



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

**Alguns aspectos da interação nutrição-reprodução em bovinos:
energia, proteína, minerais e vitaminas**

Juliano Cesar Dias¹; Alexandre Floriani Ramos¹; Venício José de Andrade²;
Lucas Luz Emerick¹; Jorge André Matias Martins¹; Fernando Andrade Souza¹

¹Aluno de pós-graduação da Escola de Veterinária da UFMG.

²Professor Titular, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Antônio Carlos, 6627, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

Resumo

A nutrição é fator de impacto no desempenho reprodutivo de bovinos. Um período crítico e de grande importância num sistema de produção corresponde ao pós-parto, quando normalmente ocorre desequilíbrio entre a necessidade e a ingestão de nutrientes, levando a balanço energético negativo, com alterações nos níveis reguladores da função reprodutiva. Os efeitos do balanço energético negativo na fertilidade de fêmeas bovinas parecem ser mediados por alterações metabólicas e endócrinas; desta forma, o *status* nutricional é fator chave na regulação da reprodução de bovinos, sendo provável que os aspectos mais pesquisados da interação nutrição-reprodução sejam os efeitos do consumo de energia na dieta e das reservas de energia corporal sobre a maturação sexual e o retorno a ciclicidade pós-parto. A energia da dieta é o nutriente que mais afeta a reprodução em fêmeas bovinas, e sua ingestão

insuficiente está correlacionada com baixos desempenhos reprodutivos, atrasos na idade à puberdade e no intervalo da primeira ovulação e estro pós-parto, redução nas taxas de concepção e gestação em vacas. A nutrição protéica tem papel importante no desempenho reprodutivo e produtivo de bovinos, com influência no ganho de peso, produção de leite e fertilidade, entre outros parâmetros. Alguns minerais e vitaminas têm sido implicados como fundamentais nos processos reprodutivos, por reduzirem a incidência de distúrbios reprodutivos e melhorarem o desempenho animal. Desta forma, a melhoria no *status* mineral e vitamínico de vacas no final da gestação e no início da lactação é fator determinante para a melhora do desempenho reprodutivo destes animais.

Palavras-chave: bovinos, desempenho reprodutivo, interação nutrição-reprodução, fertilidade.

Some aspects of the interrelationship nutrition-reproduction in bovine: energy, protein, minerals and vitamins

Abstract

Nutrition is one of the major factors of impact in cattle reproductive performance. A critical period and of great importance in a production system corresponds to the postpartum period, when unbalance between the animal needs and ingestion of nutrients is observed, driving to a negative energy balance, with alterations in all reproductive regulators pathways. The effects of negative energy balance on fertility of bovine females seem to be mediated by metabolic and endocrine alterations; this way, the nutritional status is the key factor in regulating reproduction in bovine, being probable that the most searched aspects of the interaction nutrition-reproduction are the effects of the consumption of energy in the diet and the body energy reserves on sexual maturity and post partum cyclicity. The energy of the diet is the nutrient that most affects reproduction in cattle females and its poor ingestion is highly correlated to low reproductive performance, delays in age at puberty and in

the interval to first ovulation and postpartum estrum, along with reduction in conception and gestation rates in cows. Protein has an important paper in reproductive and productive performances of cattle, directly influencing weight gain, milk production and fertility, among other parameters. Some minerals and vitamins have been related as fundamentals in cattle reproductive processes by reducing the incidence of reproductive disorders and improving animal production. Based on that, the improvement in mineral and vitamin status of cows by the end of gestation and beginning of nursing periods is a major factor for improving reproductive performance.

Keywords: cattle, fertility, interrelationship nutrition-reproduction, reproduction performance.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os inúmeros fatores que afetam o desempenho reprodutivo de bovinos, a nutrição é talvez a que tenha maior impacto, uma vez que animais mal nutridos apresentam baixo desempenho reprodutivo e produtivo. No Brasil, uma das principais razões do baixo desempenho dos bovinos é a baixa disponibilidade quali-quantitativa de alimentos e o inadequado manejo nutricional do rebanho.

Durante as últimas décadas, a produtividade dos rebanhos bovinos tem aumentado significativamente, principalmente devido à intensa seleção de características produtivas, associadas aos manejos sanitário, reprodutivo e nutricional mais adequados. Com o aumento da produção, ocorre acréscimo nos requisitos nutricionais, tanto para síntese de leite quanto de tecidos. Esta maior demanda pode afetar as funções reprodutivas se não houver aumento na ingestão de nutrientes (Santos, 1998).

Um período crítico e de grande importância em um sistema de produção corresponde ao pós-parto, quando normalmente ocorre desequilíbrio entre a

necessidade e a ingestão de nutrientes. Considerando a incapacidade dos animais em suprir suas exigências nutricionais nesta fase, faz-se necessário o desenvolvimento de formas alternativas de alimentação, procurando melhorar a qualidade da dieta, com a utilização de alimentos capazes de equilibrar ou mesmo atenuar a deficiência nutricional pós-parto, com conseqüente melhoria no desempenho reprodutivo (Delazari *et al.*, 2000).

Chilliard *et al.* (1998) afirmam que a subnutrição altera todos os níveis reguladores da função reprodutiva (hipotálamo-hipófise-gônadas), e que a deficiência nutricional promove redução na liberação do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), já que a sensibilidade da hipófise a este hormônio não é alterada, evidenciando que a condição nutricional atua no mecanismo de controle neuroendócrino da reprodução.

Diante da fundamental importância da interligação entre a condição nutricional e os eventos reprodutivos, este trabalho teve por objetivo descrever a ação de alguns nutrientes no controle metabólico da função reprodutiva, abordando os possíveis mecanismos e seus efeitos sobre a função reprodutiva.

2. INTERAÇÃO NUTRIÇÃO-REPRODUÇÃO

Na maioria dos animais domésticos, a função reprodutiva é drasticamente influenciada pela nutrição. Chilliard *et al.* (1998) afirmaram que a nutrição exerce seus efeitos na reprodução por dois tipos de mecanismos: o primeiro denominado "*efeito dinâmico*", relacionado às pequenas mudanças no balanço energético associado aos efeitos dos metabólicos e outros hormônios, presentes na circulação sangüínea, e o segundo denominado "*efeito estático*", relacionado aos grandes efeitos da nutrição, ou seja, dos níveis de reservas corporais (Tab. 1).

Tabela 1 – Deficiência, excesso ou desequilíbrio de nutrientes e parâmetros reprodutivos

Parâmetro	Deficiência	Excesso	Desequilíbrio
Aborto, natimorto e bezerros debilitados	Energia, PB, I, Se, Ca, P, Mn, Cu, Vit. A, D e E	---	---
Anestro e redução nos sinais de estro	Energia, PB, P, I, Mn, Co, Vit. A	F	---
Baixa concepção e mortalidade embrionária precoce	Energia, PB, I, Mn, Vit. A	PB, PDR	PB/energia
Distocia e complicações uterinas	Energia, Ca	Energia, P, Ca	Cátio-aniônico
Puberdade e maturidade sexual	Energia, PB, Se, I, P, Ca, Co, Cu, Mn, Vit. A e E	Mo, S	Cu/Mo-S
Distúrbios metabólicos que afetam o desempenho reprodutivo	Energia, Se, I, Mg, P, Ca, Vit. E, A e D	Energia, PB, Ca, P	Cátio-aniônico

Fonte: Santos (1998).

Na bovinocultura de corte, a avaliação da condição corporal durante o final da estação de nascimento e início da estação de monta é um dos principais determinantes de um desempenho reprodutivo adequado (Franco, 2005). Sabe-se que quando vacas de corte parem e iniciam o período de monta com adequadas reservas corporais, a taxa de retorno ao estro pós-parto e de concepção são significativamente aumentadas.

O *status* nutricional é fator chave na regulação da reprodução de bovinos e outros mamíferos, sendo provável que os aspectos mais pesquisados da interação nutrição-reprodução sejam os efeitos do consumo de energia na dieta e das reservas de energia corporal sobre a maturação sexual e o retorno a ciclicidade pós-parto.

Apesar de a energia ter enorme importância no desempenho reprodutivo de bovinos, a nutrição protéica também está associada à fertilidade de vacas de leite e de corte. Dietas com excesso de proteína bruta (PB) têm sido associadas com redução no desempenho reprodutivo de vacas de leite de alta produção (Elrod e Butler, 1992; Ferguson e Chalupa, 1989); no entanto, em rebanhos com menor produção, essa ingestão excessiva de PB parece não afetar os parâmetros reprodutivos (Westwood *et al.*, 1998).

