

Diferentes fontes energéticas durante o período de transição de vacas primíparas e os seus efeitos sobre metabólitos sanguíneos e hormônios¹

Maria Alexandra T. Artunduaga², Juliana Aparecida M. Lima², Rafael A. Azevedo^{2*},
Ângela Maria Q. Lana², Robson V.S. Fortes³, Bolivar N. Faria³ e Sandra G. Coelho²

ABSTRACT.- Artunduaga M.A.T., Lima J.A.M., Azevedo R.A., Lana A.M.Q., Fortes R.V.S., Faria B.N. & Coelho S.G. 2018. [**Different energy sources during the primiparous dairy cow transition period and its effects on blood metabolites and hormones.**] Diferentes fontes energéticas durante o período de transição de vacas primíparas e os seus efeitos sobre metabólitos sanguíneos e hormônios. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 38(8):1691-1695. Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, Belo Horizonte, MG 30123-970, Brazil. E-mail: rafaelzooufmg@gmail.com

The aim of this study was to compare the effects of glycogenic supply or lipogenic diets on blood metabolites and hormones in primiparous dairy cows (n=40) during the transition period. The animals were randomly assigned to four treatments: control, calcium salts of polyunsaturated fatty acids (Megalac-E, 100g prepartum and 250g postpartum), roasted soybeans (400g prepartum and 800g postpartum) and propylene glycol (300ml pre- and postpartum). The supplements were provided individually. Blood samples were taken to determine plasma concentrations of insulin, glucose, non-esterified fatty acids (NEFA) and IGF-I. The glucose and insulin concentrations were higher in calcium salts of polyunsaturated fatty acids treatment. The highest concentration of NEFA was observed in the control group. The plasma concentrations of IGF-I were higher for the treatments with lipogenic supplements. Adding calcium salts of polyunsaturated fatty acids diet was able to ease the hormonal and metabolic changes of the transition period features.

INDEX TERMS: Energy sources, dairy cows, transition period, blood metabolites, hormones, fat supplementation, glyconeogenic additive, peripartum.

RESUMO.- Objetivou-se com este estudo comparar os efeitos do fornecimento de dietas glicogênicas ou lipogênicas sobre metabólitos sanguíneos e hormônios em vacas primíparas (n=40) durante o período de transição. Os animais foram aleatoriamente distribuídos em quatro tratamentos: controle, sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados (Megalac-E, 100g pré-parto e 250g pós-parto), soja tostada (400g pré-parto e 800g pós-parto) e propilenoglicol (300ml pré e

pós-parto). Os suplementos foram fornecidos individualmente. Foram realizadas coletas de sangue para determinação das concentrações plasmáticas de insulina, glicose, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e IGF-I. As concentrações de insulina e de glicose foram maiores nos animais do tratamento com sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados. A maior concentração de AGNE foi observada no grupo controle. A concentração plasmática de IGF-I foi mais elevada para os animais do tratamento que receberam suplementos lipogênicos. A adição de sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados a dieta foi capaz de amenizar as mudanças hormonais e metabólicas características do período de transição.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Fontes energéticas, período de transição, vacas primíparas, metabólitos sanguíneos, hormônios, aditivo gliconeogênico, gordura suplementar, periparto.

¹ Recebido em 1 de maio de 2017.

Aceito para publicação em 21 de julho de 2017.

² Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, Belo Horizonte, MG 30123-970, Brazil. E-mails: malexandra_torres@hotmail.com, julianamello85@gmail.com, ana@vet.ufmg.br, sandragesteiracoelho@gmail.com; *Autor para correspondência: rafaelzooufmg@gmail.com

³ ReHagro, Rua Santa Fé 100, Belo Horizonte, MG 30320-130. E-mails: robson@rehagro.com.br, bolivar.faria@rehagro.com.br

INTRODUÇÃO

Durante o período de transição, três semanas finais da gestação e três semanas iniciais da lactação, ocorre redução no consumo de matéria seca, desencadeando desequilíbrio energético e proteico, uma vez que, o consumo de energia no início da lactação é geralmente menor do que o necessário para a manutenção e produção de leite, resultando no suprimento das necessidades energéticas e proteicas pela mobilização das reservas corporais na forma de ácidos graxos não esterificados (AGNE) (Esposito et al. 2014).

