

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JATAÍ (UFJ)
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (UAECA)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

MARIANE OLIVEIRA MOURA

**MAGNÉSIO IÔNICO EM VACAS DE LEITE A PASTO: TIPO E
VIABILIDADE DE AMOSTRAS E PERFIL SANGUÍNEO NO
PERÍODO DE TRANSIÇÃO**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ii

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFJ

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Jataí (UFJ) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFJ), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data. O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFJ é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese

2. Nome completo do autora: MARIANE OLIVEIRA MOURA

3. Título do trabalho: MAGNÉSIO IÔNICO EM VACAS DE LEITE A PASTO: TIPO E VIABILIDADE DE AMOSTRAS E PERFIL SANGÜÍNEO NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☐ SIM ☒ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
 - b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Edgar Alain Collao Saenz, Orientador**, em 24/09/2021, às 13:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIANE OLIVEIRA MOURA, Discente**, em 27/09/2021, às 18:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2371087** e o código CRC **381FFDC5**.

MARIANE OLIVEIRA MOURA

**MAGNÉSIO IÔNICO EM VACAS DE LEITE A PASTO: TIPO E
VIABILIDADE DE AMOSTRAS E PERFIL SANGUÍNEO NO
PERÍODO DE TRANSIÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociência Animal da Unidade Acadêmica Especial em Ciência Animal, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Nutrição, Produção e Reprodução Animal

Orientador: Edgar Alain Collao Saenz

JATAÍ - GO

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFJ.

Moura, Mariane Oliveira

Magnésio iônico em vacas de leite a pasto: tipo e viabilidade de
amostras e perfil sanguíneo no período de transição / Mariane Oliveira
Moura. - 2021.

47, XLVII f.

Orientador: Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz .

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Jataí, Unidade
Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, Programa de
Pós-Graduação em Biociência Animal, Jataí, 2021.

Bibliografia. Anexos.

Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas.

1. hemogasometria. 2. hipomanesemia. 3. macromineral. I. Collao
Saenz , Edgar Alain , orient. II. Título.

CDU 63



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **019/2021-PPGBA** da sessão de Defesa de Dissertação de **MARIANE OLIVEIRA MOURA**, que confere o título de Mestra no Programa de Pós-Graduação em **BIOCIÊNCIA ANIMAL**, área de concentração em Saúde e Produção Animal.

Ao vigésimo sétimo dia, do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e um, a partir das 08:30 horas, realizou-se por meio de videoconferência a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "**CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO IÔNICO E VIABILIDADE DE AMOSTRAS EM VACAS LEITEIRAS A PASTO**". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Edgar Alain Collao Saenz (UACIAGRA/UFJ - Universidade Federal de Jataí/GO) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Douglas Regalin (UACIAGRA/UFJ - Universidade Federal de Jataí/GO) - membro titular interno e Professora Doutora Ana Luísa Aguiar de Castro (UACIAGRA/UFJ - Universidade Federal de Jataí/GO) - membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora se reuniu em sessão secreta, a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Edgar Alain Collao Saenz, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao vigésimo sétimo dia, do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e um.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Magnésio iônico em vacas de leite a pasto: Tipo e viabilidade de amostras e perfil sanguíneo no período de transição



Documento assinado eletronicamente por **Edgar Alain Collao Saenz, Orientador**, em 27/08/2021, às 10:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Douglas Regalin, Professor do Magistério Superior**, em 27/08/2021, às 10:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Luísa Aguiar De Castro, Professor do Magistério Superior**, em 27/08/2021, às 10:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2308478** e o código CRC **8A0B289C**.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Antônio Cesar e Ana Maria por sempre me apoiarem e acreditarem nos meus sonhos, sem ajuda e apoio de vocês não chegaria aonde cheguei.

A minha irmã Amanda Oliveira, cunhado Anderson Silva e sobrinho/afilhado Davi Moura pelos momentos de apoio e descontração que me ajudaram a seguir em frente.

A Federico Montealegre em nome de toda equipe da NovaBiomedic pela assistência e disponibilização de equipamentos necessários para a realização da pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edgar Collao, por ser muito mais que um orientador, sempre me aconselhando e ajudando em tudo que precisei ao longo desses anos.

Ao professor Douglas Regalin e a equipe do HV-UFJ por todo apoio necessário à minha pesquisa.

A equipe da Fazenda-Escola UFJ, por todo apoio e amizade.

As minhas colegas de mestrado Kaline Ogliari, Paula Siqueira e Thalita de Castro, pelos momentos de descontração e apoio durante esses anos que foram de fundamental importância para minha caminhada.

A minha amiga Isabela Kroll, que desde a faculdade caminha ao meu lado me incentivando e apoiando, sempre vendo o lado bom das coisas e nunca me deixando desistir.

Aos amigos que fiz em Jataí, por todo acolhimento e carinho que tiveram comigo.

Uma ideia que não pode ser mudada é uma péssima ideia.
(Autor desconhecido)

Resumo

O magnésio é um dos eletrólitos mais abundantes no organismo e sua deficiência é responsável por causar sintomatologia clínica e queda na produtividade de bovinos leiteiros. A concentração de sua forma iônica ainda é a mais eficaz para determinação de seu status. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo verificar as variações da concentração de Magnésio iônico (iMg) em bovinos leiteiros no período de transição. Primeiro, foi avaliada a viabilidade de amostras de sangue em relação ao tempo em refrigeração (T0, T4, T8, T12 e T24 horas) e a forma de armazenamento (sangue fresco, soro sanguíneo e soro sanguíneo congelado) a fim de verificar possíveis variações das concentrações. A partir das análises por hemogasometria, foi observado que a concentração de iMg é estável por 12 horas quando mantido em refrigeração, e por um maior tempo quando em soro sanguíneo congelado, o que difere dos outros macrominerais analisados. Depois, verificou-se a variação da concentração de magnésio iônico em vacas mestiças a pasto ao longo do período de transição em 4 tempos diferentes, a partir de 15 dias antes da previsão de parto até 30 dias de pós-parto. As vacas no período de transição apresentaram uma variação de sua concentração ao longo do período de estudo, tendo os menores valores nos períodos de pré-parto e parto (0,61 mmol/L e 0,64 mmol/L respectivamente). Há necessidade de se ter maior atenção às concentrações de iMg de vacas no período de transição pela importância para a manutenção da saúde e produtividade de bovinos leiteiros. Houve estabilidade deste eletrólito até 12 horas de coletado em materiais diferentes, o qual facilita a logística entre a coleta de amostras e sua análise.

Palavras-chave: hemogasometria hipomagnesemia, macromineral

Abstract

Magnesium is one of the most abundant electrolytes in the body and its deficiency is responsible for causing clinical symptoms and a drop in productivity in dairy cattle. The concentration of its ionic form is still the most effective in determining its status. In this sense, the present study aimed to verify the variations in the concentration of ionic Magnesium (iMg) in dairy cattle in the transition period. First, the viability of blood samples was evaluated in relation to the time in refrigeration (T0, T4, T8, T12 and T24 hours) and the form of storage (fresh blood, blood serum and frozen blood serum) in order to verify possible variations concentrations. From the blood gas analysis, it was observed that the iMg concentration is stable for 12 hours when kept in refrigeration, and for a longer time when in frozen blood serum, which differs from other macrominerals analyzed. Then, the variation of the ionic magnesium concentration in crossbred cows on pasture was verified during the transition period at 4 different times, from 15 days before calving forecast to 30 days postpartum. Cows in the transition period showed a variation in their concentration throughout the study period, with the lowest values in the pre-calving and calving periods (0.61 mmol/L and 0.64 mmol/L respectively). There is a need to pay greater attention to the iMg concentrations of cows in the transition period due to their importance for maintaining the health and productivity of dairy cattle. This electrolyte was stable for up to 12 hours of collection in different materials, which facilitates the logistics between sample collection and analysis.

Keywords: hemogasometry, hypomagnesemia, macromineral

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
1. Introdução.....	11
2. Referencial Teórico	13
2.1 Função e distribuição.....	13
2.2 Influxo e efluxo de magnésio.....	14
2.3 Distúrbios metabólicos	17
3. Considerações finais	19
4. REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 2	23
Avaliação da viabilidade de amostras para análise de concentração iônica de cálcio e magnésio em vacas mestiças.	23
Introdução.....	25
Materiais e métodos.....	26
Resultados	27
Discussão	29
Conclusão	32
REFERÊNCIAS.....	34
CAPÍTULO 3.....	36
Concentrações de magnésio iônico no período de transição de vacas criadas a pasto na região sudoeste de Goiás	36
Introdução.....	38
Materiais e Métodos	38
Resultados	40
Discussão	41
Conclusão	44
Referências.....	45
ANEXO	47

LISTA DE ABREVIATURAS

Ca²⁺ Cálcio

EEC Espaço extracelular

EIC Espaço intracelular

iCa Cálcio iônico

iMg Magnésio iônico

K⁺ Potássio

MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Mg²⁺ Magnésio

MgO Óxido de magnésio

Na⁺ Sódio

P Fósforo

pH Potencial de hidrogênio

PTH Paratormônio

PV Peso vivo

paCO₂ Pressão parcial de dióxido de carbono

paO₂ Pressão parcial de oxigênio

tMg Magnésio total

CAPÍTULO 1

1. Introdução

Na produção de bovinos leiteiros, a manutenção da saúde dos animais é de extrema importância para a produtividade e lucratividade do setor. Distúrbios na saúde e produtividade de vacas devido a deficiência de macrominerais em dietas com concentrações anormais de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) ou potássio (K) podem levar a complicações clínicas ou subclínicas durante o período de transição (Goff, 2006). O magnésio é um dos minerais essenciais para o organismo e apesar disto não apresenta mecanismos regulatórios, sendo a manutenção da sua concentração normal no plasma, dependente da sua absorção proveniente da dieta, onde concentrações sanguíneas de 0,75 a 1,0 mmol/L seriam adequadas para a modulação da transmissão sináptica no sistema nervoso central, além de funções musculares e de formação óssea em bovinos leiteiros (Tsiamadis et al., 2016).

Segundo o NRC (2001), o estoque de magnésio nos ossos não é uma fonte significativa deste macromineral, no entanto, em tempos de déficit pode ser utilizado. A reabsorção óssea ocorre em resposta à homeostase do cálcio, e não ao status do magnésio, onde a relação iCa e iMg nos ossos é de 42 para 1 e se houvesse mobilização de Mg na intenção de suprir sua deficiência desestabilizaria a concentração de cálcio (Martens et al., 2018).

Tsiamadis et al. (2016) citam que o Mg^{2+} tem papel importante na etiologia da hipocalcemia (Ca^{2+} sérico $< 2,07$ mmol/L), onde a hipomagnesemia (Mg^{2+} sérico $< 0,74$ mmol/L) reduziria a secreção de paratormônio (PTH), a sensibilidade do tecido ao PTH e a síntese ou a resposta do órgão alvo ao 1,25-di-hidroxicolecalciferol (vitamina D). Além disso, hipomagnesemia leve (Mg^{2+} sérico entre 0,53 e 0,74 mmol/L) é comum em vacas recém paridas anoréticas e na maioria dos casos é acompanhada por hipofosfatemia leve (P sérico entre 0,65 a 1,29 mmol/L) e hipocalemia leve (K^{+} sérico entre 2,6 e 3,9 mmol/L).

Os citados valores, no entanto, foram determinados em estudos que avaliaram a concentração total de magnésio no sangue (tMg). Embora seja um método de maior acessibilidade e menor custo, pode não ser adequado uma vez que, no plasma encontra-se 1% do Mg corporal total e, cerca de dois terços deste valor são a fração biologicamente disponível (magnésio iônico - iMg) que pode ser utilizada quando necessário. Nesse sentido, o iMg é considerado a forma mais precisa para determinar o verdadeiro status de magnésio do animal (Martens et al., 2018).

1 A melhor compreensão da fisiologia do metabolismo mineral de vacas em
2 transição permite conhecimento mais assertivo da fisiopatologia de distúrbios clínicos
3 comuns nesse período. Assim, o estudo objetiva avaliar a viabilidade de amostras de
4 sangue total e soro sanguíneo em diferentes tempos de armazenamento para
5 determinar a estabilidade do iMg e analisar a concentração de magnésio iônico
6 durante o período de transição em vacas de média produção, a pasto, no sudoeste do
7 estado de Goiás.

