


08929

CNPGL

1979

FL-08929

 <b>EMBRAPA</b>	<b>EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA</b>	
	VICIADA AO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - GADO DE LEITE	
Nº 02	P. 1-27	Outubro 1979

Rodovia MG-133 Km-42  
Fones: (032) 812-8550 e (101) 10  
38.100 - Coronel Pacheco - MG

**CIRCULAR  
TÉCNICA**

**VITAMINAS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES : REVISÃO**

Duarte Vilela\*

\* Pesquisador da EMBRAPA/CNP-Gado de Leite

Vitaminas na nutrição de  
1979 FL-08929



35079-1

VILELA, D. Vitaminas na nutrição de ruminantes. Coronel Pacheco-  
MG, EMBRAPA.CNPGL, 1979. 27p. (Circular Técnica, 02).

1. Ruminantes-Alimentação-Vitaminas. 2. Vitaminas-Revisão Biblió-  
gráfica. I. Título. II. Série.

## 1. INTRODUÇÃO

Há mais de um século foi estabelecida a existência de três princípios nutricionais: um princípio sacarino, um oleoso e um albuminoso. Estes princípios, hoje conhecidos como carboidratos, gorduras e proteínas, até o início do presente século, foram considerados como suficientes para atender às necessidades nutricionais do organismo, exceto os minerais. Mais tarde foram descobertos outros elementos dietéticos essenciais, até então não percebidos por estarem contidos nos alimentos em doses infinitamente pequenas, mas indispensáveis à saúde do homem e dos animais. Como essas substâncias não se relacionavam quimicamente entre si, foram reunidas em um só grupo, sob a denominação geral de vitaminas, termo tirado da palavra "vitamine" usada por FUNK em 1912 para indicar um desses princípios dietéticos.

Dada a importância nutricional das vitaminas também no campo da produção animal, julgou-se oportuno uma revisão sobre o assunto, para situá-lo dentro das condições de criação de bovinos em nosso meio ambiente.

Das 15 vitaminas de existência comprovada, algumas são solúveis nos solventes de gorduras e são grupadas sob o termo de vitaminas lipossolúveis, enquanto que outras solúveis em água, recebem a denominação de vitaminas hidrossolúveis.

Existem algumas características básicas que diferenciam as vitaminas do grupo lipossolúvel (A, D, E, K), das vitaminas do grupo hidrossolúvel (B, C), como a função, local de absorção, excreção e armazenamento. DeLUCA (1975) relatou que as vitaminas do complexo B possuem papel enzimático fundamental nas reações intermediárias do metabolismo comum a todos os organismos, incluindo os mais simples, como as bactérias. Contudo, as vitaminas lipossolúveis somente são requeridas por organismos multicelulares complexos, com funções altamente especializadas, cujo mecanismo e função são ainda desconhecidos, merecendo com isto, maior esforço dos pesquisadores.

Há vários anos sabe-se que as necessidades vitamínicas dos ruminantes são distintas das necessidades dos monogástricos. Tem-se demonstrado, em condições atuais, que os ruminantes necessitam a nível de tecido, certo número de vitaminas, se não todas, requeridas pela maioria das espécies monogástricas. BARNETT & REID (1961) observaram o que Theiler e outros preconizaram em 1915: "as necessidades vitamínicas dos bovinos são baixas, e um grande número delas podia ser suprido, indiretamente, pela síntese bacteriana no trato digestivo".

## 2. VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS

Basicamente, a absorção de vitaminas lipossolúveis está em função da digestão e absorção dos lipídeos. A secreção da bile pelo fígado e da lipase pelo pâncreas são vitais para a absorção de vitaminas lipossolúveis e um distúrbio hepático ou pancreático, pode inibir este processo (ULLERY 1972). A principal área de absorção dos lipídeos e, conseqüentemente das vitaminas lipossolúveis, é na região inicial do jejuno. (TUCKER et al. 1976).

