



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**FERRO QUELATADO EM RAÇÕES PARA FÊMEAS SUÍNAS NAS FASES DE
GESTAÇÃO E MATERNIDADE E EFEITOS SOBRE A SUPLEMENTAÇÃO
DE FERRO DE LEITÕES LACTENTES**

CARINE ARAÚJO BARROS

**Areia- PB
Março- 2015**

CARINE ARAÚJO BARROS

**FERRO QUELATADO EM RAÇÕES PARA FÊMEAS SUÍNAS NAS FASES DE
GESTAÇÃO E MATERNIDADE E EFEITOS SOBRE A SUPLEMENTAÇÃO
DE FERRO DE LEITÕES LACTENTES**

Dissertação apresentada
ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia do Centro de
Ciências Agrárias, da
Universidade Federal da
Paraíba, como parte das
exigências para Obtenção do
título de Mestre em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

Leonardo Augusto Fonseca Pascoal – Orientador (CCHSA/UFPB)

Pedro Henrique Watanabe – Co-orientador (CCA/UFC)

Terezinha Domiciano Dantas Martins – Co-orientadora (CCHSA/UFPB)

**AREIA-PARAÍBA
MARÇO- 2015**

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

B277f Barros, Carine Araújo.

Ferro quelatado em rações para fêmeas suínas nas fases de gestação e maternidade e efeitos sobre a suplementação de ferro de leitões lactantes / Carine Araújo Barros. - Areia: UFPB/CCA, 2015.

32 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientador: Leonardo Augusto Fonseca Pascoal.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Ferro quelatado em rações para fêmeas suínas nas fases de gestação e lactação e seus efeitos sobre a necessidade de suplementação em leitões lactentes”.

AUTORA: Carine Araújo Barros

ORIENTADOR: Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Faviano Ricelli da Costa e Moreira
Examinador
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia –Apodi-RN

Areia, 13 de março de 2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos amores, razões da minha vida: Meus pais Vicente Moura Barros e Francisca Luzam Araújo Barros e minha irmã Camila Araújo Barros.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e por estar sempre me protegendo.

Aos meus Pais Vicente Moura Barros e Francisca Luzam Araújo Barros por terem proporcionado uma boa educação, por todo amor e dedicação durante esses anos.

À minha irmã Camila Araújo Barros pelo apoio e incentivo nas horas difíceis.

Ao meu orientador Leonardo Augusto Fonseca Pascoal, pela atenção sempre dada, dedicação e paciência.

Aos professores Pedro Henrique Watanabe, Terezinha Domiciano Dantas e Edilson Paes Saraiva pelas sugestões e apoio.

À granja Xerez na pessoa de Tiago Andrade pela oportunidade de desenvolver o projeto de mestrado.

A todos os funcionários da granja Xerez em especial a Carlos Augusto, Jair Nunes, Fabiano Sousa; sem vocês não seria possível a realização do experimento.

Aos amigos queridos que proporcionaram momentos de companhia e aprendizagem Edilane Meneses, Allana Ramony, Ingrid Flores, Joel Martins, Thalita Vale, Kayo Matheus e Guilherme Caetano.

À Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela atenção, oportunidade e pelo ensino de qualidade.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x

CAPÍTULO 1

REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2. METABOLISMO DE FERRO EM SUÍNOS.....	03
2.1. MATRIZES GESTANTES E LACTANTES.....	07
3. ANEMIA POR DEFICIÊNCIA DE FERRO.....	10
4. SUPLEMENTAÇÃO DE FERRO PARA LEITÕES LACTENTES.....	12
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

CAPÍTULO II

1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4. CONCLUSÃO.....	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

LISTA DE TABELAS
CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição química e percentual das dietas experimentais nas fases de gestação, pré-lactação e lactação de matrizes suínas suplementas ou não com ferro quelatado.....	23
Tabela 2. Parâmetros produtivos de matrizes suínas suplementadas ou não com ferro quelatado na dieta.....	26
Tabela 3. Concentração de ferro (mg/L) no colostro e leite nos dias 1, 7, 14 e 21 de lactação em matrizes suplementadas ou não com ferro quelatado.....	28
Tabela 4. Concentração de ferro (mg/L) no sangue de leitões ao nascimento de porcas suplementadas ou não com ferro quelatado.....	28
Tabela 5. Concentração de ferro (mg/L) no sangue de leitões ao nascimento de porcas suplementadas ou não com ferro quelatado.....	29
Tabela 6. Desempenho de leitões em função da suplementação de ferro quelatado as matrizes e das vias de fornecimento de ferro.....	30

FERRO QUELATADO EM RAÇÕES PARA FÊMEAS NAS FASES DE GESTAÇÃO E MATERNIDADE E EFEITOS SOBRE A SUPLEMENTAÇÃO DE FERRO EM LEITÕES LACTENTES

Resumo: Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de Fe quelatado “*on top*” para fêmeas suínas em gestação e lactação sobre os parâmetros reprodutivos, concentração do mineral no colostro e leite e sua implicação sobre o desempenho e concentração de Fe no sangue de leitões recebendo dois tipos de suplementação de ferro (intramuscular e oral). Foram utilizadas 50 fêmeas híbridas gestantes de mesma linhagem, de terceira ordem de parto, na qual estas foram distribuídas em um delineamento em blocos ao acaso com dois tratamentos. Os tratamentos foram: Dieta não suplementada com ferro quelatado (n=20); Dieta suplementada com 0,15% fonte de ferro quelatada (n=30). De acordo com os tratamentos das matrizes, após o parto das mesmas, realizou-se a distribuição dos 672 leitões gerados em cinco diferentes tratamentos, a saber: Fêmeas sem suplementação de ferro quelatado e leitões tratados com ferro dextrano intramuscular; Fêmeas sem suplementação de ferro quelatado e leitões tratados com ferro via oral; Fêmeas suplementadas com ferro quelatado e leitões suplementados com ferro dextrano intramuscular; Fêmeas suplementada com ferro quelatado e leitões suplementados com ferro oral; Fêmeas suplementadas com ferro quelatado e leitões sem suplementação de ferro. Não foi verificada influência da suplementação de ferro quelatado nas rações sobre os parâmetros produtivos das matrizes suínas. Embora não tenha sido observada diferença estatística entre os tratamentos para o peso do leitão e da leitegada ao nascer de matrizes suplementadas ou não com ferro quelatado, observou-se que a suplementação com ferro dextrano intramuscular resultou em leitões mais pesados ao desmame, independente do fornecimento ou não de ferro orgânico na ração das matrizes, quando comparado aos leitões que não foram suplementados com ferro em nenhuma das formas. As concentrações de ferro no colostro e no leite de fêmeas tratadas ou não com ferro quelatado não foram afetadas pelos tratamentos, porém foi observada maior concentração de ferro no colostro em relação à concentração no leite. Desta forma, a suplementação de ferro “*on top*” na forma quelatada não melhora os parâmetros reprodutivos de matrizes suínas, necessitando assim que haja suplementação aos leitões pós nascimento.

Palavras-chave: anemia, desempenho, ferro orgânico, matrizes

CHELATED IRON IN FEMALES FEEDING AT PREGNANCY AND MATERNITY AND EFFECTS OF THE SUPPLEMENTATION WITH IRON IN INFANT PIGLETS

Abstract: The objective was to evaluate the effects of the supplementation with “*on top*” chelated Fe in pregnant and lactating swine matrices under the reproductive parameters; concentration of the mineral at the colostrum and milk and its implication about the performance and concentration of Fe at the blood of the piglets receiving two kinds of Fe supplementation (intramuscular and oral). 50 hybrid females pregnant of the same breeding at the third reproductive cycle were utilized and separated in two different treatments: feeding with no chelated Fe (n=20) and feeding with chelated Fe (n=30). According to the treatment of the matrices after their births, there was realized the distribution of the 672 generated piglets in five different treatments; females without supplementation and piglets treated with intramuscular dextran iron; females without supplementation and piglets treated with oral administered iron; females with supplementation and piglets treated with intramuscular dextran iron; females with supplementation and piglets treated with oral administered iron; females with supplementation and piglets without iron supplementation. Influence of the supplementation of chelated iron about the reproductive parameters in swine matrices was not observed. Although any statistic difference between the weight of the piglets and the litters of supplemented or not supplemented matrices was not observed, the supplementation with intramuscular dextran iron resulted in heavier piglets at weaning, independently of the supplementation with organic iron in the matrices feeding when compared to piglets that were not supplemented with any kind of iron. The concentration of iron at the colostrum and milk of the matrices treated or not with chelated iron was not affected by the treatments, but a bigger concentration of iron at the colostrum comparing to the milk concentration was observed. So we can affirm that the supplementation of “*on top*” iron at its chelated form does not upgrade the reproductive parameters of swine matrices and the supplementation of the piglets after the birth is necessary.

Keywords: anemia, performance, organic iron, matrices

CAPÍTULO 1
Referencial Teórico

1. INTRODUÇÃO GERAL

Mesmo participando em pequenas quantidades dentro da dieta, os minerais exercem importante papel no metabolismo animal sendo portanto, necessário o suprimento adequado desses nutrientes para atender a alta demanda metabólica dos animais. O ferro é um elemento de vital importância em termos biológicos, participando do grupo dos metais de transição, permitindo receber e doar elétrons prontamente; funciona como um oxidante e/ou redutor em um grande número de reações químicas. Nos mamíferos, este mineral é especialmente necessário para o transporte de oxigênio, como um componente da hemoglobina, na síntese de DNA como parte da ribonucleotideo-redutase, e como receptor/doador de elétrons nos citocromos, que são essenciais para a transdução da energia.

Em comparação com às exigências de energia e aminoácidos, a de minerais e vitaminas, de fato, são mal definidas, apesar de sua importância para a saúde do rebanho e a produtividade em geral. Requisitos para utilização de minerais são difíceis de estabelecer e a maioria das estimativas baseiam-se no mínimo necessário para superar uma deficiência e não necessariamente para otimizar a produtividade, ou até mesmo aumentar a imunidade (CLOSE, 2010).

A característica da fêmea suína moderna, selecionada intensamente nos últimos anos visando o aumento da leitegada produzida, contrasta com o perfil das fêmeas referenciadas em trabalhos das últimas décadas, principalmente na composição corporal destas e no número de leitões produzidos.