8

2. Referencial Teórico

Bovinos leiteiros, principalmente os de alta produção, passam por uma fase crítica no final do período seco e início da lactação, sendo conhecido como período de transição, onde ocorrem alterações hormonais e metabólicas que estão associados ao final da gestação e início da lactação e, podem afetar a homeostase dos macrominerais aumentando significativamente a ocorrência de distúrbios metabólicos (Sordillo and Raphael, 2013; Sundrum, 2015; Neves et al., 2017).

De modo geral, as desordens metabólicas apresentam-se de forma subclínica, podendo acometer cerca de 70% do rebanho, onde a maior parte dos diagnósticos são negligenciados e não são realizados de forma correta, sendo assim, responsáveis pela menor produção leiteira, aumento dos custos com tratamento dos animais doentes e aumento de afecções secundária consequentes do déficit de macrominerais (Moreira et al., 2017).

A deficiência de magnésio, também denominada como tetania das pastagens tem seus sinais clínicos conhecidos há mais de 80 anos, porém a sua correlação com outras desordens metabólicas como a hipocalcemia ainda não é bem esclarecida (Martens and Stumpff, 2019). Deficiências de Mg^{2+} normalmente são relatadas em sistemas de produção a pasto, no entanto, Donovan et al. (2004) reportaram aumento nas taxas de morte súbita em um rebanho confinado com média de produção por vaca de 31 e 33 kg de leite/dia. Apesar dos relatos das alterações metabólicas oriundos da deficiência de magnésio não apresentar alta incidência, em rebanhos no Uruguai os casos de hipomagnesemia pode chegar a 7,8% (Doncel et al., 2019).

A tentativa de corrigir a deficiência com a suplementação deste macromineral nem sempre será a alternativa mais eficiente, visto que a deficiência de Mg está mais correlacionada com a baixa absorção do que com a suplementação, visto que o magnésio não possui a regulação de sua concentração por feedback hormonal, como ocorre em outros macrominerais (Chester-Jones, 1989, Martens et al., 2018).

2.1 Função e distribuição

O magnésio é um eletrólito de grande importância para processos metabólicos, desempenhando um papel fundamental na função intracelular e extracelular, nas reações enzimáticas, diferenciação osteogênica, nas vias imunológicas, nas funções musculares e na neurotransmissão juntamente com o Cálcio (Li et al., 2011, Martín-Tereso and Martens, 2014, Zheng et al., 2016, Martens

et al., 2018). Grande parte da sua atividade está relacionada com a sua contribuição para a formação do substrato de enzimas dependentes de ATP, também possui grande papel na fosforilação oxidativa, glicólise, síntese de proteína entre outras funcionalidades que garantem a manutenção das funções fisiológicas (Rude, 1998).

No organismo o magnésio está concentrado principalmente nos ossos juntamente com o cálcio e o fósforo (60-70%), aproximadamente 30% estão no espaço intracelular (EIC) onde o Mg está ligado a vários ânions, e 1% está no espaço extracelular (EEC), onde se tem a maior fração do Mg biodisponível contido no corpo. No espaço extracelular, do qual o soro sanguíneo faz parte, o magnésio pode ser encontrado em três formas: forma ionizada ou livre (50-70%), ligado a proteínas como a albumina (20-40%), ou ainda na forma complexada a outras substâncias como o citrato, fosfato e bicarbonato (10%). Apesar disto, apenas a sua forma ionizada ou livre integra a configuração biologicamente ativa (Bateman, 2017).

Martens et al. (2018) utilizou a seguinte formula para estimar a quantidade total de Mg no corpo de ruminantes: **Mg (g) = (0,655 x PV (kg) - 3,5)**, onde PV é o peso vivo do animal em kg. A quantidade total de Mg^{2+} de uma vaca adulta e não gestante com aproximadamente 700 kg seria próxima a 455 g de magnésio corporal total (tMg), sendo que deste valor aproximadamente 273 a 318,5 g estaria nos ossos, 136,5 g no espaço intracelular e apenas de 4,55 g estaria no espaço extracelular, onde destes apenas de 2,3 a 3,2 g estaria na forma biodisponível.

Se bem existe certa correlação entre os valores do magnésio iônico (iMg) e total (tMg), não é possível calcular ou usar uma equação de ajuste para determinar o iMg a partir do tMg, visto que os valores correspondentes a cada fração em que o Mg^{2+} está armazenado possuem grande variação e a porção de iMg pode ser facilmente alterada. A diferença entre iMg e tMg pode ser ainda maior em períodos críticos, como o período pós-parto.

2.2 Influxo e efluxo de magnésio

Devido a que o Mg^{2+} não tem uma regulação por feedback hormonal como no Ca, manter os níveis de magnésio dentro dos valores de referência não é simples. A sua concentração plasmática é mantida devido o influxo e efluxo do que é consumido e absorvido, e do que é excretado nas fezes, urina, leite e outros metabólitos e por isso, sua concentração pode facilmente ser alterada. Da fração armazenada nos

ossos, apenas 30% podem ser utilizados e mesmo assim não estão prontamente disponível para o animal em tempos de déficit (Martens et al., 2018).

Podemos definir esta relação entre o influxo e efluxo em uma vaca adulta e não gestante como uma equação simples, onde a concentração plasmática do Mg^{2+} depende do influxo do trato gastrointestinal para o espaço extracelular (EEC), e do efluxo do EEC para o leite, para as secreções endógenas e ainda para a excreção renal do excedente (Figura 1).

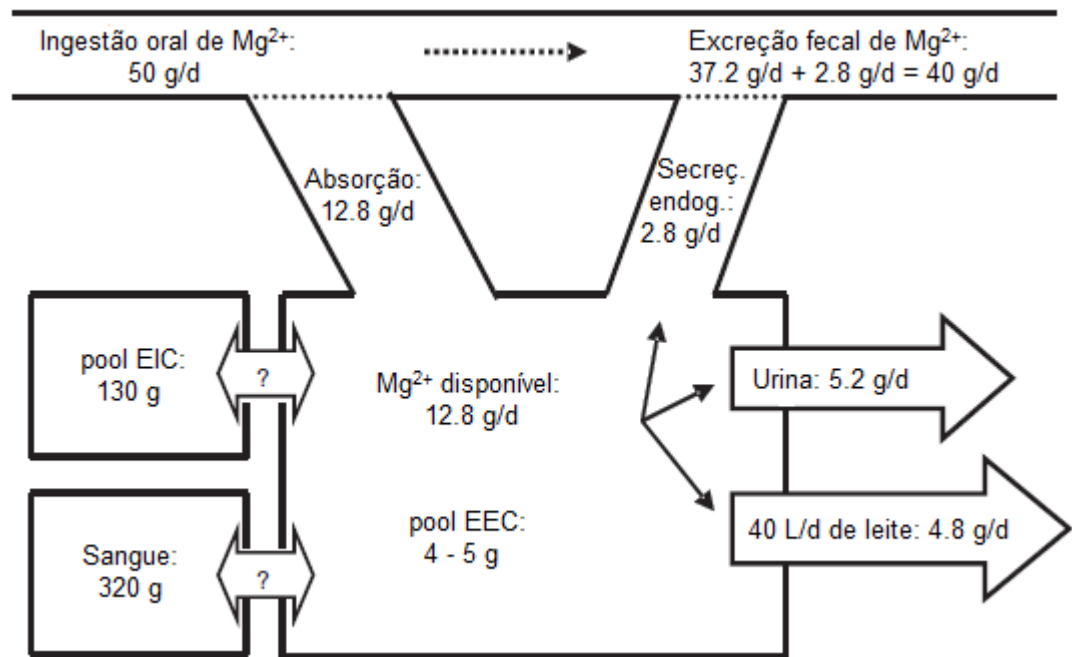


Figura 1: Regulação da homeostase do magnésio em vacas leiteiras não gestante. Fonte: Adaptado de Martens et al., 2018.

O Mg^{2+} possui absorção no intestino e no rumem, sendo este último o principal local de absorção de magnésio nos ruminantes. Quando a absorção ruminal é reduzida, a absorção no trato intestinal não será capaz de manter uma concentração sérica adequada (Martens et al., 2018). Em ovinos, cerca de 50 a 60% do total de Mg^{2+} é encontrado no líquido ruminal estratificado, sendo que esses valores estão relacionados e podem ser modificados de acordo com o tempo de permanência da dieta no rúmen e o tipo de dieta ingerida (Grace et al., 1988). Os principais fatores que vão determinar a digestão e absorção para a maioria dos minerais são o tamanho da partícula ingerida, o pH ruminal e os fatores correlacionados com os níveis séricos de outros macrominerais (Grace et al., 1988).

1 A absorção dos íons de magnésio é feita por transporte ativo, sendo este
2 transporte dependente de um potencial elétrico e de vários fatores correlacionados
3 com o nível sérico de outros macrominerais. Outra forma de absorção ruminal é pelo
4 transporte passivo, mas este depende que a concentração de Mg^{2+} no líquido ruminal
5 seja superior a 4 mmol/L, onde para vacas recém paridas é necessário disponibilizar
6 via dieta, cerca de 3,5 a 4 g de Mg^{2+} /kg de matéria seca para que o animal alcance
7 essa concentração e o transporte passivo seja realizado (Goff, 2006).

8 Valores de pH maiores que 6,0 promovem um comprometimento de sua
9 absorção, onde um pH mais baixo possibilita que a maior parte de Mg^{2+} contido no
10 conteúdo ruminal apresente-se na forma solúvel aumentando assim a sua absorção,
11 além de que a condutividade dos cátions pelos canais iônicos é maior em pH mais
12 baixo (Dalley et al., 1997; Schonewille et al., 2000). Dietas ricas em potássio, fósforo
13 e nitrogênio podem afetar os canais responsáveis pela absorção de Mg^{2+} , além disto,
14 provocar uma alteração de pH ruminal dificultando sua absorção (Fisher et al., 1994,
15 Rosol and Capen, 1996, Martens et al., 2018).

16 A ingestão deficiente de sódio também será responsável pela redução da
17 absorção de Mg^{2+} devido a sua relação com transporte ativo de Mg^{2+} pelo epitélio
18 ruminal. Além disso, para os animais que se alimentados com forragem pode ocorrer
19 a formação de alguns ácidos insaturados como palmítico, linolênico e linoleico que
20 juntamente com o Mg^{2+} formam sais de Mg^{2+} o tornando insolúvel e indisponível para
21 absorção no rúmen (Goff, 2006).

22 A excreção renal de Mg^{2+} é extremamente responsiva à quantidade que é
23 ingerida, ao PTH e a regulação do cálcio. Ocorre por um processo de filtração e
24 reabsorção, onde parte do Mg^{2+} filtrado é absorvida e o excedente é excretado na
25 urina. O aumento da excreção de Mg^{2+} ocorre quando a quantidade filtrada supera a
26 capacidade de reabsorção feita pelos túbulos renais, por outro lado, se o limiar renal
27 (0,7 à 0,75 mmol/L) de Mg^{2+} plasmático ficar abaixo do normal, praticamente todo o
28 Mg^{2+} filtrado é reabsorvido (De Rouffignac and Quamme, 1994; Schonewille and
29 Baynen, 2005; Martín-Tereso and Martens, 2014).

30 No leite, cerca de 120 mg/L de Mg^{2+} são excretados, em vacas recém paridas
31 a concentração de Mg^{2+} no colostro aumenta podendo chegar a 322 mg/L, e dentro
32 de 2 a 3 dias a concentração volta aos valores normais. Em vacas em lactação o
33 estoque extracelular de Mg^{2+} pode se esgotar rapidamente pois o efluxo de Mg^{2+} para
34 o leite é continuo mesmo quando o animal já apresente hipomagnesemia,

1 aumentando a necessidade de considerar o Mg^{2+} como um macromineral de atenção
2 no momento do parto e na produção leiteira (Goff, 2006; Martens et al., 2018).