### 2.1. Vitamina A e Caroteno

Todos os animais requerem uma fonte dietética de vitamina A. Ela não ocorre como tal em produtos vegetais, mas antes como seu

precursor, o caroteno (ver apêndice). Este composto é comumente designado como pro-vitamina A, porque o organismo pode transformá-lo na vitamina ativa, e é desta forma que as exigências de vitamina A dos animais podem ser supridas, visto que as rações são constituídas principal ou inteiramente de alimentos de origem vegetal. Segundo SCHWEITER & ISLER (1967), existem mais de 80 carotenos e carotenóides conhecidos na natureza, mas somente 15 são fisiologicamente ativos.

Grande número de trabalhos indica que, apreciáveis quantidades de caroteno e vitamina A podem ser degradados no estomago de ruminantes (KEATING et al. 1964; LONG et al. 1969). KING & SMITH (1962), trabalhando com animais fistulados, relataram que 40% do caroteno ou da vitamina A pode ser perdido no rúmem - retículo de novilhos e carneiros. No entanto, MITCHELL et al. (1965), usando técnica similar, encontraram um desaparecimento pré-intestinal de 50%, e posteriormente, CHIBA et al. (1967), trabalhando com B - caroteno, encontraram perdas de até 80%.

WING (1969) verificou que a digestibilidade aparente do caroteno de várias forragens fornecidas ao gado leiteiro, estava em torno de 78%, e que diversos fatores podiam influenciar este resultado, tais como, a espécie da planta, o mês em que foi efetuado o corte da forragem e o seu tipo (feno, silagem ou pasto).

Sintomas de deficiência de vitamina A em ruminantes que recebem dietas supostamente adequadas em vitamina A ou caroteno para atender seus requerimentos, têm levado inúmeros pesquisadores a descobrirem o motivo pelo qual a vitamina A é tão facilmente oxidada no estomago de ruminantes. A maioria dos trabalhos indica que a presença de nitratos e nitritos nas dietas, onde o caroteno da forragem é a única fonte da vitamina, reduz o nível hepático e sanguíneo da vitamina A (HOAR et al. 1968 e CUNNINGHAM et al. 1968). Entretanto, LICHTENWALNER & WEBB (1970) encontraram que a presença de nitrato na dieta tem pouco efeito sobre os valores de caroteno do fígado e do plasma. A aflatoxina, a níveis de 0,08 mg/kg de peso vivo, causou diminuição progressiva na utilização do caroteno e da vitamina A (LYNCH

et al. 1968). Por outro lado, o uso de dietas deficientes em proteína reduziu a absorção e utilização do caroteno pelos animais (ULLREY 1972).

KEATING et al. (1964), fazendo determinações "in vitro", revelaram que a destruição da vitamina A pelo liquor de rúmem de novilhos, em dietas à base de forragem, foi significativamente maior do que naqueles que recebiam concentrado (Quadro 1).

QUADRO 1. Recuperação de vitamina A após a incubação com liquor de rúmem de novilhos com ração à base de forragem e ração com 30% de forragem<sup>1</sup>

Tempo de incubação <sup>2</sup>	Rações	
	100% Forragem	30% Forragem
	Mcg	
Horas	Vitamina A Recuperada	
4	28	30
8	10	31
12	8	29
16	3	29

<sup>1</sup>KEATING et al. (1964).

<sup>2</sup>Em cada tubo incubado foi adicionado 32,8 mcg de vitamina A.

JORDAN et al. (1963) relataram que altos níveis de silagem de milho na alimentação de gado de corte podem resultar numa deficiência de vitamina A, apesar do consumo de caroteno ter estado além das exigências. Porém, KLOSTERMAN et al. (1964) não encontraram variações no nível de vitamina A e caroteno no plasma, quando novilhas foram alimentadas com silagem de milho.