A mobilização das reservas corporais leva à perda de escure de condição corporal e declínio das concentrações basais de insulina e da secreção de insulina induzida pela glicose (Bossart et al. 2008), sendo mudanças fundamentais para o direcionamento do fluxo de energia desses animais (Schoenberg et al. 2012, Marett et al. 2015). Algumas dessas alterações no metabolismo são mediadas por alterações relacionadas à insulina, como redução na captação de glicose pelo músculo esquelético e tecido adiposo; redução da lipogênese e aumento da lipólise no tecido adiposo; aumento da gliconeogênese no fígado e aumento do metabolismo de proteínas dos músculos esqueléticos (De Koster & Opsomer 2013, Zachut et al. 2013).

A suplementação com fontes de gordura protegida pode ser utilizada como ferramenta para aumentar a densidade energética da dieta e reduzir o déficit em energia sem causar os efeitos negativos sobre a digestão da fibra e, conseqüentemente, da ingestão de matéria seca (Jenkins & Palmquist 1984, Nörnberg et al. 2006) e da produção de leite (Nörnberg et al. 2006, Silveira et al. 2014), além de apresentar efeitos positivos diretos nos índices reprodutivos (Lopes et al. 2009). No entanto, Van Kneysel et al. (2005) sugeriram que dietas com alto conteúdo de nutrientes lipogênicos podem aumentar a severidade e risco de ocorrência de cetose e fígado gorduroso, pelo aumento das concentrações sanguíneas de acetato em relação ao propionato e pela maior mobilização de gordura corporal. Em contraste, dietas ricas em fontes glicogênicas são fermentadas no rúmen para produzir grandes quantidades de propionato (precursor gliconeogênico) ou são digeridas no intestino com absorção de glicose.

Objetiva-se com este estudo avaliar os efeitos da suplementação de fontes de gordura e aditivo gliconeogênico no período de transição sobre metabolitos plasmáticos e hormônios de vacas primíparas.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos utilizados neste experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais (protocolo nº 40/2007, CETEA/UFMG). O experimento foi conduzido em fazenda comercial, localizada no município de Oliveira (região centro-oeste de Minas Gerais, Brasil; latitude 20°41'45" sul e longitude 44°49'37" oeste).

Vacas primíparas Holandesas (n=40) foram distribuídas aleatoriamente, de acordo com a fonte energética suplementar, em quatro grupos experimentais, e alojadas em *Free Stall*. Os tratamentos consistiram em grupo controle (dieta base no pré e pós-parto); grupo sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados (SCAGP, composto por dieta base suplementada com 100g de Megalac-E[®], Arm e Hammer, QGN no pré-parto e 250g no pós-parto); grupo soja grão tostada (dieta base suplementada com 400g de soja tostada no

pré-parto e 800g no pós-parto), e o grupo propilenoglicol (dieta base suplementada com 300mL de propilenoglicol no pré e pós-parto).

O fornecimento das fontes energéticas foi iniciado 28 dias antes da data prevista para o parto, e os tratamentos mantidos até o 21º dia de lactação, a partir do qual todos os animais passaram a receber alimentação em quantidade suficiente para atender às necessidades nutricionais até o 46º dia de lactação. As dietas (Quadro 1) para o período de transição foram formuladas de acordo com as recomendações do NRC (2001). As análises bromatológicas das dietas foram realizadas para matéria seca, proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), cálcio e fósforo segundo a AOAC (1990). A alimentação dos animais foi feita duas vezes ao dia (7:30 e 19:30 horas) sempre após as ordenhas realizadas às 7:00 e 19:00 horas. As fontes energéticas

Quadro 1. Ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais usadas no período de transição de vacas primíparas

