



Impactos do estresse oxidativo na produção intensiva de suínos: desafios e perspectivas. Uma Revisão

Impacts of oxidative stress in swine: Challenges and Perspectives. A review

Belise Maria Oliveira Bezerra^{1*}, José Nailton Bezerra Evangelista², Diana Célia Sousa Nunes-Pinheiro³

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinárias, Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará

² Professor da Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará

³ Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinárias, Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará.

Autor para correspondência: * belise_oliveira@hotmail.com

RESUMO: O estresse oxidativo é um desequilíbrio entre espécies reativas de oxigênio (EROS) e substâncias antioxidantes dos organismos, que pode ser induzido fisiologicamente ou patologicamente, causando danos oxidativo, como por exemplo, a peroxidação lipídica. A mensuração do estresse oxidativo pode ser realizada através de biomarcadores, utilizando-se várias técnicas. Na suinocultura, a produção rentável aumenta a demanda sobre o sistema metabólico dos suínos, o que pode levar, ao estresse oxidativo. O desequilíbrio oxidativo dos suínos pode estar associado a várias condições, como medidas inadequadas de manejo associadas ao seu sistema de produção e as patologias de diversas origens. Para combater o estresse oxidativo, é necessário reforçar os sistemas antioxidantes dos suínos através de suplementação nutricional com produtos sintéticos a base de vitaminas, minerais e produtos naturais. Mediante o exposto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a o estresse oxidativo na suinocultura enfatizando medidas de manejo, patologias e suplementação nutricional com antioxidantes. Os dados coletados dos diversos artigos científicos possibilitaram concluir que o estresse oxidativo tem impacto sobre a suinocultura, e que, através de um maior conhecimento de biomarcadores desse desequilíbrio, pode ser possível uma adequada interferência com suplementação de antioxidantes não enzimáticos para favorecer a saúde e o desempenho dos suínos.

Termos para indexação: Suínos, Desequilíbrio oxidativo, Produção animal

ABSTRACT: Oxidative stress is an imbalance between reactive oxygen species (ROS) and antioxidants of organisms, which can be generated physiologically or pathologically causing oxidative damage, for example, lipid peroxidation. Measurement of oxidative stress may be achieved by biomarkers using various techniques. In swine, economical production increases the demand on the metabolic system of the pigs, which may lead to the oxidative stress. Oxidative imbalance of pigs may be associated to various conditions such as inadequate management measures related with their production system and pathologies of various origins. To minimize oxidative stress, it is necessary to strengthen the antioxidant systems of pigs through nutritional supplementation with natural and synthetic products based on vitamins and minerals. Thus, this paper aims to present a review on the oxidative stress in swine

emphasizing management measures, diseases and nutritional supplementation with antioxidants. The data collected from scientific articles made it possible to conclude that oxidative stress has an impact on the swine, and through a better understanding of biomarkers of this imbalance it is possible to intervene with a suitable non-enzymatic antioxidant supplementation to promote health and performance of pigs.

Index Terms: Pigs, Oxidative imbalance, Animal production.

Autor para correspondência: * belise_oliveira@hotmail.com

Recebido em 09/09/2015; Aceito em 19/12/2015

<http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20150063>

INTRODUÇÃO

Um organismo encontra-se sob estresse oxidativo quando ocorre um desequilíbrio entre sistemas pró-oxidantes e antioxidantes, tendo como um dos principais mecanismos de lesão a lipoperoxidação, ou seja, a oxidação da camada lipídica da membrana celular (SCHNEIDER & OLIVEIRA, 2004). Esse desequilíbrio é uma alteração que pode trazer efeitos deletérios para os suínos, causando prejuízos à saúde desses animais, e dessa maneira, refletindo na produção da suinocultura (ANDRADE et al., 2010).

Parâmetros fisiológicos são importantes para o diagnóstico do bem-estar e sanidade dos animais de produção, com isso há uma necessidade da seleção de indicadores fisiológicos que associados com mensurações práticas reflitam de maneira eficiente a saúde e o grau de bem-estar dos animais (BOND et al., 2012). Um dos métodos para avaliar a resposta fisiológica do animal ao estresse é a mensuração de biomarcadores séricos e teciduais do estresse oxidativo

(BERNABE et al., 2013). Em suínos, os biomarcadores do estresse oxidativo poderão fornecer um maior conhecimento sobre sua importância na saúde e na doença em sistemas de produção.

A observação da interligação entre o estresse oxidativo e a suinocultura gerou interesse para o nosso grupo de pesquisa, e estimulou o surgimento de uma nova linha de estudo e um trabalho experimental que avaliou alguns biomarcadores do estresse oxidativo em suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. Dessa forma, foram avaliadas as interferências das condições de criação de suínos nessas fases em uma granja comercial sob biomarcadores não-enzimáticos (BEZERRA, 2014). Durante a realização desse trabalho, houve um investimento em artigos científicos pertinentes ao assunto e que impulsionou a realização da presente revisão de literatura, pois vários pesquisadores (SHI-BIN et al., 2007; ZHANG et al., 2015; ROSSI et al., 2013; LYKKESFELDT & al., 2007; DEBLANC

et al., 2013) vêm relacionando o estresse oxidativo na produção de suínos.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a relação do estresse oxidativo com diversos fatores relacionados com a suinocultura, como medidas de manejo, patologias e suplementação nutricional com antioxidantes.

