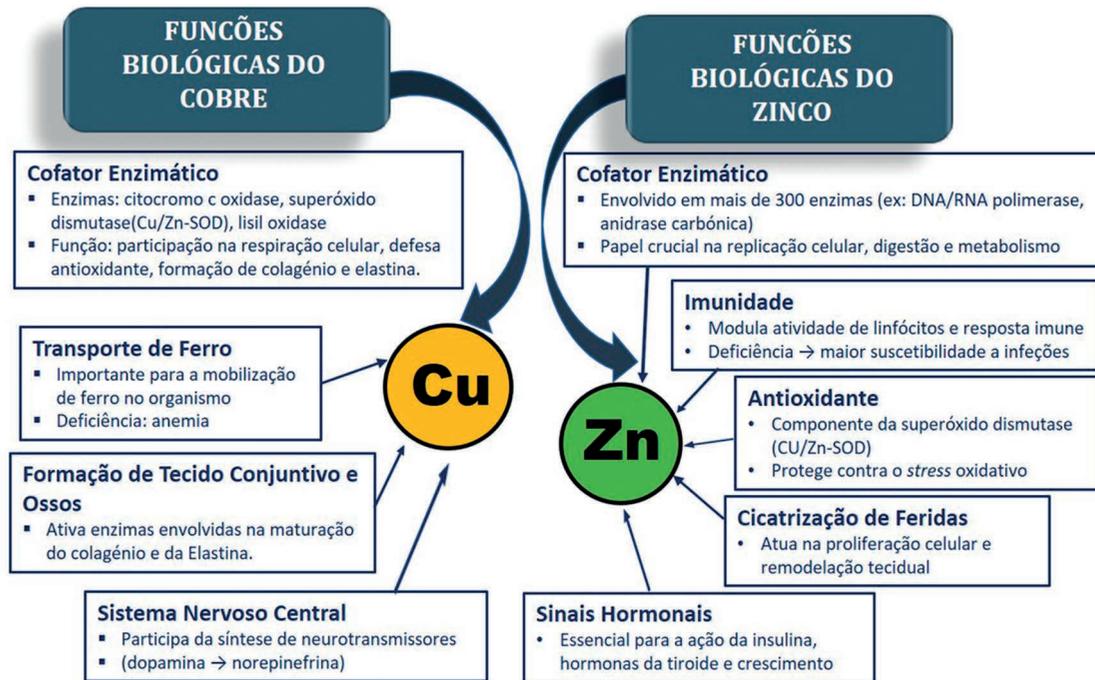


Figura 1 – Desempenho do cobre e do zinco em funções biológicas.

É ainda crucial para a manutenção da saúde da pele, do sistema nervoso e dos ossos em várias espécies animais. Desempenha um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento animal, atuando principalmente como cofator enzimático em processos metabólicos críticos. A sua deficiência ou excesso pode ter impacto direto no ganho de peso, eficiência alimentar e saúde geral dos animais. É de salientar a sua ação antimicrobiana (ex.: altos níveis de Cu em dietas de leitões reduzem bactérias patogénicas no intestino). Quando utilizado em doses acima das exigências nutricionais demonstra efeitos moduladores significativos sobre a microbiota intestinal de suínos, aves e ruminantes. Essa propriedade tem sido explorada para melhorar a saúde intestinal, reduzir agentes patogénicos e como promotor do crescimento.

Desafios e restrições

Embora sendo um micronutriente essencial na produção animal, o seu uso enfrenta desafios técnicos, ambientais e regulatórios. Um desafio importante é a sua acumulação e poluição ambiental. Até cerca de 90–95% do Cu suplementado é excretado pelos

animais, contaminando solos e corpos de água. Em excesso, o Cu pode inibir o crescimento de plantas e ser tóxico para organismos aquáticos (ex.: peixes, algas). Quanto ao risco de toxicidade nos animais, existem espécies mais sensíveis ao Cu do que outras, como é o caso dos ovinos, que acumulam Cu no fígado, podendo causar hepatotoxicidade fatal. Nas aves, altas doses (> 250 ppm) podem levar a lesões renais e redução do crescimento.