MILLER & REMKN (1969) indicaram que, animais alimentados à base de silagem de milho, apresentavam uma diminuição nos níveis de reserva de vitamina A no fígado. Isto foi devido a um decréscimo na utilização do caroteno da silagem de milho, o qual contém significativa quantidade de álcool (Quadro 2).

QUADRO 2. Níveis de caroteno e vitamina A no fígado de novilhos, em 21 dias de experimento, alimentados com rações contendo diferentes percentagens de álcool<sup>1</sup>.

Nível de álcool	Caroteno		Vitamina A	
	Inicial	Final	Inicial	Final
% na Ração	mg/100 kg Peso Vivo		Mcg/g	
0	4,0	4,3	57,3	85,7
1	4,3	3,8	66,3	90,7
3	3,7	3,6	55,8	63,0

<sup>1</sup>MILLER & REMKN (1969).

MARTINS *et al.* (1971) verificaram que quando a planta de milho a ser ensilada foi cortada em partículas finas (1 cm), houve maior destruição de caroteno de que quando foi cortada em partículas médias (2 cm). Os mesmos autores ainda relataram que injeções intramusculares de vitamina A foram significativamente mais efetivas do que injeções intraruminais em manter a reserva normal da vitamina no fígado.

São divergentes as considerações na literatura a respeito da quantidade de vitamina A requerida pelo gado de corte (EMBRY *et al.* 1962 e PERRY *et al.* 1962). KOHLMUIR & BURROUGS (1970) fornecendo 1.400 U.I. de vitamina A/kg de dieta a novilhos de engorda, encontraram que os níveis de vitamina A do plasma e do fígado permaneceram acima de 25 mcg/100 ml de plasma e 2 mcg/g de fígado, respectivamente. Concluem que a taxa de diminuição das reservas de vitamina A do organismo foi de 50% a cada 28 dias. Os autores sugerem que animais confinados, com reservas médias de vitamina A no fígado (20 a 40 mcg/g), estabelecidas antes de iniciar o confinamento, necessitam pouca ou nenhuma vitamina A dietética por períodos de 90 a 120 dias. Os animais que entraram em confinamento com níveis de vitamina A no fígado considerado de baixo a médio (5 a 10 mcg/g), requereram a vitamina com 30 a 90 dias, e os animais com baixa reserva de vitamina A no fígado (<5 mcg/g) requereram a vitamina quase que imediatamente após

entrarem em confinamento. Já, FIELDS et al. (1969), utilizando dieta à base de feno de alfafa e milho triturado contendo suficiente vitamina A para manter o armazenamento normal do fígado, encontraram, no início do confinamento, uma concentração de vitamina A de 39,7 mcg/g de fígado e através de equações de regressão individual, estimaram que a vitamina A armazenada foi suficiente para cobrir as exigências dos animais por 320 dias.

CHAPMAN et al. (1964) relataram que o fornecimento oral de 25.000 U.I. de vitamina A por novilho, por dia, resultou em aumento no ganho de peso durante o inverno, mas não durante o verão. Entretanto, KIRK et al. (1971), utilizando doses orais de 30.000 U.I. de vitamina A ou doses de 2,7 e 5,4 milhões de U.I. de vitamina A injetável, não verificaram aumento significativo no ganho de peso dos novilhos. BEATTY (1969), usando feno de gramíneas de baixa qualidade, suplementou novilhos diariamente com 20.000 U.I. e 40.000 U.I. de vitamina A. Nenhum efeito significativo devido a suplementação de vitamina A foi observado quanto ao ganho de peso, consumo de ração, taxa de respiração e constituintes do sangue (leucócitos, eritrócitos).