3 Em caso de ingestão deficiente e maior excreção de magnésio para o leite, a
4 excreção renal será mínima e o balanço entre no influxo e efluxo não será considerado
5 como deficiente pelo organismo porque para o organismo tudo que está sendo
6 absorvido é utilizado. Desta maneira, não ocorre sinalização de deficiência e
7 consequentemente não há captação de magnésio a partir das reservas e se instala a
8 hipomagnesemia (Martín-Tereso and Martens, 2014).

10 **2.3 Distúrbios metabólicos**

11 Em geral, as desordens metabólicas são caracterizadas como uma
12 manifestação clínica ou subclínica da incapacidade de regulação das demandas
13 metabólicas do animal, onde os distúrbios mais frequentes nos bovinos leiteiros são:
14 cetose, lipidose hepática, acidose metabólica ou ruminal, hipocalcemia e
15 hipomagnesemia (Chapinal et al., 2011; Sundrum, 2015).

16 Os transtornos metabólicos são responsáveis por uma menor ingestão de
17 matéria seca, diminuição da motilidade de ruminal e intestinal, menor metabolização
18 e formação dos componentes do leite, baixa produtividade e maior susceptibilidade a
19 doenças metabólicas e infecciosas, em casos mais graves pode provocar disfunções
20 motoras e nervosas fazendo com que o animal perca a capacidade de se movimentar,
21 podendo ainda evoluir para a morte (Goff, 2006).

22 Durante o período de alta produção de leite, as demandas metabólicas de
23 vacas leiteiras afetam consideravelmente o estado imunológico do animal,
24 desempenho reprodutivo e qualidade e quantidade de leite produzido (Gross and
25 Bruckmaier, 2019). Acredita-se que cerca de 50% das vacas multíparas recém paridas
26 sofrem de algum distúrbio metabólico, principalmente a hipocalcemia clínica e
27 subclínica, contribuindo negativamente para a produção de leite (Neves et al., 2017).

28 Dentre as desordens metabólicas conhecidas, o baixo nível sérico de
29 magnésio denominado hipomagnesemia, afeta diversos animais domésticos, dentre
30 eles os ruminantes que podem apresentar ou não sintomatologia, ou evoluir para
31 morte súbita (Constable et al., 2017, Zelal, 2017). Esta deficiência pode ser
32 classificada como primária onde a ingestão de Mg^{2+} fornecida na dieta é insuficiente
33 (inferior a 1,3 g de Mg^{2+} /kg de MS), ou deficiência secundária que é resultante da

1 baixa absorção de Mg^{2+} no rúmen mesmo com o fornecimento de concentrações
2 adequadas proveniente da dieta (Care et al., 1984, Ram et al., 1998).

3 A sintomatologia associada a falta de Mg^{2+} está correlacionada com a
4 diminuição da sua concentração no líquido cefalorraquidiano e modulações das
5 funções do canal promovendo o mal funcionamento do sistema nervoso central, e
6 consequentemente causando sintomas neurológicos como contrações não
7 voluntárias musculares tetânicos, ataxia, decúbito e convulsões, evoluindo
8 posteriormente a morte (Martín-Tereso and Martens, 2014).

9 Os requerimentos de magnésio aumentam no final da gestação e início da
10 lactação por consequência do fluxo necessário para o desenvolvimento fetal final e
11 produção do colostro e leite (Martín-Tereso and Martens, 2014). A probabilidade de
12 desenvolver deficiência de Mg^{2+} em vacas á pasto é maior, uma vez que, a maioria
13 das gramíneas forrageiras apresentam concentração elevada de K^+ , que é um dos
14 antagonistas na absorção de Mg^{2+} , da mesma maneira o teor de Mg^{2+} nas gramíneas
15 é bastante variável em detrimento do tipo de solo e a alta adubação com potássio e
16 nitrogênio (Schonewille et al., 2000; Schonewille, 2013).

17 A ocorrência de hipomagnesemia em vacas que estão em sistema confinadas
18 é incomum, visto que normalmente as dietas são balanceadas para suprimir as
19 necessidades diárias dos animais (Donovan et al., 2004). Em dietas totais, a fonte de
20 Mg^{2+} vem da cultura utilizada para a silagem, dos grãos e da mistura mineral. Esta
21 última pode utilizar fontes de Mg^{2+} como o óxido de magnésio (MgO), o qual tem
22 biodisponibilidade variável de acordo com as características físicas e químicas, como
23 temperatura, tempo de exposição e tamanho de partícula que podem ser encontrados
24 no líquido ruminal (Bach et al., 2018).

25 A hipomagnesemia pode ser considerada um fator predisponente para a
26 instalação da hipocalcemia clínica, onde o inadequado fornecimento de magnésio na
27 dieta pré-parto é responsável por uma menor mobilização de cálcio no momento do
28 parto (Lean et al., 2006). O cálcio tem sua regulação hormonal regida pelo PTH e
29 através da reabsorção renal e a deficiência de Mg^{2+} que afeta a sensibilidade ao PTH
30 e ao 1,25-di-hidroxivitamina D, ocasiona em uma queda na homeostase de Ca^{2+} e
31 promove a hipocalcemia. Este distúrbio é responsável por casos de retenção de
32 anexos placentários, infecções uterinas, mastite, deslocamento de abomaso, cetose
33 diminuição da ingestão de matéria seca e queda na produção de leite (Goff, 2006,
34 Oetzel, 2014).

3. Considerações finais

Embora pesquisas com macrominerais, principalmente com cálcio sejam mais comuns, pouco se sabe em relação ao magnésio. Compreender melhor como funciona sua fisiologia e metabolismo, principalmente em tempos de déficit de sua concentração, é de suma importância para a produtividade e saúde de bovinos leiteiros em fase crítica como o período de transição.

A importância do magnésio está cada vez mais clara, quando nos referimos a animais de alta produtividade, pequenas variações no teor de minerais na dieta podem contribuir para uma melhor produtividade e saúde dos rebanhos. Já em relação a rebanhos de menor produção o entendimento da função de elementos como o Mg^{2+} no metabolismo dos bovinos pode evitar que distúrbios metabólicos ocorram, como por exemplo a ligação direta entre hipomagnesemia com a etiológica da hipocalcemia, além da sintomatologia que a deficiência de magnésio pode causar.

4. REFERÊNCIAS

- Bateman, S.W. (2017). A Quik Reference on Magnesium. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 47, p. 235 - 239.
- Bach, A., Guasch, I., Elcoso, G., Duclos, J., Khelil-Arfa, H. (2018). Modulation of rumen pH by sodium bicarbonate and a blend of different sources of magnesium oxide in lactating dairy cows submitted to a concentrate challenge. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 11, p. 9777 – 9788.
- Care, A.D., Brown, R.C., Farrar A.R., Pickard, D.W. (1984). Magnesium absorption from the digestive tract of sheep. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, v. 69(3), p. 577 - 587.
- Chapinal, N., Carson, M., Duffield, T.F., Capel, M., Godden, S., Overton, M., Santos, J.E.P. And Leblanc, S.J. (2011). The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*, v. 94, no. 10, p. 4897-4903. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4075>
- Chester-Jones, H., Fontenot, J.P., Veit, H.P., Webb, Jr.K.E. (1989). Physiological effects of feeding high levels of magnesium to sheep. *Journal of Dairy Science*, v. 67, p. 1070 - 1081.
- Constable, P.D., Hinchcliff, K.W., Done, S.H., Grünberg, W. (2017). *Veterinary Medicine*. 11th ed. Saunders Elsevier, St Louis, Missouri, p.1662 - 1706.
- Dalley, D.E., Isherwood, P., Sykes, A.R., Robson, A.B. (1997) Effect of in vitro manipulation of pH on magnesium solubility in ruminal and caecal digesta in sheep. *Journal of Agricultural Science*, v. 129, p. 107 - 111.
- De Rouffignac, C., Quamme, G.A. (1994). Renal Magnesium handling and its hormonal control. *Physiological Reviews*, v. 74, p. 305 - 322.
- Doncel, B., Capelesso, A. Giannitti, F., Cajarville, C., Macías-Rioseco, M., Silveira, C., Costa, R. A. (2019). Hypomagnesemia in dairy cattle in Uruguay. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 39, p. 564 - 572.
- Donovan, G. A., Steenholdt, C., McGehee, K., Lundquist, R. (2004). Hypomagnesemia among cows in a confinement-housed dairy herd. *Scientific Report: Clinical Reports*, v. 224, p. 96 - 99.
- Fisher, L.J., Dinn, N., Tait, R.M., Shelford, J.A. (1994). Effect of level of dietary potassium on the absorption and excretion of calcium and magnesium by lactating cows. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 74(3), p. 503 - 509.
- Goff, J.P. (2006). Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. *Animal Feed Science and Technology*, v. 126, p. 237 - 257.
- Grace, N.D., Caple, I.W., Care, A.D. (1988) Studies in sheep on the absorption of magnesium from a low molecular weight fraction of the reticulo-rumen contents. *British Journal of Nutrition*, v. 59, p. 93 - 108.
- Gross, J.J., Bruckmaier, R.M. (2019). *Invited review: Metabolic challenges and adaptation during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: Perspectives for sustainable milk production*. *Journal of Dairy Science*, v. 102, p. 2828 - 2843.

- 1 Lean, I. J., DeGaris, P. J., McNeil, D. M., Block, E. (2006). Hypocalcemia in dairy cows:
2 Meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited. *Journal of Dairy*
3 *Science*, v. 89, p. 669 - 684.
- 4 Li, F.Y., Chaigne-Delalande, B., Kanellopoulou, C., Davis, J.C., Matthews,
5 H.F., Douek, D.C., Cohen, J.I., Uzel, G., Su, H.C., Lenardo, M.J. (2011). Second
6 messenger role for Mg²⁺ revealed by human T-cell immunodeficiency. *Nature*, v. 475,
7 p. 471 - 476.
- 8 Martens, H., Leonhard-Marek, S., Röntgen, M., Stumpff, F. (2018). Magnesium
9 homeostasis in cattle: absorption and excretion. *Nutrition Research Reviews*, v. 31, n
10 1, p. 1 - 17.
- 11 Martens, H., Stumpff, F. (2019). Assessment of magnesium intake according to
12 requirement in dairy cows. *Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 103, p. 1023 -
13 1029.
- 14 Martín-Tereso, J., Martens, H. (2014). Calcium and magnesium physiology and
15 nutrition in relation to the prevention of milk fever and tetany (dietary management of
16 macrominerals in preventing disease). *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, v.
17 30(3), p. 643 - 670.
- 18 Moreira, T.F., Facury Filho, E.J., Costa, A.L.B.S.A., Meneses, R.M., Casagrande, F.P.,
19 Leme, F.O.P., Uribe, J.A.Z., Carvalho A.U. (2017). Mineral profile of crossbred F1
20 Holstein x Gyr dairy cows during the transition period in summer and winter. *Arquivo*
21 *Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 69, p. 1013 - 1020.
- 22 Murray, R.K., Weil, P.A. Membranes: structure et fonction. In: Bender, D.A., Botham,
23 K.M., Kennelly, P.J., Rodwell, V.W., Weil, P.A. Biochimie de Harper. 6th ed. Amgh
24 Editora. 2017, p. 477 - 497.
- 25 National Research Council Nutrient Requirements of Dairy Cattle National Academy
26 Press, Washington, DC (2001).
- 27 Neves, R.C., Leno, B.M., Stokol, T., Overton, T.R., McArt, J.A.A. (2017). Risk fator
28 associated with postpartum subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Journal of Dairy*
29 *Science*, v. 100, p. 3796 - 3804.
- 30 Oetzel, G.R. (2014). Undertaking nutritional diagnostic investigations. *Veterinary*
31 *Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 30, p. 765 - 788.
- 32 Ram, L., Schonewille, J.T., Martens, H., Van't Klooster, A.T., Beynen, A.C. (1998).
33 Magnesium absorption by wethers fed potassium bicarbonate in combination with
34 different dietary magnesium concentrations. *Journal of Dairy Science*, v. 81, n. 9, p.
35 2485 - 2492.
- 36 Rosol, T., Capen, C. (1996). Pathophysiology of calcium, phosphorus and magnesium
37 metabolism in animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v.
38 26, n. 5, p. 1155 - 1184.
- 39 Rude, R.K. (1998). Magnesium deficiency: a cause of heterogeneous disease in
40 humans. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 13, n. 4, p. 749 - 758.
- 41 Schonewille, J.Th., Van 't Klooster, A.Th., Cone, J.W., Kalsbeek-Van der Valk, H.J.,
42 Wouterse, H., Beynen, A.C. (2000). Neither native nor popped cornmeal in the ration
43 of dry cows affects magnesium absorption. *Livestock Production Science*, v. 63, p. 17
44 - 26.

