

Vitaminas e minerais na nutrição de suínos: revisão de literatura

Deficiência nutricional, intoxicação, monogástricos.

Darleny Eliane Garcia Horwat^{1*}

Paula Teixeira Poltronieri²

Daiane Cristina Ribeiro Dambroski Nack²

Juliana Sperotto Brum³

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, UFPR. *E-mail: darlenyhorwat22@gmail.com.

²Graduanda em Medicina Veterinária, Universidade Federal do Paraná, UFPR.

³Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, UFPR.

RESUMO

As vitaminas e os minerais são substâncias essenciais ao metabolismo animal e devem estar presentes na dieta. Porém, a presença e concentração variam entre os alimentos, e a disponibilidade é afetada por diversos fatores, como a interação com outros compostos. Este trabalho objetivou elaborar uma revisão de literatura sobre as principais características das vitaminas e minerais, bem como as consequências de suas deficiências e excessos na alimentação de suínos. As vitaminas e minerais atuam como cofatores enzimáticos em muitas reações estão envolvidos no metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídios entre outras funções como, por exemplo: atuação da vitamina K na coagulação; ação antioxidante da vitamina E, e selênio; composição da hemoglobina (ferro); formação do esqueleto. Tanto a deficiência quanto o excesso desses nutrientes podem acarretar em prejuízos a saúde dos suínos. As consequências da deficiência ou excesso dessas substâncias estão geralmente associadas à redução do ganho de peso, problemas reprodutivos, ósseos, dermatológicos e manifestações neurológicas. Desta forma é importante que as vitaminas e minerais sejam fornecidos de forma equilibrada e de modo a atender as exigências dos suínos.

Palavras-chave: deficiência nutricional; intoxicação; monogástricos.



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 16, Nº 04, jul./ ago. de 2019

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

VITAMINS AND MINERALS IN SWINE NUTRITION: LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Vitamins and minerals are essential substances to animal metabolism and must be present in their diet. However, the presence and concentration between ingredients and their availability are affected by several factors, such as the interaction with other compounds. This paper aimed to elaborate a review of the literature about the main characteristics of vitamins and minerals, as well as the consequences of their deficiencies and excesses in swine feed. Vitamins and minerals act as enzymatic cofactors in many reactions, they are involved in the metabolism of proteins, carbohydrates and lipids among other functions, for example: vitamin K in coagulation; antioxidant action of vitamin E and selenium; composition of hemoglobin (iron); bone skeletal formation. Both, the deficiency and the excess of these nutrients, can lead to damages to the swine's health. The consequences of deficiency or excess of these substances are generally associated with reduced weight gain, problems in reproduction, bone formation, dermatology and neurological manifestations. In this way it is important that vitamins and minerals are provided in a balanced way and in order to reach the requirements of swines.

Keyword: nutritional deficiency; intoxication; monogastric.

INTRODUÇÃO

Vitaminas e minerais são substâncias essenciais ao metabolismo normal dos seres vivos e contribuem para o crescimento e manutenção da saúde. Esses nutrientes devem estar presentes na dieta, já que os minerais e grande parte das vitaminas não é sintetizada pelo organismo (SANTANA, 2013; MORENO et al., 2012; PISSININ, 2016).

A presença e concentração dessas substâncias variam entre os alimentos, e a disponibilidade é afetada por diversos fatores, como a interação com outros compostos. Pode ocorrer, por exemplo, a deficiência de um mineral devido ao nível excessivo de outro, sendo que o antagonismo entre cobre e ferro, cobre e zinco, iodo e ferro, cálcio e cobre e cálcio e zinco são frequentemente citados (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009). As exigências dos suínos também são afetadas por diversos fatores, como o potencial genético, fase de criação e sanidade (SANTANA, 2013).

A deficiência de minerais e vitaminas não se manifesta imediatamente, podendo levar semanas e até meses para serem observados sinais de carência. Já os sinais de intoxicação podem se manifestar de maneira tanto aguda como crônica (MORENO et al., 2012; SANTANA, 2013).

Em criações intensivas esses nutrientes são adicionados na fabricação das rações com base nos requerimentos de cada fase de criação. Desta forma, a ocorrência de carências ou intoxicações é pouco frequente. Pode ocorrer devido a fatores como redução do consumo alimentar, variabilidade no conteúdo nutricional de alguns ingredientes da ração e erros na formulação e preparo (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009; MORENO et al., 2012). Já em criações tradicionais de baixo investimento, os produtores geralmente utilizam alimentos disponíveis no local ou na região, não havendo a garantia de uma dieta balanceada, aumentando a probabilidade da ocorrência de doenças por carências (MUTUA, 2012).