Alguns minerais e vitaminas têm sido implicados como fundamentais nos processos reprodutivos de bovinos por reduzirem a incidência de distúrbios reprodutivos e melhorarem o desempenho animal. A melhoria no *status* mineral e vitamínico de vacas no final da gestação e no início da lactação é fator determinante para a melhora do desempenho reprodutivo destes animais. Ao serem absorvidos, os nutrientes são direcionados a determinadas prioridades estabelecidas, a saber: metabolismo basal, atividades (deslocamentos), crescimento, reserva básica de energia, gestação, lactação, reserva adicional de energia, ciclo estral e ovulação, reserva de excesso.

Esta seqüência pode ser mudada dependendo das funções presentes e em que níveis se apresentam (Short e Adams, 1988). Por essa seqüência de prioridades observa-se que o animal direcionará nutrientes para a atividade reprodutiva somente quando todas as demais prioridades anteriores tiverem sido atendidas. Os nutrientes utilizados para o crescimento e estocados como reserva são os únicos que podem retornar ao *pool* de energia disponível para uma nova partição e utilização para outros fins.

No início da lactação, vacas de alta produção apresentam balanço energético negativo, o que grandemente influencia o desenvolvimento folicular e o intervalo para a primeira ovulação. O anestro pós-parto reduz a eficiência reprodutiva, pelo atraso no primeiro serviço. Vacas que não apresentam estro nos primeiros 30 dias pós-parto requerem mais serviços por concepção com maior risco de serem descartadas.

Ao se avaliar rebanhos com fertilidade acima e abaixo da média, verificou-se que os fatores nutricionais foram responsáveis por 67,0% das diferenças entre rebanhos. Dentre estes fatores, os mais freqüentes nos rebanhos de baixa fertilidade foram: maior concentração protéica e menor relação energia/proteína da dieta, menor número de lotes de alimentação, presença de fitoestrógenos na silagem ou no feno de alfafa e falhas de alimentação no período seco.

2.1. ENERGIA E REPRODUÇÃO

A energia da dieta é o nutriente que mais afeta a reprodução em fêmeas bovinas. A ingestão insuficiente está altamente correlacionada com baixos desempenhos reprodutivos, atrasos na idade à puberdade e no intervalo da primeira ovulação e estro pós-parto, redução nas taxas de concepção e gestação em vacas de corte e de leite (Santos, 2005).

A idade à puberdade em novilhas está diretamente relacionada ao seu peso e composição corporal. Novilhas alimentadas com níveis energéticos de acordo com as recomendações, apresentam maiores taxas de ganhos de peso diários e atingem a puberdade a uma idade mais precoce (Ferrel, 1991).

A ocorrência da puberdade parece estar associada ao aumento na freqüência e na amplitude de pulsos do hormônio luteinizante (LH), e a maior ingestão de energia aumenta a pulsatilidade da secreção de LH, o que está associado ao

aparecimento mais precoce da puberdade. A maior ingestão de alimentos aumenta a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen, aumentando o aporte energético ao animal. Um desses AGV, o ácido propiônico, é capaz de estimular a secreção de insulina, além de ser o principal precursor da glicose em ruminantes.

Esta situação metabólica favorável em animais com maior consumo de energia aumenta os níveis de glicose, insulina e fator de crescimento semelhante a insulina-I (IGF-I). Todos esses metabólitos parecem influenciar a atividade secretória hipotalâmica-hipofisária, e potencializar o efeito das gonadotrofinas nas células ovarianas (Santos, 1998).

O exato mecanismo pelo qual a maior ingestão de energia acelera a puberdade não está ainda bem esclarecido, estando vários fatores envolvidos, entre eles: o aumento na disponibilidade de metabólitos e hormônios que potencializam a secreção ou a ação das gonadotrofinas, a redução da sensibilidade dos tecidos hipotalâmico-hipofisários ao *feed back* negativo causado por estrógenos e ao aumento na expressão de genes responsáveis pela síntese de gonadotrofinas. Segundo Chilliard *et al.* (1998), a maior ingestão de energia estimula a secreção do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), o que por sua vez aumenta a síntese e liberação de LH.

Em animais adultos, dietas deficientes em energia e baixa condição corporal aumentam os efeitos inibitórios da mamada sobre a atividade ovariana. Vacas recebendo dietas com baixos níveis de energia e/ou de proteína apresentam diminuição na capacidade de resposta do hipotálamo ao estradiol, sugerindo que a capacidade do hipotálamo de responder ao estímulo do estradiol é alterada pela condição nutricional do animal (Randel, 1990).

Vacas de leite e de corte apresentam um período de balanço negativo de nutrientes durante o início da lactação, quando ocorrem mudanças nas taxas

de lipólise/lipogênese decorrentes do menor nível de insulina plasmática, resultando em maiores níveis sanguíneos de ácidos graxos livres (AGL) e corpos cetônicos. Ao mesmo tempo, os níveis de glicose, fator de crescimento semelhante à insulina-I (IGF-I) e progesterona estão reduzidos, assim como os pulsos de LH (Santos, 1998).

Fuck *et al.* (2000) observaram existir evidências que sugerem que a redução na concentração de insulina durante o balanço energético negativo representa uma diminuição dos efeitos estimulatórios da insulina sobre a secreção hipofisária de LH. Similarmente, o declínio na liberação de insulina ligada ao IGF-I durante balanço energético negativo pode alterar diretamente a função ovariana, pela redução nas concentrações circulantes deste estimulador da função folicular. Entretanto, o declínio no LH circulante durante o balanço energético negativo é devido aos efeitos sobre a liberação de GnRH e ao incremento no *feed back* negativo causado pelo estradiol (Santos, 1998; Santos, 2005).

Rutter e Randel (1984), trabalhando com vacas multíparas e primíparas no pós-parto, fornecendo dietas com três níveis nutricionais (90, 100 e 110% da manutenção, NRC), registraram diferenças no intervalo de partos entre os tratamentos. Ao compararem fêmeas que conseguiram manter com aquelas que perderam condição corporal no período pós-parto, os resultados foram ainda mais expressivos (Tab. 2). Tais resultados foram similares aos relatados por Wiltbank *et al.* (1962), ao observarem que os níveis de energia na dieta influenciaram a reprodução de vacas de corte, multíparas, em lactação.

Tabela 2 – Intervalo parto - primeiro cio em vacas primíparas e múltíparas que receberam diferentes dietas

Tratamento	Número	Parto - primeiro cio (dias)
Baixa (90% NRC)	11	57,5 ± 8,8 ^a
Mantença (100% NRC)	10	40,3 ± 6,6 ^b
Alta (110% NRC)	9	34,7 ± 5,1 ^c
Parto		
Múltíparas	21	43,4 ± 5,4 ^d
Primíparas	9	48,3 ± 8,3 ^d
Condição Corporal		
Perderam condição corporal	14	60,0 ± 7,5 ^e
Mantiveram condição corporal	16	31,7 ± 2,8 ^f

Fonte: Rutter & Randel (1984); ^{a, b, c}Diferença significativa (P<0,01); ^dNão houve diferença significativa (P>0,10); ^{e, f}Diferença significativa (P<0,05).

Vacas em início de lactação não conseguem consumir quantidades suficientes de energia para atingir seus requisitos para produção e manutenção (Butler e Smith, 1989), levando este balanço energético negativo ao atraso no ressurgimento da atividade cíclica ovariana pós-parto (Canfield *et al.*, 1990).

O conceito para expressar a condição energética do animal é o balanço energético, definido como a diferença entre a energia ingerida, menos a energia despendida. Vacas com balanço energético positivo depositam gordura, enquanto que vacas com balanço energético negativo mobilizam reservas corporais. O balanço energético negativo não é problema apenas em vacas subalimentadas, mas também naquelas com altas produções de leite, proporcionalmente à ingestão de matéria seca.