Ingredientes (kg)	Tratamento							
	Controle		SCAGP ^b		Soja tostada		Propilenoglicol	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Silagem de milho	24,0	32,0	24,0	32,0	24,0	32,0	24,0	32,0
Milho moído	1,0	4,5	0,5	3,5	0,5	3,5	0,5	4,5
Farelo de soja	1,6	4,2	1,6	4,5	1,4	3,9	1,6	4,2
Soja tostada	-	-	-	-	0,4	0,8	-	-
SCAGP	-	-	0,1	0,25	-	-	-	-
Propilenoglicol, mL	-	-	-	-	-	-	300	300
Bicarbonato de Sódio	-	0,12	-	0,12	-	0,12	-	0,12
Fosfato bicálcico	-	0,12	-	0,12	-	0,12	-	0,12
Calcário	-	0,14	-	0,14	-	0,14	-	0,14
Óxido de magnésio	-	0,04	-	0,04	-	0,04	-	0,04
Premix min-vit pré-parto ^b	0,4	-	0,4	-	0,4	-	0,4	-
Premix min-vit pós-parto ^c	-	0,08	-	0,08	-	0,08	-	0,08
	Nutrientes (% da MS)							
MS (% da M, natural)	42,1	40,1	42,1	40,1	42,2	40,1	42,1	40,1
PB	14,6	16,9	14,8	17,6	14,9	17,5	14,9	16,9
FDN	41,0	33,9	42,0	34,4	42,5	35,3	42,5	33,9
FDA	23,6	19,2	24,4	19,7	24,7	20,2	24,6	19,2
EE	3,5	3,7	3,5	3,8	3,5	3,7	3,5	3,6
Ca	0,7	1,1	0,7	1,1	0,7	1,1	0,7	1,1
P	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
Energia líquida (Mcal/kg)	1,5	1,7	1,5	1,7	1,5	1,7	1,5	1,7

^a Sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados (Composição: extrato etéreo 85%, ácido linoléico (C18:2) 45%, ácido linolênico (C18:3) 6%); ^b composição por kg: Ca 5%, P 1%, Mg 1%, Na 1%, Cl 1,15%, S 0,8%, Co 39,3ppm, Cu 660ppm, Fe 775ppm, I 19,5ppm, Mn 1630ppm, Se 8,98 ppm, Zn 2368 ppm, VitA 260KIU, VitD 35KIU, VitE 2600UI, Biotina 100ppm; ^c composição por kg: Ca 21%, P 15%, Mg 3%, S 3%, Co 100ppm, Cu 3000ppm, I 180ppm, Mn 5000ppm, Se 80ppm, Zn 12000ppm, VitA 1000KIU, VitD 250KIU, VitE 3250UI.

foram fornecidas uma vez ao dia e foram misturadas a 500g de fubá de milho, antes da primeira alimentação do dia.

Amostras de sangue foram coletadas diariamente via punção da veia ou artéria coccígea, através de tubo 100 com vácuo e EDTA de 5mL e tubo com vácuo e fluoreto de sódio de 5mL, a partir de 15 dias antes da data prevista para o parto, no dia do parto e sete, 14, e 21 dias após o parto. Apenas as amostras que correspondiam aos dias 10 e cinco antes do parto, ao dia do parto e aos dias sete, 14 e 21 após o parto foram analisadas. As amostras foram obtidas antes do fornecimento das fontes energéticas e três horas após primeira alimentação do dia. O material obtido foi centrifugado (800,6 RCF, por 10 min) e utilizado para determinação de insulina, glicose, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e IGF-I.

As análises do plasma foram realizadas no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica no Instituto de Ciências Biológicas da UFMG. A glicose plasmática foi analisada pelo método enzimático da glicose oxidase (Glucose Analyser YSI 300 Plus), os AGNE pelo de kit enzimático (Randox do Brasil), a insulina por radioimunoensaio utilizando-se kits comerciais (Linco Research) com sensibilidade do teste de 2 μ U/mL. A análise de IGF-I foi realizada por ensaio radioimunométrico (IRMA) com extração, utilizando-se kits comerciais (DSL-5600), a sensibilidade do teste foi 0,80ng/mL, e os CV intra e inter-ensaio foram 3,4% e 8,2%, respectivamente.