Este trabalho objetivou elaborar uma revisão de literatura sobre as principais características das vitaminas e minerais, bem como as consequências de suas deficiências e excessos na alimentação de

suínos

CLASSIFICAÇÃO DAS VITAMINAS E MINERAIS

As vitaminas são classificadas em lipossolúveis (solúveis em lipídios e solventes orgânicos – vitaminas A, D, E e K) e hidrossolúveis (solúveis em água – vitaminas do complexo B e vitamina C). Os minerais necessários em maiores quantidades são classificados como macrominerais, enquanto que os necessários em menor quantidade são classificados como microminerais ou elementos traço (YAGUE, 2009; MORENO et al., 2012; SANTANA, 2013).

VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS

Vitamina A - Além da conhecida atuação no processo visual, a vitamina A também está envolvida em outras funções do organismo, como a síntese de algumas glicoproteínas, regulação do crescimento e diferenciação celular, reprodução e desenvolvimento embrionário, resposta imune (SIGNOR et al., 2013) e manutenção do tecido epitelial. A sua atuação no processo visual ocorre por meio do transretinol, um derivado desta vitamina envolvido na síntese e regeneração cíclica da rodopsina, uma proteína de membrana presente nas células fotorreceptoras adaptadas a baixa intensidade de luz (DARROCH, 2001).

A ingestão de vitamina A diz respeito à absorção da vitamina pré-formada ou de provitaminas, compostos que no organismo são transformados em vitaminas, sendo o betacaroteno o principal deles. Os alimentos de origem animal como fígado, leite e ovos são fontes da vitamina A pré-formada. Já vegetais como cenoura, batata doce, manga e espinafre são fonte de betacaroteno (FRANCO, 2008; COZZOLINO, 2009).

Em suínos, a deficiência de vitamina A causa principalmente sinais neurológicos, como andar cambaleante, incoordenação, espasmos e paralisia, além de redução no ganho de peso, corrimento ocular, cegueira, disfunção respiratória e rugosidade na pele. As porcas podem apresentar distúrbios no ciclo estral, reabsorção fetal, aborto e gerar natimortos. Nos abortos e natimortos podem ser observados anoftalmia, microftalmia, fenda palatina, lábio leporino e patas traseiras deformadas (DARROCH, 2001; MORENO et al., 2012).

Podem ocorrer intoxicações pela vitamina A durante uma suplementação excessiva como tratamento da hipovitaminose ou na utilização injetável como protocolo para trazer benefícios à reprodução. Os sintomas incluem malformações, fraturas espontâneas, hemorragias, diminuição do apetite e do ganho de peso e espessamento da pele (DARROCH, 2001).

Vitamina D - É encontrada sob várias formas, sendo as principais colicalciferol (D₃), formado a partir do colesterol; e oergocalciferol (D₂), formado a partir do ergosterol. Sua principal função é a regulação da homeostase do cálcio e do fósforo. Isso ocorre por meio de uma maior absorção no intestino delgado, pela regulação da atividade osteoblástica e osteoclástica dos ossos e pelo aumento da reabsorção nos túbulos renais (COZZOLINO, 2009; MARQUES, 2010). A principal fonte ocorre pela formação endógena na epiderme após a exposição à radiação ultravioleta-B. Na dieta está pouco presente nos alimentos de origem vegetal. Sua forma biologicamente ativa é o 1 α , 25-di-hidroxitamina D₃ (MADSON & GOFF, 2012).

A carência de vitamina D causa diminuição da absorção de cálcio, podendo levar ao aparecimento de sinais de hipocalcemia. Nos animais jovens é relatada diminuição do depósito de cálcio nos ossos em crescimento (raquitismo) e nos adultos, perda de cálcio nos ossos formados (osteomalacia). Suínos afetados apresentam retardo no crescimento, claudicação, fraturas, paralisia dos membros posteriores, aumento das articulações e apatia. Quando são criados ao ar livre e expostos ao sol os suínos não necessitam de suplementação dietética (MORENO et al., 2012; MADSON & GOFF, 2012). Em casos de hipervitaminose ocorre atraso no crescimento, diminuição da conversão alimentar e calcificação de tecidos moles (CRENSHAW, 2001).

Vitamina E - O termo vitamina E refere-se a uma família de oito compostos homólogos sintetizados pelas plantas. Estes compostos dividem-se em tocofenóis e tocotrienóis. Dentre estes compostos o alfa-tocoferol é o mais ativo (COZZOLINO, 2009). Esta vitamina é o principal antioxidante de membranas biológicas, participa dos processos anti-

oxidativos que protegem o organismo da ação de radicais livres e melhora a resposta imunológica (ARAÚJO, 2010a). A vitamina E apresenta também um papel no desenvolvimento embrionário, Umesiobi (2009) demonstrou em seu estudo a importância da vitamina E na otimização das taxas de fecundidade e no tamanho da ninhada das porcas. Os alimentos que contêm maiores concentrações de vitamina E são os cereais e óleos vegetais (COZZOLINO, 2009).