No início da lactação, vacas de alta produção apresentam balanço energético negativo, e sua magnitude influencia o desenvolvimento folicular e o intervalo para a primeira ovulação. O balanço energético negativo durante as primeiras três a quatro semanas após o parto é altamente correlacionado com os dias para a primeira ovulação. Quanto mais intenso o balanço energético negativo, maior o intervalo para a primeira ovulação (Santos, 2005). O anestro pós-parto também pode reduzir a eficiência reprodutiva por atrasar o primeiro serviço, de forma que vacas que não apresentam estro nos primeiros 30 dias pós-parto requerem mais serviços por concepção com maior risco de serem descartadas.

O balanço energético negativo que acomete vacas leiteiras no pós-parto influencia o restabelecimento da ciclicidade ovariana devido a interferência na secreção de GnRH e LH. Dietas com baixo teor energético têm ação direta sobre o eixo hipotalâmico-hipofisário, reduzindo a frequência de descargas de GnRH e de pulsos de LH, o que ocorre mais por causa da inatividade hipotalâmica, do que pela inabilidade da hipófise em responder ao GnRH (Santos, 2005).

Estudos demonstram que para a restauração da atividade ovariana após o parto, a influência da secreção de LH é fundamental, sendo tal secreção reduzida em vacas em balanço energético negativo, modificando o padrão de crescimento folicular nos primeiros 25 dias pós-parto.

Em vacas com adequado balanço energético, o número de folículos classe 1 (3 a 5 mm de diâmetro) diminuía enquanto o número de folículos classe 3 (10 a 15 mm) aumentava (Vasconcelos, 2001a; Vasconcelos, 2001b). O autor cita ainda que a menor ingestão de matéria seca reduz o diâmetro e a persistência do folículo dominante, diminuindo o intervalo entre ondas foliculares. O oposto ocorre em dietas altamente energéticas, quando os animais apresentam

folículo dominante com maior diâmetro, quando comparados com dietas de baixa energia.

Já Britt (1994), citado por Santos (1998), argumentou que os efeitos do balanço energético negativo na reprodução de vacas de leite estão associados não apenas ao período da primeira ovulação pós-parto, mas também a viabilidade do oócito do folículo ovulatório e do corpo lúteo resultante da ovulação daquele folículo.

Quantidades inadequadas de energia durante o período final de gestação resultarão em baixas taxas de concepção, mesmo com a correção da ingestão no pós-parto. A continuidade da deficiência energética no período pós-parto diminuirá ainda mais as taxas de concepção. Em fêmeas com restrição de energia no período pós-parto apresentam taxas de gestação em torno de 50,0 a 76,0% contra 87,0 a 95,0% em fêmeas corretamente alimentadas.

O balanço energético tem grande influência sobre as taxas de gestação em vacas com bezerro ao pé. A condição corporal ao parto juntamente com os nutrientes presentes na dieta pós-parto poderão influenciar diretamente a reconcepção dessas fêmeas (Randel, 1990).

Segundo Peres (2002a), essas alterações nos índices reprodutivos e produtivos ocorrem devido a deficiência energética no período pós-parto. Nessas situações os animais mobilizam triglicérides (gordura) armazenados no tecido adiposo, o que resulta em perda da condição corporal no início da lactação. Estes triglicérides são metabolizados, dando origem a ácidos graxos não esterificados (AGNE), que são então transportados pela corrente sanguínea aos órgãos e tecidos na tentativa de suprir esta deficiência de energia.

A concentração de AGNE no sangue de vacas em lactação reflete esta mobilização de gordura corporal. Níveis elevados de AGNE no sangue indicam

que a ingestão de energia da dieta está abaixo das exigências para produção de leite e reprodução. Altos teores de AGNE durante o período pré-parto podem estar associados à maior incidência de cetose, bem como a torção de abomaso e retenção de placenta.

Na tentativa de diminuir o período parto/concepção é necessário maximizar a ingestão de matéria seca, aumentando assim a ingestão de energia, o que poderá ser obtido pela manipulação da densidade da dieta de acordo com o nível de produção de leite, peso vivo, % de gordura no leite, ganho de peso e principalmente ingestão de matéria seca. Para vacas que não conseguem ingerir o necessário para atender seus requisitos, deve-se aumentar a densidade nutricional da dieta, afim de que não ocorra grande perda de peso, com redução da eficiência reprodutiva e da produção de leite (NRC,2001).

Contudo a ingestão de matéria seca é limitada durante o final da gestação e início da lactação, o que pode comprometer a ingestão total de energia e o desempenho reprodutivo. Alimentação com forragens de alta qualidade, incremento na relação concentrado:volumoso, ou adição de suplementos de gordura são alguns caminhos para aumentar a ingestão de energia pelas vacas no pós-parto.

Em climas tropicais onde as vacas são submetidas ao estresse térmico, é acentuado o problema de baixa ingestão de matéria seca. Para tanto, vacas no início de lactação devem receber a maior quantidade possível de alimentos de alta qualidade, independente do nível de produção de leite. A partir do pico de lactação elas devem ser alimentadas de acordo com o nível de produção de leite (Vasconcelos, 2001a; Vasconcelos 2001b).

Outro fator que pode afetar a atividade ovariana é a reserva corporal de energia. Vacas com baixas reservas corporais de energia sejam mais afetadas pelo déficit que vacas mais gordas; por outro lado vacas muito gordas

apresentam elevada incidência de problemas metabólicos, infecciosos e reprodutivos, conhecidos com "síndrome da vaca gorda" (Fuck *et al.*, 2000; Franco, 2005).

Com relação ao excesso de energia na dieta e alterações nas funções reprodutivas poucos trabalhos demonstram tal associação, entretanto Rice e Grant (1991) afirmaram que vacas com elevado escore corporal são mais propensas a desenvolver problemas pós-parto, tais como retenção de placenta, metrites e cistos ovarianos.

Com relação aos touros o desenvolvimento do nascimento a idade reprodução irá depender do regime alimentar a que forem submetidos. A restrição alimentar durante o período pré-puberal, além do crescimento e da maturidade sexual, resultará em desenvolvimento insuficiente dos testículos e órgãos sexuais acessórios, além de produção e concentração espermáticas consideravelmente inferiores, quando comparadas ao sêmen de touros adequadamente alimentados (Moreira, 1987).

O autor afirma ainda que níveis de energia abaixo de 60% do recomendado parecem não causar danos aos túbulos seminíferos; entretanto, um retardamento no aparecimento de frutose e ácido cítrico no sêmen, bem como redução na concentração de frutose é observado, indicando alterações na função secretora das glândulas vesiculares. Tais alterações são decorrentes, principalmente, da deficiente estimulação dos testículos pelos hormônios gonadotróficos e, conseqüentemente, da falta de estimulação androgênica das glândulas vesiculares.

Tanto a produção espermática quanto a capacidade reprodutiva, parecem não sofrerem alterações quando touros submetidos à restrição alimentar nos primeiros anos de vida retornam a dietas adequadas. Entretanto, se o período de restrição alimentar é longo, como por exemplo até quatro anos de idade,

não ocorrerá melhoria considerável no sistema endócrino e no desenvolvimento testicular, mesmo após a correção da deficiência alimentar, afetando assim a capacidade reprodutiva de forma aparentemente irreversível (Moreira, 1987).

2.2. PROTEÍNA E REPRODUÇÃO

A nutrição protéica tem papel importante no desempenho produtivo e reprodutivo de bovinos de leite e de corte, com influência direta no ganho de peso, produção de leite e fertilidade, entre outros parâmetros. A ingestão insuficiente deste nutriente resulta em diminuição no consumo de forragem, afetando assim a ingestão dos demais nutrientes (Corah, 1975). A relação entre o teor de proteína bruta (PB) em uma forragem e o seu consumo é conhecido há décadas, sendo que a ingestão começa a diminuir quando o nível de PB na forragem cai abaixo de 7-8% aproximadamente, sendo essa diminuição atribuída a uma deficiência de proteína no rúmen.

Moreira (1987) relata existir evidências de que a carência de proteína provoca diminuição no nível de gonadotrofinas circulantes, levando conseqüentemente a hipofunção das gônadas. O autor mostra ainda que estes aspectos podem ser confundidos com deficiência de energia, já que baixa ingestão de proteína reduz o consumo de alimentos.

Dietas deficientes em proteínas reduziram a eficiência de utilização de energia metabolizável, o que foi acompanhado por redução na concentração plasmática de glicose e de insulina (MacRae *et al.*, 1985; Linzel e Peaker, 1971; Foster *et al.*, 1989, citados por Alves *et al.*, 2004), desencadeando assim todo o processo descrito anteriormente.