- 1 Schonewille, J.T., Beynen, A.C. (2005). Reviews on the mineral provision in ruminants
2 (III): Magnesium metabolism and requirement in ruminants. *CVB Documentation Report*,
3 n. 35, p. 14 - 26.
- 4 Schonewille, J.T. (2013). Magnesium in dairy cow nutrition: an overview. *Plant Soil*, v.
5 368, p. 167-178.
- 6 Sordillo, L.M., Raphael, W. (2013). Significance of metabolic stress, lipid mobilization,
7 and inflammation on transition cow disorder. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*,
8 v. 29, p. 267 - 278.
- 9 Sundrum, A. (2015). Metabolic Disorders in the transition period indicate that the dairy
10 cows ability to adapt is overstressed. *Animals*, v. 5, n. 4, p. 978 - 1020.
- 11 Tsiamadis, V., Banos, G., Panousis, N., Kritsepi-Konstantinou, M., Arsenos, G.,
12 Valergakis, G.E. (2016). Genetic parameters of calcium, phosphorus, magnesium, and
13 potassium serum concentrations during the first 8 days after calving in Holstein cows.
14 *Journal of Dairy Science*, v. 99, p. 1 - 10.
- 15 Zelal, A. (2017). Hypomagnesemia tetany in cattle. *Journal Advances Dairy Research*,
16 v. 5, n. 2, p.1 - 9.
- 17 Zheng, J., Mao, X., Ling, J., Chen, C., Zhang, W. (2016). Role of magnesium
18 transporter subtype 1 (MagT1) in the osteogenic differentiation of rat bone marrow
19 stem cells. *Biological Trace Element Research*, v. 171, n. 1, p. 131 - 137.

20

21

CAPÍTULO 2

Avaliação da viabilidade de amostras para análise de concentração iônica de cálcio e magnésio em vacas mestiças.

Resumo

O Cálcio (iCa) e Magnésio (iMg) ionizado no plasma são as frações prontamente disponíveis, sendo assim, a sua determinação é mais precisa para indicar o estado fisiológico animal. O objetivo do presente estudo foi avaliar a viabilidade de amostras de sangue fresco resfriado em relação ao tempo e o armazenamento de amostras de para determinar possíveis alterações nas concentrações parâmetros sanguíneos. A pesquisa foi composta em duas etapas, em que todas as análises foram feitas com vacas mestiças em lactação criadas a pasto. Em um primeiro momento foi avaliado o sangue fresco de 15 vacas, as análises eram realizadas em tempos diferentes (T0, T4, T8, T12 e T24), com o material mantido a 6°C. Para as amostras foi utilizado seringas heparinizadas com lítio, e analisadas por hemogasometria. Os valores de significância estatística foram calculados usando o teste t de Student. Observa-se que a amostra de sangue, sob refrigeração, apresentou resultados onde o iMg, iCa e o Na⁺ foram estáveis por pelo menos 12 horas. Em segunda avaliação com 20 vacas utilizando sangue fresco, soro sanguíneo fresco e soro sanguíneo congelado por no mínimo 7 dias. Para a amostra de sangue fresco foi utilizada seringa heparinizada com lítio, e para as amostras de soro sanguíneo foi utilizado um sistema a vácuo em tubos estéreis sem anticoagulante, centrifugadas e o soro armazenado em Eppendorfs® e posteriormente congeladas. A concentração iMg se manteve estável tanto para o material fresco quanto para o congelado por 7 dias (P = 0,90 e 0,96 respectivamente), demonstrando que seu tempo de conservação se estende quando se utiliza soro sanguíneo congelado. O maior tempo em que o sangue e o soro sanguíneo se mantêm conservados pode melhorar a logística entre a coleta de material na propriedade rural e a análise no laboratório. A determinação precoce de hipocalcemia e/ou hipomagnesemia auxiliará na tomada de decisões para prevenção e tratamento de deficiências ou problemas metabólicos.

Palavras-chave: hemogasometria, macromineral, soro sanguíneo

Abstract

Calcium (iCa) and Magnesium (iMg) ionized in plasma are the readily available fractions, so their determination is more accurate to indicate the animal's physiological state. The aim of the present study was to evaluate the viability of fresh chilled blood samples in relation to time and sample storage to determine possible changes in blood parameter concentrations. The research consisted of two stages, in which all analyzes were performed with lactating crossbred cows raised on pasture. At first, the fresh blood of 15 cows was evaluated, the analyzes were performed at different times (T0, T4, T8, T12 and T24), with the material kept at 6°C. For the samples, heparinized syringes with lithium were used, and analyzed by hemogasometry. Statistical significance values were calculated using Student's t-test. It is observed that the blood sample, under refrigeration, showed results where iMg, iCa and Na⁺ were stable for at least 12 hours. In a second evaluation with 20 cows using fresh blood, fresh blood serum and frozen blood serum for at least 7 days. For the fresh blood sample, a heparinized syringe with lithium was used, and for the blood serum samples, a vacuum system was used in sterile tubes without anticoagulant, centrifuged and the serum stored in Eppendorfs® and subsequently frozen. The iMg concentration remained stable for both fresh and frozen material for 7 days (P = 0.90 and 0.96 respectively), demonstrating that its shelf-life extends when using frozen blood serum. The longer time that blood and blood serum are preserved can improve the logistics between collecting material on the farm and analyzing it in the laboratory. Early determination of hypocalcemia and/or hypomagnesemia will help in making decisions to prevent and treat metabolic deficiencies or problems.

Keywords: hemogasometry, macromineral, serum blood

1 **Introdução**

2
3 Há mais de 100 anos que alterações na composição química de materiais
4 biológicos como sangue, urina e leite são estudadas e analisadas para identificação
5 de distúrbios clínicos, contudo apenas nos últimos 25 anos que se tem maior interesse
6 e atenção para a análise de alguns elementos sanguíneos como forma de
7 monitoramento da saúde dos rebanhos (Overton et al., 2017).

8 A utilização do sangue como material de análise para determinação de
9 desordens metabólicas é comum em diversas espécies. Em animais de produção, a
10 retirada, geralmente se faz de várias amostras antes do encaminhamento de todo o
11 material para análise, porém dependendo do material biológico e do tempo de coleta
12 até a análise laboratorial, podem ocorrer alterações dos parâmetros avaliados levando
13 a sub ou superestimação dos resultados (Menta et al., 2020).

14 Apesar da hipomagnesemia ser um dos distúrbios metabólicos de grande
15 importância para a bovinocultura leiteira, a determinação do status de magnésio é
16 difícil de ser estabelecida, como mostrado nos estudos de Schweigel et al. (2009)
17 onde mesmo vacas (saudáveis) que não apresentavam déficit na concentração de
18 Mg, quando submetidas a infusão intravenosa com magnésio, apresentaram redução
19 na excreção renal deste macromineral, indicando que o animal estaria em
20 hipomagnesemia.

21 A concentração de Mg^{2+} no organismo é difícil de ser mantida, visto que não
22 possui um sistema regulador como acontece no cálcio, onde o recrutamento do
23 estoque ósseo não está prontamente disponível. A relação iCa e iMg nos ossos é de
24 42 para 1 e se houvesse mobilização de Mg^{2+} na intenção de suprir sua deficiência
25 desestabilizaria a concentração de cálcio (Martens et al., 2018).

26 Alterações nas concentrações de iCa em amostras que foram armazenadas
27 comparadas com sangue fresco já foram relatadas em diversos trabalhos. No entanto,
28 a avaliação do iMg em rebanhos comerciais ainda não é uma prática comum. Além
29 disto, não se sabe se é possível que sua concentração não seja alterada pelo tempo
30 que leva da coleta do material até a análise e pelo tipo de material utilizado para
31 armazenamento. Diante disto, o presente estudo teve como objetivo analisar a
32 viabilidade de material fresco e congelado para determinar a estabilidade da
33 concentração iônica de cálcio e magnésio, de vacas mestiças a pasto.

1 **Materiais e métodos**

2 A pesquisa foi realizada em duas etapas: etapa 1: avaliação do tempo de
3 análise em que a amostra de sangue fresco total se mantém estável, e etapa 2:
4 avaliação da viabilidade de análise no sangue fresco, soro sanguíneo fresco e
5 congelado para avaliar alterações nas concentrações de diversos parâmetros. O
6 estudo foi realizado no período de outubro de 2020 a março de 2021. Todos os
7 animais utilizados nas duas etapas são da Fazenda escola da Universidade Federal
8 de Jataí e os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética
9 no Uso de Animais – CEUA da UFJ de acordo com o protocolo número N010/20.

10 Para a etapa 1, foram utilizadas 15 vacas mestiças Holstein x Gir em lactação,
11 com produção média de 10L/vaca/dia, e dieta basicamente composta por capim
12 Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) com suplementação de concentrado a
13 base de milho e farelo de soja durante a lactação. Foram coletados 4,0 mL de sangue
14 da artéria coccígea de cada vaca após assepsia do local com álcool 70%, com seringa
15 específica para a realização do exame de hemogasometria (Seringa heparinizada, c/
16 lítio SARSTEDT MONOVETTE Brasil). Após a coleta, o material era homogeneizado
17 e acondicionado em caixa de isopor com gelo, e encaminhado imediatamente para o
18 laboratório do Hospital Veterinário UFJ, onde as análises eram realizadas com
19 aparelho específico de hemogasometria (PRIMEVET Plus®, NOVA BIOMEDICAL,
20 USA). A primeira análise foi realizada em até uma hora após a coleta do sangue (T0).
21 Posteriormente, as seringas foram mantidas em geladeira em temperatura de 6°C,
22 sendo as demais análises realizadas em duplicada após 4 horas (T4), 8 horas (T8),
23 12 horas (T12) e 24 horas (T24) da coleta do material. Para a realização das análises,
24 as seringas eram retiradas da geladeira, mantidas em temperatura ambiente e
25 homogeneizadas por 1 minuto.

26 Para a segunda etapa, foram utilizadas 20 vacas mestiças Holstein x Gir em
27 lactação, com produção média de 10L/vaca/dia, e dieta basicamente composta por
28 capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) com suplementação de
29 concentrado a base de milho e farelo de soja durante a lactação. As coletas
30 sanguíneas foram realizadas em duas parcelas, sendo as mesmas realizadas no
31 mesmo momento. Para primeira parcela, foi retirado 2,0 mL de sangue por punção da
32 artéria coccígea configurando o grupo sangue fresco (F) utilizando seringas
33 específicas para a realização do exame de hemogasometria (Seringa heparinizada, c/
34 lítio SARSTEDT MONOVETTE Brasil). Logo após, para a segunda parcela, foram

coletados 8,0 mL de sangue por punção da artéria coccígea em tubos de 10,0 mL com vácuo, esterilizados e sem anticoagulante.

Todo o material foi acondicionado em caixa de isopor com gelo e encaminhado para o Laboratório do Hospital Veterinário UFJ para análise, onde a amostra F foi analisada com intervalo máximo de 1 hora da coleta. Os tubos a vácuo esterilizados passaram por processo de centrifugação, o soro sanguíneo foi separado e acondicionado em Eppendorf® em duas alíquotas de 1 mL cada. Uma das alíquotas de soro sanguíneo foi analisada no momento em que o soro era liberado, configurando o tratamento soro fresco (Sf) e, o restante das amostras de soro foram congeladas (SCon) a -20°C por 7 dias até o momento da análise. O processo de descongelamento foi realizado com os Eppendorfs® em temperatura ambiente.

Para realização do exame de hemogasometria, as seringas e os Eppendorfs® foram homogeneizados e analisados em duplicata. O hemogasómetro forneceu valores referentes à: cálcio ionizado (iCa), magnésio ionizado (iMg), potássio (K⁺), sódio (Na⁺), glucose (Glu), lactato (Lac), pressão parcial de Oxigênio (paO₂), pressão parcial de Dióxido de Carbono (paCO₂) e pH.