A maior parte dos sinais de deficiência de vitamina E está associada com a deficiência de selênio. Nos suínos são encontradas alterações cardíacas, vasculares e musculares que podem levar o animal à morte. Distrofia muscular, hepatose dietética e microangiopatia nutricional ou “doença do coração de amora” são as principais doenças relacionadas à deficiência de vitamina E, e selênio. Os animais acometidos podem apresentar icterícia, dificuldade de locomoção, tremores musculares, apatia e dispnéia; em muitos casos os suínos apresentam morte súbita (ARAÚJO, 2010a; MORENO et al., 2012). Não foram encontrados casos de intoxicação por vitamina E na literatura.

Vitamina K - Os compostos com atividade de vitamina K são agrupados em filoquinonas, presentes em alimentos de origem vegetal, e as menaquinonas, sintetizadas por bactérias da flora intestinal (FRANCO, 2008; COZZOLINO, 2009). A função mais conhecida desta vitamina é a participação no processo de coagulação sanguínea, sendo necessária para a formação da protrombina e dos fatores de coagulação VII, IX e X. A vitamina K também está envolvida na formação óssea. São exemplos de fontes desta vitamina, brócolis, couve-flor, acelga e espinafre (COZZOLINO, 2009).

A deficiência de vitamina K nos suínos gera um retardo no tempo de coagulação do sangue. Podem ocorrer hemorragias internas, anemia, hematúria, taquipneia e sinais de hemorragia no tecido subcutâneo (MORENO et al., 2012). Os suínos são resistentes a altas doses de vitamina K, sendo a intoxicação demonstrada apenas em trabalhos experimentais. Os sintomas de intoxicação incluem anemia hemolítica, hiperbilirrubinemia e dano cerebral (CRENSHAW, 2001).

VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

Vitamina C - A vitamina C, ou ácido ascórbico, é sintetizada pela maioria dos animais. O ascorbato forma biologicamente ativa da vitamina, possui funções em diversas reações químicas, podendo atuar como cofator ou co-substrato para diferentes enzimas. Essa vitamina age no metabolismo da fenilalanina, tirosina, colesterol e glicose; participa da síntese da norepinefrina e do colágeno; atua na formação da matriz óssea e na função leucocitária; e aumenta a absorção de ferro (DOVE & COOK, 2001; FRANCO, 2008; COZZOLINO, 2009). É encontrada quase que exclusivamente em alimentos de origem vegetal, como o mamão papaia, kiwi, melão e laranja (COZZOLINO, 2009).

A vitamina C não necessita ser fornecida na dieta de suínos porque pode ser sintetizada pelo organismo, desta forma não têm sido observados sinais de carência (DOVE & COOK, 2001). As vitaminas hidrossolúveis, de uma maneira geral, não são armazenadas em quantidades significativas no organismo. A ingestão excessiva dessas vitaminas não provoca danos ao organismo, pois o excesso é rapidamente eliminado por meio da urina (CASERTA & PILOTO, 2016).

Tiamina (Vitamina B1) - O pirofosfato de tiamina (TPP) é a forma fisiológica ativa da tiamina. O TPP é essencial para o metabolismo de carboidratos e proteínas. Tem atuação como coenzima em vários sistemas enzimáticos e é necessário na descarboxilação oxidativa do piruvato para formação do acetil coenzima A (COZZOLINO, 2009). A tiamina é encontrada em um grande número de alimentos, tanto de origem animal como vegetal (FRANCO, 2008).

Os principais sintomas de deficiência tiamínica estão relacionados principalmente com o sistema nervoso e o aparelho cardiovascular (FRANCO, 2008). Vieira et al. (2016) demonstraram que a deficiência de tiamina durante um período inicial de desenvolvimento pode fazer com que os indivíduos apresentem comprometimento motor e alterações neurotransmissoras excitatórias e inibitórias persistentes. Nos suínos, além dos sinais nervosos podem ocorrer também diminuição do apetite e consequente perda de peso, bradicardia e hipertrofia

cardíaca (DOVE & COOK, 2001).

Riboflavina (Vitamina B2) - É uma vitamina hidrossolúvel encontrada principalmente na carne, peixe e vegetais de cor verde-escura. Sua função é como precursora da flavina adenina dinucleotídeo (FAD) e flavinamononucleotídeo (FMN), componentes das flavoenzimas, enzimas que atuam em reações de transferência de hidrogênio e importantes participantes da cadeia transportadora de elétrons (SOUZA et al., 2005). Desta forma, a riboflavina apresenta um papel importante no metabolismo dos lipídios, proteínas e glicídios (FRANCO, 2008).

Em suínos em crescimento, os sinais clínicos da deficiência de riboflavina incluem crescimento retardado, catarata, espessamento e erosões na pele, alopecia, anorexia, vômitos e falhas reprodutivas. Em casos severos descrevem-se lesões como descoloração hepática e dos rins, esteatose hepática, degeneração dos óvulos e degeneração mielínica dos nervos isquiático e braquial (MORENO et al., 2012).