1) ESTRESSE OXIDATIVO

1.1) *Considerações gerais*

Para manter condições fisiológicas adequadas, o organismo necessita do equilíbrio entre oxidantes e antioxidantes (PAJK et al., 2006). A oxidação é parte fundamental da vida aeróbica e do metabolismo, e assim, os radicais livres são produzidos naturalmente ou por alguma disfunção biológica (BARREIROS et al., 2006). Uma percentagem de 2 a 5% de oxigênio consumido durante uma reação metabólica é convertido em radicais livres sob a forma de espécies reativas de oxigênio (EROS) (FALOWO et al., 2014). Dessa forma, o estresse oxidativo é comumente definido como um desequilíbrio entre a produção de EROS e o sistema antioxidante de um organismo, a favor das EROS (SIES, 1991).

Os radicais livres em baixos níveis são mediadores indispensáveis em muito processos biológicos, incluindo diferenciação celular, regulação da via de

sinalização celular, controle de expressão gênica, apoptose, modulação do músculo esquelético e defesa contra agentes patogênicos invasores (Falowo et al., 2014). Contudo, em quantidades elevadas ou quando não são removidos dos organismos adequadamente podem causar distúrbios metabólicos e danos em moléculas biológicas, como DNA, proteínas e lipídios (AKTAN et al., 2003; DEBLANC et al., 2013).

O dano oxidativo inclui a modificação oxidativa de macromoléculas celulares, morte celular por apoptose ou necrose, além de danos estruturais nos tecidos (LYKKESFELDT & SVENDSEN, 2007). A toxicidade dos EROS é controlada por uma rede complexa de antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos presentes no soro, eritrócitos, órgãos e tecidos (DALTO et al., 2015; AKTAN et al., 2003).

1.2) *Antioxidantes*

A geração excessiva de EROS resulta na estimulação de enzimas envolvidas na sua regulação tais como: glutathione peroxidase (GPx), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT). Esses mediadores também estão envolvidos na oxidação de componentes antioxidantes como, glutathione, grupo tiol de proteínas, vitaminas A, E, C, ceruloplasmina, transferrina e albumina, bem como no acúmulo de produtos de oxidação nos

tecidos, os quais levam ao aumento da quantidade de hidroperóxidos no sangue (DEBLANC et al., 2013; AKTAN et al., 2003).

O sistema de defesa antioxidantes dos organismos é classificado em enzimático e não-enzimático (Tabela 1).

As principais enzimas antioxidantes em mamíferos são a GPx, a SOD e a CAT (SHI-BIN et al., 2007), as quais compõem três sistemas enzimáticos.

Dois tipos de enzimas SOD catalisam a destruição do radical ânion superóxido O_2^- , convertendo-o em oxigênio e peróxido de hidrogênio,

enquanto a CAT atua na dismutação do peróxido de oxigênio em oxigênio e água.

A glutatona, em conjunto com as enzimas glutatona peroxidase e redutase, catalisa a dismutação do peróxido de hidrogênio em água e oxigênio, com a glutatona operando em ciclos entre sua forma oxidada e reduzida (BARREIROS et al., 2006).

O sistema não enzimático inclui compostos sintetizados pelo organismo como bilirrubina, ácido úrico, albumina, ceruloplasmina, entre outros, e aqueles oriundos da dieta como as vitaminas A, C, E e flavonoides (SCHENEIDER & OLIVEIRA, 2004; AKTAN et al., 2003).

Tabela 1. Componentes antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos e suas funções.

Sistemas antioxidantes	Principais componentes	Principais funções	Referências
Enzimáticos	GPx	Dismutação de H_2O_2	Barreiros et al., 2006
	SOD	Destruição do O_2^-	Barreiros et al., 2006
	CAT	Dismutação de H_2O_2	Barreiros et al., 2006
Não enzimáticos	Bilirrubina,	Eliminação de radicais livres dos fluidos extracelulares	Barreiros et al., 2006; Waring, 2002
	Ácido úrico		
	Ceruloplasmina	Redução de oxigênio	Scheneider & Oliveira, 2004
	Vitamina A	Neutralização O_2 atômico	Sies & Stahl, 1995
	Vitamina C	Reação Redox	Sies & Stahl, 1995
	Vitamina E	Redução de peroxilas	Sies & Stahl, 1995
Flavonoides	Proteção contra oxidação de lipídios e proteínas	Çoban et al., 2013; Lanferdini et al., 2013	

A atividade antioxidante da bilirrubina ocorre principalmente quando se encontra ligada a albumina, sendo esse complexo considerado um dos antioxidantes naturais dos fluidos extracelulares (Barreiros et al., 2006).