Os dados da hemogasometria dos diferentes estudos foram analisados separadamente, realizando a comparação das amostras e submetidos à análise de variância (ANOVA), modelo univariável (teste F $P < 0,05$) e teste de Tukey. Para tal, o programa Statistical Analysis System – SAS, Versão 9.3 (SAS Institute, Cary NC), foi utilizado.

Resultados

As coletas de sangue foram realizadas sem causar maior estresse aos animais com procedimentos de contenção adequados e sem afetar a rotinas da fazenda (Ollé et al., 2021). A utilização da variação de tempo e materiais diferentes auxilia no esclarecimento do comportamento dos parâmetros analisados em diversas situações, podendo assim, fazer com que a análise de iMg por exemplo se torne uma prática mais frequente em rebanhos leiteiros.

No primeiro experimento com sangue fresco foi possível observar que parâmetros como cálcio iônico e sódio ($P = 0,99$ para ambos) não apresentaram alterações em suas concentrações durante todo o período de estudo (Tabela 1). Já para magnésio iônico e lactato sua estabilidade foi mantida até 12 horas de armazenamento.

Tabela 1. Média ($\pm$ erro padrão da média) das concentrações de cálcio ionizado, magnésio ionizado, potássio, sódio, glucose e lactato em sangue fresco a diferentes tempos de análise em vacas mestiças em lactação.

	T0	T4	T8	T12	T24
iCa, mmol/L	$1,23 \pm 0,01^a$	$1,23 \pm 0,01^a$	$1,23 \pm 0,01^a$	$1,23 \pm 0,01^a$	$1,23 \pm 0,01^a$
iMg, mmol/L	$0,72 \pm 0,01^a$	$0,70 \pm 0,01^a$	$0,70 \pm 0,01^a$	$0,69 \pm 0,01^{ab}$	$0,67 \pm 0,01^b$
K ⁺ , mmol/L	$4,45 \pm 0,10^a$	$4,53 \pm 0,09^a$	$4,62 \pm 0,10^{ab}$	$4,72 \pm 0,11^{ab}$	$5,01 \pm 0,14^b$
Na ⁺ , mmol/L	$137,8 \pm 0,72^a$	$137,8 \pm 0,70^a$	$137,7 \pm 0,73^a$	$138,0 \pm 0,73^a$	$137,5 \pm 0,90^a$
Glu, mg/dL	$67,35 \pm 1,01^a$	$66,28 \pm 0,99^{ab}$	$63,14 \pm 1,01^{bc}$	$60 \pm 0,88^{cd}$	$57,91 \pm 1,25^d$
Lac, mmol/L	$0,97 \pm 0,15^a$	$1,2 \pm 0,17^a$	$1,57 \pm 0,25^{ab}$	$1,93 \pm 0,31^{bc}$	$2,53 \pm 0,35^c$

T0 = análise em até 1 hora da coleta do material, T4 = análise com 4 horas da coleta do material, T8 = análise com 8 horas da coleta do material, T12 = análise com 12 horas da coleta do material, T24 = análise com 24 hora da coleta do material. iCa = cálcio iônico, iMg = magnésio iônico, K⁺ = potássio, Na⁺ = sódio, Glu = glucose, Lac = lactato. ^{a, b, c, d} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as concentrações médias de íons (P<0,05).

No experimento B, as médias das concentrações do sangue fresco e soro sanguíneo congelado por 7 dias, permitem observar que apenas para iMg a concentração se manteve estável (Tabela 2). Para os demais macrominerais e elementos analisados houve diferença entre o material fresco e o plasma congelado.

Tabela 2. Média ($\pm$ EPM) das concentrações de magnésio iônico, potássio, cálcio iônico, lactato e pH em exame de hemogasometria comparando sangue fresco (F) e soro sanguíneo congelado (SCon).

	F	SCon	Valor P
iMg, mmol/L	$0,68 \pm 0,02^a$	$0,68 \pm 0,01^a$	0,90
K ⁺ , mmol/L	$4,30 \pm 0,09^a$	$4,58 \pm 0,08^b$	0,03
iCa, mmol/L	$1,21 \pm 0,01^a$	$1,07 \pm 0,01^b$	<0,01
Lac, mmol/L	$0,87 \pm 0,11^a$	$2,68 \pm 0,25^b$	<0,01
pH	$7,50 \pm 0,01^a$	$7,77 \pm 0,01^b$	<0,01

iMg = magnésio iônico, K⁺ = potássio, iCa = cálcio iônico, Lac = lactato, pH = potencial de hidrogênio. ^{a, b} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as concentrações médias de íons (P<0,05).

Já quando comparamos sangue fresco, soro sanguíneo fresco e soro sanguíneo congelado foram observadas as mesmas mudanças apresentadas na Tabela 2. Apenas iMg não teve alterações em sua concentração (Tabela 3). Já ao

comparar apenas sangue e soro frescos, não foram observadas diferenças para iCa, potássio e pH. Como era de esperar o teor de lactato aumentou nas amostras de soro.

Tabela 3. Média ($\pm$ EPM) da concentração de magnésio iônico, potássio, cálcio iônico, lactato e pH por hemogasometria, comparando sangue fresco (F), soro sanguíneo fresco (Sf) e soro congelado (SCon) em vacas mestiças em lactação.

	F	Sf	SCon	Valor P
iMg, mmol/L	$0,76 \pm 0,03^a$	$0,75 \pm 0,02^a$	$0,76 \pm 0,02^a$	0,96
K ⁺ , mmol/L	$4,37 \pm 0,12^a$	$4,71 \pm 0,07^{ab}$	$4,78 \pm 0,08^b$	0,01
iCa, mmol/L	$1,20 \pm 0,01^a$	$1,18 \pm 0,01^a$	$1,09 \pm 0,02^b$	<0,01
Lac, mmol/L	$0,78 \pm 0,10^a$	$2,00 \pm 0,26^b$	$2,41 \pm 0,42^b$	<0,01
pH	$7,50 \pm 0,01^a$	$7,57 \pm 0,02^a$	$7,73 \pm 0,03^b$	<0,01

iMg = magnésio iônico, K⁺ = potássio, iCa = cálcio iônico, Lac = lactato, pH = potencial de hidrogênio.
a, b, c Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as concentrações médias de íons (P<0,05).

Em relação à pressão parcial de oxigênio (PO₂) e a pressão parcial de dióxido de carbono (PCO₂), que nos indicam possíveis distúrbios na oxigenação, como era de esperar, os dois parâmetros se tornam inexpressivos ou em taxas não calculáveis quando analisados nas amostras de soro sanguíneo fresco ou congelado. Diferentemente das taxas encontradas em sangue fresco onde o paO₂ teve média de 137,7 mm Hg, e para o paCO₂ a média foi de 30,8 mm Hg.

Discussão

A utilização de manejo e contenção que evitem o maior estresse do animal contribui de forma positiva para minimizar as alterações sanguíneas que o estresse pode causar. Animais em condição de estresse apresentam aumento do cortisol circulante, aumento da frequência respiratória, aumento da temperatura corporal, maior produção de radicais livres, aumento da concentração de lactato, diminuição da disponibilidade da glicose para células (Slimen et al., 2016, Macedo et al., 2012). Garantir que as condições de manejo sejam adequadas para diminuir o estresse dos animais participantes do estudo asseguram que os resultados sejam mais precisos e não apresente alterações externas a condição do animal.

O soro sanguíneo é um material bastante rico e pode ser utilizado para análise de diversos parâmetros como macrominerais, microminerais, hormônios, metabólitos entre outros (Hernandes et al., 2017). Além disto, o soro sanguíneo pode ser utilizado

1 tanto fresco como congelado, dando assim uma maior flexibilidade para a análise e
2 armazenamento das amostras (Pinto et al., 2014). No entanto, a estabilidade de
3 alguns componentes do sangue pode apresentar alterações de suas concentrações
4 conforme o tempo para a realização do exame, processamento do material utilizado
5 e temperatura (Menta et al., 2020).

6 Quando observamos os resultados obtidos ao comparar diferentes tempos da
7 coleta à análise (Experimento A), tivemos estabilidade de no mínimo 12 horas para a
8 maioria dos elementos testados. Oddoze et al. (2012) em pesquisa em humanos,
9 observaram que o cálcio total teve estabilidade por 24 horas em temperatura de
10 refrigeração quando armazenado em seringas com heparina lítica. Em nosso estudo,
11 encontramos a mesma estabilidade para o iCa até 24 horas. Encontramos o mesmo
12 comportamento de estabilidade nas concentrações de sódio, mas ligeiras mudanças
13 em seus teores, teriam pouca relevância clínica (CLSI, 2000). Nesse sentido, pode-
14 se afirmar que as concentrações de cálcio e sódio não se alteram em sangue fresco
15 armazenado em baixas temperaturas utilizando seringas com heparina lítica.

16 Ainda na pesquisa de Oddoze et al. (2012), ao analisar a concentração de
17 magnésio total, tiveram resultados semelhantes aos nossos, demonstrando que
18 ambos (iMg e tMg) ficam estáveis até 12 horas, provavelmente a estabilidade após
19 este tempo diminui devido ao contato prolongado com células e constituintes
20 intracelulares. Analisando a estabilidade de eletrólitos em sangue total armazenado a
21 temperatura de 4°C em tubos com heparina lítica, Menta et al. (2020) demonstrou que
22 o magnésio iônico de bovinos teve estabilidade de suas concentrações até 8 horas.
23 Utilizando a mesma metodologia destes pesquisadores, foi possível observar que não
24 houve alteração nas concentrações de iMg até 12 horas de refrigeração. Já para o
25 potássio a baixa temperatura seria responsável pela inibição da bomba de sódio-
26 potássio e por isso ocasionaria aumento de sua concentração. De acordo com Oddoze
27 et al. (2012), em humanos, a concentração se manteria até 6 horas de refrigeração,
28 mas em nosso estudo com bovinos estenderíamos essa estabilidade até 8 horas de
29 armazenamento.

30 Assim como para a Menta et al. (2020), a estabilidade da concentração de
31 glucose em refrigeração foi de apenas 8 horas. Os resultados que observamos em
32 relação a glucose e ao lactato, apresentam o mesmo padrão encontrado por Oddoze
33 et al. (2012). A estabilidade da glucose só é mantida em maior tempo de conservação
34 quando o sangue total é armazenado em tubos específicos de fluoreto de sódio, que

1 é responsável por inibir a glicólise. Quando utilizamos as seringas heparinizadas, não
2 evitamos a glicólise e por isso que com o passar do tempo a concentração de glucose
3 vai caindo. Esse processo também pode explicar o aumento no teor de lactato que se
4 forma como subproduto da glicólise.

5 Em relação aos resultados do sangue fresco, soro sanguíneo fresco e
6 congelado (Tabela 3), a média observada para a concentração de magnésio iônico
7 não teve diferença. A análise de sangue total fresco e soro sanguíneo fresco para
8 determinar a concentração de iMg já citada por alguns pesquisadores (Oddoze et al.,
9 2012; Menta et al., 2020), onde o maior tempo de estabilidade encontrado foi de 8
10 horas quando conservado a 4°C. Apesar de não se ter muitos relatos com a
11 concentração tanto de magnésio total como o do ionizado, principalmente em bovinos,
12 nosso estudo demonstra que sua estabilidade pode se estender para 7 dias quando
13 utilizado soro sanguíneo congelado. Com estes resultados podemos afirmar que esta
14 estabilidade encontrada para o iMg facilita a logística entre propriedade rural e
15 laboratório, sendo possível fazer coleta de diversos animais e enviar todo o material
16 para o laboratório, mesmo que este esteja distante da propriedade, sem que haja o
17 comprometimento dos resultados.

18 As médias da concentração de potássio mostram que para este macromineral
19 o melhor material a ser utilizado é o sangue fresco total. Em pesquisa utilizando um
20 medidor portátil, Megahed et al. (2016) verificou que a concentração de K^+ no sangue
21 total pode chegar a ser 2,1% maior que no plasma, diferente do que encontramos em
22 que a concentração de K^+ aumentou no soro sanguíneo fresco e congelado. As
23 alterações nas concentrações encontradas possuem causa desconhecida, mas de
24 acordo com os autores é necessário utilizar um fator de correção para a análise deste
25 macromineral tanto em sangue quanto em soro sanguíneo.