Já, de maneira oposta ao anteriormente citado, a suplementação de proteína irá restaurar a atividade microbiana do rúmen, aumentando a digestibilidade e

consumo de forragem, melhorando o *status* de energia e proteína disponível (McCollum, 2000), normalizando a função reprodutiva (Fuck *et al.*, 2000). Desta forma, em sistemas de criação de bovinos, a baixa disponibilidade de proteína nas pastagens e na dieta total se constitui num dos responsáveis pelo baixo desempenho reprodutivo desses animais.

Wiley *et al.* (1991), trabalhando com vacas de corte, no período pós-parto, suplementadas com proteína degradável (PDR) e não degradável no rúmen (PNDR), observaram que o uso de PNDR resultou em maiores taxas de ganho de peso e aumento da eficiência reprodutiva, ocasionadas pela maior estimulação pancreática para secreção de insulina. Com resultado foram registrados aumentos nas concentrações de insulina plasmáticas, ocasionando alteração na partição dos nutrientes, possibilitando a utilização destes para a reposição de tecidos maternos. Estes dados mostram claramente que níveis de PB na dieta abaixo dos recomendados durante os períodos pré e pós-parto afetam negativamente o desempenho reprodutivo de fêmeas bovinas. Dessa forma é de fundamental importância assegurar a ingestão de níveis adequados de PB no final da gestação e no início da lactação.

Entretanto, na pecuária leiteira, ao contrário da pecuária de corte, principalmente em animais de alta produção, onde eventualmente se observa um excessivo consumo de proteínas, levando a efeitos deletérios sobre a taxa de concepção. Pouco se sabe a respeito do exato mecanismo pelo qual a proteína afeta a reprodução de bovinos, entretanto, quando os níveis de nitrogênio uréico sangüíneo (NUS), plasmático (NUP) ou no leite (NUL) estão acima de 19 a 20mg/dl, observam-se pequenas quedas nas taxas de concepção (Peres, 2002b; Butler *et al.*, 1996; Ferguson *et al.*, 1993).

Vasconcelos (2001c; 2001d) afirma que o excesso de PDR pode contribuir para redução na fertilidade em vacas leiteiras, pelo fato do excesso na ingestão de PDR provocar elevação nos níveis plasmáticos e teciduais de amônia (NH₃),

uréia e outros compostos não nitrogenados. A uréia é tóxica ao espermatozóide e ao óvulo, sendo que níveis sanguíneos de uréia elevados podem provocar redução nas taxas de concepção.

Altos níveis de nitrogênio uréico circulantes estão associados com a atividade secretória endometrial durante a fase progesterônica, e com um possível aumento na taxa de secreção de prostaglandina ($\text{PGF}_{2\alpha}$). É também provável que os efeitos deletérios do excesso de NUP sobre a taxa de concepção em rebanhos leiteiros de alta produção estejam associados ao balanço energético negativo (Westwood *et al.*, 1998; Santos e Amstalden, 1998). Mann *et al.* (1996) afirmam ainda que esse excesso de NUP leva a diminuição na concentração sérica de progesterona causando redução na viabilidade embrionária no 16º dia, provocando ainda alterações na maturação folicular e qualidade do oócito.

O efeito da proteína sobre a reprodução está relacionado mais ao excesso de ingestão de PDR que propriamente à porcentagem de PB na dieta. Foi observado que no dia sete do ciclo estral ocorria decréscimo do pH uterino, devido ao excesso de PDR, e que essas variações podem afetar a fertilização ou sobrevivência do embrião. Além disso, o desenvolvimento embrionário depende da qualidade do ambiente uterino, e a ingestão de altas concentrações de PDR pode alterar a secreção uterina, conforme relatado por Vasconcelos (2001c).

Além dos efeitos do excesso de proteínas na dieta, deve ainda ser considerado que a maior produção de amônia no rúmen requer energia adicional para sua metabolização para uréia no fígado. Isto pode explicar o fato de vacas alimentadas com altas concentrações de PDR terem produção de leite e ingestão de matéria seca similares, porém perdem mais condição corporal que aquelas alimentadas com adequada ingestão de PDR, ou seja, vacas alimentadas com excesso de PDR, durante o início da lactação, apresentam

balanço energético negativo exacerbado devido ao custo do metabolismo da amônia ruminal.

Dietas com alta PDR também aumentam o intervalo do parto até a primeira fase luteal, reduzindo o tempo da primeira fase luteal e decrescendo o pico de concentração de progesterona plasmática acumulada. Os efeitos da PB sobre a concentração de progesterona podem estar relacionados ao balanço energético, mas não se desconhece a existência de algum mecanismo direto do efeito da PB ou de metabólitos tóxicos sobre o corpo lúteo (Vasconcelos, 2001c; Vasconcelos, 2001d). Portanto, um adequado balanço protéico na dieta é fundamental para a obtenção de altos níveis de produção de leite e um adequado desempenho reprodutivo.

2.3. MINERAIS E VITAMINAS

Grande número de elementos inorgânicos é vital para o adequado funcionamento do organismo, no que se refere ao crescimento, a reprodução e a produção de leite. Aqueles requeridos em maior quantidade são conhecidos como macroelementos, fazendo parte deste grupo o cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), ferro (Fe), magnésio (Mg) e enxofre (S); são importantes componentes estruturais de ossos e tecidos, constituintes de fluido corporal, mantém o balanço ácido-básico e a pressão osmótica. Aqueles elementos requeridos em pequenas quantidades (miligramas ou microgramas) são conhecidos como minerais traços ou microelementos. Fazem parte desse grupo; cobalto (Co), cobre (Cu), iodo (I), manganês (Mn), molibdênio (Mo), selênio (Se), zinco (Zn), flúor (F), entre outros. Estão presentes no tecido corporal em baixas concentrações, sendo tão importantes quanto os macroelementos, fazendo parte das enzimas e cofatores enzimáticos, componentes hormonais ou sistemas endócrinos.

O desempenho reprodutivo de rebanhos de leite e de corte pode ser também influenciado pelo balanço vitamínico e mineral; mesmo que de forma indireta. Todos os minerais e vitaminas têm algum tipo de relação com as funções reprodutivas em bovinos; entretanto, nesta revisão serão abordados apenas aqueles elementos que podem exercer algum tipo de efeito direto sobre a reprodução de vacas de leite e de corte, dentre eles: P, Ca, Mn, Cu, I, Zn, Se e as vitaminas A e E (Santos, 1998), cujos requisitos para fêmeas de leite e corte são apresentados na Tab. 3.

Tabela 3 – Requerimento de minerais e vitaminas que afetam a reprodução de vacas de leite e de corte

Nutriente	Leite		Corte		Níveis Máximos
	Vacas	Novilhas	Vacas	Novilhas	
	Base na MS				
Ca, ^a %	0,6-0,8	0,4	0,4	0,4	2,0
P, ^a %	0,3-0,5	0,3	0,25	0,25	1,0
Cu, ppm	10-20	10-20	10	10	100,0
Mn, ppm	40-60	40-60	40	20-40	1.000,0
I, ppm	0,6-1,0	0,3-0,6	0,5	0,5	50,0
Se, ppm	0,3	0,3	0,1-0,3	0,1-0,3	2,0
Zn, ppm	40-60	40-60	30	30	500,0
Vit. A, UIx10 ³ / ^c	60-100	30-50	30-40	20-30	1.000,0
Vit. E ^b , UI/ ^c	500-1000	250	300-500	200-300	30.000,0

Fonte: NRC (1996); NRC (2001)

^aOs requerimentos de Ca e P em animais de corte são variáveis de acordo com as taxas de ganho de peso e o estágio de lactação; ^bD- α -Tocoferol; ^cNão há requerimento estabelecido, os valores sugeridos são provenientes de trabalhos experimentais.

2.3.1. Fósforo (P)

Mineral essencial na nutrição dos ruminantes exerce importantes funções no organismo. Constitui base mineral para formação e manutenção dos ossos e dentes, onde se mantém em reserva; é regulador de íons inorgânicos do

plasma sanguíneo e outros fluidos; tem influência na manutenção da pressão osmótica e no equilíbrio ácido-básico; participa de diversas reações metabólicas nas quais há transferência de energia; é parte integrante do ácido ribonucléico, composto vital para a síntese de proteínas e componente dos fosfolipídios de suma importância em reações do metabolismo intermediário de carboidratos, proteínas e lipídeos; tem influência na transformação do caroteno em vitamina A e é indispensável para a vida e as funções metabólicas da flora do rúmen (Martin, 1993; Fuck *et al.*, 2008).