O ácido úrico é o antioxidante solúvel mais abundante em humanos e contribui em até dois terços de toda a capacidade de eliminação de radicais livres do plasma (WARING, 2002). A ceruloplasmina é uma α -globulina que está envolvida no transporte e na regulação do cobre, podendo reduzir diretamente o oxigênio sem intermediários conhecidos, e, portanto, participa do sistema de defesa antioxidante extracelular (SCHENEIDER & OLIVEIRA, 2004).

As vitaminas A, C, E são consideradas excelentes no combate aos radicais livres e se destacam no grupo dos antioxidantes não-enzimáticos (DALTO et al., 2015). A vitamina C (ascorbato) é o principal antioxidante solúvel em água, com poder redutor em reações redox. O principal componente antioxidante da vitamina E, α -tocoferol, reduz peroxilas a partir de, por exemplo, ácidos graxos poli-insaturados ou lipoproteínas, enquanto os da vitamina A, β -caroteno e outros carotenoides, neutralizam o oxigênio atômico e outros elétrons excitados, e também reagem com radicais peroxil e alcoxi (SIES & STAHL, 1995).

Outros componentes antioxidantes incluem os flavonoides de origem vegetal, os quais estão envolvidos na proteção dos tecidos contra a oxidação de lipídios e proteínas (ÇOBAN et al., 2013; LANFERDINI et al., 2013). Trabalhos desenvolvidos por pesquisadores de nosso grupo apontam a participação dessas substâncias em processos de cicatrização na pele (SILVEIRA VASCONCELOS et al., 2015), no dano hepático provocado por etanol (Gomes-Rochette et al., 2013) e efeito gastroprotetor (Monteiro et al., 2007).

A concentração individual dos antioxidantes geralmente não é representativa da atividade antioxidante total devido às interações sinérgicas e antagonistas entre eles (Rossi et al., 2013).

1.3) Peroxidação lipídica

Se os sistemas antioxidantes não forem capazes de neutralizar os radicais livres, isso gera danos oxidativos a lipídios, proteínas e ácidos nucleicos dos organismos (PALANISAMY et al., 2011). As reações desse excesso de radicais com ácidos graxos poli-insaturados presentes nas membranas celulares e nas lipoproteínas, por exemplo, inicia um processo em cadeia conhecido como peroxidação lipídica ou lipoperoxidação, que pode ser avaliado e utilizado como indicador do estresse oxidativo (GROTTO et al., 2009).

Os lipídios contêm um grande número de ácidos graxos poli-insaturados e quando são aquecidos na presença do oxigênio, ocorrem reações oxidativas que geram produtos como peróxidos e hidroperóxidos (SHI-BIN et al., 2007). Essa peroxidação dos lipídios reduz a fluidez e compromete a função de barreira das membranas, resultando em perturbações na organização estrutural e na inibição enzimática, desencadeando uma possível morte celular (AKTAN et al., 2003).

Seus produtos, hidroperóxidos lipídicos, aldeídos e o malondialdeído (MDA), são citotóxicos e podem causar alterações celulares associadas ao envelhecimento, câncer, artrite e aterosclerose (MOSELHY et al., 2013; LIMA & ABDALLA, 2001).

1.4) Biomarcadores do estresse oxidativo

O estudo de biomarcadores do estresse oxidativo é um campo de crescente atenção, tanto com foco científico como comercial, e vem amadurecendo bastante com esforços por parte dos pesquisadores para estudar e compreender esses biomarcadores tanto no nível químico como biológico-molecular (KADIISKA et al., 2015).

O estresse oxidativo pode ser mensurado diretamente através da detecção da produção de radicais livres, ou

indiretamente, por mensuração de moléculas antioxidantes ou biomarcadores de danos oxidativos (ROSSI et al., 2013).

Um dos métodos para avaliação direta do estresse oxidativo é através da mensuração dos radicais livres. Um dos radicais livres comumente mensurado é óxido nítrico (NO) através da mensuração de μg nitrito (reação de Griess) por μg de proteína (reação de Bradford), para estimar a quantidade de NO na amostra (D'Avila et al., 2008).

Os antioxidantes podem ser mensurados individualmente, através do uso de kits comerciais, ou através da mensuração da capacidade antioxidante total, que é difícil de ser quantificada, pois antioxidantes podem ser encontrados no interior das células, nas membranas celulares e nos fluidos extracelulares. Estudos com o uso de novos kits que mensurem essa capacidade de maneira adequada estão sendo desenvolvidos por pesquisadores (ROSSI et al., 2013).

Para avaliação indireta, são utilizadas metodologias como a detecção de subprodutos da peroxidação lipídica. O MDA é o mais fácil de mensurar, pois o mesmo é uma substância reativa ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (AKTAN et al., 2003). A intensidade do pigmento cor de rosa que é gerado através da reação entre o MDA e o ácido tiobarbitúrico é mensurada através de leitura em espectrofotômetro e

indica a extensão da peroxidação lipídica (GROTTO et al., 2009).

2) Estresse Oxidativo na suinocultura

O estresse oxidativo pode desencadear alterações na fisiologia, no comportamento, fraco crescimento e desempenho, além de aumentar a susceptibilidade a doença nos animais (SHI-BIN et al., 2007). Em animais de produção, o estresse oxidativo pode estar envolvido em várias condições patológicas, incluindo as condições que são relevantes para a produção animal e bem-estar dos indivíduos (LYKKESFELDT & SVENDSEN, 2007).