Embora o Brasil e os EUA tenham ainda limites mais flexíveis, a União Europeia (UE) impõe limites mais restritivos ao uso de cobre, especialmente para suínos e aves, com base em preocupações ambientais (acúmulo no solo).

Importância do zinco na alimentação animal

Funções e benefícios

O zinco desempenha um papel fundamental na expressão genética (muitas proteínas que regulam a transcrição génica possuem domínios estruturais denominados por “dedos de zinco”), na síntese de proteínas e na cicatrização de feridas, além de ser essencial para a função imunológica, metabolismo

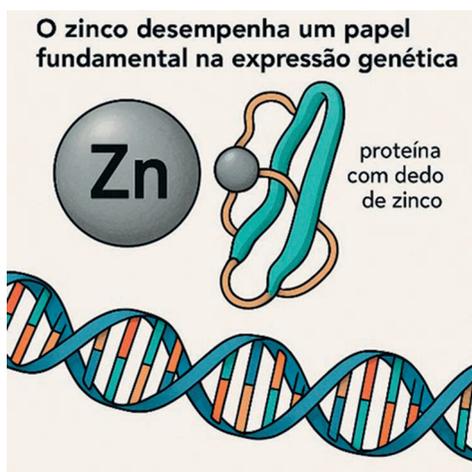


Figura 2 – Proteína com “dedo” de zinco.

de hidratos de carbono e regulação da função hormonal.

Desafios e restrições

Embora a suplementação da alimentação animal com zinco tenha vindo a ser uma prática comum na nutrição animal, especialmente em suínos, aves e ruminantes, pelo seu papel essencial no metabolismo, crescimento, sistema imunitário e saúde da pele e cascos, enfrenta presentemente desafios e restrições regulamentares importantes.

A baixa biodisponibilidade leva a excreção excessiva no ambiente, uma vez que as formas inorgânicas, como o óxido de zinco, têm baixa absorção, exigindo altas doses.

Quanto ao impacto no meio ambiente, o zinco excretado contamina o solo e a água, acumulando-se ao longo do tempo. Deste modo, pode afetar microrganismos do solo e plantas, entrando na cadeia alimentar.

Outro efeito nefasto da suplementação excessiva da alimentação animal com zinco é a questão da resistência antimicrobiana. Altas doses de óxido de zinco (ex.: em leitões desmamados) têm efeito antimicrobiano, mas o seu uso prolongado seleciona bactérias multirresistentes e interfere na microbiota intestinal. A União Europeia banuiu o uso terapêutico de óxido de zinco a partir de 2022.

Controlo oficial dos teores de cobre e zinco na alimentação animal em Portugal: Monitorização e controlo laboratorial

O INIAV, através do Laboratório de Controlo da Alimentação Animal (LCAA), desempenha um papel crucial na monitorização do uso de cobre e zinco na alimentação animal em Portugal, através do controlo analítico dos teores destes elementos químicos em alimentos para animais de produção, matérias-primas e suplementos. Estas análises são fundamentais para garantir o cumprimento da legislação Nacional e da União Europeia, que estabelecem limites máximos para a presença desses minerais na alimentação animal.

Após validação e acreditação das metodologias analíticas, de acordo com o estipulado na norma internacional NP EN ISO/IEC 17025:2018, o LCAA do INIAV foi designado pela Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV), enquanto autoridade competente nacional, para o controlo oficial da alimentação animal (Regulamento (UE) 2017/625).