26 Observamos também uma queda consistente da concentração de cálcio
27 iônico quando o soro foi congelado quando comparado com sangue ou o próprio soro
28 fresco. A heparina lítica é o anticoagulante mais recomendado e mesmo assim, deve-
29 se ter cuidado com a dosagem utilizada, concentrações maiores desta poliamina pode
30 causar a sua ligação com o iCa com sais de heparina levando a uma subestimação
31 de sua concentração. A utilização de seringas com heparina balanceada para cálcio,
32 em sua formulação tem cálcio adicionado para equilibrar a ligação com a heparina, o
33 que minimiza erros de sua concentração (Toffaletti et al., 1991).

1 Para alguns parâmetros, o tipo de material utilizado para a mensuração de
2 sua concentração pode apresentar resultados diferentes, como na análise de Indrova
3 et al. (2020) em que as concentrações de paO_2 e paCO_2 foram diferentes quando
4 analisados em fluido folicular ovariano e sangue venoso, assim como Santos (2020)
5 ao avaliar estes parâmetros em sangue arterial também obteve resultados diferentes
6 quando comparado com sangue venoso.

7 Um segundo fator que pode ter levado a alteração das concentrações de iCa
8 se deve a alteração do pH, pois em casos de elevação do pH pode ocorrer um
9 aumento da ligação da albumina com o iCa (Baird, 2011). Quando o soro sanguíneo
10 foi separado, houve perda consistente de CO_2 que leva a um aumento do pH
11 justificando a menor concentração de iCa que foi encontrado no soro congelado. No
12 presente estudo, os valores de pH apresentaram alteração de suas concentrações
13 devido ao tipo de material e conservação da amostra.

14 Diminuição nos valores de iCa também podem ocorrer ao separar o soro
15 sanguíneo a partir do sangue fresco porque o cálcio faz parte da cascata de
16 coagulação e, uma parte seria perdido pela formação do coagulo sanguíneo. Há
17 recomendação da utilização de tubos com anticoagulante para a determinação de iCa ,
18 porém a escolha de qual produto usar é importante (Baird, 2011; Jin and Gopinath,
19 2016). No presente estudo, no entanto, não foram observadas diferenças entre os
20 teores de iCa de sangue e soro frescos. Nesse sentido pode que o aumento de pH no
21 material utilizado seja mais determinante na queda da concentração de iCa .

22 O aumento da concentração de lactato também causa uma queda na
23 concentração de cálcio, pois é umas das formas que o cálcio se encontra ligado no
24 líquido extracelular, sendo assim a maior concentração de lactato irá causar um
25 aumento das ligações com cálcio. A concentração de lactato está intimamente ligada
26 a concentração de CO_2 e pH, onde uma diminuição de CO_2 e o aumento do pH leva a
27 uma maior formação de ácido láctico (Baird, 2011).

29 **Conclusão**

30 A estabilidade de iCa e iMg por até 12 horas em sangue fresco resfriado, em
31 análises de hemogasometria, abre possibilidade de fazer coletas a campo e
32 transportar as amostras a laboratório sob as condições estabelecidas de refrigeração
33 para a determinação precoce de hipocalcemia e/ou hipomagnesemia subclínica. Além
34 disto a estabilidade encontrada com a utilização do soro sanguíneo congelado

- 1 viabilizando a análise de iMg por um prazo ainda maior (7 dias), melhorando ainda
- 2 mais esta logística. Com relação ao cálcio, existe a necessidade de novos estudos
- 3 para determinar um melhor intervalo para análise em material congelado, melhorando
- 4 a sua conservação possibilitando maiores prazos de viabilidade, até sua análise.
- 5

1 REFERÊNCIAS

- 2 Baird, G.S. (2011). Ionized calcium. *Clinica Chimica Acta*, v. 412, p. 696 - 701.
3 <https://doi.org/10.1016/j.cca.2011.01.004>
- 4 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). (2000). C29–A2: Standardization
5 of Sodium and Potassium Ion-Selective Electrode Systems to the Flame Photometric
6 Reference Method. 2nd ed. CLSI, Wayne, PA
- 7 Hernandres, V.V, Barbas, C., Dudzik, Danuta. (2017). A review of blood sample
8 handling and pre-processing metabolomics studies. *Electrophoresis*, v. 38, p. 2232 –
9 2241. DOI 10.1002/elps.201700086
- 10 Indrova, E. Andrlíkova, M., Bina, V., Dolezel, R., Lapatarova, M., Novakova, J.,
11 Zavadilova, M., Cech, S. (2020). Acid-base balance parameters of follicular fluid and
12 venous blood in cattle. *Acta Veterinaria Brno*, v. 89, p. 3 – 10.
13 <https://doi.org/10.2754/avb202089010003>
- 14 Jin, Ng.Z. and Gopinath, S.C.B., (2016). Potential blood clotting factors and
15 anticoagulants. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 84, p. 356 - 365.
16 <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.09.057>
- 17 Macedo, G.G., Zúccari, C.E.S.N., Costa e Silva, E.V. (2012). Efeito do estresse na
18 eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*,
19 v. 36, n. 1, p 10 - 17.
- 20 Martens, H., Leonhard-Marek, S., Röntgen, M., Stumpff, F. (2018). Magnesium
21 homeostasis in cattle: absorption and excretion. *Nutrition Research Reviews*, v. 31,
22 no. 1, p. 1 - 17. <https://doi.org/10.1017/S0954422417000257>
- 23 Megahed, A.A., Hiew, M.W.H, Constable, P.D. (2016). Evaluation of 2 portable ion-
24 selective electrode meters for determining whole blood, plasma, urine, milk, and
25 abomasal fluid potassium concentrations in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.
26 99, p. 7330 - 7343. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10821>
- 27 Menta P.R., Batchelder T.A., Neves R.C. (2020). Technical note: Effect of delayed
28 analysis of cooled lithium-heparinized whole blood on the stability of ionized calcium,
29 ionized magnesium, sodium, potassium, chloride, glucose, and lactate in samples from
30 dairy. *Journal of Dairy Science*, v. 103, no. 2, p. 5509 - 5513.
31 <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17683>
- 32 Oddoze, C., Lombard, E. And Portugal, H. (2012). Stability study of 81 analytes in
33 human whole blood, in serum and in plasma. *Clinical Biochemistry*, v. 45, no. 6, p. 464
34 - 469. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2012.01.012>
- 35 Ollé, M.A., Oliveira, C.A., Lopes, L.S., Barbosa, A.A., Feijó, J.O., Rabassa, V.R.,
36 Corrêa, M.N., Brauner, C.C., Del Pinto, F.AB. (2021). Bem-estar animal e dor – uma
37 revisão sobre mudanças comportamentais em bovinos. *Archivos de Zootecnia*, v.70,
38 n. 270, p. 214 - 221.
- 39 Overton, T.R., Mcart, J.A.A., Nydam, D.V. (2017). A 100-year review: Metabolic health
40 indicators and management of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.100, n. 12, p.
41 10398 - 10417. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13054>
- 42 Pinto, J., Domingues, M.R.M., Galhano, E., Pita, C., Almeida, M.C., Carreira, I.M., Gil,
43 A.M. (2014). Human plasma stability during handling and storage: impact on NMR
44 metabolomics. *Analyst*, v. 139, p. 1168 – 1177. DOI: [10.1039/C3AN02188B](https://doi.org/10.1039/C3AN02188B)

- 1 Santos, A.L.L.P. Consequences of varying dietary starch content on metabolic status
2 and production levels in dairy cows. (Dissertação de Mestrado em Engenharia
3 Zootecnia). Faculdade de Medicina Veterinária, Instituto Superior de Agronomia,
4 Universidade de Lisboa. Lisboa, p. 70. 2020.
- 5 Schweigel, M., Voigt, J., Mohr, E. (2009) Indication of intracellular magnesium
6 deficiency in lactating dairy cows revealed by magnesium loading and renal fractional
7 excretion. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 93, p. 105 - 112. DOI:
8 [10.1111/j.1439-0396.2007.00787.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2007.00787.x)
- 9 Slimen, B.I., Najar, T., Ghram, A., Abdrrabba, M. (2016). Hear stress effects on
10 livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Journal of Animal*
11 *Pysiollogy and Animal Nutrition*, n. 100, p. 401 - 412. DOI: [10.1111/jpn.12379](https://doi.org/10.1111/jpn.12379)
- 12 Toffaletti, J., P. Ernst, P. Hunt, and B. Abrams. (1991). Dry electrolyte-balanced
13 heparinized syringes evaluated for determining ionized calcium and other electrolytes
14 in whole blood. *Clinical Chemistery*, v.37, p. 1730 - 1733. [https: / / doi .org/ 10 .1093/](https://doi.org/10.1093/clinchem/37.10.1730)
15 [clinchem/ 37 .10 .1730](https://doi.org/10.1093/clinchem/37.10.1730)

CAPÍTULO 3

Concentrações de magnésio iônico no período de transição de vacas criadas a pasto na região sudoeste de Goiás.

Resumo

Distúrbios metabólicos provenientes do déficit de macrominerais são comuns em vacas leiteiras. O Magnésio é um macromineral que além de causar sintomatologia clínica quando em falta, também está correlacionado com a etiologia da hipocalcemia. O objetivo no presente trabalho foi determinar a concentração iônica do magnésio ao longo do período de transição. Foram utilizadas 26 vacas mestiças (Holstein x Zebu) a pasto no período de transição e, 25 animais confinados em sistema de *Compost Barn* em início de lactação. Os animais a pasto, foram avaliados 15 dias antes do parto previsto, no momento do parto, 15 e 30 dias de pós-parto nos animais a pasto e, 30 e 60 dias pós-parto para as vacas confinadas. Nas vacas a pasto foram retirados 2 mL de sangue da artéria coccígea em seringa específica. Nas vacas confinadas foram retirados 10 mL da mesma artéria e o soro sanguíneo obtido após centrifugação foi congelado em Eppendorf® até a realização da análise. Todo o material foi analisado em equipamento de hemogasometria. O iMg apresentou variação em sua concentração ao longo do período de estudo ($P < 0,01$), com os menores valores no período de pré-parto e parto (0,61 mmol/L e 0,64 mmol/L, respectivamente) que estariam abaixo do nível recomendado na literatura. Os valores referência para o iMg precisam ser definidos com dados de populações maiores, uma vez que, a maioria dos trabalhos tem concentrações de Mg total.

Palavras-chave: hemogasometria, período de transição, vacas a pasto

Abstract

Metabolic disorders arising from macromineral deficits are common in dairy cows. Magnesium is a macromineral that, in addition to causing clinical symptoms when lacking, is also correlated with the etiology of hypocalcemia. The objective of the present work was to determine the ionic concentration of magnesium over the transition period. Twenty-six crossbred cows (Holstein x Zebu) were used on pasture in the transition period, and 25 animals were confined in a Compost Barn system in early lactation. The animals on pasture were evaluated 15 days before the expected parturition, at the time of parturition, 15 and 30 days postpartum for animals on pasture and 30 and 60 days postpartum for confined cows. In cows on pasture, 2 mL of blood was removed from the coccygeal artery in a specific syringe. In confined cows, 10 mL were removed from the same artery and the blood serum obtained after centrifugation was frozen in Eppendorf® until the analysis was performed. All material was analyzed in blood gas analysis equipment. iMg varied in its concentration throughout the study period ($P < 0.01$), with the lowest values in the pre-partum and parturition period (0.61 mmol/L and 0.64 mmol/L, respectively) which would be below the level recommended in the literature. Reference values for iMg need to be defined with data from larger populations, since most works have total Mg concentrations.

Keywords: grazing cows, hemogasometry, transition period

1 Introdução

2 As desordens metabólicas provenientes da deficiência de macrominerais,
3 podem levar a complicações que afetam diretamente a saúde e produtividade das
4 vacas, principalmente durante o período de transição (Goff, 2006). Essas desordens
5 são caracterizadas como manifestações clínicas ou subclínicas da incapacidade de
6 regulação das demandas metabólicas do animal, onde os distúrbios mais frequentes
7 nos bovinos leiteiros são: cetose, lipidose hepática, acidose metabólica ou ruminal,
8 além de hipocalcemia e hipomagnesemia (Chapinal et al., 2011; Sundrum, 2015).