Piridoxina (Vitamina B6) - Pode ser encontrada em três formas diferentes: piridoxamina, piridoxal e piridoxol, todas elas fisiologicamente ativas. Atua como cofator em diversas reações enzimáticas e está relacionada principalmente ao metabolismo de aminoácidos, mas também atua no metabolismo dos carboidratos e lipídios. A piridoxina está presente na maioria dos alimentos, em maior proporção nos de origem animal (FRANCO, 2008; COZZOLINO, 2009).

Sua deficiência leva à redução do apetite e da taxa de crescimento dos suínos. Quando avançada pode levar ao desenvolvimento de exsudato ao redor dos olhos, convulsões, ataxia, coma e morte (MORENO et al., 2012). Nos suínos com carência desta vitamina têm sido descritas alterações degenerativas nos nervos periféricos, células da raiz dos gânglios dorsais e posteriores da coluna e medula espinhal (FRANCO, 2008).

Cobalamina (Vitamina B12) - É sintetizada exclusivamente por microrganismos, sendo que, a única fonte na dieta são os alimentos de origem animal (COZZOLINO, 2009). Está envolvida na formação dos glóbulos sanguíneos, da bainha

dos nervos e do ácido nucleico, e está inter-relacionada com outros nutrientes, principalmente o ácido fólico (FRANCO, 2008). Funciona também como um cofator essencial para duas enzimas: a metionina sintase e L-metilmalonil-coAmutase, ambas envolvidas no metabolismo de eliminação da homocisteína (PANIZ et al., 2005).

151-154, 2008.

A deficiência da vitamina B12 pode ocasionar transtornos hematológicos, neurológicos e cardiovasculares (PANIZ et al., 2005). Nos suínos os sinais clínicos mais encontrados são: redução do apetite e do ganho de peso, incoordenação dos membros posteriores, dermatite e anemia. Nos leitões a alteração mais evidente é o retardo no crescimento (DOVE & COOK, 2001; MORENO et al., 2012).

Niacina (Vitamina B3) - É uma vitamina hidrossolúvel cujo papel metabólico é como precursor das coenzimas nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD) e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP). Estas coenzimas estão envolvidas no metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas, e são importantes no processo de geração de energia (COZZOLINO, 2009). Esta vitamina é encontrada em maior quantidade na carne, no leite e nos legumes e está amplamente distribuída nos grãos (FRANCO, 2008).

Em suínos a deficiência de niacina pode causar vômito, diarreia, anorexia, retardo no crescimento, queda das cerdas, dermatite, anemia, ulcerações na mucosa oral, gastrite ulcerativa e inflamação e necrose do ceco e cólon (DOVE & COOK, 2001; MORENO et al., 2012).

Ácido fólico (Vitamina B9) – Os folatos, termo usado para se referir ao ácido fólico e aos compostos com atividade do ácido fólico, estão envolvidos em diversos processos bioquímicos essenciais para a vida. Atuam por meio da transferência de compostos monocarbonados, sendo importantes para a interconversão da serina e glicina, para a oxidação da histidina e para a síntese de purinas e pirimidinas. Entre as principais fontes de ácido fólico estão as vísceras e vegetais folhosos verde-escuro (DOVE & COOK, 2001; BALUZ et al.,

2002). A deficiência de ácido fólico nos suínos pode causar retardo no crescimento, descoloração do pelo e anemia (MORENO et al., 2012).

Ácido pantotênico (Vitamina B5) - Tem sua função por ser parte da coenzima A (CoA). Participa de dezenas de vias enzimáticas como mediador na transferência de grupos acetil. Desempenha função no metabolismo de ácidos graxos, aminoácidos e carboidratos e na síntese de colesterol, hormônios esteroides, neurotransmissores, porfirinas e hemoglobina (MORESCHI & MURADIAN, 2007). Suas fontes alimentares são principalmente a carne, ovo, batata, aveia e brócolis (COZZOLINO, 2009).

Suínos com carência de ácido pantotênico têm como principal sintoma o andar anormal, denominado passo de ganso, que resulta da degeneração e desmielinização dos nervos periféricos dorsais. Outros sinais são o retardo no crescimento, anorexia, diarreia e pele seca e escamosa (MORENO et al., 2012).

Biotina (Vitamina B7) - Atua como cofator enzimático e é importante para o grupo das caboxilases. Está envolvida no metabolismo das proteínas e dos carboidratos e age diretamente na formação da pele (ARAÚJO et al., 2010b). Ela está presente na maioria dos alimentos, no entanto sua disponibilidade é variável. Uma parte da exigência de biotina pode ser atendida pela síntese microbiana no intestino grosso (COZZOLINO, 2009). A deficiência de biotina em suínos resulta em redução do crescimento e da eficiência alimentar. Também pode ocorrer alopecia, dermatite, rachadura nos cascos, ataxia e convulsões (ARAÚJO et al., 2010b).