VALIDAÇÃO e ACREDITAÇÃO

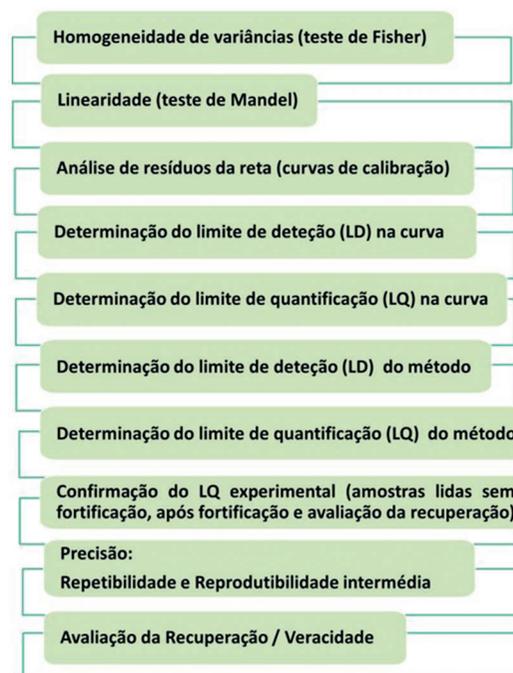


Figura 3 – Estudos da validação das metodologias analíticas do doseamento de cobre e zinco efetuadas no LCAA, para cada matriz.

Neste âmbito, realiza análises laboratoriais enquadradas nos planos oficiais de controlo.

As diferentes atividades asseguradas pelo LCAA como Laboratório Nacional de Referência (LNR) são coordenadas por três Laboratórios Europeus de Referência (EURL-MN, EURL-FA e EURL-AP), os quais organizam periodicamente ações de formação e inspeções, bem como Testes de Proficiência anuais.

Na qualidade de LNR para metais pesados e aditivos em rações, o INIAV assegura a conformidade com a legislação nacional e europeia, contribuindo para a promoção de práticas sustentáveis e seguras na

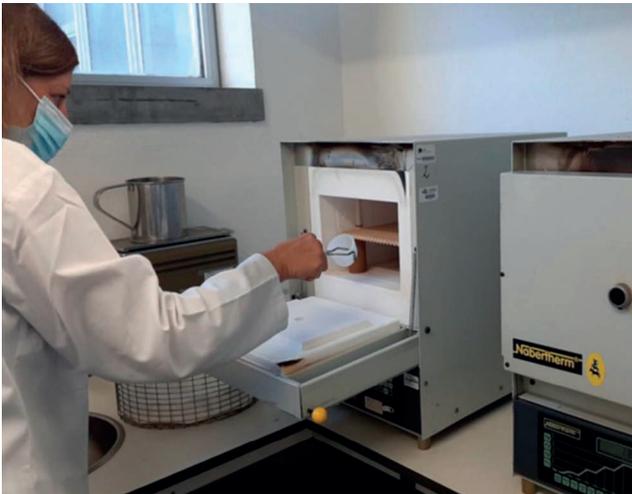


Figura 4 – Preparação inicial da amostra por incineração.

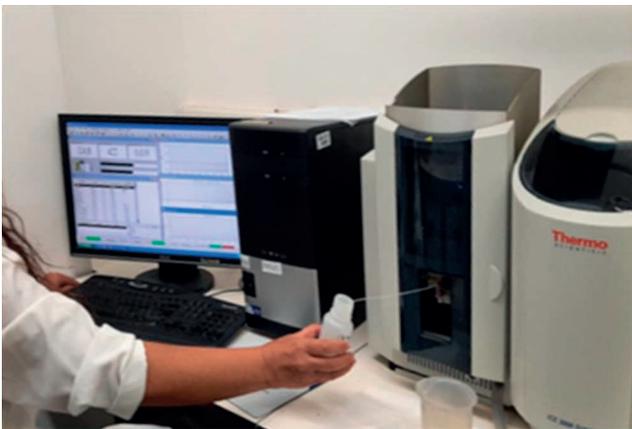


Figura 5 – Doseamento de Cu e Zn nas amostras de alimentos para animais por espectrofotometria de absorção atômica com chama de acetileno, após preparação e diluição.

nutrição animal. O controlo oficial da alimentação animal (CAA) é uma obrigatoriedade nacional que visa verificar o cumprimento da legislação vigente em termos de alimentação animal.

Inter-relação de zinco e cobre nas rações com outros minerais

A inter-relação entre zinco, cobre e outros minerais nas rações animais é um tema fundamental da nutrição mineral, pois esses elementos interagem entre si de forma competitiva e sinérgica, afetando a absorção, metabolismo e biodisponibilidade uns dos outros. Esta inter-relação é complexa e fortemente influenciada pela presença de outros minerais, como ferro (Fe), cálcio (Ca), molibdénio (Mo), manganês (Mn) e enxofre (S). A competição por absorção no trato gastrointestinal pode causar deficiências ou toxicidades, mesmo quando os níveis de inclusão dos minerais estão adequados.