O perfil metabólico e os hormônios foram analisados utilizando o delineamento inteiramente ao acaso em arranjo em parcelas subdivididas, sendo os grupos a parcela e os tempos a subparcela. A homocedasticidade e a normalidade dos dados foram testadas pelos testes de Bartlett e Lilliefors, sendo os valores de AGNE transformados logaritmicamente. Para testar as diferenças entre as médias o teste estatístico utilizado foi Scott Knott a 5%. As análises foram realizadas utilizando-se os procedimentos de GLM do SAS (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao pré e pós-parto, os grupos controle e soja tostada apresentaram concentrações de AGNE (ácidos graxos não esterificados) mais elevadas 5 dias antes do parto, sendo mantidas até os 7 dias pós-parto ($P < 0,05$). Sugerindo nestes grupos o início do balanço energético negativo antes do parto. Já o grupo SCAGP apresentou alteração na concentração AGNE apenas no dia do parto, indicando neste grupo que a dieta supriu as necessidade energéticas no pré e pós-parto. O grupo propilenoglicol apresentou alteração nas concentrações de AGNE de 7 à 21 dias pós-parto indicando típico balanço energético negativo em função do aumento da produção de leite.

O grupo propilenoglicol, antes da primeira alimentação do dia, apresentou menor valor de AGNE no dia do parto. No dia 14 pós-parto os grupos soja tostada e SCAGP apresentaram as menores concentrações de AGNE ($P < 0,05$; Quadro 2). As concentrações de AGNE três horas após a primeira alimentação (Quadro 2) foram maiores no grupo controle, durante toda fase experimental ($P < 0,05$). Entre os dias avaliados, a maior concentração de AGNE ocorreu no dia do parto e no sétimo dia pós-parto com redução nos valores nos outros dias avaliados ($P < 0,05$).

No grupo propilenoglicol era esperada menor mobilização de AGNE, por ser um aditivo gliconeogênico, o que não ocorreu, indicando que a utilização do produto não foi capaz de reduzir a mobilização corporal. Os resultados obtidos com experimentos com propilenoglicol, quanto às alterações na concentração plasmática de AGNE, são controversos, existindo relatos de redução (Butler et al. 2006, Rizos et al. 2008) ou

de manutenção da sua concentração (Moallem et al. 2007). A variação observada entre os estudos pode estar relacionada com as diferentes formas de fornecimento do propilenoglicol, quantidade do produto fornecido e o estágio da lactação no qual os trabalhos foram realizados.

Os resultados observados para os grupos SCAGP e soja tostada não estão de acordo com outros estudos, os quais utilizaram a suplementação com gordura e apresentaram aumentos nas concentrações de AGNE (Van Kneysel et al. 2007). No entanto, no presente estudo, todas as fontes energéticas reduziram de maneira significativa as concentrações de AGNE quando comparados com o grupo controle, indicando que os aditivos utilizados auxiliaram na melhora do balanço energético negativo.

As concentrações de glicose, insulina e IGF1 não diferiram no pré e pós parto em todos os grupos avaliados ($P > 0,05$).

Os valores médios da concentração de glicose plasmática antes da primeira alimentação do dia e três horas após a mesma foram maiores para o grupo SCAGP ($P < 0,05$; Quadro 3). Nos grupos controle e soja tostada, as concentrações de glicose não diferiram entre si, sendo o grupo propilenoglicol o que apresentou os menores valores. A maior concentração plasmática de glicose observada no grupo SCAGP talvez esteja associada à menor utilização de glicose pela glândula mamária (Staples et al. 1998). Segundo esses autores a utilização dos AGNE para síntese de ácidos graxos seria reduzida com a utilização de gordura suplementar. Esta síntese requer NADPH, que é obtido da oxidação da glicose pela via das pentoses fosfatadas. Desta forma, a menor demanda por glicose pela glândula mamária para a síntese de triglicérides permite maior disponibilidade de glicose para ser utilizada por outros tecidos para seu metabolismo energético.

As menores concentrações de glicose observadas no grupo soja tostada quando comparadas ao grupo SCAGP (Quadro 3) poderiam estar relacionadas ao tipo de fornecimento do aditivo (uma vez ao dia, separado da dieta total), o que poderia ter comprometido a microbiota ruminal devido à liberação rápida de AG no ambiente ruminal. A menor concentração plasmática de glicose foi observada nos animais recebendo propilenoglicol, diferentemente ao observado no trabalho de Butler et al. (2006), os quais relataram aumento da concentração desse metabólito com o fornecimento de propilenoglicol para vacas.