O autor relata ainda que, dentre as inúmeras funções do fósforo, a mais importante talvez seja a sua participação no metabolismo celular, por fazer parte dos mecanismos bioquímicos ligados ao metabolismo energético. Vários componentes da célula são ésteres de ácido fosfórico, muito dos quais dotados de energia livre padrão de hidrólise.

Ressalta-se que as ligações do ácido ortofosfórico correspondem a potenciais energéticos diferentes, resultando assim no papel energético do fósforo nas reações de transferência de energia ligado ao metabolismo celular.

A deficiência de fósforo é freqüentemente observada em bovinos sob pastejo em consequência da escassez do mineral no solo e consequentemente nas forrageiras. Nenhuma forrageira seja gramínea ou leguminosa, é quantitativamente rica em fósforo. Esta situação se agrava ainda mais, no período de seca, onde as plantas já maduras secam, perdendo o pouco do mineral que possuíam (Mello e Marques, 1990).

McDowell (1992) descreveu quatro mecanismos de *feedback* que podem ser influenciados pela redução da ingestão de fósforo, dentre os quais a redução da digestão de fibras, pela limitação da atividade microbiana do rúmen; a redução da síntese de proteínas, reduzindo a absorção intestinal de aminoácidos; redução de fósforo metabolicamente ativo nos tecidos,

resultando na diminuição da mediação do metabolismo e a síntese de RNA, afetando a atividade metabólica das células.

As funções do fósforo na patogenia da infertilidade nutricional e metabólica não estão perfeitamente esclarecidas. Entretanto a deficiência de fósforo pode afetar severamente o desempenho reprodutivo, expressando-se pelo atraso na puberdade, associado à perda do apetite e diminuição da taxa de crescimento, anestro e aumento no número de serviços necessários para a concepção, entre outros (McClure, 1995).

Moreira (1987) sugere que a deficiência de fósforo tem influência na reprodução através do metabolismo da glicose, onde o fósforo tem participação indispensável, para formação da adenosina di e tri-fosfato. Além disso, a deficiência de P tem efeito adverso sobre a conversão do caroteno em vitamina A, resultando na carência deste nutriente.

Entretanto, os distúrbios reprodutivos causados por carência de P não são apenas devido a sua deficiência, mas também à sua proporção em relação ao cálcio; para a eficiência reprodutiva ser mantida, a relação cálcio:fósforo não deve ser mais estreita que 1,5:1; e quando a relação no soro sanguíneo é perto de 1:1, há maior incidência de metrite, retenção de placenta e baixa taxa de concepção (Moreira, 1987).

Morrow (1969) demonstrou que novilhas leiteiras consumindo entre 10 e 11g de P/dia (70% das recomendações do NRC) requereram 2,8 serviços por concepção, e quando aquelas suplementadas com 30g de P/dia requereram apenas 1,3 serviços por concepção. Trabalhos recentes não têm conseguido demonstrar qualquer efeito benéfico sobre índices os reprodutivos pelo fornecimento de níveis de fósforo superiores aos recomendados pelo NRC (2001). No entanto, animais pastejando forragens com níveis de P inferior a 0,25% necessitam receber suplementação desse mineral.

Peres (2000), em revisão de literatura de 13 experimentos com novilhas e vacas em lactação observou que o nível de fósforo na dieta não teve influência significativa na reprodução. Para vacas em lactação, não houve diferença ($P>0,05$) entre fornecer níveis de P de 0,32 a 0,40% na matéria seca total da dieta ou níveis de 0,39 a 0,61%, em relação, respectivamente, aos dias para o primeiro cio pós-parto (46,8 x 51,6), dias abertos (103,5 x 102,1), serviços por concepção (2,2 x 2,0), dias para a primeira inseminação (71,7 x 74,3) e taxa de prenhez (0,92 x 0,85); o autor relata ainda, não existir quaisquer evidências que justifiquem a suplementação de P em níveis superiores a 0,38-0,41% da matéria seca da dieta, mesmo para os rebanhos da mais alta produção.

2.3.2. Cálcio (Ca)

Mineral encontrado em maior quantidade no organismo animal, desempenha funções essenciais como formação e manutenção normal dos ossos e dentes, onde se mantêm em reserva; mantêm a contratilidade, ritmo e tonicidade do miocárdio e antagoniza as ações dos íons sódio e potássio no coração; participa na coagulação normal do sangue e excitabilidade neuromuscular; participa da manutenção da permeabilidade celular seletiva e pode agir como ativador de enzimas entre outras funções não bem definidas (Mello e Marques, 1990).

A suplementação adequada com cálcio e fósforo pode melhorar a eficiência reprodutiva e reduzir a incidência de distúrbios metabólicos. A absorção e o metabolismo desses macrominerais são extremamente inter-relacionados, e dietas com altos níveis de P podem reduzir a síntese de 1,25-diidroxido vitamina D, que é essencial para o transporte ativo de cálcio nos enterócitos e para a mobilização de Ca dos ossos (Santos, 1998).

Fuck *et al.* (2008), em revisão de literatura, citam que o excesso de Ca pode prejudicar a função reprodutiva devido a uma deficiência secundária de P, Mg, Zn, Cu e outros microelementos que podem ter inibido a absorção intestinal. Mecanismos dependentes de Ca estão envolvidos na biossíntese de esteróides nos testículos, nas glândulas adrenais e nos ovários. O mecanismo de dependentes de Ca pode ser responsável pela maior via de formação de esteróides na placenta bovina. O Cálcio também pode ter uma importante função na formação de esteróides através da liberação ou utilização do colesterol pela mitocôndria ou por estimular a conversão de pregnenolona para progesterona. Hormônios liberadores de gonadotrofinas que estimulam a liberação de LH provindo das células da hipófise, também podem estar envolvidos por um mecanismo dependente de Ca.

Em vacas de leite, a hipocalcemia é geralmente considerada um dos fatores determinantes do desempenho reprodutivo nos rebanhos. Doenças metabólicas que ocorrem por volta do período de transição podem prejudicar o desempenho reprodutivo dos animais. Inter-relações diretas e indiretas entre episódios de febre do leite e desempenho reprodutivo insatisfatório no final da lactação têm sido estabelecidas. Segundo Santos (1998), a prevenção da hipocalcemia pelo equilíbrio cátion-aniônico na dieta pré-parto melhora o desempenho reprodutivo de vacas de leite.

Existem muitas evidências epidemiológicas que relacionam a febre do leite com o aumento na incidência de retenção de placenta e infecções uterinas. Presume-se que a hipocalcemia possa impedir contrações uterinas necessárias para a expulsão da placenta naqueles casos onde ela já está livre das carúnculas.

A atividade quimioestática de leucócitos tem um papel importante no processo de liberação e expulsão das membranas fetais. Durante o período de transição, as vacas passam por um período de imunossupressão, e fatores nutricionais

podem estar envolvidos neste processo. Portanto, o mecanismo pelo qual a hipocalcemia afeta a retenção de placenta pode estar associado à redução no tônus uterino, a queda no consumo de matéria seca e à supressão imunológica; todos esses fatores contribuem para reduzir os mecanismos de defesa e a atividade dos leucócitos no lúmen uterino (Santos, 1998; Gerloff e Morrow, 1986).

2.3.3. Manganês (Mn)

O manganês tem sido reconhecido como um micromineral essencial por se tratar de um cofator das enzimas fosfoglucomutase, piruvato carboxilase e fosfenolpiruvato carboxilquinase, tendo função chave na gluconeogênese (McClure, 1995). Parece estar também relacionado com o desenvolvimento dos órgãos genitais e funcionamento do corpo lúteo, participando ainda da síntese de colina e de colesterol, interferindo diretamente na produção de hormônios esteroidais (González, 2000).