9 A diminuição da concentração de magnésio é mais comum em animais a
10 pasto, porem já existem relatos de vacas confinadas apresentando a tetania das
11 pastagens (Donovan et al., 2004). Por não apresentar uma regulação hormonal como
12 o cálcio, a manutenção da sua concentração em taxas normais é extremamente
13 complexa envolvendo fatores como o efluxo e influxo do que é consumido e excretado
14 (Martens et al., 2018), a sua interação com outros macrominerais (Fisher et al., 1994,
15 Rosol and Capen, 1996) e pH ruminal (Dalley et al., 1997; Schonewille et al., 2000).

16 A maioria dos estudos relacionados com a concentração de macrominerais
17 analisam a concentração total, que embora seja um método de maior acessibilidade
18 e menor custo, pode não ser o mais indicado. Isso ocorre, pois, a concentração iônica,
19 que é a parte biodisponível para o animal, pode ser inferior a concentração total,
20 inferindo falsa impressão de normalidade. Determinar os valores das concentrações
21 iônicas destes macrominerais de forma segura é de extrema importância para o
22 monitoramento da saúde e maior produtividade dos animais.

23 Diante disto, o presente estudo visa descrever e determinar os valores de
24 magnésio iônico ou alterações hemogasométricas durante o período de transição em
25 vacas leiteiras mestiças a pasto na região sudoeste de Goiás.

27 Materiais e Métodos

28 O projeto foi dividido em duas etapas, a primeira com animais da Fazenda
29 escola da Universidade Federal de Jataí e a segunda etapa em fazenda particular no
30 município de Quirinópolis. Todos os exames foram realizados após a aprovação do
31 Comissão de Ética no Uso de Animais de acordo com o número de protocolo N010/20.

32 Na avaliação de vacas a pasto, foram utilizadas 26 vacas no período de
33 transição, com média de produção de 10L/vaca/dia e sua dieta é basicamente
34 composta por capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) com

1 suplementação de concentrado a base de milho e farelo de soja durante a lactação.
2 No lote confinado, foram analisadas amostras de 25 vacas Holstein em início de
3 lactação confinadas em sistemas de tipo *Compost Barn*, a média de produção das
4 vacas estudadas é aproximadamente 32L/vaca/d. Para este grupo era fornecida uma
5 dieta aniônica, a base de silagem de milho e pré secado de *Cynodon dactylon* e
6 *Panicum maximum* produzidos na própria fazenda como alimento volumoso junto com
7 concentrado. A dieta é fornecida como mistura total preparada na própria fazenda, e
8 os insumos são fornecidos por empresas com registro no MAPA.

9 Nos animais a pasto foi retirado uma amostra de sangue de 2 mL, colhida por
10 punção da artéria coccígea após assepsia com álcool 70%, utilizando seringas
11 específicas para a realização do exame de hemogasometria (Seringa heparinizada, c/
12 lítio SARSTEDT MONOVETTE Brasil). Após a retirada do material, o sangue foi
13 homogeneizado e a seringa vedada e acondicionadas em caixa térmica com gelo para
14 o transporte para o laboratório do Hospital Veterinário da UFJ (HV/UFJ), com intervalo
15 máximo entre a coleta e análise de 1 hora. Os procedimentos foram realizados 15 dias
16 antes do parto previsto (P1), ao parto ou até 24 horas pós-parto (P2), 15 dias pós-
17 parto (P3) e 30 dias pós-parto (P4).

18 Para os animais confinados, as coletas de sangue foram realizadas com
19 animais de até 30 dias de pós-parto. O sangue foi colhido por punção na artéria
20 coccígea após assepsia com álcool 70% em sistema a vácuo em tubos esterilizados
21 de 10 mL sem anticoagulante com a identificação do animal, e posteriormente
22 acondicionado em caixa de isopor com gelo. Após a coleta o sangue foi encaminhado
23 para o laboratório da fazenda onde passou por centrifugação para a liberação do soro
24 sanguíneo. O soro foi retirado do tubo estéril por pipetas descartáveis e transferidos
25 para Eppendorfs®, separadas em duas alíquotas de 1 mL cada, e congelados a -20°C
26 por 15 dias até o momento da realização do exame de hemogasometria. Para a
27 realização do exame de hemogasometria, as amostras foram descongeladas
28 deixando os Eppendorfs® a temperatura ambiente.

29 As amostras foram encaminhadas para o laboratório do HV/UJF e analisadas
30 em duplicata. A análise do material dos animais a pasto foi feita por exame de
31 hemogasometria de acordo com as recomendações do fabricante, realizado em
32 equipamento específico (PRIMEVET Plus®, NOVA BIOMEDICAL, USA), o qual
33 fornece também valores referentes à: potencial de hidrogênio (pH), sódio (Na⁺),
34 potássio (K⁺), lactato, cálcio ionizado (iCa), magnésio ionizado (iMg). Devido a que

alguns parâmetros em soro sanguíneo congelado não ser confiáveis, para as amostras dos animais em confinamento foi utilizado apenas os resultados da concentração de magnésio iônico do exame de hemogasometria.

Os dados dos resultados das análises hemogasométrica foram avaliadas realizando a comparação entre as amostras de cada grupo (a pasto ou confinada) e submetidos à análise de variância (ANOVA), modelo univariável (teste F $P < 0,05$) e teste de Tukey no programa Statistical Analysis System – SAS, Versão 9.3 (SAS Institute, Cary NC).

Resultados

A curva de médias de iMg e iCa de vacas a pasto mostra que houve variação nas suas concentrações ao longo do período de estudo e que em iMg, a variação foi mais expressiva (Figura 1).

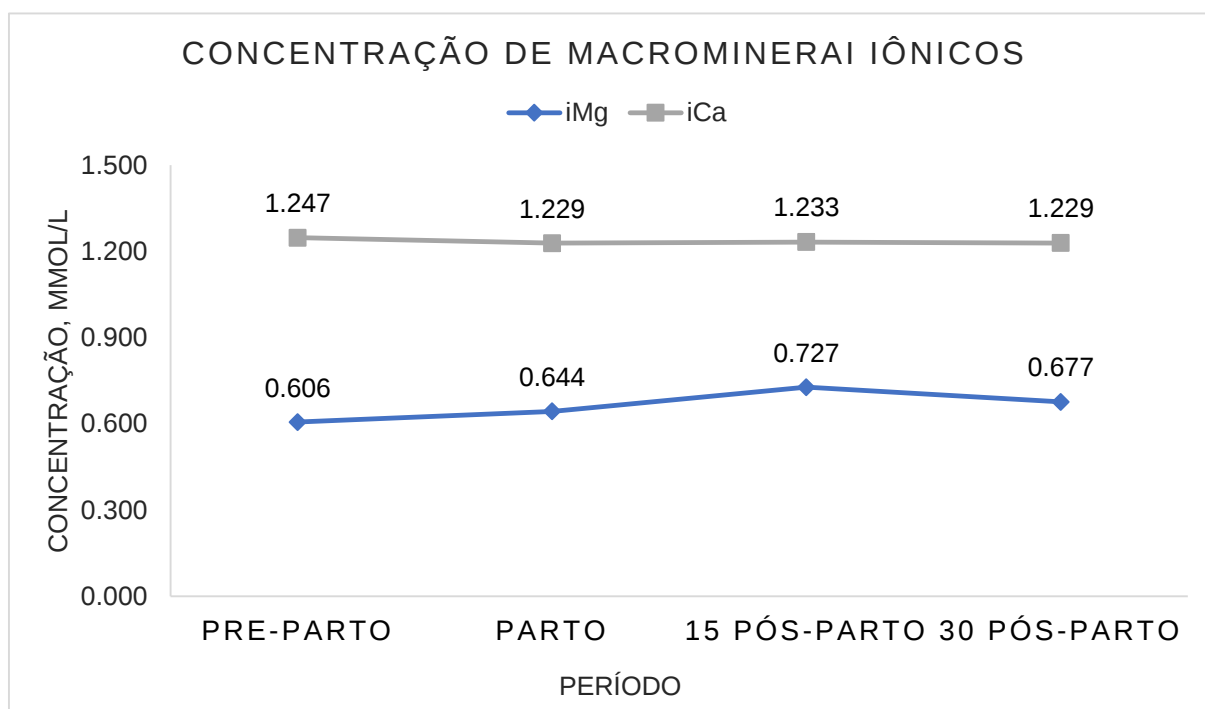


Figura 1: Média da concentração iônica de Ca e Mg em mmol/L durante o período de transição de vacas a pasto.

O iMg teve diferença significativa das concentrações nos animais a pasto, sendo que os períodos de pré parto e parto apresentaram menores médias (0,61 mmol/L e 0,64 mmol/L respectivamente) que 15 dias pós-parto e 30 dias pós-parto (Tabela 1). Houve também diferença significativa nos teores de Na^+ ao longo do

período de transição ($P < 0,01$), apresentando comportamento inverso ao observado no iMg, observando as maiores médias durante o período de pré-parto e parto.

Tabela 1: Média ($\pm$ erro padrão) das concentrações de magnésio iônico e sódio, avaliados por hemogasometria em vacas leiteiras mestiças no período de transição a pasto.

	P1	P2	P3	P4	Valor-P
iMg, mmol/L	$0,61 \pm 0,02^a$	$0,64 \pm 0,03^a$	$0,73 \pm 0,03^b$	$0,68 \pm 0,02^{ab}$	$<0,01$
Na, mmol/L	$139,9 \pm 0,57^a$	$139,5 \pm 0,38^a$	$136,6 \pm 0,41^b$	$136,4 \pm 0,58^b$	$<0,01$

P1 = grupo pré-parto, P2 = grupo parto, P3 = grupo pós-parto 15 dias, P4 = grupo pós-parto 30 dias, iMg = magnésio iônico, Na^+ = sódio, ^{a, b, c} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as concentrações médias de íons ($P < 0,05$).

Outros parâmetros analisados como iCa, K^+ , lactato e pH, não variaram em sua concentração ($P > 0,05$) ao longo do período de estudo (Tabela 2).

Tabela 2: Média ($\pm$ erro padrão) das concentrações de macrominerais, avaliados por hemogasometria em vacas leiteiras mestiças no período de transição a pasto.

	P1	P2	P3	P4	Valor-P
iCa, mmol/L	$1,25 \pm 0,01^a$	$1,23 \pm 0,01^a$	$1,23 \pm 0,01^a$	$1,23 \pm 0,01^a$	0,65
K, mmol/L	$4,29 \pm 0,09^a$	$4,32 \pm 0,08^a$	$4,26 \pm 0,08^a$	$4,47 \pm 0,12^a$	0,39
Lac, mmol/L	$1,02 \pm 0,14^a$	$1,03 \pm 0,16^a$	$0,69 \pm 0,13^a$	$0,75 \pm 0,12^a$	0,21
pH	$7,52 \pm 0,01^a$	$7,50 \pm 0,01^a$	$7,51 \pm 0,01^a$	$7,47 \pm 0,02^a$	0,11

P1 = grupo pré-prto, P2 = grupo parto, P3 = grupo pós-parto 15 dias, P4 = grupo pós-parto 30 dias, iCa = cálcio iônico, K^+ = potássio, Lac = lactato, pH = pressão de hidrogênio, ^{a, b, c} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as concentrações médias de íons ($P < 0,05$).

Nas análises de soro sanguíneo congelado proveniente de vacas confinadas, a média do iMg $0,62 \text{ mmol/L} \pm 0,01$.

Discussão

Durante a fase de transição as alterações hormonais e fisiológicas que ocorrem, levando principalmente a maior necessidade energética devido ao crescimento fetal, parto, lactogênese e redução da matéria seca, favorecem a mobilização do tecido adiposo por causa do balanço energético negativo (BEN), onde as necessidades energéticas do animal é superior ao que ele está consumindo (Contreras et al., 2017). A queda de consumo de matéria seca, afeta a ingestão de

1 minerais e vitaminas justamente durante esta fase em que a vaca tem maior
2 requerimento de nutrientes para manutenção, produção de colostro e posteriormente do
3 leite (Martens et al., 2018).