MACROMINERAIS

Cálcio - É o elemento mineral mais abundante no organismo animal. A maior parte do cálcio está presente nos ossos e nos dentes e o restante está distribuído no sangue e tecidos moles. Nos ossos há uma constante deposição e reabsorção de cálcio devido a ação do paratormônio e da calcitonina. Sua absorção é dependente da vitamina D e pode ser prejudicada pela presença

de fitatos e oxalatos (FRANCO, 2008). Dentre as funções do cálcio no organismo estão a formação dos ossos e dentes, a ativação e estabilização de sistemas enzimáticos, a participação na contração muscular, na coagulação sanguínea e na transmissão do impulso nervoso e a manutenção da permeabilidade normal das células (SANTANA, 2013). O cálcio é encontrado em maior concentração no leite e derivados, também na carne de algumas espécies de peixe, como a sardinha e o lambari, e em algumas hortaliças como a couve e o espinafre (UNICAMP, 2011). Grãos de cereais e fontes de proteína vegetal, ingredientes tradicionalmente utilizados na alimentação dos suínos, são pobres em cálcio, desta forma é de grande importância sua suplementação na dieta (CRENSHAW, 2001).

Quando a dieta é pobre em cálcio, o organismo recorre aos ossos para atender a demanda metabólica (SANTANA, 2013), desta forma os suínos apresentam os mesmos sinais discutidos no excesso de vitamina D. Porcas com alta produção de leite estão sujeitas a apresentar febre vitular, também chamada de paresia da parturiente, como consequência da hipocalcemia (MORENO et al., 2012). Por outro lado, o excesso de cálcio na dieta prejudica a eficiência alimentar levando a redução do ganho de peso e interfere na absorção de outros minerais como o zinco e o fósforo. Níveis elevados de fósforo também irão resultar no prejuízo da absorção do cálcio, devendo esses dois minerais ser mantidos em equilíbrio (SOBESTIANSKY et al., 2012).

Fósforo - É o segundo mineral em maior quantidade no organismo animal. Está presente nos fosfolípidios, um dos principais componentes da membrana celular, em nucleotídeos e em ácidos nucleicos. Entre suas funções está a participação na formação do esqueleto, o auxílio na manutenção do pH devido sua ação tamponante, o armazenamento e transporte de energia e a ativação de enzimas (COZZOLINO, 2009; AROUCA et al., 2010). É encontrado em maior quantidade em alimentos de origem animal (UNICAMP, 2011). Os vegetais apresentam uma quantidade considerável de fósforo, porém a maior parte está indisponível por estar ligada ao ácido fítico (MAGNAGO et al., 2015).

Em casos de deficiência deste mineral na dieta, são encontrados sinais clínicos relacionados a problemas de mineralização óssea, assim como na deficiência de cálcio (AROUCA et al., 2010). Percentuais de fósforo acima de 1,5% podem causar mobilização de cálcio dos ossos, mesmo que este esteja em níveis normais. Ocorre desta forma osteodistrofia fibrosa ou hiperparatireoidismo secundário a hiperfosfatemia (SOBESTIANSKY et al., 2012).

Cloro - É um dos íons mais importantes na regulação da pressão osmótica, desempenha um papel fundamental na manutenção do equilíbrio ácido-básico e atua também na transmissão do impulso nervoso. O cloro secretado pela mucosa gástrica como ácido clorídrico acarreta acidez necessária para digestão no estômago e para ativação de enzimas (FRANCO, 2008). Sua principal fonte é o sal comum (cloreto de sódio) (PATIENCE & ZIJLSTRA, 2001). Os sinais clínicos de carência e intoxicação são abordados em associação com o sódio (SOBESTIANSKY et al., 2012).

Sódio - É essencial para manutenção da pressão osmótica, atua no balanço ácido-básico, faz parte dos processos de contração muscular e cardíaca, além de ser um fator importante na transmissão do impulso nervoso (YAGÜE, 2009). Os alimentos de origem animal são os que contêm maior concentração de sódio, e o sal comum é a principal fonte. A homeostasia do sódio é regida pela aldosterona, responsável por controlar a reabsorção deste mineral nos túbulos renais (FRANCO, 2008).

A deficiência de cloreto de sódio (NaCl) manifesta-se pela redução no consumo e na taxa de crescimento, e piora na conversão alimentar. Os suínos podem apresentar alotriofagia, lambendo as instalações em busca de sal (MORENO et al., 2012). Por outro lado, o excesso de NaCl é tóxico aos suínos sendo o nível máximo tolerado na dieta de 3,14% de sódio ou 8% de NaCl (YAGÜE, 2009; BOOS et al., 2012). A intoxicação se caracteriza pelo aparecimento de alterações neurológicas que atingem grande parte de animais. Podem ser observados sinais como salivação excessiva, movimentos de pedalagem, opistótono, tremores musculares, convulsão e morte (BOOS et al., 2012).