Em suínos, a produção rentável requer um rápido aumento no peso corporal e na massa magra, aumentando a demanda sobre o sistema metabólico desses animais, o que pode levar, ao estresse oxidativo, a menos que sistemas antioxidantes sejam reforçados através da nutrição (ROSSI et al., 2013).

2.1) Influências do manejo sobre o estresse oxidativo

As condições de criação de suínos para produção, relacionadas principalmente com instalações, ambiente, transporte e genética podem influenciar a produção de radicais livres por esses animais, com isso tornam-se necessários mais estudos correlacionando atividade antioxidante total de suínos com esses fatores (ROSSI et al., 2013).

Um fator considerado estressante associado a produção de suínos é o transporte. As alterações que esse fator induz também podem ser observadas em relação ao equilíbrio oxidativo e a espécie suína, onde suínos em terminação, transportados por cinco horas, apresentam maior quantidade de EROS e MDA no tecido hepático e MDA sérico em relação a suínos que não foram transportados (Zhang et al., 2015).

A suplementação de ferro no terceiro dia de vida dos leitões é uma etapa essencial no manejo de suínos, pois a anemia ferropriva é um grave problema em leitões lactentes, porque a transferência de ferro a partir da placenta para o feto suíno é limitada e o leite das matrizes contém baixa quantidade de ferro (YUN et al., 2000). A administração de ferro tem influência sobre os possíveis danos causados pelo estresse oxidativo nos animais. O dano causado ao DNA de linfócitos induzido por peróxido de hidrogênio em leitões com 1 dia de idade é significativamente maior do que naqueles com 7 dias de idade, mostrando que a queda do teor ferro hepático corresponde a redução da sensibilidade dos linfócitos do sangue para o estresse oxidativo (KRUSZEWSKI et al., 2008).

Os criadores de suínos preocupam-se com as questões nutricionais da ração, porém há uma necessidade de cuidado com

a conservação da mesma. A micotoxina zearalenona que pode contaminar os grãos da ração de suínos, além de ter como consequência o estrogenismo nas fêmeas suínas (BAUER et al., 1987), também tem impacto sobre o estresse oxidativo, principalmente em leitões recém-desmamados, onde a micotoxina aumenta a expressão da GPx e CAT, e diminui a expressão da SOD (MARIN et al., 2013).

Um momento que merece especial atenção na suinocultura é a reprodução, pois comportamentos sexuais são restritos nas matrizes, causando estresse (BORELL et al., 2007). Dados mostram que o período antes do estro nas porcas é um modelo promissor para se estudar respostas e tratamentos em relação ao estresse oxidativo através de marcadores, como, selênio e GPx, os quais são modulados pela suplementação dietética através de vitamina B6 durante o pré-estro em porcas púberes (DALTO et al., 2015).

Em estudo do nosso grupo de pesquisa, foram avaliados alguns biomarcadores do estresse oxidativo associados as condições inerentes as fases de creche, crescimento e terminação, observando-se uma menor quantidade de albumina e uma maior quantidade de MDA e NO em suínos no final da fase de creche em comparação as outras fases estudadas (BEZERRA, 2014).

2.2) *Estresse oxidativo e patologias associadas*

Há uma vasta literatura existente que correlaciona o papel do estresse oxidativo no desenvolvimento de condições patológicas crônicas e no envelhecimento dos organismos no geral (LYKKESFELDT & SVENDSEN, 2007). Durante os processos metabólicos normais, os radicais livres são gerados continuamente no interior dos sistemas vivos, porém a sua taxa de produção aumenta em certas condições inflamatórias e em doenças (DIMRI et al., 2014).

A resposta inflamatória abrange a ativação de geradores de radicais livres em vários tipos de células, que tem como uma das principais consequências a peroxidação lipídica no hospedeiro (KADIISKA et al., 2015). A associação do estresse oxidativo com a inflamação pode ser visualizada em patologias em que há um aumento dos marcadores do desequilíbrio oxidativo em paralelo com o aumento das proteínas de fase aguda, como a haptoglobina, por exemplo (DEBLANC et al., 2013)

O estresse oxidativo vem sendo estudado em suínos através das patologias que podem acomete-los. Quando esse é induzido pela própria infecção ou já estabelecido no hospedeiro no momento da infecção, esse desequilíbrio pode participar da patogenicidade do vírus (DEBLANC et al., 2013). A seguir serão mencionadas

algumas patologias que acometem suínos e comprometem o seu equilíbrio oxidativo (Tabela 2).

2.2.1) Patologias induzidas por patógenos

As principais patologias relacionadas com estresse oxidativo em suínos são: pneumonia, onde é observado um declínio nos níveis de ascorbato, enterite, com aumento da produção de nitrito no intestino e, sepse, acompanhada de declínio dos antioxidantes do organismo e de aumento da peroxidação lipídica (LYKKESFELDT & SVENDSEN, 2007).