As reservas hepáticas de vitamina A de bezerros, nascidos de vacas mantidas em pastagem, podem ser maiores de que daqueles nascidos de animais estabulados. Os animais recém nascidos têm reservas escassas de vitamina A, e com o fornecimento de suplemento de vitamina A ou caroteno para vacas em gestação, poderá ocorrer um aumento substancial nas reservas hepáticas dos bezerros (CAMPOS 1965). O maior problema com bezerros é determinar quando é necessário ministrar um suplemento de vitamina A. Entre os fatores que afetam este problema está a dieta anterior e posterior ao parto assim como o conteúdo em vitamina A do colostro e do leite. MEACHAM et al. (1970) encontraram em bezerros nascidos de vacas de corte, níveis baixos de vitamina A no plasma, ao nascimento, aumentando durante a primeira semana de vida e permanecendo estável ou declinando no primeiro mês. Os mesmos autores ainda relatam que a vitamina A no colostro foi mais alta nos animais suplementados com esta vitamina antes do parto, e que a



taxa de crescimento dos bezerros até a desmama não foi afetada pelo tratamento com vitamina A.

PERRY et al. (1967), fornecendo a bezerros doses orais diárias de 20.000 U.I. de vitamina A ou doses injetáveis de 1, 4 e 6 milhões de U.I. da vitamina, encontraram aumento significativo no ganho diário e melhora na eficiência alimentar. Análises periódicas do fígado dos animais indicaram que o armazenamento de vitamina A, quando se usou dose injetável de 1 milhão de U.I., não foi suficiente para manter os níveis normais do plasma durante os 210 dias experimentais.

MARTIN et al. (1967), utilizando vacas em gestação com dietas deficientes e normais em vitamina A, observaram que o nível de vitamina A no fígado dos animais que receberam ração deficiente foi de 5 mcg/g antes do parto e de 2 a 3 mcg/g após o parto. Nas vacas que receberam suplemento de vitamina A, o nível após a gestação foi de 10 a 15 mcg/g de fígado.

Aumento significativo na taxa de concepção de novilhas de dois anos de idade suplementadas com vitamina A, foi observado por BURNS et al. (1968), mas em vacas mais adultas não se verificou nenhum efeito devido à suplementação. Loosly & Myers em 1962, citados por HARTMAN et al. (1976), suplementaram vacas leiteiras com vitamina A e não encontraram influência sobre a produção de leite, de gordura, retenção de placenta, esterilidade ou mastite. HARTMAN et al. (1976) também não observaram nenhum efeito positivo na produção e eficiência reprodutiva em 957 vacas em lactação, devido a suplementação com as vitaminas A, D e E, injetáveis.

O requisito de vitamina dos animais ruminantes está sob a influência de fatores que podem afetar o metabolismo de caroteno e/ou vitamina A, dificultando sobremaneira a determinação dos requerimentos mínimos. Em termos gerais, a vitamina A é problema para os animais muito jovens que recebem alimentos de baixa qualidade vitamínica durante o inverno ou animais mantidos em confinamento por longos períodos e que não restabeleceram suas reservas da vitamina, antes de entrarem em confinamento.

Intoxicação crônica devida ao consumo de excessivas quantidades de vitamina A tem sido relatado em várias espécies de animais de laboratório e em bezerros (GORGAEZ et al. 1971). Contudo, na prática, a toxidez de vitamina A não é tida como um problema com animais ruminantes.

## 2.2. Vitamina D

Literaturas atualizadas sobre a vitamina D, com respeito aos animais ruminantes, são limitadas. O menor interesse de estudos por esta vitamina é um reflexo de que, na prática, raramente ela tem causado problemas. Pelo menos 10 diferentes formas de vitamina D são conhecidas, embora nem todas ocorram em compostos naturais. As duas mais importantes formas encontradas são o ergocalciferol (vitamina D<sub>2</sub>) e o colicalciferol (vitamina D<sub>3</sub>).