Notadamente os micros minerais como zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) têm um papel importante nas enzimas contendo metal (metaloenzimas), proporcionam integridade estrutural às proteínas e/ou podem participar diretamente como catalisadores em reações bioquímicas. Minerais também são essenciais para a função imunológica adequada, tanto como inato e adquirida, que é comprometida durante deficiências de Cu e Zn (PAPADOPOULOS et al., 2009).

A nutrição com micro minerais tem sido uma área negligenciada entre os estudos, pois suínos de alta produção tem exigências diferentes do que são atualmente recomendadas. No entanto, não é apenas uma questão de quantidade, mas muito mais uma questão de origem e biodisponibilidade do mineral.

O ferro desempenha um papel essencial em muitos processos metabólicos, incluindo o transporte de oxigênio, metabolismo oxidativo e crescimento celular. É principalmente absorvido no duodeno e, é rigorosamente controlado pela regulação absorptiva. Tanto a oferta ineficiente quanto o excesso do mineral para os tecidos do corpo podem levar a uma significativa morbidade.

Sais inorgânicos como sulfatos, cloretos, óxidos e carbonatos são utilizados habitualmente na dieta, como fonte mineral, para satisfazer as exigências do animal. Porém, como os sais tem que ser convertido em íons livres, estes por sua vez são muito reativos, podendo formar complexos com outras moléculas alimentares dificultando assim a absorção. A biodisponibilidade do mineral varia consideravelmente, e sob condições extremas, pode não está disponível para absorção, gerando pouco benefício ao animal. Grande quantidades de minerais não absorvidos são excretados causando poluição ambiental. Como os minerais inorgânicos interagem uns com os outros, seu excesso pode resultar na redução da absorção.

Estudos tem revelado que a oferta de micro minerais orgânicos em vez de minerais inorgânicos, provocou aumento na produtividade e longevidade das matrizes após o terceiro ciclo, além de proporcionar aumento da absorção intestinal em caso de deficiência. Apesar dos benefícios relatados, minerais orgânicos assim como os inorgânicos, também são regulamentados para assegurar que quantidades excessivas não sejam utilizadas na alimentação animal e, portanto aumentando a excreção deste a partir das fezes, o que é indesejável do ponto de vista ambiental (YOON; MCMILLAN, 2006).

Quando os níveis ideais de ferro não são supridos adequadamente, principalmente em períodos de alta demanda, reflexos negativos são observados posteriormente no que diz respeito ao desempenho produtivo da matriz, também comprometendo o crescimento e o desempenho subsequente da ninhada.

2. METABOLISMO DE FERRO EM SUÍNOS

O mineral ferro, representado por (Fe), é um metal de transição, com peso atômico 56 e dois estados de oxidação estáveis (+2 e +3), apresenta ainda uma grande variabilidade de potenciais redox. Essas características tornam os compostos de ferro usuais nas reações de elétrons. É estável em ambientes secos, mas oxida rapidamente em ambiente úmido, no organismo é altamente tóxico e reativo quando apresentando em sua forma livre (GARCÍA; DÍAZ-CASTRO, 2013).

Os alimentos além de outros nutrientes apresentam o ferro complexado a suas estruturas, sendo a biodisponibilidade do composto dependente da sua natureza. Normalmente, o ferro presente nos ingredientes da dieta tem que ser dissociado e torna-se solúvel, para então ser absorvido e metabolizado. O pH geralmente baixo do estômago desempenha bem essa função, mantendo e liberando o mineral sob a forma de Fe^{3+} , o qual seguirá para o intestino delgado proximal, mais precisamente no duodeno e jejuno proximal, que apresentam maior número de transportadores ativos de ferro. Antes da absorção, a forma férrica (Fe^{3+}), é reduzida a forma ferrosa (Fe^{2+}) por ferroxidase na superfície do enterócito e, posteriormente absorvido através do transportador de metal bivalente DMT-1 (COLLARD, 2009).

A solubilidade da maioria dos minerais depende do pH presente no estômago, a secreção de ácido clorídrico tende a aumentar a solubilidade dos minerais, ocasionado pela acidificação do meio, no entanto, em pH elevado como ocorre em leitões lactentes, os minerais tendem a se tornarem insolúveis. Íons solúveis tem maior afinidade por outros compostos como aminoácidos, carboidratos e ligantes endógenos como secreções biliares, pancreáticas e mucina. Em casos em que essa ligação não ocorre, a interação com moléculas de água gera um pH neutro em torno do mineral, tornando-o insolúvel (POWELL; JUGDAOHSINGH; THOMPSON, 1999).

Após o Fe^{2+} ser absorvido é processado pelo enterócito e eventualmente exportado para a circulação, através da membrana basolateral pelo transportador ferroportin (FPN), ao mesmo tempo que é reoxidado a Fe^{3+} , o qual será conduzido a circulação pela transferrina que mantém o Fe em estado redox inerte, ao mesmo tempo que o distribui aos tecidos. Em leitões recém nascidos, os transportadores DMT-1 e FPN foram detectados apenas no dia 7 após o nascimento nas vilosidades apical do enterócito, correspondente a borda em escova, e na membrana basolateral respectivamente. Além disso, quando os leitões são suplementados com ferro no 4 dia de vida, esses dois

principais transportadores intestinais sofrem controle absorptivo em nível de duodeno, indicando que a regulação da absorção de ferro durante a fase inicial da vida pode ser diferente da fase adulta (LIPÍŃSKI et al., 2013; VICTOR; MARY, 2012).

Em condições fisiológicas normais, as perdas diárias de ferro são insignificantes e não envolvem vias reguladas para excreção de ferro através do fígado na bile e/ou através dos rins na urina. Isso impõe um rigoroso controle sobre a absorção de ferro para impedir o excesso de ferro e toxicidade, o que é conseguido principalmente por meio da minimização de absorção intestinal. Em contraste, no período neonatal, a absorção intestinal de ferro dietético (exógena) de ferro é uma forma importante para atender as necessidades do organismo em rápido crescimento, particularmente o aumento do volume sanguíneo e do número de hemácias (LIPÍŃSKI et al., 2013). A perda de ferro acontece em pequenas quantidades por meio das fezes, transpiração, esfoliação de células da trato gastrintestinal e pele. Quando há sangramento oculto ou evidente, essas perdas podem aumentar de forma significativa e serem uma das causas da anemia ferropriva. A perda diária de ferro em condições normais, é de cerca de 1 mg/dia.

A transferrina (Tf) circulante no corpo não ultrapassa 0,1% de Fe, porém esse composto é altamente dinâmico participando ativamente na manutenção da eritropoiese, sendo reutilizado principalmente através da reciclagem de hemácias senescentes e em menor medida pela absorção intestinal. Os macrófagos reticuloendoteliais capturam as células vermelhas em senescência e metabolizam a hemoglobina e o radical heme, e liberam o ferro na corrente sanguínea (WANG; PANTOPOULOS, 2011).

O suprimento de ferro para as células eritróides, assim como para a maioria dos outros tipos de células, é dado por meio da transferrina no plasma. A superfície das células eritróides apresentam alta afinidade por Tf, que sofre endocitose e por meio de acidificação do endossoma o Fe^{3+} é liberado e mais uma vez reduzido a Fe^{2+} até seguir para o citosol ou, eventualmente, diretamente para a mitocôndria destas células. Após a dissociação do Fe da transferrina, a afinidade do eritrócito com Tf reduz 500 vezes, liberando a proteína no plasma para captar novas moléculas de Fe^{3+} . (WANG; PANTOPOULOS, 2011).

Após absorção pelo duodeno o ferro ligado a transferrina segue através do sangue portal até os hepatócitos, no fígado, onde é captado de acordo com a disponibilidade de transportadores de transferrina (COLLINGS et al., 2013). Os principais órgãos de reserva de ferro são o fígado e o baço, onde o ferro é armazenado em hepatócitos, macrófagos e em uma proteína citoplasmática especializada no

armazenamento de ferro, a ferritina. O músculo contém ferro predominantemente na mioglobina, uma proteína de armazenamento de oxigênio (GANZ, 2013).

A ferritina é uma proteína heteropolimérica esférica composta por 24 subunidades do tipo leve (L) ou pesada (H). Relevante para a homeostase do ferro sistêmico, a ferritina citoplasmática pode armazenar grandes quantidades de ferro no seu interior, podendo ainda suas subunidades H-ferritina funcionar como ferroxidases para facilitar a conversão citoplasmática de Fe^{2+} para uma forma mineral oxidado para armazenamento. A capacidade de armazenamento de ferro nos compartimentos da ferritina em enterócitos pode ser necessário à entrega controlada de ferro aos exportadores basolaterais (GANZ, 2013).

A exigência de concentração ideal de nutrientes é importante, tanto no trato intestinal como em nível celular. De forma geral, o requerimento de nutrientes, as vezes, são expressos em requerimentos médios para as várias classes de animais, muitas vezes incluindo uma margem de segurança durante períodos estressantes (RICHARDS et al., 2010).

A absorção de ferro já foi estudada e os relatos indicam que existe controle absorptivo ao nível de parede intestinal através da hepcidina. De maneira geral ocorre maior absorção quando existe maior demanda do microelemento. Assim, animais em fase pré-inicial/inicial demandam mais ferro e também conseguem maior taxa de absorção a qual é naturalmente baixa nas fases posteriores, sendo em leitões recém-nascidos uma assimilação de 99% do ferro da dieta e em animais adultos esta assimilação está ao redor de 12% (LIPÍŃSKI et al., 2013; COLLARD, 2009).

O ferro na carne e no sangue, na forma heme, é mais facilmente absorvido, por mecanismo independente, do que as formas de Fe presentes nos vegetais; portanto, vegetarianos tem maior tendência de apresentar quadros clínicos de deficiência de Fe. Níveis elevados de fosfatos inorgânicos reduzem a absorção de Fe, e de minerais como Zn^{+2} , Mn^{+2} , Cu^{+2} e Cd^{+2} , provavelmente em decorrência de competição por sítios de ligação na mucosa intestinal. As interações dos minerais no organismo podem ser sinérgicas, gerando benefícios mútuos, ou antagônicas, piorando a absorção de determinado elemento, em detrimento de outro (HANSEN et al., 2009).