É reconhecido que infecções virais induzem o estresse oxidativo no hospedeiro infectado (DEBLANC et al., 2013). No caso dos suínos, isso é observado em doença causada pelo circovírus suíno do tipo 2, onde os animais infectados têm alterações no seu estado oxidativo. Dessa forma, a suplementação de selênio na dieta pode ser um método eficaz para retardar a progressão da doença, reduzindo a morbidade através da regulação redox dependente da replicação do vírus (CHEN et al., 2012).

Nos casos de coinfeção, como por exemplo, a coinfeção do *Mycoplasma hyopneumoniae* com H1N1, o estresse oxidativo é induzido, bem como uma resposta a esse estresse, com aumento da GPx e redução na proporção proteínas tiol/proteína total, indicando uma

estimulação do sistema antioxidante (DEBLANC et al., 2013).

Doença de pele também pode comprometer o equilíbrio oxidante-antioxidante dos animais. Os suínos, por exemplo, podem ser acometidos pela sarna sarcóptica, e nesse caso, a infestação por *Sarcoptes scabiei* var. suis induz alterações nos marcadores do estresse oxidativo e deteriora o sistema de defesa antioxidante. Há aumento dos níveis de MDA e atividades reduzidas de SOD, CAT e glutathione S-transferase (GST), tanto na pele quanto no sangue de suínos com sarna sarcóptica clínica (DIMRI et al., 2014).

2.2.2) Patologias de outras origens

O estresse oxidativo também tem relação com patologias de origem inflamatória em suínos, como no caso da otite média, onde há um aumento na produção de radicais livres, causando danos celulares e teciduais com agravamento do processo inflamatório, além do aumento da peroxidação lipídica, mensurada através do MDA nos eritrócitos dos animais portadores dessa doença (AKTAN et al., 2003).

Em modelo experimental de diabetes em suínos, foi observado aumento do estresse oxidativo, através do aumento da SOD, e maior expressão de mediadores inflamatórios nas artérias coronárias com o desenvolvimento de aterosclerose coronária avançada (ZHANG et al., 2013).

A aterosclerose geralmente acomete os suínos de forma precoce, e dietas ricas em colesterol contribuem para esse achado

e consequente estresse oxidativo, com aumento de MDA hepático e redução da atividade de GST (ÇOBAN et al., 2013).

Tabela 2. Patologias associadas ao estresse oxidativo em suínos.

Doença	Estresse Oxidativo	Referências
Pneumonia	↓ Ascorbato	Lykkesfeldt & Svendsen, 2007
Enterite	↑ Nitrito no intestino	Lykkesfeldt & Svendsen, 2007
Sepse	↑ MDA	Lykkesfeldt & Svendsen, 2007
Micoplasmose + gripe suína (coinfecção)	↑ GPx ↓ Tiol/proteína total ↑ Selênio	Deblanc et al., 2013
Circovirose	↓ Selênio	Chen et al., 2012
Escabiose	↑MDA, ↓SOD, CAT, GST	Dimri et al., 2014
Diabetes	↑ SOD	Zhang et al., 2013
Otite	↑ MDA	Aktan et al., 2003
Aterosclerose	↑MDA, ↓GST	Çoban et al., 2013

A melhor compreensão dos fatores envolvidos no estresse oxidativo relacionados com patologias nos suínos podem auxiliar no desenvolvimento de estratégias para o controle de doenças, melhorando o estado de saúde e o bem-estar dos animais, e reduzindo assim medicações e risco zoonótico (DEBLANC et al., 2013).

A emergente exigência de importadores e de grupos específicos de consumidores pela retirada de antimicrobianos das dietas de suínos tem promovido o interesse por aditivos alternativos que garantam a produtividade

sem afetar a qualidade do produto final, como exemplo desses produtos, temos os antioxidantes (LANFERDINI et al., 2013). A terapia antioxidante fornece uma alternativa de tratamento potencialmente importante e de baixo custo para doenças relacionadas ao estresse oxidativo, embora o seu uso ainda seja controverso, sendo necessários mais estudos nessa área (LYKKESFELDT & SVENDSEN, 2007).

2.3) Redução do estresse oxidativo com suplementação nutricional na suinocultura

O equilíbrio oxidante-antioxidante em suínos pode ser influenciado também

por questões nutricionais, por isso o uso de ração e suplementos na suinocultura deve ser cuidadoso (FALOWO et al., 2014). Os produtos antioxidantes mais utilizados para suínos são sintéticos com base na vitamina E, porém, os compostos naturais, principalmente os fenólicos, já estão sendo avaliados quanto a sua eficácia como antioxidantes na suinocultura (ROSSI et al., 2013).

O pós-desmame é considerado um dos períodos mais delicados na produção de suínos, uma vez que é caracterizado por baixo consumo de ração e aumento do estresse, que pode desencadear o estresse oxidativo (AMAZAN et al., 2012). O estresse oxidativo em leitões recém-desmamados diminui a digestibilidade de nutrientes e o crescimento desses animais (SHI-BIN et al., 2007), por isso, essa fase torna-se uma das mais importantes para a suplementação com antioxidantes. A suplementação com vitamina E em porcas gestantes e leitões aumenta a concentração sérica de α -tocoferol nos leitões, produzindo assim um melhor estado oxidativo 5 e 20 dias pós-desmame (AMAZAN et al., 2012).