Deficiências de Mn podem resultar em grande variedade de alterações metabólicas e estruturais. Animais deficientes em Mn têm desempenhos reprodutivos inferiores, incluindo anormalidades no ciclo estral, estro silencioso, baixas taxas de concepção, aumento no número de abortos e maturidade sexual retardada (González, 2000; Hurley e Doane, 1989). Wilson (1966) observou aumento na fertilidade quando vacas foram suplementadas com 70 ppm de Mn na dieta. Este autor afirmou que dietas com menos de 50 ppm de Mn não otimizaram a fertilidade; entretanto, vacas de corte alimentadas com dietas contendo 25ppm de Mn apresentaram desempenhos reprodutivos adequados (Rojas *et al.*, 1965).

Bentley e Phillips (1951) forneceram dietas contendo 10, 30 e 60 ppm de Mn para novilhas de leite em crescimento e registraram que a idade até o primeiro estro foi reduzida em 30 dias para novilhas alimentadas com 30 e 60 ppm de

Mn e as taxas de concepção ao primeiro serviço foram melhoradas pelo fornecimento de 30 e 60 ppm. Entretanto, nenhuma diferença ($P>0,05$) foi observada entre os parâmetros reprodutivos estudados nas dietas com 30 e 60 ppm de Mn.

2.3.4. Cobre (Cu)

É um importante componente de algumas metaloproteínas, muitas das quais são enzimas vitais, que participam de reações de óxido-redução; participa também da hematopoiese por favorecer a absorção intestinal de ferro, bem como a sua mobilização; da mineralização dos ossos; da formação e integridade do sistema nervoso central; da manutenção da estrutura do miocárdio e da pigmentação dos pêlos e da lã .

Sua deficiência pode ser primária, como resultado de uma dieta com baixos níveis desse mineral, ou secundária, resultante de uma redução na sua absorção intestinal e/ou na sua utilização após a absorção. Níveis de molibdênio (Mo) e sulfatos na dieta são os fatores mais importantes que interferem com a absorção e utilização de Cu. A razão adequada de Cu/Mo para assegurar sua disponibilidade deve ser igual ou superior a 4:1 (González, 2000).

Rebanhos que sofrem de deficiência marginal de cobre apresentam taxas de crescimento e eficiência alimentar reduzidas. Vacas de leite e de corte alimentadas com dietas deficientes em Cu, ou com dietas contendo altos níveis de Mo e sulfatos, têm fertilidade e taxas de concepção reduzidas, bem como maior incidência de retenção de placenta (Ferguson, 1991; Corah e Ives, 1991).

Desordens reprodutivas estão relacionadas com deficiência de Cu em ruminantes sob pastejo, incluindo queda de fertilidade associada com

diminuição ou depressão do estro e aumento do intervalo do parto ao 1º estro; e infertilidade associada com anestro, aborto e reabsorção embrionária (Smith e Akinbamijo, 2000; Fuck *et al.*, 2008). Dados de literatura mostram relação inversa entre concentração sérica de Cu e importantes parâmetros reprodutivos entre os quais, dias para o primeiro serviço (56 vs. 70 dias), serviço por concepção (1,1 vs. 4,4) e dias para concepção (56 vs. 183) em vacas de leite com alta e baixa concentração sérica de cobre, respectivamente (Smith e Akinbamijo, 2000).

Segundo McClure (1995), a deficiência de Cu pode resultar em infertilidade devido a alterações celulares no intestino delgado, afetando assim a absorção e provocando deficiência nutritiva global. Outra possível forma de ação da deficiência de Cu na reprodução seria via metabolismo da glicose, por sua participação indispensável na formação da citocromo oxidase; levando à redução do suprimento deste carboidrato ao organismo, ou distúrbios em seu metabolismo, podendo assim desencadear problemas reprodutivos (Moreira, 1987).

2.3.5. Iodo (I)

É um mineral essencial ao organismo, utilizado para síntese dos hormônios da tireóide, estando relacionado aos metabolismos basais; metabolismo dos carboidratos e proteínas; metabolismo da água e sais minerais; metabolismo das vitaminas do complexo A e B; sistemas cardiovascular, respiratório e digestivo; promovendo ainda contração muscular e atuando no sistema nervoso central, uma vez que a tiroxina facilita a propagação de impulsos nervosos através das sinapses (Mello e Marques, 1990). O iodo forma parte da molécula de tiroxina que estimula a produção de ATP pela mitocôndria. Sua deficiência reduz a captação de oxigênio pelas células, o que determina um decréscimo no metabolismo energético (McClure, 1995).

Por participar na regulação do metabolismo energético, fêmeas bovinas alimentadas com dietas marginais em iodo apresentam sinais menos expressivos de estro, infertilidade, aumento na taxa de mortalidade embrionária precoce, aborto, nascimento de bezerros fracos ou até mesmo natimortos, aumento na incidência de retenção de placenta, redução na taxa de concepção, inércia uterina e atraso no desenvolvimento fetal (Corah e Ives, 1991; Ferguson, 1991). O fornecimento de dietas que suprem as necessidades de iodo em vacas adultas é relativamente simples; suplementos minerais que contenham cloreto de sódio iodado ou a utilização de iodeto de potássio devem assegurar um consumo de 5 a 10mg de I/dia, de acordo com as necessidades do animal em questão (NRC, 2001; NRC, 1996).

2.3.6. Zinco (Zn)

Está relacionado com grande variedade de funções celulares, participando da síntese de proteínas, no metabolismo dos carboidratos e dos ácidos nucléicos, estando, portanto, associado com a expressão do potencial genético, divisão celular, crescimento e reparação tecidual. Tem ação na queratogênese, no crescimento, no apetite, na reprodução, no desenvolvimento do tecido ósseo e no cérebro, devido à sua presença na composição das enzimas carboxipeptidase, fosfatase alcalina, desidrogenases alcoólicas, láctica, málica e glutâmica, anidrase carbônica, diaforase e entre outras (Mello e Marques, 1990).

Dietas deficientes em Zn afetam o desenvolvimento testicular de touros podendo afetar a fertilidade do rebanho. A deficiência de Zn resulta na redução da produção espermática e atraso na maturação dos espermatozóides, além de causar prejuízo no desenvolvimento dos órgãos sexuais primários e secundários. Uma redução no tamanho dos testículos pode ser observada em bezerros, quando alimentados com dietas deficientes em Zn. Em vacas, pode causar anormalidades nos sinais de estro e queda na taxa de concepção

mesmo quando cobertas com reprodutores normais (Smith e Arkinbamijo, 2000).

2.3.7. Selênio (Se)

Ocorre em todas as células e tecidos do organismo animal, em concentrações que variam com o tecido, nível e forma química do elemento na dieta, onde está fixado principalmente como proteínas. Tem como função a antioxição intracelular, agindo na proteção das células quanto aos processos de degeneração celular, fixação dos grupos sulfídricos dos aminoácidos e proteínas, manutenção da conformação da molécula protéica, efeito na síntese da coenzima Q, oxidação fosforilativa e permeabilidade da membrana celular.

É essencial para muitas enzimas, em particular, a glutathione peroxidase, que atua na destruição de peróxidos e, biologicamente, participa da estrutura de alguns aminoácidos, como os sulfurados que estão relacionados como o Se via cistina (Martin, 1993).

Prejuízos no desempenho reprodutivo de machos e fêmeas têm sido atribuídos a deficiência de Se. Em bovinos, desordens reprodutivas como estro silencioso e irregular, redução nas taxas de fertilização e concepção, cisto ovariano, redução nas motilidades espermática e uterina, metrite, mastite e retenção de placenta podem ser observadas quando da deficiência de Se (Smith e Akinbamijo, 2000; Branco e Santos, 2008).

A incidência de retenção de placenta pode ser reduzida com a suplementação, no pré-parto, de Se combinada ou não com vitamina E, embora esta redução, em alguns casos, não seja satisfatória devido a retenção de placenta ser um problema multifatorial.

2.3.8. Vitamina E

Suas funções mais conhecidas são: antioxidante biológico, eliminador de radicais livres e melhoria nas respostas celulares e humorais. A forma de vitamina E mais potente encontrada na natureza é o α -tocoferol. Sua principal função metabólica é servir como antioxidante natural, além de exercer importante papel no metabolismo do ácido araquidônico; importante papel na imunidade de doenças infecciosas, sendo encontrados relatos tanto no aumento de imunidade pelo aumento do aporte suplementar da vitamina E, quanto o inverso.