Assim como observado para a glicose, as concentrações plasmáticas de insulina foram maiores para o grupo SCAGP ($P < 0,05$; Quadro 3), antes da alimentação e três horas após a mesma. Os grupos soja tostada e controle tiveram o mesmo comportamento e os animais suplementados com propilenoglicol apresentaram as menores concentrações de insulina ($P < 0,05$). Segundo Staples et al. (1998), os efeitos da suplementação com gordura sobre as concentrações plasmáticas de insulina são variados. Na maioria dos estudos, onde a adição de gordura teve efeito significativo sobre a insulina, foi observada diminuição nas concentrações do hormônio, e nos que observaram aumento, como no caso do grupo SCAGP deste experimento, está associado com melhor balanço energético dos animais e, assim, as concentrações de insulina aumentariam de maneira indireta pela adição de gordura na dieta. Sendo assim, as maiores concentrações de insulina obtidas no grupo SCAGP e as menores concentrações observadas nos demais grupos experimentais podem estar relacionadas, respectivamente, à maior concentração de glicose

e a falhas no processo de adaptação dos animais para atender os maiores requerimentos energéticos, durante o período de transição, aumentando o risco de distúrbios metabólicos e reprodutivos (Jorritsma et al. 2003).

A ausência de efeitos significativos da utilização propilenoglicol sobre o perfil metabólico de glicose e insulina dos animais no período de transição pode estar relacionada a vários fatores, tais como a dose e o tipo de fornecimento dos aditivos, ao o período de transição.

Observa-se que a concentração de IGF-I, independente do grupo experimental, começou a diminuir no dia do parto atingindo seu ponto mínimo no sétimo dia após o parto, com as concentrações se elevando a partir do 14^o dia após o parto (Quadro 4). Este perfil está de acordo com o reportado por Vazquez-Añon et al. (1994) e a sua mudança é indicativa de

adaptação homeorrética da vaca leiteira durante o final da gestação e início da lactação.

O grupo SCAGP apresentou perfil hormonal e metabólico com concentrações de insulina e glicose que poderiam estar relacionadas a ré-acoplamento do eixo GH - IGF-I. A interação da insulina, glicose e o eixo GH - IGF-I talvez altere a resposta coordenada às mudanças na demanda energética e à disponibilidade de nutrientes, durante o início da lactação, também a outros tecidos. O grupo soja tostada, assim como grupo SCAGP, apresentou as maiores concentrações de IGF-I seguido do grupo propilenoglicol e o controle (P<0,05) (Quadro 4). A maior concentração de IGF-I no grupo soja tostada pode estar relacionada com as menores concentrações de AGNE observadas três horas após a primeira alimentação e à menor produção de leite corrigida para 3.5% de gordura

Quadro 2. Efeito médio geral e desvio padrão das concentrações plasmáticas de ácidos graxos não esterificados (mmol/L) de vacas leiteiras primíparas alimentadas com diferentes fontes energéticas durante o período de transição, antes da primeira alimentação do dia nos diferentes grupos e dias de avaliação

Tratamento	Dias					
	-10	-5	Parto	7	14	21
Controle	0,29+0,16Ab	0,40+0,14Aa	0,55+0,28Aa	0,51+0,21Aa	0,36+0,19Ab	0,22+0,14Ab
SCAGP ^a	0,31+0,09Ab	0,35+0,17Ab	0,51+0,17Aa	0,29+0,17Ab	0,24+0,10Bb	0,16+0,09Ab
Soja Tostada	0,23+0,18Ab	0,32+0,18Aa	0,45+0,28Aa	0,37+0,28Aa	0,15+0,12Bb	0,17+0,09Ab
Propilenoglicol	0,14+0,06Ab	0,20+0,12Ab	0,18+0,11Bb	0,36+0,21Aa	0,32+0,14Aa	0,31+0,08Aa

^a Sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Scott Knott (P<0,05); CV=46,50%.