A forma química do mineral (sulfato, óxido, quelato) também tem influência na biodisponibilidade e nas interações.

Perspetivas futuras: Alternativas e estratégias para mitigar os desafios

Tendências e inovações

Relativamente às principais tendências, alternativas e estratégias inovadoras para mitigar estes desafios podem-se salientar alguns aspetos:

- **Redução progressiva de minerais inorgânicos e uso de formas orgânicas** (ex.: Cu-metionina, Zn-lisina) e nanopartículas.

As fontes orgânicas de Cu e Zn (quelatos) apresentam a vantagem de ter maior biodisponibilidade e menor excreção, bem como a redução da dose necessária.

As nanopartículas apresentam também a vantagem da eficiência aumentada e menor excreção, sendo necessária uma menor quantidade, embora sejam necessários mais estudos sobre segurança a longo prazo, nomeadamente a nível da acumulação em órgãos, impacto na microbiota e ambiental. A regulamentação sobre o uso de nanopartículas (NP) Cu e Zn em rações animais ainda está em fase inicial.

- **Monitoramento ambiental** (estratégias de controle da excreção de Cu e Zn em dejetos).
- **Restrições mais rígidas**, com possível redução dos limites atuais (tendência global para maior restrição aos limites de Cu e Zn em rações animais, com possíveis reduções nos limites atuais). Essa tendência é impulsionada por preocupações ambientais, de saúde pública e resistência bacteriana.
- **Combinação com prebióticos/probióticos**: melhoram a absorção de minerais e reduzem a necessidade de suplementação excessiva (sinergia para saúde intestinal sem altas doses de minerais).
- **Nutrição de precisão** (ajuste das doses de Cu e Zn conforme fase produtiva e *status* sanitário).

Regulamentação em Portugal

Portugal, como membro da União Europeia, segue as normas europeias sobre a utilização de cobre e zinco na alimentação animal, sendo esta regulamentação supervisionada pela Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV).

Zinco

A utilização de óxido de zinco como medicamento veterinário para administração oral em animais produtores de alimentos para consumo humano foi proibida a partir de 26 de junho de 2022. Esta decisão, tomada pela Comissão Europeia, baseou-se em preocupações ambientais e riscos associados ao desenvolvimento de resistência antimicrobiana. Consequentemente, os medicamentos veterinários contendo óxido de zinco deixaram de ser autorizados em Portugal a partir dessa data.

Cobre

O cobre continua autorizado como aditivo nutricional na alimentação animal, mas com limites específicos por espécie e fase de crescimento, conforme estabelecido no Regulamento de Execução (UE) 2018/1039 da Comissão.

Conclusão

O uso excessivo de cobre e zinco nas rações de animais de consumo humano, embora tenha benefícios como a melhoria do crescimento e preven-

Tabela 1 – Desafios e soluções para o uso de Zn e Cu em rações de animais de consumo: Perspetivas futuras