Os minerais são muito mais propensos a interagir com outros nutrientes, devido a sua instabilidade e tendência a formar ligações químicas. Existem duas classes principais de interações: positivas ou sinérgicas e negativas ou antagônicas. Pode haver uma interação direta entre os elementos e os processos estruturais tais como a necessidade

de cobre juntamente com o ferro para a formação da hemoglobina, a interação de manganês com zinco na forma molecular adequada de moléculas de RNA no fígado. Os efeitos antagônicos são mais facilmente constatados tanto experimentalmente como na prática, porque os sinais típicos de deficiência são resultados da concentração elevada do elemento em interação ou o comprimento do período de alimentação é longo. Por exemplo, a elevação do cálcio dietético pode induzir a deficiência de zinco (Zn) em suínos, especialmente se houver deficiência de Zn a partir de proteínas vegetais da dieta (HENRY; MILES, 2000).

A presença de ferro no organismo encontra-se sob a forma de ferritina e hemosiderina para sua estocagem; na forma de transferrina para o seu transporte plasmático; na forma de uteroferrina para o transporte placentário e na forma de transferrina e lactoferrina para a sua transferência para o leite materno e posteriormente aos leitões lactantes através da mamada (FURUGOURI, 1972).

O cobre tem um papel importante na utilização do Fe, embora o mecanismo ainda não esteja totalmente claro. A ceruloplasmina, principal cobre-proteína no plasma, pode funcionar como uma ferroxidase. Acredita-se que facilita a liberação de Fe da ferritina na mucosa intestinal e nas células do fígado e também a ligação do Fe a transferrina. A principal ferroxidase na mucosa e no fígado é a molibdênio-enzima-xantindeidrogenase. Por outro lado, altos níveis de cobre, manganês, zinco e cádmio aumentam o requerimento de ferro, por competirem entre si pelos mesmos sítios de absorção na mucosa intestinal (COLLARD, 2009).

Ao nível celular também pode haver processos antagonistas que levam a formação de complexos insolúveis como a formação de tiomolibidatos de cobre a partir de cobre molibdênio e enxofre. Há competição para locais de ligação nas proteínas transportadoras no sangue, entre zinco e ferro pela proteína de transporte, a transferrina (HENRY; MILES, 2000).

A lactoferrina é encontrada na maioria das secreções externas e é particularmente abundante no leite de diversas espécies como humanos, macacos, ratos e suínos; sua concentração é geralmente maior no colostro, diminuindo quando se torna maduro. Assim como a transferrina, a lactoferrina tem sido demonstrada por sua atividade bacteriostática devido, pelo menos em parte, a sua forte capacidade de ligação com o ferro. Diferentemente da transferrina, que apresenta receptores em vários tipos de células, receptores de lactoferrina só foram demonstrados em macrófagos, monócitos, linfócitos e em enterócitos do epitélio de borda em escova, sugerindo que esta molécula

desempenha um papel no controle da absorção de ferro por enterócitos (GÍSLASON et al., 1995).

Durante os primeiros dias de vida a única fonte alimentar dos leitões é o leite produzido pelas mães, que contém baixa concentração de minerais e, conseqüentemente, de ferro, este apresenta-se sob a forma de lactoferrina. Esta glicoproteína transportadora de ferro parece ser a única fonte do mineral para os lactentes, apresentando receptores específicos nas células absorptivas durante a primeira fase da vida. Em leitões recém nascidos, a concentração de lactoferrina no colostro é de 1 a 2 mg/mL e posteriormente declina para 0,2 a 0,3 mg/mL no período de 7 a 10 dias de lactação. A concentração molar de lactoferrina no leite suíno (2,5 a 25 μ M) parece ser compatível com a expressão de (2 μ M) receptores intestinais em leitões (GÍSLASON et al., 1995) GISLASON et al., 1992).

Embora seja fonte de ferro durante os primeiros dias, a lactoferrina parece não exercer papel importante na absorção de ferro, em que não se observa diferença no estado de ferro entre proles de mães com ou não gene de lactoferrina interrompido. Igualmente, quando ratos recém nascidos foram amamentados por mães produtoras de níveis mais altos de lactoferrina, não mostraram diferença sobre a concentração de hemoglobina durante 10 dias após nascimento em relação a ratos de mães com níveis normais de lactoferrina. Como o potencial molecular de absorção de ferro em leitões recém nascidos é baixo e a capacidade de regular a absorção intestinal não está totalmente desenvolvida, parece que os estoques de ferro hepático são a única fonte do micromineral para manter as funções metabólicas do organismo (LIPÍŃSKI et al., 2013).

2.1. MATRIZES GESTANTES E LACTANTES

Fêmeas suínas possuem placenta do tipo epiteliocorial, o qual os epitélios de mãe e filho não se fundem. Os dois epitélios, materno e embrionário ou fetal, mantem ligação por interdigitação das microvilosidades de ambos e não pelo crescimento invasivo (RENEGAR; MICHAEL, 1982).

O crescimento do feto exige entrega constante de ferro, em quantidades que aumentam marcadamente no final da gravidez. Em estudos com ratos, tem sido sugerido que, desde o início do desenvolvimento embrionário até a fase de blastócito, o ferro é retirado da ferritina presente no oócito materno. Aquisição posterior de ferro pelo embrião e do feto depende da transferência materno-embriônico e materno-fetal deste micromineral. Apesar dos avanços recentes, a transferência de ferro materno-fetal ao

nível de placenta e sua regulação continua a ser um dos aspectos mais mal compreendidos do metabolismo do ferro em mamíferos (LIPÍŃSKI et al., 2013).

Após o ferro ser absorvido pelo intestino materno é carregado até o fígado. Em animais não gestantes, cerca de 40% do ferro é incorporado ao fígado na primeira passagem através da circulação portal, no entanto, não se sabe ao certo como ocorre essa regulação durante a gestação, mas o fígado desempenha um papel importante na homeostase de ferro. Pouco se sabe como esse mineral é transferido para o feto. Durante a gestação as concentrações diminuem bastante, de modo que, este processo não pode ocorrer o que, provavelmente, é regulada por sinais emitidos do feto em desenvolvimento (GAMBLING et al., 2011).

Após o Fe^{2+} ser liberado é reoxidado a Fe^{3+} pela ferroxidase ceruloplasmina, para ser incorporado a ferritina que parece ocorrer na superfície do hepatócito. Através do soro a transferrina é carregada até a placenta onde ocorrem duas etapas. Primeiramente, a transferrina se liga a receptores nas microvilosidades da placenta e logo após é incorporada por uma vesícula, onde o ferro é liberado da transferrina; posteriormente, a vesícula é transportada para o citoplasma através de um canal regulado por DMT-1. O mecanismo de transporte até o epitélio fetal não estão totalmente estudados (GAMBLING et al., 2011).

As glândulas uterinas são numerosas e possuem alta atividade secretora durante a gestação. Sobre a abertura dessas glândulas desenvolvem expansões placentárias que formam a aréola, uma estrutura acessória constituída por células especializadas com alta capacidade absorviva que atuam na nutrição histiotrófica fetal. Outra glicoproteína relacionada com o metabolismo do Fe em fêmeas suínas durante a gestação é a uteroferrina, induzida por progesterona e secretada na superfície e no epitélio glandular do útero. Esta proteína é sintetizada em grande quantidade durante a gestação, sendo estimada a síntese máxima aos 60 dias de gestação com produção em torno de 1g/dia, acumulando-se no saco alantoide de cada feto (BUHI et al., 1982).

O armazenamento de ferro em recém nascidos é influenciado pela dieta materna durante o período de gestação: a maior parte do armazenamento ocorre no final da gestação. Se o número de recém nascidos é maior que o usual, por exemplo, em casos de gêmeos em humanos ou leitegada supranumerária em suínos, o aporte individual tende a ser menor (RENEGAR; MICHAEL, 1982).

A transferência de ferro através da placenta é baixa, regulada em grande parte pela uteroferrina, uma glicoproteína que contém ferro e sofre controle genético do tecido

placentário. Embora essa proteína que contenha ferro o transfira através do tecido placentário, pouca quantidade deste mineral é transferida. As tentativas de estimular a transferência de ferro para o tecido fetal durante as fases de gestação não têm sido muito bem sucedidas (RYDBERG et al., 1959). Relatos têm demonstrado que a suplementação das matrizes durante a lactação poderia prevenir a anemia em leitões lactentes. O ferro que é transferido através da placenta é utilizado primordialmente para a hematopoiese do feto em desenvolvimento com o excedente disponível para armazenamento (MAHAN, 1990).

Durante a gestação e lactação, as necessidades de ferro aumentam. Isto pode ser explicado pela transferência significativa no útero da mãe para o feto, hemorragia durante o parto e, em menor medida, por excreção no leite (1,3-1,8 mg /L). Se a demanda é maior do que a ingestão, o organismo estimula a eritropoiese e mobiliza o ferro armazenado como ferritina (NORMAND et al., 2012).

Matrizes suínas de alta produtividade sofrem maior ocorrência de desmineralização óssea durante sua vida reprodutiva. Estes resultados sugerem que durante períodos de crescimento e períodos reprodutivos há uma alta demanda e mobilização por cálcio e fósforo. Em um estudo (PETERS; MAHAN, 2008a) avaliando a deposição fetal de macro e micro minerais, dos 45 dias após a cobertura ao terço final de gestação, concluíram que há um grande aumento da quantidade de minerais nos fetos suínos durante o final da gestação e que existe um aumento nas exigências de minerais das matrizes, particularmente de matrizes de alta produtividade com leitegada numerosa. Este aumento no final da gestação pode ser atribuído ao período em que o feto retém minerais para sua vida pós-natal subsequente (MAHAN, 1990).

A grande retenção para o desenvolvimento fetal exige maior transferência de cada mineral da dieta da matriz ou de reservas teciduais maternas para os fetos. Se a dieta das matrizes não tiver níveis adequados de minerais para suprir suas exigências reprodutivas, elas irão mobilizar as reservas corporais antes do início da lactação. O declínio de reservas minerais no início da lactação pode comprometer o subsequente desempenho reprodutivo e lactacional das matrizes (MAHAN, 1990).

Durante sua vida reprodutiva, as fêmeas suínas, sofrem grande perda mineral principalmente em períodos de grande mobilização de nutrientes como nas fases de gestação e lactação. A suplementação de micro mineral em dietas para suínos segue as recomendações do NRC (1998), além das indicações recomendadas para genéticas individuais. Geralmente não existe preocupação com os níveis de minerais

recomendados, ou seja, as indicações são semelhantes para a maioria das fases de desenvolvimento dos suínos. No entanto, existem dificuldades em nível de absorção de microelementos, conduzindo a níveis elevados de suplementação (BERTECHINI et al., 2012).