Potássio - Tem atuação na contração muscular, na transmissão do impulso nervoso, no controle do balanço eletrolítico, no equilíbrio hídrico e é cofator para muitas ações enzimáticas. As principais fontes na dieta são a batata inglesa, carnes, leguminosas, banana, couve e laranja (FRANCO, 2008; YAGÜE, 2009). A deficiência de potássio em suínos causa anorexia, pelagem áspera e crespa, emagrecimento, bradicardia e ataxia (MORENO et al., 2012). Casos de intoxicação são raramente relatados. Os níveis tóxicos não são bem definidos, sendo 3% o valor mais aceito (PATIENCE & ZIJLSTRA, 2001).

Magnésio - Atua em muitas reações enzimáticas. Tem um papel importante no controle da estabilidade cardíaca e do tônus vasomotor, na transmissão do impulso nervoso e na excitabilidade neuromuscular. Também está envolvido no metabolismo das proteínas, gorduras e carboidratos e na integridade óssea (FRANCO, 2008; COZZOLINO, 2009; YAGÜE, 2009). O magnésio é amplamente distribuído nos alimentos, mas em diferentes concentrações, sendo que os vegetais folhosos são as principais fontes, seguidos pelos legumes (COZZOLINO, 2009).

Raramente ocorre deficiência de magnésio nos suínos devido sua presença em diversos alimentos. Os sinais clínicos de carência incluem anorexia, baixo crescimento, hiperirritabilidade, espasmos musculares, perda de equilíbrio, tetania e morte. Informações sobre a intoxicação por esse mineral são escassas. É aceito pela literatura que um nível de até 0,3% de magnésio no total de matéria seca da dieta não provoca danos aos suínos. (PATIENCE & ZIJLSTRA, 2001; YAGÜE, 2009).

MICROMINERAIS

Cobre - Participa de muitas reações de oxidação e é necessário para a síntese da hemoglobina e mioglobina (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009). Participa da manutenção dos sistemas vascular, esquelético, nervoso e imunológico. Também atua nos processos de pigmentação da pele e dos pelos (YAGÜE, 2009). É encontrado em maior concentração no leite e derivados, também na carne de algumas espécies de peixe, como a sardinha e o lambari, e em algumas hortaliças como a couve e o espinafre

(UNICAMP, 2011). Embora a exigência do suíno seja inferior a 10 mg, é comum ser realizada a suplementação em dietas de leitões próximo de 150 mg/kg de matéria seca, devido a um efeito promotor de crescimento durante esta fase (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009).

Nos suínos a deficiência de cobre pode levar a anemia, deformações ósseas e fraturas, deficiências na queratinização e produção de colágeno, despigmentação e distúrbios cardíacos (MORENO et al., 2012). Por outro lado, o excesso deste mineral pode causar danos aos hepatócitos e as membranas dos eritrócitos. Deste modo, podem ser observados sinais como anemia, apatia, vômito, diarreia, melena, hemoglobinúria, icterícia e tremores musculares (SOBESTIANSKY et al., 2012).

Ferro - É conhecido principalmente por ser constituinte da hemoglobina nas hemácias, atuando assim no transporte do oxigênio, mas também é o componente de outras moléculas importantes, como a mioglobina no músculo e a ferritina no fígado (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009). Além disso, participa de reações de oxidação e redução como um carreador de elétrons. Alimentos de origem animal e sementes de leguminosas são as principais fontes de ferro. A presença de fitato, ácido oxálico, fibra alimentar e altas concentrações de cálcio prejudicam sua absorção (COZZOLINO, 2009).

A anemia por deficiência de ferro é um problema comum em leitões, sendo que os animais acometidos manifestam sinais clínicos como: apatia, atraso no crescimento, mucosas pálidas e dispneia (MORENO et al., 2012). Esta doença ocorre como resultado de vários fatores, como o baixo nível de reserva ao nascimento e o baixo teor de ferro no colostro e no leite da porca. Desta forma a aplicação injetável de ferro dextrano é uma prática comum na suinocultura e mostra-se eficiente na prevenção da anemia ferropriva (STARZYNSKI et al., 2013; PISSININ, 2016). Leitões com acesso a terra com boas concentrações de ferro não necessitam de suplementação, pois podem atender a demanda desse mineral por meio do consumo da mesma (ALMEIDA et al., 2016). Em casos de intoxicações são observados sinais clínicos como: incoordenação,

tremores, convulsões, vômito e diarreia ou pode ocorrer uma reação anafilática aguda (SOBESTIANSKY et al., 2012).

Iodo - Este elemento traço tem uma alta absorção pelo trato gastrointestinal, sendo que no intestino é convertido em iodeto para ser absorvido e a maior parte é transportada da corrente sanguínea para glândula tireoide. Sua principal atuação é na composição dos hormônios tireoidianos tri-iodotironina (T3) e tetraiodotironina (T4) (FRANCO, 2008). Esses hormônios possuem ação na termorregulação, no crescimento, no sistema nervoso e cardiovascular e afetam o metabolismo dos carboidratos e lipídios (YAGÜE, 2009).