É uma substância lipossolúvel com função complementar a função do Se. As membranas das células animais são ricas em ácidos graxos poliinsaturados, os quais são muito reativos com radicais livres. Os hidroperóxidos produzidos durante o metabolismo celular são capazes de causar danos fatais às células, na ausência de substâncias antioxidantes como a vitamina E.

A deficiência de vitamina E tem sido associada à peroxidação dos lipídeos nas membranas celulares, e com o aparecimento da doença do músculo branco (Miller *et al.*, 1993). Danos oxidativos aos lipídeos, as proteínas e aos ácidos nucléicos (DNA e RNA) presentes nas células resultam em alterações na integridade estrutural celular, e em desarranjos metabólicos, que podem causar a morte dessas células.

Durante as últimas semanas de gestação e as primeiras semanas de lactação, os níveis de vitamina E no sangue diminuem drasticamente (Goff e Horst, 1997). Baixos níveis de vitamina E no plasma podem exacerbar o estresse oxidativo e a imunossupressão que acontecem durante o período de transição, aumentando assim a incidência de casos de retenção de placenta, infecções uterinas e mastite (Mohammed *et al.*, 1991; Harrison *et al.*, 1984).

A administração de vitamina E (680 mg/dia) e Se (50 mg/dia), por um período de 20 dias antes do parto, reduziu a incidência de retenção de placentas em vacas leiteiras. Contudo, se a necessidade de qualquer um deles estiver abaixo do ponto crítico, a suplementação de qualquer um deles pode evitar danos à célula ou ao aparecimento de sinais clínicos de deficiência (Bazer, 1982).

A vitamina E é altamente lábil, sendo a maior parte do tocoferol presente nos tecidos das plantas destruído pela luz solar (NRC, 2001). Animais alimentados com forragens conservadas e sem acesso a pastagens de boa qualidade devem ser suplementados com vitamina E, e atenção especial deve ser dada ao período de transição. Vacas de corte ou de leite com acesso a pastagem de boa qualidade não requerem suplementação adicional de vitamina E na dieta.

Há evidências de que a suplementação de vacas de corte com vitamina E pré-parto possa influenciar o nível de imunoglobulina G no plasma de bezerras recém-nascidos, e a incidência de diarreia nesses animais (Santos, 1998). Portanto, os benefícios da suplementação com vitamina E, quando necessária, vão muito além dos seus efeitos no desempenho reprodutivo.

2.3.9. Vitamina A

Sintetizada pelos animais na parede intestinal ou, em menor grau, em outros tecidos, como o fígado, a partir do β -caroteno. A substância pura é incolor, composta de cadeia longa e lipossolúvel, existindo em várias formas isoméricas. A absorção no intestino delgado é dependente de energia e, em termos teóricos, uma molécula de β -caroteno fornece duas moléculas de vitamina A, pela sua quebra numa dupla ligação no meio da molécula. Esta quebra é essencial para que a atividade vitamínica se manifeste em quaisquer dos carotenóides (Bazer, 1982; Teixeira e Huber, 1992).

É um nutriente necessário para a visão, regulação do crescimento dos tecidos, integridade e funcionamento normal do sistema reprodutivo. Sua deficiência provoca quatro diferentes lesões, provavelmente distintas fisiologicamente: perda da visão, devido à falha de formação da rodopsina na retina; defeito no crescimento dos ossos; falhas na reprodução (falha na espermatogênese no macho e reabsorção fetal nas fêmeas); defeitos no crescimento e diferenciação dos tecidos epiteliais, freqüentemente resultando em queratinização (Bazer, 1982; Teixeira e Huber, 1992).

A deficiência de vitamina A ou caroteno na dieta leva à degeneração testicular em todos os animais domésticos. Seu efeito sobre os testículos é indireto, e devido a supressão de liberação de gonadotrofinas hipofisárias (Hafez, 1995).

Smith e Akinbamijo (2000) registraram, como alterações reprodutivas ocasionadas pela deficiência de vitamina A, atraso na idade à puberdade, baixa taxa de concepção, alta mortalidade embrionária e peri-natal, bem como redução da libido em machos.

A vitamina A pode ser fornecida aos animais de diversas formas. Forragens verdes frescas (pastagens) e grãos de milho amarelo apresentam altos níveis de carotenóides, que são rapidamente destruídos pela luz do sol. Silagens e fenos contêm níveis inadequados de vitamina A para vacas de leite e de corte. O fornecimento de forragens conservadas para vacas de leite e de corte requerer suplementação com vitamina A (Santos, 1998).

3. Considerações Finais

A ingestão dos nutrientes essenciais e a quantidade de reservas corporais durante o final da gestação e o início da lactação são os principais determinantes do rápido retorno à atividade cíclica e da obtenção de alta fertilidade.

DIAS, J.C. et al. Alguns aspectos da interação nutrição-reprodução em bovinos: energia, proteína, minerais e vitaminas. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 5, Ed. 110, Art. 738, 2010.

Uma melhoria no balanço energético reduz o número de dias até a primeira ovulação, e melhora a taxa de concepção pós-parto. Mudanças metabólicas e endócrinas associadas à utilização de dietas ricas em energia explicam seus impactos sobre a reprodução.

Dietas com quantidades adequadas de PB e PDR otimizam a utilização de energia, e melhoram o desempenho e a reprodução de fêmeas bovinas.

Vale ressaltar que, dentre as medidas adotadas nos sistemas de produção de bovinos de leite e de corte objetivando a otimização dos desempenhos produtivo e reprodutivo do rebanho, o fornecimento em abundância de volumoso de boa qualidade é ainda o mais importante fator. O investimento na produção de pastagem ou forragem conservada trará maior retorno por unidade investida e assegurará o sucesso no programa reprodutivo do rebanho.

4. Referências Bibliográficas

ALVES NG, TORRES CAA, MASSONETO JF (2004). Proteína da dieta e reprodução animal. *Cad. Téc. Vet. Zootec.*, 46: 58-67.

BAZER FW (1982). Vitamins in reproduction. The Florida nutrition conference. In: *Proceeding of the Meeting January*. Florida, 177-197.

BENTLEY OG, PHILLIPS PM (1951). The effect of low manganese rations upon dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 34: 396-402.

BRANCO AF, SANTOS GT (2008). Interações vitamina E/selênio com a mastite. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/vitaminaE.pdf>. Acesso em: 04/05/2008.

BRITT JH (1996). Follicular development and fertility: Potential impacts of negative energy balance. In: *PROC. NATIONAL REPRODUCTION SYMPOSIUM*. Pittsburgh, PA, 103-112.

BUTLER WR, CALAMAN JJ, BEAM SW (1996). Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, 74: 858-865.

BUTLER WR, SMITH RD (1989). Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function. *J. Dairy Sci.*, 72: 767-783.

CANFIELD RW, SNIFFEN CJ, BUTLER WR (1990). Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 73: 2342-2349.

CHILLIARD Y, BOCQUIER F, DOREAU M (1998). Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reproduction Nutrition Development*, 38: 131-152.

CORAH LR, DUNN TG, KALTENBACH CC (1975). Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef female and the performance of their progeny. *J. Anim. Sci.*, 41: 819-824.

DIAS, J.C. et al. Alguns aspectos da interação nutrição-reprodução em bovinos: energia, proteína, minerais e vitaminas. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 5, Ed. 110, Art. 738, 2010.

CORAH LR, IVES S (1991). The effects of essential trace minerals on reproduction of beef cattle. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice - Beef Cattle Nutrition.*, 7(1): 41-57.

DELAZARI JA, FONSECA FA, QUEIROZ AC, PEREIRA JC, CECON PR (2000). Desempenho reprodutivo, concentrações de progesterona e metabólitos lipídicos no pós-parto de vacas mestiças H/Z, submetidas a uma dieta hiperlipidêmica. *Rev. Bras. Zootec.*, 29(2): 413-420.

ELROD CC, BUTLER WR (1992). Ion transport across bovine endometrium in response to urea and ammonia. *Biol. Reprod.*.

FERGUSON JD, GALLIGAN DT, BLANCHARD T, REEVES M (1993). Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. *J. Dairy Sci.*, 76: 3742-3746.

FERGUSON JD (1991). Nutrition and reproduction in dairy cows. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice - Dairy Nutrition Management.*, 7(2): 483-507.

FERGUSON JD, CHALUPA W (1989) Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 72: 746-766.