3. ANEMIA POR DEFICIÊNCIA DE FERRO EM SUÍNOS

A dependência por uma nutrição mineral mais eficaz na produção de suínos aumentou devido a fatores relacionados à mudança ocorrida no âmbito nutricional, genético e, novas práticas de manejo associado a tecnologias, que juntas propiciaram o desenvolvimento de animais cujo desempenho/produktividade supera os índices alcançados por linhagens de décadas atrás. Os suínos contemporâneos apresentam alta taxa de crescimento, o que requer o suprimento adequado de nutrientes, necessário para o aporte destes às células dos tecidos e em quantidade para suportar a alta taxa metabólica. Os minerais, embora exigidos em pequenas quantidades, desempenham um papel vital e, conseqüentemente, importante para a nutrição participando como componentes estruturais, constituintes de células e tecidos moles além de regular muitos dos processos biológicos (ACDA; CHAE, 2002).

A distribuição do ferro no organismo está relacionada principalmente com a ligação a proteínas, incluindo a hemoglobina onde 65% do ferro está associado às células vermelhas do sangue, com o restante sendo armazenado principalmente em complexos proteicos na forma de ferritina. Para que o organismo animal funcione de forma equilibrada são necessários teores minerais adequados ao metabolismo, de forma que não exista excesso nem escassez (NORMAND et al., 2012).

A anemia por deficiência de ferro ou ferropriva é considerada a mais comum deficiência nutricional em mamíferos. É particularmente frequente e grave em suínos predominando no período neonatal independentemente da raça (LIPÍŃSKI, et al., 2013; CLARK, 2009; COLLARD, 2009).

O primeiro relato de anemia ferropriva em leitões foi descrito por (DOYLE et al., 1927) em animais criados em maternidade confinada e, portanto sem acesso livre à terra, fonte natural deste mineral. Os pesquisadores observaram que quando submetidos a esse sistema, os animais começaram a ficar anêmicos, com pelos ásperos e a morte súbita era comum tendo em vista que a dieta oferecida era pobre em ferro.

A deficiência de ferro em leitões neonatos é o resultado da interação de vários fatores de risco distintos, tais como baixo nível dos estoques de ferro, aumento das necessidades de ferro, alimentação externa limitada e a imaturidade dos mecanismos moleculares de absorção de ferro (SVOBODA; DRÁBEK, 2005).

Durante décadas as matrizes suínas foram selecionadas e melhoradas para grande tamanho da leitegada, leitões mais pesados ao nascimento e de crescimento rápido, resultando em maior fluxo de sangue no corpo e contagem de células vermelhas, e, em consequência, aumento da demanda de ferro. A carência deste mineral afeta diversos sistemas em função da redução na oxigenação pelo decréscimo na concentração de hemoglobina (LIPINSKI et al., 2010).

No caso de redução das reservas de ferro, primeiramente a ferritina e hemossiderina são usadas (fase pré latente) seguido da transferrina (fase lactente), proteína de transporte e, por último o ferro é liberado a partir da hemoglobina. Como o ferro é um componente do radical heme, sua ausência resulta em redução da hemoglobina circulante, diminuindo a capacidade de transporte de oxigênio do sangue. A redução no suprimento de oxigênio nos tecidos (hipóxia) faz com que a glicólise anaeróbica produza lactato ocasionando acidose metabólica (SVOBODA; DRÁBEK, 2005).

O sinal mais comum de deficiência é uma anemia microcítica e hipocrômica, caracterizada por células vermelhas menores e em concentração menor do que a hemoglobina normal. Quadros de anemia podem se desenvolver toda vez que o ferro disponível se torna deficiente em relação às necessidades para a formação de hemoglobina (JOLLIFF; MAHAN, 2011).

Os sinais de deficiência de ferro além da anemia, relacionada a alterações sanguíneas, incluem redução do ganho de peso, apatia, incapacidade de resistência em esforço circulatório, alteração da taxa respiratória após exercício leve, redução do apetite e baixa resistência a infecções. São esperados quadros de deficiência de ferro em animais jovens com crescimento acelerado e acesso limitado ao Fe no ambiente, particularmente durante a lactação, especialmente em suínos (MCDOWELL, 1992).

Durante a primeira semana de vida, devido seu crescimento acelerado, os leitões chegam a duplicar a sua massa corporal utilizando o ferro disponível em suas reservas corporais, cerca de 40 a 50 mg, adquirido durante o período gestacional. Foi proposto que para que os leitões não desenvolvam anemia seria necessário o suprimento de 7 a 10 mg de Fe por dia, assim a síntese de hemoglobina seria garantida (PETERS; MAHAN, 2008b).

Para os neonatos a única fonte de alimento é o leite da mãe, que contém pequenas quantidades desse mineral, fornecendo somente 1,3 a 1,8 mg/L de Fe havendo, portanto, a necessidade de uma suplementação extra de Fe, que do contrário os leitões desenvolvem anemia após o 14º dia pós-parto (MAHAN, 1990). É interessante notar que a relação entre a concentração do mineral no leite é inversamente proporcional a quantidade de leite produzida pela matriz, ou seja, em animais mais produtivos, quando a intensidade de crescimento dos leitões é elevada, a concentração de nutrientes é diminuída pela maior secreção de leite.

Baixas reservas de ferro fetais e perda de sangue no parto também podem contribuir para a redução dos níveis de ferro nos leitões. Uma das peculiaridades em suínos é, que dentro de uma mesma ninhada encontra-se fetos com reservas normais assim como níveis abaixo do esperado. A alimentação, bem como o aumento do tamanho da ninhada são, aparentemente, os principais fatores que influenciam a ocorrência de reservas de ferro fetal reduzida (PETERS; MAHAN, 2008a).

3.1. SUPLEMENTAÇÃO DE FERRO PARA LEITÕES LACTENTES

Para controle da anemia ferropriva é necessário o fornecimento extra de Fe, uma vez que durante esta fase sua alimentação é basicamente o colostro, nos primeiros dias, e o leite, que contém baixas concentrações desse mineral. Além disso, ao nascimento as reservas corporais também são baixas, sendo suficiente apenas até o 3º dia de vida. Para tanto, a unidade produtora tem adotado como prática comum a utilização de uma fonte exógena de Fe, havendo algumas alternativas que podem ser adotadas como a aplicação subcutânea ou intramuscular de um composto de ferro dextrano e/ou a suplementação nutricional de diferentes fontes de ferro. Outras fontes de suplementação foram estudadas durante anos, constatando a eficiência de muitos desses compostos no combate a anemia ferropriva por meio de índices como a contagem de células vermelhas e contagem de ferro sérico (STARZYŃSKI et al., 2013; ULLREY et al., 1959).

Um composto de ferro-dextrano foi desenvolvido para o tratamento da anemia humana e logo foi utilizada para a prevenção e tratamento em suínos. Como a utilização dessa formulação permite saber, com segurança, a quantidade de Fe fornecido para cada leitão além de proporcionar o suprimento de ferro necessário a formação de eritrócitos, tornou-se o mais adotado entre o manejo nas granjas (SVOBODA; DRÁBEK, 2007).

O ferro dextrano possui um peso molecular de 100.000 Daltons, devido seu alto peso molecular, não é diretamente absorvido do local da aplicação para a corrente sanguínea, mas entra nos vasos linfáticos e, conseqüentemente, 3 a 4 horas após a aplicação é facilmente constatado nos nódulos linfáticos, onde será incorporado a transferrina para posteriormente formar hemoglobina na medula óssea (STARZYŃSKI et al., 2013; THOREN- TOLLING; JONSSON, 1976).

De forma geral, o método mais utilizado pela indústria é a aplicação de uma dose única de ferro dextrano (200 mg Fe^{3+}) intramuscularmente geralmente durante o 3º ao 6º dia de vida. Este método além de ser considerado prático e de fácil adoção também consegue suprir de forma eficiente o requerimento de Fe durante a fase crítica, assegurando níveis ideais (100 g/L) de hemoglobina (LIPINSKI et al., 2010). Essa estratégia fornece bons resultados na prevenção da anemia ferropriva e as perdas associadas. No entanto, o procedimento é trabalhoso e demorado já que os leitões precisam ser injetados individualmente, podendo também aumentar o risco de transmissão de doenças em que vários suínos são injetados com a mesma agulha, além da predisposição a abscessos, decorrente principalmente de falta de higiene, local da aplicação incorreta e agulhas grossas, chegando até a causar toxicidade aguda com morte súbita acarretada em casos de superdosagem (MAES et al., 2011).

A aplicação de uma única dose de ferro dextrano tem sido a causa de vários relatos de toxidade e a aplicação do composto de forma parcelada tem mostrado bastante eficácia no combate a anemia quanto à forma tradicional de manejo, permitindo que o requerimento de ferro seja atendido sem, no entanto, gerar altos níveis residuais de ferro hepático (LIPINSKI et al., 2010). Estes mesmos autores estudando a mecanismo molecular de absorção de ferro em leitões nas duas primeiras semanas de vida, relataram que a expressão das proteínas intestinas de absorção deste mineral é baixa nos primeiros dias de vida, sendo por tanto a suplementação oral pouco eficiente nesta fase.

O ferro também pode ser suplementado via água de ingestão, alimentação ou pasta. esta última não diferindo estatisticamente para tempo de aplicação (24 e 20 segundos) em relação ao ferro injetável, respectivamente (MARCHANT-FORDE et al., 2009).

O ferro bivalente (2+) é até 16 vezes melhor absorvido do que na forma trivalente (3+), sendo o primeiro o mais adequado a terapias com ferro oral. Entre as formulações mais utilizadas para preparações orais estão o ferro fumarato e o ferro lactato que tem

demonstrado bons resultados sobre os parâmetros sanguíneos e desempenho de leitões tratados com esses compostos (SVOBODA et al., 2005).

Em um experimento testando a eficiência do composto de ferro carbonil administrado via oral na prevenção da anemia ferropriva em relação ao ferro dextrano injetável, não foi observado eficácia do primeiro composto para essa finalidade, destacando que os leitões obtiveram níveis de hemoglobina circulante inferior a 80 g/L, indicando estado anêmico. Como a disponibilidade dos compostos via oral depende diretamente do pH gástrico (≤ 2), não se tem conseguido bons resultados no combate a anemia ferropriva principalmente nas primeiras semanas de vida, em que nesta fase, a produção de ácido clorídrico (HCL) é limitada e o leite possui capacidade tamponante, elevando assim o pH gástrico que durante esse período varia de 3 a 4,1 em leitões lactentes (SVOBODA et al., 2007).