Deficiências severas provocam atraso no desenvolvimento dos suínos, letargia e aumento da tireoide. Pode ocorrer também um aumento no número de leitões natimortos ou nascimento de leitões fracos. (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009; MORENO et al., 2012). A exigência de iodo pode ser atendida pela inclusão de iodato de cálcio ou sal iodado na dieta dos suínos (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009). Casos de intoxicação são incomuns já que os suínos são relativamente resistentes, porém níveis muito elevados podem causar retardo no crescimento e diminuição dos níveis de hemoglobina e ferro hepático (SOBESTIANSKY et al., 2012).

Manganês - É um mineral importante para o desenvolvimento do esqueleto e componente de muitas enzimas envolvidas no metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009). Está envolvido também na regulação de diversas enzimas e receptores de neurotransmissores. Importantes fontes de manganês são as oleaginosas, como o amendoim e a noz, e outros vegetais como o agrião, espinafre e batata doce (COZZOLINO, 2009).

A deficiência deste mineral acarreta em prejuízos ao crescimento, desenvolvimento do esqueleto e função reprodutora. É possível observar alterações no ciclo estral, reabsorção fetal, redução da secreção láctea e nascimento de leitões fracos e que apresentam ataxia (COZZOLINO, 2009; MORENO et al., 2012). Níveis muito altos causam redução no consumo e ganho de peso, dificuldade de locomoção e andar

rígido (SOBESTIANSKY et al., 2012).

Selênio - É um mineral exigido em quantidades mínimas, porém essencial ao organismo. Entre suas funções estão: participação no sistema imunológico, proteção contra a ação de metais pesados, participação da conversão do T4 em T3 e ação antioxidante por ser componente da enzima glutathionaperoxidase. A quantidade de selênio contida em um mesmo tipo de alimento é muito variável, refletindo a concentração no solo. São alimentos fontes de selênio as castanhas, alfafa, frutos do mar, repolho e brócolis (COZZOLINO, 2009).

Os sinais clínicos da deficiência de selênio em suínos estão associados à deficiência de vitamina E, já relatados anteriormente. Quando em excesso, o selênio pode levar a intoxicação e são relatadas diferentes apresentações clínicas, sendo elas: dificuldade de locomoção com paresia dos membros, lesões de pele e separação da borda coronária dos cascos, problemas reprodutivos com diminuição da taxa de concepção e aumento do número de natimortos (GOMES et al., 2014).

Zinco - Desempenha um papel importante no metabolismo por ser constituinte ou catalizador de algumas enzimas. Tem atuação na síntese de proteínas, na calcificação dos ossos, no desenvolvimento do sistema imunológico e na produção de hormônios como a insulina. As principais fontes alimentares são os produtos de origem animal como carne bovina, de peixe e aves, leite, além de cereais integrais, feijões e castanhas (DOMENE et al., 2008). Sua absorção é afetada por diversos fatores, sendo prejudicada pela presença de fitato e pelo excesso de cálcio (GAUDRÉ & QUINIOU, 2009; YAGÜE, 2009).

A deficiência de zinco em suínos leva ao desenvolvimento de uma dermatose conhecida como paraqueratose. Esta doença é caracterizada pelo espessamento ou hiperqueratinização das células epiteliais da pele, o que ocorre principalmente ao redor dos olhos e da boca, nas porções inferiores das patas, e em casos severos atinge toda a superfície corporal. Ocorrem também problemas reprodutivos, como nascimento de um número reduzido de leitões e retardo

no desenvolvimento testicular em cachacos (MORENO et al., 2012). Já o excesso deste mineral ocasiona a diminuição no consumo e no ganho de peso, artrite e diarreia (SOBESTIANSKY et al., 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto as vitaminas quanto os minerais participam de diversas reações no organismo animal e são essenciais para a manutenção da saúde dos suínos, para o crescimento e para um bom desempenho zootécnico. As consequências da deficiência ou excesso dessas substâncias estão geralmente associadas à redução do ganho de peso, problemas reprodutivos, ósseos e dermatológicos e manifestações neurológicas. Desta forma é importante que as vitaminas e minerais sejam fornecidos de forma equilibrada e de modo a atender as exigências dos suínos.