4 O cálcio apresenta regulação da concentração a partir de feedback hormonal,
5 o que não ocorre para o magnésio (Martens et al., 2018), diante disto, as mudanças
6 que ocorrem no período de transição que afetam o consumo da dieta podem explicar
7 em parte a maior variação da concentração de magnésio biodisponível que ocorreu
8 no período entre o parto e após 15 dias do parto. Além disto, o período da coleta de
9 material para análise coincidiu com o período seco onde se tem a redução da
10 produção de biomassa da pastagem e com isso ocorreria redução da ingestão de
11 magnésio.

12 Apesar de não se ter estabelecido completamente a concentração
13 considerada padrão para magnésio iônico em bovinos, acredita-se que os animais
14 avaliados a pasto neste estavam entre a concentração normal ou em uma
15 hipomagnesemia subclínica, visto que o magnésio iônico estaria próximo a 70% da
16 concentração de magnésio total (Bateman, 2017), e considerando que a concentração
17 normal para o tMg é de 0,9 mmol/L (Martens et al., 2018), e a média de leitura para
18 as vacas neste estudo foi de 0,66 mmol/L, ou seja, 73% do considerado normal para
19 tMg. As vacas de alta produção confinadas tiveram iMg médio de 0,62 mmol/L,
20 esperava-se que essa concentração fosse maior em relação aos animais a pasto, por
21 serem animais alimentados com dietas balanceadas. É importante lembrar que em
22 relação aos macrominerais, existe uma maior preocupação em relação ao cálcio e
23 não ao magnésio, sendo que na maioria das vezes o que é fornecido como
24 suplementação de magnésio é o que foi recomendado pelo NRC há 20 anos.

25 De acordo com Goff (2006) vacas só iram apresentar sinais clínicos óbvios de
26 hipomagnesemia quando sua concentração sérica no sangue for menor que 0,4 a 0,5
27 mmol/L, sendo acompanhado também por uma hipocalcemia grave. No processo de
28 produção de leite cerca de 120 mg de Mg^{2+} /L de leite são necessários para a sua
29 composição (Martens et al., 2018), para os animais avaliados em que possuem uma
30 produção média de 10L por dia seria necessária uma quantidade de 1,2 g/L de Mg^{2+} ,
31 sendo essa quantidade apenas para suprir a quantidade mínima de magnésio para a
32 produção de leite. Nesse sentido, a exigência de magnésio para a produção de leite
33 e colostro é menor e com isso essa hipomagnesemia não seria suficiente para
34 provocar distúrbios a saúde.

1 Outra situação que explicaria essa redução da concentração de iMg é o fato
2 da interferência que o sódio tem na absorção de magnésio. Geralmente as pastagens
3 são pobres em Na necessitando ser complementadas por este mineral nas rações
4 (Goff, 2006). De acordo com Martens e seus colaboradores (2018), dietas ricas em K⁺
5 e com deficiência de Na⁺ seriam responsáveis por alteração no potencial transepitelial,
6 responsável pelo transporte de magnésio pela parede do rúmen. Quando observamos
7 a concentração de Na⁺ ao longo do período de análise verifica-se que esta ficou um
8 pouco abaixo dos valores de referência de 150 mmol/L (Tucker et al, 1988, Megahed
9 et al., 2019), além de apresentar variação de sua concentração ao longo do período
10 e análise, diferente do K⁺ que não apresentou variação de sua concentração ao longo
11 do período de análise e se apresentou dentro dos valores de referência (Goff, 2006,
12 Megahed et al., 2016), podendo então essa deficiência de Na⁺ justificar uma menor
13 absorção de Mg²⁺ pelos bovinos avaliados.

14 Em relação ao cálcio verifica-se que este não apresentou uma variação
15 expressiva em sua concentração ao longo do período estudado, tendo a sua menor
16 concentração no período condizente ao parto (1,229 mmol/L). Apesar de ser um
17 período que se esperasse uma alteração na concentração de cálcio, não observamos
18 variação da sua concentração ao longo do período estudado. Este fato pode ser
19 explicado a partir da pesquisa de Megahed et al. (2018) que realizaram uma avaliação
20 da concentração sérica de cálcio entre as 24 horas antes do parto até 72 horas pós-
21 parto. Os autores observaram que a maior variação da concentração de Ca²⁺ ocorreu
22 de duas horas antes do parto (1,92 mmol/L) onde foi observado a menor
23 concentração, e só após 16 horas pós-parto que a concentração voltou a aumentar
24 gradualmente, demonstrando assim que a variação da concentração de cálcio é mais
25 evidente próximo a hora da ocorrência do parto. Mesmo assim a concentração de iCa
26 ficou um pouco abaixo do normal (1,29 mmol/L, Neves et al., 2017) e os animais não
27 apresentaram sintomatologia clínica evidente, apesar disso, a concentração abaixo do
28 normal de cálcio e magnésio podem ter afetado o desempenho produtivo das vacas.

29 O lactato pode ser utilizado com forma de identificar condições em que ocorre
30 isquemia dos tecidos levando à uma glicólise anaeróbica causando assim o aumento
31 de sua concentração, assim como o aumento da atividade física que causaria fadiga
32 muscular também levaria ao aumento do lactato no soro sanguíneo. Por se tratar de
33 vacas a pasto esses animais podem percorrer longas distâncias entre a ordenha e o
34 pasto, que apesar de ser uma atividade rotineira, pode ser motivo do aumento da

1 atividade física exercida. Mesmo assim, os valores médios de lactato nos animais
2 estudados apresentaram-se dentro dos valores de referência para este parâmetro que
3 é de 0,90 mmol/L (Wittek et al., 2010).

5 **Conclusão**

6 As mudanças na fisiologia e metabolismo que ocorre nas vacas no período de
7 transição iram influenciar toda a lactação deste animal, a partir dos resultados obtidos
8 temos que não apenas o cálcio é um elemento de requer atenção durante a lactação,
9 o magnésio que faz parte do processo de regulação do cálcio, pode ficar abaixo de
10 valores referência dependendo da dieta e o manejo das pastagens, afetando assim a
11 saúde e produtividade das vacas.

1 Referências

- 2 Bateman, S.W. (2017). A Quik Reference on Magnesium. *Veterinary Clinics of North*
3 *America: Small Animal Practice*, v. 47, p. 235 - 239.
- 4 Chapinal, N., Carson, M., Duffield, T.F., Capel, M., Godden, S., Overton, M., Santos,
5 J.E.P. And Leblanc, S.J. (2011). The association of serum metabolites with clinical
6 disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*, v. 94, no. 10, p. 4897 -
7 4903. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4075>
- 8 Contreras, G.A., Strieder-Barboza, C., And Raphael, W. (2017). Adipose tissue
9 lipolysis and remodeling during the transition period of dairy cows. *Journal Animal*
10 *Science Biotechnology*, 8, 41. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0174-4>
- 11 Dalley, D.E., Isherwood, P., Sykes, A.R. And Robson, A.B. (1997). Effect of in vitro
12 manipulation of pH on magnesium solubility in ruminal and caecal digesta in sheep.
13 *Journal of Agricultural Science*, v. 129, p. 107 - 111.
14 <https://doi.org/10.1017/S0021859697004486>
- 15 Donovan, G.A., Steenholdt, C., Mcgehee, K. And Lundquist, R. (2004).
16 Hypomagnesemia among cows in a confinement-housed dairy herd. *Scientific Report:*
17 *Clinical Reports*, v. 224, p. 96 - 99. <https://doi.org/10.2460/javma.2004.224.96>
- 18 Fisher, L.J., Dinn, N., Tait, R.M., Shelford, J.A. (1994). Effect of level of dietary
19 potassium on the absorption and excretion of calcium and magnesium by lactating
20 cows. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 74, no. 3, p. 503 - 509.
- 21 Goff, J.P. (2006). Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy
22 cow for prevention of milk fever and other periparturient minel diforder. *Animal Feed*
23 *Science and Technology*, v. 126, p. 237 - 257.
24 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.005>
- 25 Martens, H., Leonhard-Marek, S., Röntgen, M. And Stumpff, F. (2018). Magnesium
26 homeostasis in cattle: absorption and excretion. *Nutrition Research Reviews*, v. 31,
27 no. 1, p. 1 - 17. <https://doi.org/10.1017/S0954422417000257>
- 28 Megahed, A.A.; Hiew, M.W.H.; Grünberg, W.; Constable, P.D. (2016). Evaluation of 2
29 portable ion-selective electrode meters for determing whole blood, plasma, urine,
30 milk, and abomasal fluid potassium concentrations in dairy cattle. *Journal of Dairy*
31 *Science*, v. 99, n. 9, p. 7330 - 7343. [doi:10.3168/jds.2015-10821](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10821)
- 32 Megahed, A.A., Hiew, M.W.H., Badawy, S.A.E.L., Constable, P.D. (2018). Plasma
33 calcium concentrations are decreased at least 9 hours before parturition in multiparous
34 Holstein-Friesian cattle in a herd fed an acidogenic diet during late gestation. *Journal*
35 *of Dairy Science*, v. 101, no. 2, p. 1365 - 1378. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13376>
- 36 Megahed, A.A., Hiew, M., Grünberg, W., Trefz, F.M., Constable, P.D.
37 (2019). Evaluation of the analytical performance of a portable ion-selective electrode
38 meter for measuring whole-blood, plasma, milk, abomasal-fluid, and urine sodium
39 concentrations in cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 8, p. 7435 -
40 7444. [doi:10.3168/jds.2018-16198](https://doi.org/10.3168/jds.2018-16198)
- 41 Neves, R.C., Leno, B.M., Stokol, T., Overton, T.R., McArt, J.A.A. (2017). Risk fator
42 associated with postpartum subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Journal of Dairy*
43 *Science*, v. 100, p. 3796 - 3804.
- 44 National Research Council Nutrient Requirements of Dairy Cattle National Academy
45 Press, Washington, DC (2001).

- 1 Rosol, T. and Capen, C. (1996). Pathophysiology of calcium, phosphorus and
2 magnesium metabolism in animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal*
3 *Practice*, v. 26, no. 5, p. 1155 - 1184. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(96\)50060-4](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(96)50060-4)
- 4 Schonewille, J.Th., Van'T Klooster, A.Th., Cone, J.W., Kalsbeek-Van Der Valk, H.J.,
5 Wouterse, H., Beynen, A.C. (2000). Neither native nor popped cornmeal in the ration
6 of dry cows affects magnesium absorption. *Livestock Production Science*, v. 63, no 1,
7 p. 17 - 26. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00119-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00119-0)
- 8 Sundrum, A. (2015). Metabolic Disorders in the transition period indicate that the dairy
9 cows ability to adapt is overstressed. *Animals*, v. 5, n. 4, p. 978 - 1020.
- 10 Tucker, W.B.; Harrison, G.A.; Hemken, R.W. (1988). Influence of Dietary Cation-Anion
11 Balance on Milk, Blood, Urine, and Rumen Fluid in Lactating Dairy Cattle. *Journal of*
12 *Dairy Science*, v. 71, n. 2, p. 346 - 354. [doi:10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79563-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79563-6).
- 13 Wittek T, Grosche A, Locher LF, Alkaassem A, & Furr M. (2010). Biochemical
14 constituents of peritoneal fluid in cows. *Veterinary Record*, v. 166, n. 1, p. 15 – 19.
15

1 **ANEXO**

2

Parâmetros	Valores de referência
pH	7,31 – 7,53
Hct	24 – 46 %
tHb	8 – 15 g/dL
HCO ₃ ⁻	17 – 30 mmol/L
paO ₂	-
paCO ₂	31,65 – 43,85 mmHg
tCO ₂	25,6 – 29,6 mmol/L
BE	-4,0 – +4,0 mmol/L
sO ₂	-
Na ⁺	132 – 152 mmol/L
K ⁺	3,9 – 5,8 mmol/L
Cl	97 – 111 mmol/L
iCa	1,29 mmol/L
iMg	-
Glu	
Lac	0,90 mmol/L

3

4 Kaneko, J. J., Harvey, J., Bruss, M. Clinical biochemistry of domestic animals.
5 Academic Press , 6th edition, 2008.

6