No entanto, a concentração de hemoglobina e outros parâmetros sanguíneos de leitões suplementados com ferro fumarato oral foi menor ao 6º dia pós administração em relação aos animais tratados com ferro dextrano, porém o decréscimo desses níveis não foi suficiente para comprometer o ganho de peso e, sobretudo, não proporcionou a queda drástica desses índices abaixo da concentração mínima preconizada, não sendo portanto, notada o aparecimento de anemia entre os animais (SVOBODA; DRÁBEK, 2002). Corroborando com este fato, observou-se que nos nódulos linfáticos, baço e fígado de leitões tratados com ferro dextrano via oral 7 dias após a suplementação, apresentavam compostos de ferro prontos para ser utilizado na síntese de hemoglobina, resultado comparável aos do tratamento com ferro dextrano injetável (JONSSON, 1976).

Embora o mecanismo de absorção de ferro em suínos lactentes ainda não esteja totalmente maduro, algumas pesquisas têm demonstrado um bom desempenho dos métodos orais de suplementação deste mineral, impedindo a ocorrência de anemia, todavia, há a necessidade de repetir a dosagem do composto após alguns dias, podendo, portanto inviabilizar a adoção deste método (PETERS; MAHAN, 2008c; WANG et al., 2013).

Outro método bastante estudado é a suplementação de matrizes suínas em gestação e lactação, na tentativa de aumentar a transferência de ferro das matrizes para os fetos e assim conseguir aumentar os estoques de ferro hepático, durante a gestação, dos leitões e do leite durante a lactação.

Embora os minerais sejam normalmente incluídos na dieta dos suínos, estes participam em pequenas quantidades na forma de pré mistura de sais inorgânicos, tais

como sulfatos, cloretos, carbonatos e óxidos, existindo vários fatores que podem reduzir a sua biodisponibilidade quando ingerido pelos animais. Estes minerais estão contidos naturalmente na maioria dos ingredientes da ração, mas a quantidade e biodisponibilidade varia consideravelmente. Estudos tem demonstrado que se pode melhorar a disponibilidade desses minerais ligando-os com compostos orgânicos, geralmente uma mistura de aminoácidos ou de pequenos peptídeos, originando assim os chamados minerais orgânicos (ACDA; CHAE, 2002).

A quelação ou ligação dos minerais aos compostos orgânicos se dá a partir de reações enzimáticas, onde o metal consegue se ligar ao ligante (Aminoácidos e peptídeos) em mais de um ponto, formando uma estrutura em anel, que confere estabilidade ao complexo. No entanto, somente metais de transição tais como cobre, ferro, manganês e zinco apresentam características físico- químicas desejadas às ligações covalentes coordenadas aos ligantes e, assim a formação de complexos biologicamente estáveis (SORENSEN, 2011).

Considerando que os minerais quelatados utilizam os mesmos mecanismos de absorção intestinal dos aminoácidos e peptídeos, o complexo está numa forma quimicamente inerte, devido a ligação iônica covalente, portanto mais estável e menos propenso a fatores físico- químicos ou de interações negativas com componentes da dieta tornando-os disponíveis para absorção. Além disso, minerais orgânicos continuam neutro em certas condições de pH, sendo absorvido de forma intacta através da mucosa intestinal e desta para o plasma, por ser um complexo altamente disponível. No entanto, a biodisponibilidade pode ser influenciada por vários fatores (ACDA; CHAE, 2002).

Estudos têm enfatizado os efeitos benéficos da utilização de minerais orgânicos na alimentação de suínos, mostrando melhor disponibilidade que os sais inorgânicos, ressaltando ainda que tem proporcionado melhora na absorção destes. Da mesma forma, a suplementação de matrizes com ferro orgânico tem mostrado melhorias no peso ao nascer e desmame, redução da mortalidade pós natal e natimortos assim como aumento das reservas de ferro dos leitões (CLOSE, 2010; PETERS et al., 2010).

Corroborando com essa afirmativa, matrizes suínas suplementadas com minerais orgânicos durante seis ciclos produziram maior número de leitões totais e vivos em relação aos minerais inorgânicos, porém não foi observado diferença entre os tratamentos sobre o desempenho reprodutivo em todos os níveis testados. Entretanto, como os mecanismos moleculares de absorção e transporte do ferro no organismo animal não estão totalmente claros, as respostas verificadas com o uso de ferro orgânico para matrizes em

gestação e lactação tem produzido resultados pouco satisfatórios (PETERS; MAHAN, 2008a). Estes mesmos autores observaram ainda, em um segundo estudo, que os leitões de matrizes suplementadas com minerais orgânicos apresentaram de 0 a 2 dias pós nascimento concentração de hemoglobina (Hb) menor do que quando utilizado sais inorgânicos. A diminuição da concentração de hemoglobina em leitões nos primeiros dias de vida dar-se principalmente pela hemodiluição ocorrida pela ingestão de colostro (PETERS; MAHAN, 2008b).

Igualmente, não foi observado diferença entre a utilização de ferro orgânico ou inorgânico para matrizes em gestação e lactação em relação ao desempenho reprodutivo, crescimento de suas respectivas leitegadas e conteúdo no colostro e leite. No entanto, constataram que complexos de ferro orgânico melhoraram o status de ferro da matriz e seus descendentes, apesar desse acréscimo não ser capaz de provocar ganho em crescimento dos leitões (WANG et al., 2013).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACDA, S. P.; CHAE, B. J. © Asian Network for Scientific Information 2002 A Review on the Applications of Organic Trace Minerals in Pig Nutrition. v. 1, n. 1, p. 25–30, 2002.

BERTECHINI, A. G. et al. Effects of dietary mineral bioplex in pregnant and lactating sow diets on piglet performance and physiological characteristics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 624–629, 2012.

BUHI, W. C. et al. Iron transfer between the purple phosphatase uteroferrin and transferrin and its possible role in iron metabolism of the fetal pig. **Journal of Biological Chemistry**, v. 257, n. 4, p. 1712–1723, 1982.

CLOSE, H. W. **Mineral nutrition of hyperprolific sows**2010

COLLARD, K. J. Iron homeostasis in the neonate. **Pediatrics**, v. 123, n. 4, p. 1208–16, abr. 2009.

COLLINGS, R. et al. The absorption of iron from whole diets : a systematic review 1 – 4. p. 65–81, 2013.

FURUGOURI, K. Plasma Iron and Total Iron-Binding Capacity in Piglets in Anemia and Iron Administration. **Journal of Animal Science**, v. 34, p. 421–426, 1972.

GAMBLING, L.; LANG, C.; MCARDLE, H. J. Fetal regulation of iron transport during pregnancy. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 94, p. 1903–1907, 2011.

GANZ, T. Systemic iron homeostasis. **Physiological reviews**, v. 93, n. 4, p. 1721–41, out. 2013.

GARCÍA, Y.; DÍAZ-CASTRO, J. Advantages and disadvantages of the animal models v. in vitro studies in iron metabolism: a review. **Animal : an international journal of animal bioscience**, v. 7, n. 10, p. 1651–8, out. 2013.

GISLASON, J. et al. Nutrient Metabolism Iron Absorption Differs in Piglets Fed Extrinsically and Intrinsically ⁵⁹Fe-Labeled Sow ' s Milk1. n. August 1991, p. 1287–1292, 1992.

GÍSLASON, J. et al. **Receptor- Mediated Binding of Milk Lactoferrin to Nursing Piglet Enterocytes: A Model for Studies on Absorption of Lactoferrin- bound Iron**, 1995.

HANSEN, S. L. et al. Iron Transporters Are Differentially Regulated by Dietary Iron , and Modifications Are Associated with Changes in Manganese Metabolism in Young Pigs 1 – 3. p. 6–11, 2009.

HENRY, P. R.; MILES, R. D. Interactions Among the Trace Minerals. **ciência Animal Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 95–105, 2000.

JOLLIFF, J. S.; MAHAN, D. C. Effect of injected and dietary iron in young pigs on blood hematology and postnatal pig growth performance. **Journal of animal science**, v. 89, n. 12, p. 4068–80, dez. 2011.

JONSSON, L. Cellular Distribution of Orally and Intramuscularly Administered Iron Dextran in Newborn Piglets. 1976.

LIPINSKI, P. et al. Benefits and risks of iron supplementation in anemic neonatal pigs. **The American journal of pathology**, v. 177, n. 3, p. 1233–43, set. 2010.

LIPIŃSKI, P.; STYŚ, A.; STARZYŃSKI, R. R. Molecular insights into the regulation of iron metabolism during the prenatal and early postnatal periods. **Cellular and molecular life sciences : CMLS**, v. 70, n. 1, p. 23–38, jan. 2013.

MAES, D. et al. Comparison of oral versus parenteral iron supplementation on the health and productivity of piglets. **The Veterinary record**, v. 168, n. 7, p. 188, 19 fev. 2011.

MAHAN, D. C. Mineral nutrition of the sow : a review. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 573–582, 1990.

MARCHANT-FORDE, J. N. et al. Postnatal piglet husbandry practices and well-being: The effects of alternative techniques delivered in combination. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 1150–1160, 2009.

NORMAND, V. et al. Anaemia in the sow: a cohort study to assess factors with an impact on haemoglobin concentration, and the influence of haemoglobin concentration on the reproductive performance. **The Veterinary record**, v. 171, n. 14, p. 350, 6 out. 2012.

PAPADOPOULOS, G. A.; MAES, D. G. D.; JANSSENS, G. P. J. Mineral accretion in nursing piglets in relation to sow performance and mineral source. **Veterinarni Medicina**, v. 54, n. 2, p. 41–46, 2009.

PETERS, J. C. et al. Effect of dietary organic and inorganic micromineral source and level on sow body, liver, colostrum, mature milk, and progeny mineral compositions over six parities. **Journal of animal science**, v. 88, n. 2, p. 626–37, fev. 2010.

PETERS, J. C.; MAHAN, D. C. Effects of dietary organic and inorganic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2247–2260, 2008a.