Quadro 3. Efeito médio geral e desvio padrão da concentração glicose plasmática (mg/dl) e de insulina (µU/mL) de vacas leiteiras primíparas alimentadas com diferentes fontes energéticas durante o período de transição, antes e três horas após a primeira alimentação do dia

Variável	Tratamento				P	CV(%)
	Controle	SCAGP ^a	Soja Tostada	Propilenoglicol		
Antes da primeira alimentação						
Glicose (mg/dl)	68,17±15,32b	84,94±21,93a	72,02±21,65b	51,22±10,04c	0,01	5,55
Insulina (µU/ml)	8,50±0,97b	12,21±5,33a	10,80±10,51b	6,76±5,02c	0,01	24,09
Três horas após alimentação						
Glicose (mg/dl)	65,04±14,45b	77,37±17,65a	69,78±19,7 b	52,98±9,30c	0,01	5,38
Insulina (µU/ml)	11,51±6,14b	16,03±8,72a	14,53±14,9b	9,38±5,69c	0,01	21,74

^a Sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados. Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Quadro 4. Efeito médio geral e desvio padrão das concentrações plasmáticas de IGF-I (ng/mL) de vacas leiteiras primíparas alimentadas com diferentes fontes energéticas durante o período de transição, três horas após a primeira alimentação do dia, nos diferentes grupos e dias de avaliação

Tratamento	Dias						Médias*
	-10	-5	Parto	7	14	21	
Controle	25,49+20,6	22,51+12,3	9,29+4,5	6,16+1,8	14,88+9,0	18,72+15,8	20,6±20,1B
SCAGP ^a	44,80+23,3	36,42+26,0	22,71+8,1	13,15+9,6	17,30+10,3	28,57+14,4	33,5±26,7A
Soja Tostada	42,62+17,0	42,06+14,5	12,43+8,0	16,10+14,5	52,33+47,8	38,98+26,4	40,9±33,8A
Propilenoglicol	31,83+22,0	32,62+19,7	24,19+16,6	15,44+12,7	18,31+11,3	20,61+12,0	23,0±14,1B

^a Sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados. Médias seguidas de letras distintas, maiúscula nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott Knott (P<0,05), CV = 22,01%.

(Artunduaga et al. 2011), sinalizando, neste grupo, menor intensidade do balanço energético negativo que nos grupos controle e propilenoglicol (Artunduaga et al. 2011).

CONCLUSÕES

As fontes energéticas utilizadas neste experimento reduziram as concentrações de ácidos graxos não esterificados (AGNE) quando comparadas com o grupo controle, indicando que os aditivos utilizados auxiliam na melhora do balanço energético no período de transição.

A adição de gordura protegida na forma de sais de cálcio de ácidos graxos poliinsaturados proporcionou melhor perfil metabólico e hormonal de vacas primíparas durante o período de transição.

A variabilidade dos resultados encontrados na literatura demonstra a necessidade de maiores estudos sobre o assunto para a confirmação desta hipótese.