Não são muito claras, as vantagens na suplementação diária com vitamina D em rações para vacas, embora haja evidências de que influi na taxa de concepção (HAFEZ 1959). WARD (1971) não encontrou nenhuma diferença significativa na produção de leite de vacas que recebiam ração suplementada com vitamina D. DUNHAN & WARD (1971) também não encontraram qualquer influência da suplementação com vitamina D sobre os constituintes do sangue de vacas lactantes, mas observaram que ela interagiu com a relação cálcio : fósforo, aumentando o teor de fósforo nos tecidos. Entretanto, KODICEK (1967) relatou que a vitamina D estimula a absorção de cálcio, particularmente sob o transporte ativo na mucosa intestinal. BENZIE et al. (1960) encontraram que a suplementação com a vitamina estimulava o crescimento de animais submetidos a uma ração em que ela e o cálcio estavam deficientes.

A vitamina D, como a vitamina A, é multifuncional. Na realidade, a vitamina D atua como um precursor de hormônios, e estes têm importantes papéis associados com o metabolismo de cálcio e fósforo no organismo (DeLUCA 1976). É conhecido que a vitamina D deve ser convertida em pelo menos um hormônio antes de poder exercer suas funções

no organismo. Sua participação, juntamente com a do cálcio e a do fósforo, pode ser explicada pelo mecanismo pelo qual sofre ao ser metabolizada. Assim, a vitamina D é convertida a 25 - hidroxivitamina D<sub>3</sub> (25 - OH - D) no fígado e depois a 1,25 - dihidroxivitamina D<sub>3</sub> (1,25-(OH)<sub>2</sub>D) nos rins, antes de exercer suas funções propriamente ditas. A síntese no fígado é regulada por um mecanismo "feed-back" enquanto a síntese de 1,25 - (OH)<sub>2</sub>D é controlada pela necessidade de cálcio ou fósforo do organismo, através de um complexo e desconhecido mecanismo, envolvendo hormônios da paratireoide e o próprio 1,25 - (OH)<sub>2</sub>D (DeLUCA 1974).

Tem sido mostrado que dietas pobres em cálcio não são as principais causadoras do raquitismo em ruminantes, mas são as dietas pobres em fósforo e com uma quantidade inadequada de vitamina D, as causas primárias do raquitismo nesses animais (BENZIE *et al.* 1960). McROBERTS *et al.* (1965) mostraram que dietas pobres em fósforo e vitamina D causam redução na taxa sanguínea do fósforo inorgânico e ossos quebradiços em ovelhas.

Os requisitos mínimos de vitamina D pelos animais estão basicamente relacionados com o Ca e o P da dieta. Pequenas alterações na relação Ca : P da dieta podem aumentar ou diminuir os requerimentos mínimos de vitamina D, e isto explica as divergentes recomendações por parte dos pesquisadores.

A vitamina D não tem como principal fonte natural o alimento, mas sim a presença do 7 - dehidrocolesterol na pele, que é convertido em vitamina D quando raios ultravioleta incidem sobre esta. Devido a isto, a sensibilidade dos animais para um excesso de vitamina D é completamente variável, tanto que não é possível determinar uma dose tóxica mínima.

O uso de doses excessivas de vitamina D pode trazer riscos de calcificação em muitos tecidos, já que a vitamina predispõe o organismo a aumentar a capacidade de mobilizar o cálcio.

Tratamentos orais com 10 a 20 milhões de U.I./dia, durante 10 dias consecutivos, causaram calcificação nos tecidos de ovinos.

Por outro lado, suplementando-se com 20 a 30 milhões de U.I./dia, durante três dias antes do parto, e um dia após o parto, obteve-se proteção completa contra a febre do leite (HIBBS & CONRAD 1960).

### 2.3. Vitamina E

A vitamina E apresenta interesse em nutrição não só por atuar como um antioxidante biológico mas também por se achar fisiologicamente relacionada com o selênio (ver apêndice). A vitamina E na forma ativa encontra-se presente em compostos conhecidos como tocoferóis, dos quais existem vários isômeros, sendo o alfa-tocoferol o de maior atividade biológica.