PETERS, J. C.; MAHAN, D. C. Effects of neonatal iron status, iron injections at birth, and weaning in young pigs from sows fed either organic or inorganic trace minerals. **Journal of animal science**, v. 86, n. 9, p. 2261–9, set. 2008b.

POWELL, J. J.; JUGDAOHSINGH, R.; THOMPSON, R. P. The regulation of mineral absorption in the gastrointestinal tract. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v. 58, p. 147–153, 1999.

RENEGAR, R. H.; MICHAEL, R. Placental Transport and Distribution in the Fetal Pig of Uteroferrin iron transport. p. 1247–1260, 1982.

RICHARDS, J. D. et al. Trace mineral nutrition in poultry and swine. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 11, p. 1527–1534, 2010.

RYDBERG, M. E. et al. The Effectiveness of Three Different Methods of Iron Administration to Young Pigs. **Journal of Animal Science**, v. 18, p. 410–414, 1959.

SORENSEN, G. Organic micro minerals in sow feed. **Videncenter for Svineproduktion**, n. 900, p. 1–29, 2011.

STARZYŃSKI, R. R. et al. Iron supplementation in suckling piglets: how to correct iron deficiency anemia without affecting plasma hepcidin levels. **PloS one**, v. 8, n. 5, p. e64022, jan. 2013.

SVOBODA, M. et al. Effect of Voluntary Consumption of Fe Lactate Supplements on Development of Haematological Indices of Suckling Piglets Iron deficiency anaemia is a serious problem in swine production (Venn et al . 1947 ; Csapó 1995). An i . m . administration of Fe 3 +. **Acta**, p. 199–204, 2005.

SVOBODA, M. et al. Efficiency of Carbonyl Iron in Prevention of Anaemia in Piglets. **Acta Veterinaria Brno**, v. 76, n. 2, p. 179–185, 2007.

SVOBODA, M.; DRÁBEK, J. Effect of Oral Administration of Fe 2 + -Fumarate on Erythrocyte Profile and Growth Rate of Suckling Piglets The piglet is born with an iron reserve of approximately 50 mg (Venn et al . 1947). During the first week , the piglet doubles its body mass fro. p. 217–222, 2002.

SVOBODA, M.; DRÁBEK, J. Iron deficiency in suckling piglets: ethiology, clinical aspects and diagnosis (A Review). **Folia Veterinaria**, v. 2, p. 104–111, 2005.

SVOBODA, M.; DRÁBEK, J. Intramuscular versus Subcutaneous Administration of Iron Dextran in Suckling Piglets. **Acta Veterinaria Brno**, v. 76, n. 8, p. S11–S15, 2007.

ULLREY, D. E. et al. Oral and Parenteral Administration of Iron in the Prevention and Treatment of Baby Pig Anemia The online version of this article , along with updated information and services , is located on the World Wide Web at : p. 256–263, 1959.

VICTOR, I.; MARY, I.; ADV, J. V. Iron Nutrition and Anaemia in Piglets : a Review Iron Nutrition and Anaemia in Piglets : a Review. v. 2, n. 6, p. 261–265, 2012.

WANG, J. et al. Influence of organic iron complex on sow reproductive performance and iron status of nursing pigs. **Livestock Science**, v. 160, p. 89–96, fev. 2013.

WANG, J.; PANTOPOULOS, K. Regulation of cellular iron metabolism. **The Biochemical journal**, v. 434, p. 365–381, 2011.

YOON, I.; MCMILLAN, E. Comparative effects of organic and inorganic selenium on selenium transfer from sows to nursing pigs. **Journal of animal science**, v. 84, n. 7, p. 1729–33, jul. 2006.

CAPÍTULO II

Ferro quelatado em rações para fêmeas nas fases de gestação e maternidade e efeitos sobre a suplementação de ferro em leitões lactentes

1. INTRODUÇÃO

A anemia ferropriva ou por deficiência de ferro pode ser considerada uma das principais enfermidades que acomete os leitões, por causar baixo desempenho, apatia, morte e prejuízo econômico. Dessa forma, se faz necessário a suplementação de ferro para que a deficiência não atinja os leitões recém nascidos. A estratégia adotada por grande parte do setor produtivo é a aplicação intramuscular de um composto de ferro dextrano ao terceiro dia de vida, que administrado de forma correta, confere boa transferência do mineral (Fe) aos tecidos, melhorando os índices hematológicos e de desempenho dos leitões.

A anemia causada pela deficiência de ferro (Fe) é a mais frequente e grave em suínos, principalmente em leitões neonatos, que já nascem com poucas reservas deste mineral, não tem livre acesso a fontes de ferro, além do leite produzido pelas matrizes conter baixas concentrações.

Assim, a suplementação extra deste mineral Fe para os leitões é importante para que eles não desenvolvam anemia entre 10 a 14 dias após o nascimento, para tanto o método mais adotado pela indústria é a utilização de 200 mg de Fe dextrano injetado intramuscular no 3º dia de vida. Este método tem possibilitado uma boa confiabilidade na manutenção da eritropoiese dos leitões, incrementando a contagem de hemoglobina e hematócrito circulante após 7 dias da aplicação (SVOBODA; DRÁBEK, 2007).

A administração de ferro parenteral embora tenha produzido bons resultados no tratamento e prevenção da anemia também tem sido associado a toxicidade, a lesões e doenças musculares em leitões, exigindo, portanto, a busca por métodos alternativos. Uma alternativa a esse método seria a suplementação via oral de compostos não tóxicos de Fe, principalmente na forma reduzida (Fe^{2+}) que é mais facilmente absorvida.

Estudos tem demonstrado que os mecanismos moleculares de absorção intestinal de ferro em leitões recém-nascidos, não está totalmente desenvolvido nos primeiros dias de vida, justificando os resultados encontrados com a suplementação de Fe via oral, que proporciona o aumento da disponibilidade do mineral para a formação de hemácias a ponto de não permitir que os animais entrem em estado anêmico, ou seja, nível de hemoglobina circulante no mínimo 10 g/dL. Porém não tem conseguido alcançar os valores com a aplicação de Fe-dextrano que possibilite síntese máxima de hemoglobina (LIPÍŃSKI, et al., 2013).

As tentativas de aumentar as reservas de ferro em leitões neonatos com a utilização de minerais orgânicos na alimentação de matrizes gestantes e lactantes tem produzido resultados pouco satisfatórios sobre os índices hematológicos de leitões recém-nascidos, assim como sobre as concentrações do mineral no colostro e no leite que são a principal fonte de nutrientes durante a fase de aleitamento. Poucos avanços foram conquistados sobre esse aspecto nutricional das matrizes tendo em vista os entraves moleculares de transferência do Fe da mãe para os fetos durante a gestação.

Diante do exposto, objetiva-se avaliar o efeito da suplementação “*on top*” de ferro quelatado para matrizes em gestação e lactação sobre os parâmetros produtivos, concentração do mineral no colostro e leite e sua implicação sobre o desempenho e concentração de (Fe) no sangue de leitões recebendo dois tipos de suplementação de ferro (injetável e oral).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma granja comercial localizada no município de Maranguape no Estado do Ceará, no período de 13 de outubro de 2013 à 1º de janeiro de 2014, com duração de 51 dias.

Para a condução do ensaio, foram utilizadas salas de gestação e maternidade equipadas com comedouros, bebedouros e ventiladores. Foram utilizadas 50 fêmeas híbridas gestantes da linhagem Topigs®, de terceira ordem de parto com peso médio de $223,90 \pm (24,87)$ kg, todas apresentando escore corporal ideal (escore= 3). As matrizes foram distribuídas em dois tratamentos, conforme um delineamento em blocos ao acaso. A formação dos blocos se deu de acordo com o peso inicial das fêmeas no início do experimento. Os tratamentos foram os seguintes: As matrizes foram distribuídas nos seguintes tratamentos: SFe – Dieta não suplementada com ferro quelatado (n= 20) CFe – Dieta suplementada com 0,15% da fonte de ferro quelatado (n= 30).

Após o parto 672 leitões, de acordo com os tratamentos recebidos pelas matrizes, foram distribuídos em cinco tratamentos. Os tratamentos foram: SFFDx – fêmeas alimentadas com ração sem suplementação de ferro quelatado e leitões tratados com ferro dextrano via intramuscular; SFFOr – fêmeas alimentadas com ração sem suplementação de ferro quelatado e leitões tratados com ferro via oral; FQFDx – fêmeas alimentadas com ração suplementada com ferro quelatado e leitões suplementados com ferro dextrano via intramuscular; FQFOR – fêmeas alimentadas com ração suplementada com ferro

quelatado e leitões suplementados com ferro via oral; FQSFe – fêmeas alimentadas com ração suplementada com ferro quelatado e leitões sem suplementação de ferro.

As dietas foram formuladas com intuito de atender as exigências nutricionais das matrizes durante as fases estudadas conforme o manual da linhagem (Tabela 1). As fêmeas foram alimentadas com ração peletizada durante as fases de gestação, pré-lactação e lactação sendo oferecido, durante as duas primeiras fases 3 kg/dia e durante a última fase, o fornecimento foi gradativo até o limite de 7 kg/dia respectivamente. O fornecimento de água era contínuo e à vontade.