Desafio	Descrição	Soluções potenciais
Excreção excessiva e poluição ambiental	Altas doses de Zn e Cu são mal absorvidas e despejadas no ambiente, contaminando solos e águas	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de formas orgânicas (quelatos) - Ajuste adequado das doses (nutrição de precisão) - Adoção de aditivos que melhoram a absorção (ex: probióticos)
Resistência antimicrobiana	Doses elevadas de Cu e Zn têm efeito antimicrobiano, podendo selecionar bactérias resistentes	<ul style="list-style-type: none"> - Redução gradual das doses - Substituição por aditivos não antimicrobianos (óleos essenciais, ácidos orgânicos) - Monitoramento do microbioma animal
Regulamentações mais restritivas (UE e outros)	Legislações reduzem os limites máximos permitidos de Zn e Cu nas dietas	<ul style="list-style-type: none"> - Reformulação de rações com base nas novas normas - Uso de tecnologias analíticas para controle fino - Pesquisa de fontes mais biodisponíveis
Baixa biodisponibilidade de fontes inorgânicas	Formas tradicionais (óxidos e sulfatos) têm baixa absorção pelo trato digestivo	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de minerais quelatados (ex: Zn-metionina, Cu-proteína) - Encapsulamento ou nanoformulações
Custos elevados de fontes biodisponíveis	Fontes orgânicas são mais caras, o que limita o uso em larga escala	<ul style="list-style-type: none"> - Otimização da formulação para reduzir desperdício - Economia com menor excreção e melhores índices zootécnicos - Incentivos governamentais ou subsídios verdes
Interações negativas com outros nutrientes	Altas doses de Cu/Zn interferem na absorção de Fe, Ca, Mn, entre outros	<ul style="list-style-type: none"> - Balanceamento cuidadoso da dieta - Testes em tempo real com ferramentas de nutrição de precisão
Aceitação do consumidor e pressão por sustentabilidade	Consumidores procuram alimentos produzidos de forma sustentável e sem impactes ambientais	<ul style="list-style-type: none"> - Certificação de rações sustentáveis - Transparência na cadeia produtiva - Comunicação clara dos benefícios das novas práticas

ção de doenças, representa um risco significativo quando não controlado adequadamente, principalmente na forma inorgânica (ex.: sulfato de cobre ou óxido de zinco). O acúmulo desses minerais pode provocar toxicidade nos próprios animais, afetando órgãos como fígado e rins, além de comprometer o seu desempenho produtivo.

Embora não existam relatos diretos de intoxicação humana por consumo de produtos de origem animal com excesso de cobre ou zinco, é fundamental manter práticas rigorosas de controle na suplementação desses minerais na alimentação animal. É essencial monitorizar e controlar os níveis desses metais pesados na cadeia alimentar. Isso visa garantir a segurança alimentar, proteger a saúde pública e preservar o meio ambiente.

O excesso de excreção desses metais no ambiente contribui para a contaminação do solo e da água, impactando ecossistemas e facilitando a resistência antimicrobiana, uma preocupação crescente na saúde pública global.

As interações entre zinco, cobre e outros minerais, como ferro, cálcio, fósforo, molibdênio e enxofre, devem ser cuidadosamente consideradas na formulação de rações. Um equilíbrio adequado evita deficiências nutricionais, melhora a saúde animal e reduz o desperdício e os impactos ambientais associados à excreção de minerais.

A redução do uso de cobre e zinco em rações animais exige uma abordagem multifatorial, combinando fontes mais biodisponíveis, aditivos inovadores e manejo nutricional preciso. As tendências apontam para uma produção animal mais sustentável, alinhada com as demandas globais por segurança alimentar e menor impacto ambiental. É fundamental promover o uso racional e baseado em evidências científicas desses minerais nas formulações de rações, aliando produtividade à segurança alimentar e ambiental. 🌱

Bibliografia

- EFSA Scientific Committee; More, S.J. et al. (2023). Scientific Opinion on the re-evaluation of the existing health-based guidance values for copper and exposure assessment from all sources. *EFSA Journal*, **21**(1):7728, 117 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7728>.
- Gourlez, E.; Dourmand, J.Y. et al. (2024). Effects of reducing copper and zinc supplementation on the performance and mineral status of fattening pigs, *Animal*, **18**(10):101270. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101270>.
- Monteiro, S.C. et al. (2010). Pre-assessment of environmental impact of zinc and copper used in animal nutrition. *EFSA Supporting Publication*, **7**(9):EN-74, 325 pp. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2010.EN-74>.
- NP EN ISO/IEC 17025:2018 "Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração".
- Regulamento de Execução (UE) 2024/265 da Comissão, de 17 de janeiro, JO L, 2024/265, 18/1/2024.
- Regulamento de Execução (UE) 2016/1095 da Comissão. Versão consolidada de 25/09/2022.
- Regulamento (UE) 2017/625 do Parlamento Europeu, de 15 de março de 2017, *Jornal Oficial da União Europeia*, **L 95**.
- Regulamento (UE) 2018/1881 da Comissão, de 3 de dezembro de 2018, **L 308**.