FERREL C.L. Nutritional influences on reproduction. In: P.T. Cupps. "*Reproduction in Domestic Animals*". 4 ed., Academic Press, Inc., p.577-603, 1991.

FOSTER DL, EBLING FJ, MICKA AF, VANNERSON LA, BUCHOLTZ DC, WOOD RI, SUTTIE JM, FENNER DE (1989). Metabolic interfaces between growth and reproduction. I. Nutritional modulation of gonadotropin, prolactin and growth hormone secretion in the growth-limited female lamb. *Endocrinology*, 125: 242-250.

FRANCO GL (2005). Desafios da interação entre aspectos nutritivos e reprodutivos do gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 1, 2005, Brasília. *Anais...* Brasília: UPIS, 35-45.

FUCK EJ, MORAES GV, SANTOS GT (2000). Fatores nutricionais na reprodução das vacas leiteiras. I – Energia e proteína. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, 24(3): 147-161.

FUCK EJ, MORAES GV, SANTOS GT (2008). Fatores nutricionais na reprodução das vacas leiteiras. I – Vitaminas e minerais. Disponível em: http://www.agronline.com.br/agrociencia/pdf/public_20.pdf. Acesso em: 01/05/2008.

GERLOFF B.J, MORROW DA (1986). Effect of nutrition on reproduction in dairy cattle. In: MORROW, D.A. *Current therapy in theriogenology*. Philadelphia:Saunders, 310-320.

GOFF JP, HORST RL (1997). Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.*, 80: 1260-1268.

GONZÁLEZ FHD (2000). *Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre:UFRGS.

HAFEZ ESSE (1995). *Reprodução animal*. 6.ed. São Paulo: Manole Ltda.

HARRISON JD, HANCOCK DD, CONRAD HR (1984). A review of lipoprotein cholesterol metabolism:importance to ovarian function. *J. Dairy Sci.*, 67: 123.

HURLEY WL, DOANE RM (1989). Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *J. Dairy Sci.*, 72: 784.

LINZEL JL, PEAKER M (1971). Mechanism of milk secretion. *Physiological Reviews*, 51: 564-597.

MACRAE JC, SMITH JS, DEWEY PJS, BREWER AC, BROWN, DS, WALKER A (1985). The efficiency of utilization of metabolizable energy and apparent absorption of amino acids in sheep given spring- and summer-harvested dried grass. *British Journal of Nutrition*, 54: 197-209.

MANN GE, MANN SJ, LAMMING GE (1996). The inter-relationship between maternal hormone environment and the embryo during early stages of pregnancy. *J. Reprod. Fertil.*, 21(37).

MARTIN LCT (1993). *Nutrição mineral de bovinos de corte*, 2ed, São Paulo:Nobel,173.

MCCLURE TJ (1995). *Infertilidad nutricional y metabólica de la vaca*. Zaragoza:Acribia, 141.

MCCOLLUM T (2001). Manejo nutricional para recria a pasto: princípios e avaliações. In.: NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 5, 2001, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: CONAPEC Jr., 57-64.

MCDOWELL LR (1992). *Mineral in animal and human nutrition*. London:Academic Press, 524.

DIAS, J.C. et al. Alguns aspectos da interação nutrição-reprodução em bovinos: energia, proteína, minerais e vitaminas. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 5, Ed. 110, Art. 738, 2010.

MELLO MA, MARQUES DC (1990). *Deficiências minerais em ruminantes*. Belo Horizonte:UFMG, 46.

MILLER JK, BRZEZINSKA-SLEBODZINSKA E, MADSEN FC (1993). Oxidative stress, antioxidants, and animal function. *J. Dairy Sci.*, 76: 2812-281.

MOHAMMED HO, WHITE ME, GUARD CL, SMITH MC, MECHOR GD, BOOKER CW, WARNICK LD, DASCANIO JJ, KENNEY DG (1991). A case-control study of the association between blood selenium and cystic ovaries in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 74: 2180-2185.

MOREIRA HA (1987). Alguns aspectos do interrelacionamento entre nutrição e reprodução. *Inf. Agropec.*, 13(148): 11-14.

MORROW DA (1969). Phosphorus deficiency and infertility in dairy heifers. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.*, 154: 761-764.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7ed, National Academy Press. Washington, DC.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7ed, National Academy Press. Washington, DC.

PERES JR (2003). Nutrição de fósforo em gado leiteiro - O que há de novo? 2000. Disponível em: <www.milkpoint.com.br> Acesso em: 19/03/2003.

PERES JR (2003). Monitore o balanço energético de seus animais. 2002a. Disponível em: <www.milkpoint.com.br> Acesso em: 19/03/2003.

PERES JR (2003). Nutrição, nitrogênio uréico no leite e reprodução. 2002b. Disponível em: <www.milkpoint.com.br> Acesso em: 19/03/2003.

RANDEL RD (1990). Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.*, 68: 853-862.

RICE DN, GRANT R (1996). Dairy cow health and metabolic disease relative to nutritional factors. *NebGuide*, 1991. Disponível em: <www.ianr.unl.edu/pubs/animaldisease/g1032.htm> Acesso em: 02/08/1996.

ROJAS MA, DYER IA, CASSAT AW (1965). Manganese deficiency in the bovine. *J. Anim. Sci.*, 24: 664.

RUTTER LM, RANDEL RD (1984). Post-partum nutrient intake and body condition effect on pituitary function and onset of estrous in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 58(2): 265-273.

SANTOS JEP (1998). Efeitos da nutrição na reprodução bovina. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE RAÇAS ZEBUÍNAS, 3, 1998, Uberaba. *Anais...* Uberaba: ABCZ, 24-75.

SANTOS JEP (2005). Impact of nutrition on reproduction and economic implications. In: CALIFORNIA ANIMAL NUTRITION CONFERENCE, 2005, Fresno. *Anais...*, 1-20.

SANTOS JEP, AMSTALDEN M (1998). Effects of nutrition on bovine reproduction. *Arq. Fac. Vet. UFRGS*, 26(1).

SHORT RE, ADAMS DC (1988). Nutritional and hormonal intrrelationships in beef cattle reproduction. *Can. J. An. Sci.*, 68: 29-39.

SMITH OB, AKINBAMIJO OO (2000). Micronutrients and reproduction in farm animals. *Anim. Reprod. Sci.*, (61): 549-560.

TEIXEIRA JC, HUBER JT (1992). Vitaminas na nutrição de ruminantes. *Inf. Agropec.*, 16(175), 24-32.

VASCONCELOS JLM (2001a). Influência da nutrição sobre a performance reprodutiva em gado leiteiro (energia, 1ª parte). Disponível em: <www.milkpoint.com.br> Acesso em: 19/03/2003.

VASCONCELOS JLM (2001b). Influência da nutrição sobre a performance reprodutiva em gado leiteiro (energia, 2ª parte). Disponível em: <www.milkpoint.com.br> Acesso em: 19/03/2003.

VASCONCELOS JLM (2001c). Influência da nutrição sobre a performance reprodutiva em gado leiteiro (proteína). Disponível em: <www.milkpoint.com.br> Acesso em: 19/03/2003.

VASCONCELOS JLM (2001d). Influência da concentração sérica de uréia na qualidade e desenvolvimento dos embriões. Disponível em: <www.milkpoint.com.br> Acesso em: 19/03/2003.

DIAS, J.C. et al. Alguns aspectos da interação nutrição-reprodução em bovinos: energia, proteína, minerais e vitaminas. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 5, Ed. 110, Art. 738, 2010.

WESTWOOD CT, LEAN IJ, KELLAWAY RC (1998). Indications and implications for testing of milk urea nitrogen in dairy cattle: A quantitative review. Part 2. Effect of dietary protein on reproductive performance. *New Zealand. Vet. J.*, 46(4), 123-130.

WILEY JS, PETERSEN MK, ANSOTEGUI RP, BELLOWES RA (1991). Production from first-calf beef heifers fed a maintenance or low level of prepartum nutrition and ruminally undegradable or degradable protein postpartum. *J. Anim. Sci.*, 69: 4279-4293.

WILSON JG (1966). Bovine functional fertility in Devon and Cornwall: response to manganese therapy. *Vet. Res.*, 79: 562.

WILTBANK JN, ROWDEN WW, INGNALLS JE, GREGORY KE, KOCH RM (1962). Effect of energy level reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.*, 21: 219-225.