Tabela 1. Composição química e percentual das dietas experimentais nas fases de gestação, pré-lactação e lactação de matrizes suínas suplementas ou não com ferro quelatado

Ingredientes ¹	Dietas Experimentais (%)						
	Gestação		Pré-lactação		Lactação		
	S/Fe	C/Fe	S/Fe	C/Fe	S/Fe	C/Fe	
Milho grão	56,69	56,69	58,47	58,47	57,59	57,59	
Farelo de Soja	9,80	9,80	8,00	8,00	21,80	21,80	
Soja integral extrusada	-	-	9,00	9,00	11,80	11,80	
Farelo de trigo	30,00	30,00	21,00	21,00	-	-	
Açúcar	-	-	-	-	5,00	5,00	
Fosfato bicálcico	0,62	0,62	0,95	0,95	1,13	1,13	
Calcário calcítico	1,09	1,09	0,74	0,74	0,86	0,86	
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Inerte ²	0,45	0,30	0,45	0,30	0,45	0,30	
L-lisina HCl	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	
DL-metionina	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	
L-treonina	0,09	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	
Suplemento mineral e vitamínico ³	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Ferro quelatado ⁴	-	0,15	-	0,15	-	0,15	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Composição calculada							
Energia	Metabolizável,	3046,02	3046,02	3176,69	3176,69	3351,55	3351,55
Kcal/kg							
Proteína Bruta, %		13,79	13,79	15,01	15,01	18,95	18,95
Lisina digestível, %		0,61	0,61	0,70	0,70	1,05	1,05
Metionina digestível, %		0,21	0,21	0,26	0,26	0,31	0,31
Triptofano digestível, %		0,14	0,14	0,15	0,15	0,21	0,21
Treonina digestível, %		0,50	0,50	0,55	0,55	0,70	0,70
Fibra em detergente neutro, %		20,22	20,22	18,05	18,05	12,00	12,00
Fibra em detergente ácido, %		7,21	7,21	6,94	6,94	6,09	6,09
Cálcio, %		0,65	0,65	0,60	0,60	0,70	0,70
Fósforo disponível, %		0,27	0,27	0,35	0,35	0,35	0,35
Cloro, %		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Sódio, %		0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Ferro, mg		190,57	430,57	204,91	444,91	207,91	447,91

¹Composição nutricional e energética dos ingredientes descritos por Rostagno et al. 2011; ²Areia lavada;

³Suplemento mineral e vitamínico: Composição por kg do produto: Ácido fólico:300mg; Ácido Pantotênico: 3000 mg; Biotina: 100 mg; Cobre: 1990 mg; Etoxiqum: 160 mg; Ferro: 19 g; Fitase: 100000

U; Iodo: 200 mg; Manganês: 11,9 g; Niacina: 6000mg; Selênio: 60 mg; Vitamina A: 2100000 UI; Vitamina B1: 300 mg; Vitamina B12: 5000mcg; Vitamina B2: 900mg; Vitamina B6: 500 mg; Vitamina D3: 300000 UI; Vitamina E: 8900 UI; Vitamina K3: 400mg; Zinco: 30 g. ⁴Yes Minerals Ferro®:160 g/kg de ferro aminoácido quelato.

O período experimental iniciou-se a partir dos 84 dias de gestação das fêmeas, sendo as mesmas alimentadas de acordo com as rações dos respectivos tratamentos. Aos 110 dias de gestação as matrizes foram levadas as baias de maternidade, recebendo ração de pré-lactação até o dia anterior ao parto e ração de lactação logo após ao parto, seguindo os diferentes tratamentos. Os partos foram assistidos, sendo realizados os procedimentos de secagem, incentivo a ingestão de colostro e alocação em abrigo escamoteador. Contabilizou-se o número de leitões nascidos vivos, natimortos e mumificados. Os leitões foram identificados com brincos e pesados, obtendo-se o peso médio dos leitões e o peso da leitegada. Procedeu-se a homogeneização e equalização das leitegadas, de modo a manter o número de 12 leitões por matriz, não havendo mistura entre leitegadas de matrizes com ou sem suplementação de ferro orgânico na ração.

Durante toda lactação, foram coletadas as sobras da ração das matrizes e posteriormente, calculado o consumo de ração, conversão alimentar por Kg/leitão/desmamado e percentual de leitões desmamados.

Ao terceiro dia de vida, os leitões receberam suplementação de Fe de acordo com os tratamentos. Para os que receberam ferro dextrano injetável, foi utilizado 200 mg do composto aplicado via intramuscular, na região do pescoço. O tratamento com ferro oral foi realizado por meio da deposição do conteúdo de 200 mg da pasta anti anêmica na porção final da cavidade oral dos leitões, utilizando-se de uma bisnaga graduada. Ambos tratamentos foram realizados uma única vez.

O composto de ferro oral utilizado no estudo possuía a seguinte composição química: Açúcares totais: 76,50 g; Cobre quelato 850,00 mg; dextrose 235,80 g; ferro quelato 42,00 g; *Lactobacilli casei* 3x10E8 UFC/kg; matéria mineral 6.120,00 mg; metionina 2.900,00 mg; proteína bruta 900,00 mg; *Saccharomyces cerevisiae*: 4,5x10E10 UFC/g; Vitamina C 2.000,00 mg.

Aos 21 dias de idade os leitões foram desmamados e pesados, obtendo-se o peso médio ao desmame, peso da leitegada ao desmame e número de leitões desmamados por matriz. A partir do peso aos 21 dias e peso inicial, foi obtido o ganho de peso diário por leitão. Durante todo o período experimental os leitões não receberam nenhuma dieta

sólida suplementar. Também não foi observada a aquisição de minerais através da ingestão de fezes das matrizes.

No momento do parto, através de estimulação manual foi procedido a coleta de 4 mL de colostro em *ependorf*, e para as coletas de leite subsequentes foi aplicado 0,5 mL de ocitocina na região da orelha da porca para estimular a descida do leite. Foram coletadas amostras de colostro e leite em 1, 7, 14 e 21 dias pós-parto, assim como amostras de sangue dos leitões recém-nascidos através do cordão umbilical no momento do parto, sendo posteriormente armazenadas em Freezer a - 5°C para posteriores análises. O ferro sérico foi medido, em duplicata, seguindo o procedimento colorimétrico de absorvância utilizando o kit Ferro-sérico Labtest®, realizado no laboratório de produtos de origem animal (LAPOA).

Os dados observados para os parâmetros reprodutivos das matrizes foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias foi realizada pelo teste F (5%). Para os dados de concentração de ferro no leite das matrizes utilizou-se o esquema em parcelas subdivididas, sendo as parcelas as dietas experimentais (SFe, CFe), e as sub-parcelas, os momentos em que foram colhidas as amostras, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey (5%). Em relação aos dados produtivos dos leitões, foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste Tukey (5%). Para todos os dados a normalidade dos erros foi testada pelo teste de Cramer-von Misses, de acordo com Everitt (1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificadas influência da suplementação de ferro quelatado ($P > 0,05$) nas rações sobre os parâmetros reprodutivos de matrizes suínas (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros reprodutivos de matrizes suínas suplementadas ou não com ferro quelatado na dieta

Parâmetros produtivos	Tratamentos		CV(%)	P
	SFe	CFe		
Número de matrizes	20	30	-	-
Total de leitões nascidos	14,45	14,83	14,66	0,1551
Leitões nascidos vivos	13,40	13,47	11,24	0,7523
Leitões nascidos mortos	1,05	1,37	26,85	0,0578
Peso leitão ao nascimento	1,39	1,35	14,80	0,5315
Peso da leitegada ao nascimento	18,55	18,19	19,44	0,8121

CV- Coeficientes de variação; P- probabilidade; SFe – Sem suplementação de ferro; CFe – Com suplementação de 0,15% de ferro quelatado.

O fato que não se observar diferença significativa para os parâmetros estudados, pode estar relacionado ao alto controle de transferência placentária de Fe das mães para os fetos, sendo esta dependente de uteroferrina, responsável por transportar ferro aos fetos. No entanto, a eficiência dessa transferência está diretamente ligada ao status de Fe das matrizes, principalmente em períodos de alta demanda como no caso da gestação e lactação. Dessa maneira, é possível que as matrizes estejam com sua composição mineral corporal adequada, o que pode resultar em diminuição da taxa absorptiva do mineral em nível intestinal e, assim não incrementar sua passagem para os fetos.

Corroborando com nosso estudo (ACDA; CHAE, 2002; SORENSEN, 2011; WANG et al., 2013), também não observaram diferença para os parâmetros reprodutivos de matrizes suplementadas com microminerais orgânicos em relação aos minerais inorgânicos, ressaltando a complexidade do processo reprodutivo destacando ainda, que matrizes mais velhas não apresentaram deficiência de minerais.

Minerais orgânicos têm sido bastante estudados principalmente pelas características do complexo, em permanecer protegido de fatores físico-químicos e interações negativas com os ingredientes da dieta como, o fitato, que torna o mineral indisponível para a absorção.

Contrariamente aos resultados deste estudo, a suplementação (2kg/t) de minerais orgânicos para matrizes em gestação e lactação influenciou positivamente o peso dos leitões ao nascer e desmame, ganho de peso e número de nascidos vivos em comparação com matrizes suplementadas com minerais inorgânicos em dois níveis de suplementação 1 e 2 kg/t (BERTECHINI et al., 2012).

As diferenças demonstradas nos estudos (WANG et al., 2013; SORENSEN, 2011; PETERS et al., 2010; PETERS; MAHAN, 2008a) envolvendo a utilização de minerais orgânicos para matrizes em gestação e lactação, deve-se provavelmente a níveis distintos de suplementação, em que as principais tabelas de recomendação estão desatualizadas, dessa forma sendo praticado níveis distintos e superiores aos recomendados nas tabelas.

É preconizado pelo NRC (1998) a concentração de 80 mg/kg de ferro para matrizes em reprodução, porém a indústria tem utilizado níveis superiores (120 mg/kg) a esse para garantir o suprimento do mineral durante as fases mais críticas (gestação e lactação). Dessa forma, os níveis utilizados neste estudo (190 mg/kg) parecem atender as exigências das matrizes em todas as fases estudadas independente ou não da adição de ferro orgânico.

Em uma experiência para testar a influência de minerais orgânicos e inorgânicos na alimentação de matrizes gestante e lactantes em dois níveis de recomendação, (PETERS; MAHAN, 2008a) observaram influência positiva da utilização de níveis maiores de suplementação mineral pela Indústria em relação aos recomendados pelo (NRC, 1998) sobre a composição corporal de matrizes, afirmando que as exigências recomendadas pelo NRC não são suficientes para atender às exigências dos animais e que se torna necessário a elevação desses níveis.

Os tratamentos não influenciaram ($P>0,05$) os parâmetros produtivos de matrizes suínas em lactação (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros produtivos de matrizes suínas suplementadas ou não com ferro quelatado na dieta na fase de lactação

Parâmetros produtivos	Tratamentos		CV, %	P
	SFe	CFe		
Consumo médio diário de ração, kg	5,65	5,69	5,25	0,5141
Leitões desmamados	11,65	11,70	11,10	0,9985
Peso da leitegada ao desmame, kg	67,78	65,92	11,26	0,3954
Consumo médio diário/leitão desmamado, kg	0,488	0,486	11,88	0,9108
Conversão alimentar/kg/leitão desmamado	1,77	1,81	13,05	0,6365
Percentual de leitões desmamados, %	88,11	87,96	13,43	0,9642

CV- Coeficientes de variação; P- probabilidade; SFe – Sem suplementação de ferro; CFeQ – Com suplementação de 0,15% de ferro quelatado.