A vitamina C também tem sua importância, pois é um dos antioxidantes biológicos mais eficazes e seus níveis em tecidos podem ser alterados por mudanças no consumo alimentar (SHANG et al., 2002). Com isso, torna-se importante a

suplementação com essa vitamina na alimentação dos suínos, principalmente para os mais jovens. O uso da vitamina C é importante para leitões recém-desmamados, já que a mesma atua como protetora contra o dano oxidativo ao DNA e as proteínas, e a sua deficiência pode alterar a homeostase “redox” do cérebro e aumento da oxidação de lipídios (LYKKESFELDT et al., 2007).

Nos últimos anos, tem sido dada uma especial atenção a uma série de produtos naturais (plantas medicinais, frutas e extratos) que podem ser utilizados com fontes antioxidantes potenciais (FALOWO et al., 2014). Na produção animal aumentou-se o número de pesquisas que correlacionam esses produtos e o estado oxidativo dos animais, onde principalmente, frutas e óleos vegetais têm provado serem benéficos na redução do estresse oxidativo, visando uma melhoria na saúde animal e um melhor custo-benefício (PAJK et al., 2006).

A seguir, veremos alguns exemplos de produtos naturais que vem sendo utilizados na suinocultura com resultados satisfatórios. A atividade antioxidante total do sangue tende a ser maior em suínos que recebem suplementação com antioxidantes naturais provenientes de plantas a longo prazo do desmame ao abate quando comparados com suínos que não recebem

suplementação antioxidante (ROSSI et al., 2013).

Como é o caso do flavonoide quercetina, que vem sendo utilizado na suplementação da ração de suínos. A quercetina é um poupador de vitamina E que tem efeito antioxidante sobre a peroxidação lipídica em suínos em crescimento, assim demonstrando que o uso de suplementos fitogênicos na ração dos animais pode substituir parcialmente a suplementação com vitamina E (LUEHRING et al., 2011).

Outros produtos naturais que podem suplementar a dieta dos suínos são as frutas. O uso de frutas como maçãs, morangos e tomates na dieta de suínos tem mostrado ser benéfico na redução do estresse oxidativo, com enfoque na peroxidação lipídica, induzido pela ingestão de elevado teor de gordura (PAJK et al., 2006). A “blueberry” também pode ser utilizada na suplementação contra o estresse oxidativo, já que a mesma tem ação antioxidante e antilipêmica (ÇOBAN et al., 2013).

Óleos essenciais também são utilizados como opção natural contra o estresse oxidativo, como por exemplo o óleo essencial de orégano que reduz significativamente os níveis de MDA no fígado e aumenta a atividade de enzimas antioxidantes, reduzindo a oxidação lipídica e o estresse causado pelo

transporte de suínos em terminação, apresentando efeitos semelhantes a suplementação sintética de vitamina E (ZHANG et al., 2015).

A exploração de antioxidantes naturais torna-se ainda mais importante, pois além de combater os desafios da instabilidade oxidativa dos suínos, diminui os riscos do consumo de substâncias sintéticas por esses animais, e conseqüentemente, pelos humanos (FALOWO et al., 2014).

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Apesar de muitos autores abordarem o estresse oxidativo na produção animal, ainda é necessário um maior conhecimento de seus biomarcadores associados ao manejo de suínos. Os dados coletados dos diversos artigos científicos possibilitaram concluir que o estresse oxidativo tem impacto sobre a suinocultura, e que através da detecção desse desequilíbrio pode ser possível uma adequada interferência com suplementação de antioxidantes não enzimáticos para favorecer a saúde e o desempenho dos suínos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E.R., MELO-STERZA, F.A., SENEDA, M.M., ALFIERI, A.A. Conseqüências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. **Revista Brasileira de Reprodução**

Animal, v.34, n.2, p. 79-85, abril/junho, 2010.

AMAZAN, D., REY, A.I., FERNÁNDEZ, E., LÓPEZ-BOTE, C.J. Natural vitamin E (D- α -tocopherol) supplementation in drinking water prevents oxidative stress in weaned piglets. **Livestock Science**, v.145, p.55-62, 2012.

AKTAN, B., TAYSI, S., GUMUSTEKIN, K., BAKAN, N., SUTBEYAZ, Y. Evaluation of oxidative stress in erythrocytes of guinea pigs with experimental otitis media and effusion. **Annals of Clinical & Laboratory Science**, v.33, n.2, p.232-236, 2003.

BARREIROS, A.L.B.S., DAVID, J.M., DAVID, J.P. Estresse oxidativo: Relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, n.1, p.113-123, 2006.

BERNABE, J., MULERO, J., CERDA, B., GARCIA-VIGUERRA, C., MORENO, D.A., PARRA, S., AVILES, F., GIL-IZQUIERDO, A., ABELLAN, J., ZAFRILLA, P. Effects of a citrus based juice on biomarkers of oxidative stress in metabolic syndrome patients. **Journal of Functional Foods**, v.5, p. 1031-1038, 2013.