de proteína no leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.F. et al. Diferentes fontes de ferro na prevenção da anemia ferropriva e no desempenho de leitões lactentes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.5, 2016.
- ARAÚJO, W.A.G. et al. Vitamina E na nutrição animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.7, n.4, p.1292-1303, 2010.a
- ARAÚJO, W.A.G. et al. Biotina na nutrição animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.7, n.1, p.1150-1160, 2010.b
- AROUCA, C.L.C. et al. Níveis de fósforo disponível para suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2646-2655, 2010.
- BALUZ, K.; CARMO, M.G.T.; ROSAS, G. O papel do ácido fólico na prevenção e na terapêutica oncológica: revisão. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v.48, n.4, p.597-607, 2002.
- BOOS, G.S. et al. Surto de intoxicação por sal em suínos em Santa Catarina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n.4, p.329-332, 2012.
- CASERTA, P.; PILOTO, J.A.R. Consumo excessivo de produtos vitamínicos: uma revisão. **Revista Uningá**, v.47, p.84-88, 2016.
- COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3. ed. Barueri: Manole, 2009, 1334p.
- CRENSHAW, T.D. Calcium, Phosphorus, Vitamin D, and Vitamin K in Swine Nutrition. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Ed.). **Swine nutrition**. 2 ed. Boca Raton: CRC, 2001, Cap.10, p.187-212.
- DARROCH, C.S. Vitamin A in Swine Nutrition. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Ed.). **Swine nutrition**. 2ed. Boca Raton: CRC, 2001, Cap.13, p.263-280.
- DOMENE, S.M.A. et al. Estimativa da disponibilidade de zinco em refeições com preparações padronizadas da alimentação escolar do município de Campinas. **Revista de Nutrição**, v.21, n.2, p.161-167, 2008.
- DOVE, C.R.; COOK, D.A. Water-Soluble Vitamins in Swine Nutrition. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Ed.). **Swine nutrition**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2001, Cap.15, p.315-358.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2008, 307p.
- GAUDRÉ, D.; QUINIOU, N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.190-200, 2009 (supl. especial).
- GOMES, D.C. et al. Intoxicação por selênio em suínos no sul do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.34, n.12, p.1203-1209, 2014.
- MADSON, D.; GOFF, G. Síndrome da deficiência em vitamina D em suínos. 2012. Disponível em: <https://www.3tres3.com.pt/artigos/sindroma-da-deficiencia-em-vitamina-d-em-suinos-i_6372/>. Acesso: maio de 2018.
- MAGNAGO, J.G.P. et al. Níveis de fitase sobre o desempenho, parâmetros ósseos e bioquímicos de suínos alimentados com ração de origem vegetal sem inclusão de fosfato bicálcico. **Ciência Rural**, v.45, n.7, p.1286-1291, 2015.
- MARQUES, C.D.L. et al. A importância dos níveis de vitamina D nas doenças autoimunes. **Revista Brasileira de Reumatologia**, 2010, v.50, n.1, p.67-80.
- MORESCHI, E.C.P.; MURADIAN, L.B.A. Comparação de métodos de análise para o ácido pantotênico em alimentos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.43, n.2, p.247-252, 2007.

- MORENO, A.M.; SOBESTIANSKY, J.; BARCELLOS, D. Deficiências nutricionais. In: SOBESTIANSKY, J.; BARCELLOS, D. **Doenças dos suínos**, 2. ed. Goiânia: Cãnone, 2012. Cap.11, p.611-626.
- MUTUA, F.K. et al. A description of local pig feeding systems in village smallholder farms of Western Kenya. *Tropical Animal Health and Production*, v.44, p. 1157-1162, 2012.
- PANIZ, C. et al. Fisiopatologia da deficiência de vitamina B12 e seu diagnóstico laboratorial. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v.41, n.5, p.323-34, 2005.
- PATIENCE, J.F.; ZIJLSTRA, R.T. Sodium, Potassium, Chloride, Magnesium, and Sulfur Swine Nutrition. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Ed.). **Swine nutrition**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2001, Cap.11, p.213-228.
- PISSININ, D. Ferro para leitões: revisão de literatura. **Revista Nutritime**, v.13, n.6, p.4874-4882, 2016.
- SANTANA, A.L.A. **Digestibilidade do cálcio de fontes de fontes minerais avaliadas em suínos**. 2013. 27 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- SIGNOR, A.A. et al. Vitamina A em dieta de juvenis de pacu cultivados em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, p.1103-1109, 2013.
- SOBESTIANSKY, J. et al. Intoxicações por minerais, produtos químicos, plantas e gases. In: SOBESTIANSKY, J.; BARCELLOS, D. **Doenças dos suínos**, 2.ed. Goiânia: Cãnone, 2012. Cap. 9, 551-580.
- SOUZA, A.C.S. et al. Riboflavina: uma vitamina multifuncional. **Química Nova**, v.28, n.5, p. 887-891, 2005.
- STARZYNSKI, R.R. et al. Iron Supplementation in Suckling Piglets: How to Correct Iron Deficiency Anemia without Affecting Plasma Hcpidin Levels. **Plos One**, v.8, 2013.
- UMESIOBI, D.O. Vitamin E Supplementation to Sows and Effects on Fertility Rate and Subsequent Body Development of their Weanling Piglets. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v.110, n.2, p.155–168, 2009.
- UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. NEPA – Núcleo de Estudos e pesquisa em Alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4 ed., 2011, 161p.
- VIEIRA, T.H.F. et al. Perinatal thiamine restriction affects central GABA and glutamate concentrations and motor behavior of adult rat offspring. **Neuroscience Letters**, v.617, p.182-187, 2016.
- YAGÜE, A.P. Normatização do uso de minerais na alimentação suína. **Revista suínos e Cia**, ano VI, n.32, 2009.