REFERÊNCIAS

- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA. 771p.
- Artunduaga M.T., Coelho S.G., Lana A.M., Campos B.G., Reis R.B., Saturnino H.M., Fortes R.V.S. & Costa H.N. 2011. Incidência de doenças no pós-parto de primíparas da raça holandesa alimentadas com diferentes fontes energéticas durante o período de transição. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 63(3):616-623. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352011000300013>>
- Bossaert P., Leroy J.L.M.R., De Vliegher S. & Opsomer G. 2008. Interrelations between glucose-induced insulin response, metabolic indicators and time of first ovulation in high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91(9):3363-3371. <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-0994>> <PMid:18765595>
- Butler S.T., Pelton S.H. & Butler W.R. 2006. Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. *J. Dairy Sci.* 89(8):2938-2951. <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72566-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72566-8)> <PMid:16840609>
- De Koster J.D. & Opsomer G. 2013. Insulin resistance in dairy cows. *Vet. Clin. N. Am., Food Anim. Pract.* 29(2):299-322. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.04.002>> <PMid:23809893>
- Esposito G., Irons P.C., Webb E.C. & Chapwanya A. 2014. Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 144(3/4):60-71. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.007>> <PMid:24378117>
- Jenkins T.C. & Palmquist D.L. 1984. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. *J. Dairy Sci.* 67(5):978-986. <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81396-X](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81396-X)> <PMid:6330189>
- Jorritsma R., Wensing T., Kruip T.A., Vos P.L. & Noordhuizen J.P. 2003. Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows. *Vet. Res.* 34(1):11-26. <<http://dx.doi.org/10.1051/vetres:2002054>> <PMid:12588681>
- Lopes C.N., Scarpa A.B., Cappellozza B.I., Cooke R.F. & Vasconcelos J.L.M. 2009. Effects of rumen-protected polyunsaturated fatty acid supplementation on reproductive performance of *Bos indicus* beef cows. *J. Anim. Sci.* 87(12):3935-3943. <<http://dx.doi.org/10.2527/jas.2009-2201>> <PMid:19684273>
- Marett L.C., Auld M.J., Moate P.J., Wales W.J., Macmillan K.L., Dunshea F.R. & Leury B.J. 2015. Response of plasma glucose, insulin, and nonesterified fatty acids to intravenous glucose tolerance tests in dairy cows during a 670-day lactation. *J. Dairy Sci.* 98(1):179-189. <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8205>> <PMid:25468690>
- Moallem U., Katz M., Arieli A. & Lehrer H. 2007. Effects of peripartum propylene glycol or fats differing in fatty acid profiles on feed intake, production, and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90(8):3846-3856. <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0092>> <PMid:17638995>
- Nörnberg J.L., López J., Stumpf Júnior W., Costa P.B. & Schafhäuser Júnior J. 2006. Desempenho de vacas Jersey suplementadas com diferentes fontes lipídicas na fase inicial da lactação. *Revta Bras. Zootec.* 35(4):1431-1438. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000500024>>
- NRC 2001. Nutritional Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press, National Research Council, Washington D.C.
- Rizos D., Kenny D.A., Griffin W., Quinn K.M., Duffy P., Mulligan F.J., Roche J.F., Boland M.P. & Lonergan P. 2008. The effect of feeding propylene glycol to dairy cows during the early postpartum period on follicular dynamics and on metabolic parameters related to fertility. *Theriogenology* 69(6):688-699. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.12.001>> <PMid:18262261>
- SAS 1999. SAS Software. Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Schoenberg K.M., Ehrhardt R.M. & Overton T.R. 2012. Effects of plane of nutrition and feed deprivation on insulin responses in dairy cattle during late gestation. *J. Dairy Sci.* 95(2):670-682. <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4529>> <PMid:22281332>
- Silveira M.F.D., Restle J., Alves Filho D.C., Missio R.L., Donicht P.A.M.M., Segabinazzi L.R., Callegaro A.M. & Joner G. 2014. Suplementação com gordura protegida para vacas de corte desmamadas precocemente mantidas em pastagem natural. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 66(3):809-817. <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-41625366>>
- Staples C.R., Burke J.M. & Thatcher W.W. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81(3):856-871. <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75644-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75644-9)> <PMid:9565891>
- Van Knegsel A.T.M., Van Den Brand H., Dijkstra H.J., Tamminga S. & Kemp B. 2005. Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reprod. Nutr. Dev.* 45(6):665-688. <<http://dx.doi.org/10.1051/rnd:2005059>> <PMid:16285910>
- Van Knegsel A.T.M., Van Den Brand H., Dijkstra J., Van Straalen W.M., Jorritsma R., Tamminga S. & Kemp B. 2007. Effect of glucogenic vs. lipogenic diets on energy balance, blood metabolites and reproduction in primiparous and multiparous Dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90(7):3397-3409. <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2006-837>> <PMid:17582125>
- Vazquez-Anón M., Bertics S., Luck M., Grummer R.R. & Pinheiro J. 1994. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77(6):1521-1528. <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77092-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77092-2)> <PMid:8083410>
- Zachut M., Honig H., Striem S., Zick Y., Boura-Halfon S. & Moallem U. 2013. Periparturient dairy cows do not exhibit hepatic insulin resistance, yet adipose-specific insulin resistance occurs in cows prone to high weight loss. *J. Dairy Sci.* 96(9):5656-5669. <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6142>> <PMid:23871373>