Diante dos resultados observados, verifica-se que a simples adição de Fe quelatado a dieta das porcas não foi capaz de provocar melhoria ou prejuízo em tais parâmetros.

Os valores de concentração de ferro sérico no colostro e no leite de fêmeas tratadas ou não com ferro quelatado não foram afetadas ($P>0,05$) pela suplementação de ferro quelatado, porém foi observada maior ($P<0,05$) concentração de ferro no colostro em relação ao leite das matrizes aos 1, 7, 14 e 21 dias (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração de ferro (mg/L) no leite nos dias 1, 7, 14 e 21 de lactação em matrizes suplementadas ou não com ferro quelatado.

Tratamentos	Dias				Valor de P				
	(T)		(D)		T	D	T x D		
SFe	CFeQ	1	7	14	21				
Fe mg/L	1,85	2,00	2,521a	1,658b	1,843b	1,691b	0,1100	0,0001	0,0813

1 – Colostro; SFe – Sem suplementação de ferro; CFeQ – Com suplementação de 0,15% de ferro quelatado. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey.

A maior concentração de ferro observado no colostro, deve-se a uma maior passagem de nutrientes através das células epiteliais dos ductos secretores, durante as primeiras horas de lactação, diminuindo gradativamente até o desmame.

A composição mineral do colostro pode ser influenciada por fatores que afetam as necessidades minerais de fêmeas gestantes, e ainda por suplementação mineral na dieta e seu status mineral do corpo, como demonstrado por (PETERS et al., 2010). Estes mesmos autores observaram que as concentrações de macro e microminerais eram

maiores no colostro em relação ao leite maduro quando as fêmeas gestantes foram suplementadas com minerais orgânicos e inorgânicos.

A síntese de colostro é largamente iniciada antes do parto, assim a sua composição pode ser influenciada por outras exigências minerais sobre a reprodução das matrizes, principalmente durante a fase final do crescimento fetal durante a gestação. (PETERS et al., 2010; PAPADOPOULOS et al., 2009).

O conteúdo de ferro no leite só pode ser aumentado a um determinado limite, quando se fornece um teor adicional de ferro na alimentação de fêmeas em produção, a quantidade de ferro recebido pelos leitões a partir do leite não supre suas necessidades, portanto, não impedindo-os de se tornarem anêmicos. (SVOBODA et al., 2005).

A utilização *on top* de ferro quelato para porcas em gestação não influenciou a concentração de ferro no sangue de leitões ao nascimento (Tabela 4).

Tabela 5. Concentração de ferro (mg/L) no sangue de leitões ao nascimento de porcas suplementadas ou não com ferro quelatado

	Tratamentos		P	CV
	SFe	CFe		
Fe, mg/L	144,6	137,9	0,8883	26,10

CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey.

Diferentemente dos resultados obtidos, (PETERS; MAHAN, 2008b) encontraram valores maiores para matrizes suínas suplementadas com minerais inorgânicos em comparação aos orgânicos ao longo de seis ciclos, ressaltando que pode ter havido melhor biodisponibilidade dos minerais inorgânicos, assim como outros fatores envolvidos na utilização e concentração de ferro nos leitões.

Marcadores sanguíneos de concentração férrica em leitões mostraram ligeira melhoria quando houve substituição total de minerais orgânicos para matrizes suínas em gestação, mesmo não demonstrando melhoria no desempenho subsequente (WANG et al., 2013).

Embora não tenha havido diferença entre os tratamentos para o peso do leitão e da leitegada ao nascer de matrizes suplementadas ou não com ferro quelatado, observou-se que a suplementação com ferro dextrano resultou em leitões mais pesados ao desmame ($P < 0,05$), independente do fornecimento ou não de ferro orgânico na ração das matrizes, quando comparado aos leitões que não foram suplementados com ferro em nenhuma das formas (Tabela 5).

Tabela 6. Desempenho de leitões em função da suplementação de ferro quelatado as matrizes e das vias de fornecimento de ferro

Parâmetros	Tratamentos					CV(%)	P
	SFFDX	SFFOr	FQFDx	FQFOr	FQSFe		
Desmamados/ matriz	11,60	11,80	11,50	11,90	11,5	11,40	0,9662
Peso médio ao desmame, kg	6,06a	5,57ab	6,14a	5,61ab	5,30b	10,04	0,0102
Ganho médio diário, kg	0,222ab	0,199ab	0,226a	0,201ab	0,191b	12,72	0,0169

CV- Coeficientes de variação; P- probabilidade; SFFDX – fêmeas alimentadas com ração sem suplementação de ferro quelatado e leitões tratados com ferro dextrano via intramuscular; SFFOr – fêmeas alimentadas com ração sem suplementação de ferro quelatado e leitões tratados com ferro via oral; FQFDx – fêmeas alimentadas com ração suplementada com ferro quelatado e leitões suplementados com ferro dextrano via intramuscular; FQFOr – fêmeas alimentadas com ração suplementada com ferro quelatado e leitões suplementados com ferro via oral; FQSFe – fêmeas alimentadas com ração suplementada com ferro quelatado e leitões sem suplementação de ferro. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey.

O crescimento acelerado demonstrado pelos leitões após o nascimento, eleva as demandas de ferro para o desenvolvimento dos tecidos, levando a um decréscimo nos níveis de eritrócitos logo nos primeiros dois dias de vida, chegando a concentrações próximas ao limite mínimo (80 mg), quando a anemia ferropriva é constatada. Diante desta condição, a suplementação de ferro para leitões é necessária para não entrarem em estado anêmico, justificando assim o maior desempenho nos leitões suplementados.

Os resultados deste estudo estão consistentes com os obtidos por (PETERS; MAHAN, 2008a) em que os leitões que receberam Fe- dextrano apresentaram maior ganho médio diário, em relação aos não injetados.

Vários estudos tem demonstrado a superioridade da utilização do ferro dextrano no tratamento da anemia sobre os parâmetros sanguíneos (hemoglobina e hematócrito) e, conseqüentemente, efeitos positivos sobre o crescimento e desempenho de leitões (RINCKER et al., 2005; PETERS; MAHAN, 2008b; LIPINSKI et al., 2010).

Como o leite é o único alimento dos leitões durante a fase inicial, e, de acordo com os resultados observados, apresenta baixa concentração de ferro, não sendo suficiente para abastecer quantitativamente as necessidades dos animais. Dessa forma, o desenvolvimento retardado observado em leitões que não receberam suplementação pode ser explicado pelo déficit de ferro, comprometendo assim o ganho de peso e o crescimento (PETERS; MAHAN, 2008b). Resultados semelhantes a este estudo foram observados por (WANG et al., 2013), em que a suplementação de matrizes gestantes e lactantes com ferro

orgânico não foi capaz de prevenir a anemia em leitões que não receberam suplementação extra. A barreira de transferência de ferro na placenta e tecido mamário, bem como um rápido aumento das necessidades de ferro durante o período de amamentação, pode explicar esses resultados.

Diante do observado verifica-se com os resultados obtidos neste estudo que a suplementação de ferro quelatado *on top* na dieta não influencia os parâmetros reprodutivos da matriz, porém verifica-se que os leitões necessitam ser suplementados com ferro, independente da forma para que possam obter um desempenho satisfatório. Outros estudos precisam ser realizados para melhor elucidar os efeitos da suplementação de ferro na dieta da matriz e a transferência do mesmo no leite. Diante do observado outras formas de fornecimento de ferro devem ser estudadas verificando dosagens e número de dias de fornecimento principalmente ser for oral.

4. CONCLUSÃO

A suplementação de ferro *on top* na forma quelatada não melhora os parâmetros reprodutivos de matrizes suínas, necessitando assim que haja suplementação aos leitões pós nascimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACDA, S. P.; CHAE, B. J. © Asian Network for Scientific Information 2002 A Review on the Applications of Organic Trace Minerals in Pig Nutrition. v. 1, n. 1, p. 25–30, 2002.

BERTECHINI, A. G. et al. Effects of dietary mineral bioplex in pregnant and lactating sow diets on piglet performance and physiological characteristics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 624–629, 2012.

LIPÍŃSKI, P.; STYŚ, A.; STARZYŃSKI, R. R. Molecular insights into the regulation of iron metabolism during the prenatal and early postnatal periods. **Cellular and molecular life sciences : CMLS**, v. 70, n. 1, p. 23–38, jan. 2013.

PAPADOPOULOS, G. A.; MAES, D. G. D.; JANSSENS, G. P. J. Mineral accretion in nursing piglets in relation to sow performance and mineral source. **Veterinarni Medicina**, v. 54, n. 2, p. 41–46, 2009.

PETERS, J. C. et al. Effect of dietary organic and inorganic micromineral source and level on sow body, liver, colostrum, mature milk, and progeny mineral compositions over six parities. **Journal of animal science**, v. 88, n. 2, p. 626–37, fev. 2010.

PETERS, J. C.; MAHAN, D. C. Effects of dietary organic and inorganic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2247–2260, 2008a.

PETERS, J. C.; MAHAN, D. C. Effects of neonatal iron status, iron injections at birth, and weaning in young pigs from sows fed either organic or inorganic trace minerals. **Journal of animal science**, v. 86, n. 9, p. 2261–9, set. 2008b.

SORENSEN, G. Organic micro minerals in sow feed. **Videncenter for Svineproduktion**, n. 900, p. 1–29, 2011.

STARZYŃSKI, R. R. et al. Iron supplementation in suckling piglets: how to correct iron deficiency anemia without affecting plasma hepcidin levels. **PLoS one**, v. 8, n. 5, p. e64022, jan. 2013.

SVOBODA, M. et al. Effect of Voluntary Consumption of Fe Lactate Supplements on Development of Haematological Indices of Suckling Piglets Iron deficiency anaemia is a serious problem in swine production (Venn et al . 1947 ; Csapó 1995). An i . m . administration of Fe 3 +. **Acta**, p. 199–204, 2005.

WANG, J. et al. Influence of organic iron complex on sow reproductive performance and iron status of nursing pigs. **Livestock Science**, v. 160, p. 89–96, fev. 2013.

WANG, J.; PANTOPOULOS, K. Regulation of cellular iron metabolism. **The Biochemical journal**, v. 434, p. 365–381, 2011.