BAUER, J., HEINRITZI, K., GAREIS, M., GEDEK, B., 1987. Changes in the genital tract of female swine after feeding with practice-relevant amounts of

zearalenone. **Tierärztliche Praxis**, v.15, p.33-36, 1987.

BEZERRA, B.M.O. Influência das fases de crescimento e terminação de suínos sobre parâmetros fisiológicos, 2014, 56p. (**Dissertação de Mestrado**) - Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, 2014).

BOND, G.B., ALMEIDA, R., OSTRENSKY, A., MOLENTO., C.F.M. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros, **Ciência Rural**, v.42, n.7, p.1286-1293, 2012.

BORELL, E.V., DOBSON, H., PRUNIER, A. Stress, behaviour and reproductive performance in female cattle and pigs. **Hormones and Behavior**, v.52, p.130-138, 2007.

CHEN, X., REN, F., HESKETH, J., SHI, X., LI, J., GAN, F., HUANG, K. Selenium blocks porcine circovirus type 2 replication promotion induced by oxidative stress by improving GPx1 expression. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 53, p. 395-405, 2012.

ÇOBAN, J., EVRAN, B., ÖZKAN, F., ÇEVIK, A., DOGRU-ABBASOGLU, S., UYSAL, M. Effect of blueberry feeding on lipids and oxidative stress in the serum, liver and aorta of guinea pigs fed on a high-cholesterol diet. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.77, n.2, p. 389-391, 2013.

DALTO, D.B., ROY, M., AUDET, I., PALIN, M.F., GUAY, F., LAPOINTE, J., MATTE, J.J. Interaction between vitamin B6 and source of selenium on the response of the selenium-dependent glutathione peroxidase system to oxidative stress induced by oestrus in pubertal pig. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.32, p.21-29, 2015.

D'ÁVILA, V.G.F.C., SOUSA JÚNIOR, N.B., SOUSA, F.B., GUILLO, L.A. Avaliação da produção de óxido nítrico em ratos, submetidos aos exercícios aeróbios e anaeróbios. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n.4, 2008.

DEBLANC, C., ROBERT, F., PINARD, T., GORIN, S., QUÉQUINER, S., GAUTIER-BOUCHARDON, A.V., FERRÉ, S., GARRAUD, J.M., CARIOLET, R., BRACK, M., SIMON, G. Pre-infection of pigs with *Mycoplasma hyopneumoniae* induces oxidative stress that influences outcomes of a subsequent infection with a swine influenza virus of H1N1 subtype. **Veterinary Microbiology**, v.162, p.643-651, 2013.

DIMRI, U., BANDYOPADHYAY, S., SINGH, S.K., RANJAN, R., MUKHERJEE, R., YATOO, M.I., PATRA, P.H., A.A.DAR, U.K.D. Assay of alterations in oxidative stress markers in pigs naturally infested with *Sarcoptes scabiei* var. suis. **Veterinary Parasitology**, v.205, p.295-299, 2014.

FALOWO, A.B., FAYEMI, P.O., MUCHENJE, V. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, v.64, p. 171-181, 2014.

GOMES ROCHETTE, N.F., MOTA, E.F., NUNES-PINHEIRO, D.C.S., BEZERRA, C.F., OLIVEIRA, M.L.M., SILVA, A.C.M., MIRANDA, M. R. A., FERNANDES DE MELO, D. Effect of the pretreatment with acerola (*Malpighia emarginata* DC.) juice on ethanol-induced oxidative stress in mice - Hepatoprotective potential of acerola juice. **Free Radicals and Antioxidants**, v. 3, p. 16, 2013.

GROTTO, D., MARIA, L.S., VALENTINI, J., PANIZ, C., SCHMITT, G., GARCIA, S.C., POMBLUM, V.J., ROCHA, J.B.T., FARINA, M. Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects for malondialdehyde quantification. **Química Nova**, v.32, n.1, p.169-174, 2009.

KADIISKA, M.B., PEDDADA, S., HERBERT, R.A., BASU, S., HENSLEY, K., JONES, D.P., HATCH, G.E., MASON, R.P. Biomarkers of oxidative stress study VI. Endogenous plasma antioxidants fail as useful biomarkers of endotoxin-induced oxidative stress, **Free Radical Biology and Medicine**, v. 81, n. 100-106, 2015.

KRUSZEWSKI, M., IWANENKO, T., BARTLOMIEJCZYK, T., WOLINSKI, J.,

STARZYNSKI, R.R., GRALAK, M.A., ZABIELSKI, R., LIPINSKI, P. Hepatic iron content corresponds with the susceptibility of lymphocytes to oxidative stress in neonatal pigs. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v.657, p.146-149, 2008.

LANFERDINI, E., ANDRETTA, I., LEHNEN, C.R., MELCHIOR, R., SILVA, M.F.Rp., GARCIA, G.G. Digestibilidade de dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo extratos cítricos. **Archivos de Zootecnia**, v.62, p.307-310, 2013.

LIMA, E.S., ABDALLA, D.S.P. Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.37, n.3, 2001.

LUEHRING, M., BLANK, R., WOLFFRAM, S. Vitamin E-sparing and vitamin E-independent antioxidative effects of the flavonol quercetin in growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.169, p. 199-207, 2011.

LYKKESFELDT, J., SVENDSEN, O. Oxidants and antioxidants in disease: Oxidative stress in farm animals. **The Veterinary Journal**, v.173, p.502-511, 2007.

LYKKESFELDT, J., TRUEBA, J.P., POULSEN, H.E., CHRISTEN, S. Vitamin C deficiency in weanling guinea pigs: differential expression of oxidative stress and DNA repair in liver and brain. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.1116-1119, 2007.

MARIN, D.E., PISTOL, G.C., NEAGOE, I.V., CALIN, L., TARANU, I. Effects of zearalenone on oxidative stress and inflammation in weanling piglets. **Food and Chemical Toxicology**, v. 58, p. 408-415, 2013.

MONTEIRO, M.V.B., NUNES-PINHEIRO, D.C.S.; LEITE, A. K. R. D. M.; ; MORAIS, S. Topical antiinflammatory, gastroprotector and antioxidant effects of the essential oil of *Lippia sidoides* Cham. leaves. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 111, p. 378-382, 2007.

MOSELHY, H.F., REID, R.G., YOUSEF., S., BOYLE, S.P. A specific, accurate, and sensitive measure of total plasma malondialdehyde by HPLC. **Journal of Lipid Research**, v.54, p. 852-858, 2013.

PAJK, T., REZAR, V., LEVART, A., SALOBIR, J. Efficiency of apples, strawberries, and tomatoes for reduction of oxidative stress in pigs as a model for humans. **Nutrition**, v. 22, p.376-384, 2006.

- PALANISAMY, G.S., KIRK, N.M., ACKART, D.F., SHANLEY, C.A., ORME, I.M., BASARABA, R.J. Evidence for Oxidative Stress and Defective Antioxidant Response in Guinea Pigs with Tuberculosis. **PLoS ONE**, v.6, n.10, p.1-13, 2011.
- ROSSI, R., PASTORELLI, G., CORINO, C. Application of KRL test to assess total antioxidante activity in pigs: Sensitivity to dietary antioxidants. **Research in Veterinary Science**, v. 94, p. 372-377, 2013.
- SHANG, F., GONG, X., EGTESADI, S., MEYDANI, M., SMITH, D., PERRONE, G., SCOTT, L., BLUMBERG, J.B., TAYLOR, A. Vitamin C prevents hyperbaric oxygen-induced growth retardation and lipid peroxidation and attenuates the oxidation-induced up-regulation of glutathione in guinea pigs. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.13, p.307–313, 2002.
- SHI-BIN, Y., DAI-WEN, C., KE-YING, Z., BING, Y. Effects of Oxidative Stress on Growth Performance, Nutrient Digestibilities and Activities of Antioxidative Enzymes of Weanling Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.20, n.10, p.1600-1605, 2007.
- SCHNEIDER, C.D., OLIVEIRA, A.R. Radicais livres de oxigênio e exercício: Mecanismo de adaptação ao treinamento físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.10, n.4, 2004.
- SIES, H. Oxidative stress: from basic research to clinical application. **American Journal of Medicine**, v.91, p.31S–38S, 1991.
- SIES, H., STAHL, W. Vitamins E and C, α -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, p. 1315-21, 1995.
- SILVEIRA VASCONCELOS, M., GOMES-ROCHETTE, N. F., DE OLIVEIRA, M. L. M., NUNES-PINHEIRO, D. C. S., TOME, A. R., MAIA DE SOUSA, F. Y., PINHEIRO, F. G. M., MOURA, C. F. H., MIRANDA, M. R. A., MOTA, E. F. ; DE MELO, D. F., Anti-inflammatory and wound healing potential of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) in mice. **Experimental Biology and Medicine**, v. 1, p. 1-8, 2015.
- ZHANG, L., ZALEWSKI, A., LIU, Y., MAZUREK, T., COWAN, S., MARTIN, J.L., HOFMANN, S.M., VLASSARA, H., SHI, Y. Diabetes-Induced Oxidative Stress and Low-Grade Inflammation in Porcine Coronary Arteries. **Circulation**, v.108, p.472-478, 2003.
- WARING, W.S. Uric acid: an important antioxidant in acute ischaemic stroke. **QJM: An International Journal of Medicine**, v.95, p.691-693, 2002.

YU, B., HUANG, W., CHIOU, P.W.
Bioavailability of iron from amino acid
complex in weanling pigs. **Animal Feed
Science and Technology**, v.86, p.39-52,
2000.

ZHANG, T., ZHOU, Y.F., ZOU, Y., HU,
X.M., ZHENG, L.F., WEI, H.K.,
GIANNENAS, I., JIN, L.Z., PENG, J.,
JIANG, S.W. Effects of dietary oregano
essential oil supplementation on the stress
response, antioxidative capacity, and *HSPs*
Mrna expression of transported pigs,
Livestock Science, v.178, 2015.