A vitamina E está estreitamente associada com a vitamina A quanto à sua distribuição nos tecidos adiposos, e no papel de protegê-la contra oxidações. Devido a esta proteção, grandes perdas pré-intestinais de vitamina E têm sido observadas em bovinos e ovinos. ANDERSON et al. (1970) mostraram que de 23 a 36% da vitamina E fornecida por via oral aos animais, foi perdida antes de alcançar o intestino. Tal ação pré-intestinal pode exercer influência sobre o "status" de vitamina E em ruminantes e isto tem maior significado em dietas ricas em concentrado. ANDERSON et al. (1971) encontraram um desaparecimento aparente de vitamina E pré-intestinal em ovelhas, de 8,4% em dietas com 20% de milho, e 42,8% em dietas com 80% de milho. Os autores ainda relataram que o número de microorganismos no rúmen aumentou com o aumento de carboidratos de fácil fermentação na dieta. Conseqüentemente, com o aumento de milho na dieta, seria esperado uma elevação na atividade microbiana no rúmen, acarretando desaparecimento da vitamina E.

A absorção e retenção de vitamina E, ministrada por via oral ou injetável, foi pesquisada por CARVAGGI & WRIGHT (1968), que verificaram mais alta concentração de tocoferol no plasma de carneiros após o fornecimento intramuscular do que oral.

Para MORRIS et al. (1975), a adição de 200 mg de DL-alfa tocoferol na ração diária de novilhos, não interferiu significativamente sobre a taxa de crescimento (Quadro 3).

QUADRO 3. Peso corporal, ganho de peso de novilhos alimentados com dieta basal de sorgo em grão, uréia e minerais, suplementada com alfa-tocoferol<sup>1</sup>

Parâmetros	Suplementação com alfa-tocoferol	
	mg de alfa-tocoferol/novilho/dia	
	0	200
Peso inicial (kg)	195	184
Peso final (kg)	283	288
Ganho de peso (kg)	98	104
Ganho diário (g/dia)	162	164

<sup>1</sup>MORRIS et al. (1975).

A relação entre selênio e vitamina E parece indicar claramente que os requerimentos de vitamina E podem ser determinados somente na presença de uma quantidade adequada de selênio. (HOPKINS et al. 1964 e EWAN et al. 1968). Entretanto, HIDIROGLOU et al. (1970) observou que a presença ou ausência de 1 mg de selenito de sódio, ministrado com 1 g de alfa-tocoferol/carneiro/semana, recebendo uma dieta que normalmente produz distrofia muscular, não apresentou influência sobre a presença de alfa-tocoferol no plasma e tecidos de carneiros.

Sabe-se da necessidade da vitamina E para a reprodução de ratos e aves, mas trabalhos com ovinos, bovinos e caprinos, indicam que esta vitamina e/ou o selênio não afetam a reprodução destas espécies (BUCKAMAN et al. 1969).

#### 2.4. Vitamina K

Existem vários compostos, semelhantes em estrutura, que apresentam atividade de vitamina K, como K<sub>1</sub>, que de modo geral, está presente em grande quantidade nas forragens verdes, e a vitamina K<sub>2</sub>, que é sintetizada por bactérias do rúmem (ALMQUIST 1975).

A vitamina K é a única vitamina lipossolúvel sintetizada normalmente pelo rúmem. Sabe-se a vários anos que a vitamina K está relacionada com o mecanismo de coagulação do sangue, devido, aparentemente, a necessidade do fígado para a síntese de protombina.

Semelhantemente ao que acontece com os aminoácidos, os microorganismos do trato digestivo desempenham importantes funções na síntese de certas vitaminas, e a vitamina K é um exemplo. Os primeiros dados publicados por McELROY & GOSS (1940) indicam o conteúdo do rúmem como boa fonte desta vitamina em animais mantidos com dietas isentas de vitamina K. Utilizando conteúdo do rúmem de bovinos e posteriormente isolando a vitamina K do fígado, MATSCHINER (1970) concluiu que a vitamina K é de origem bacteriana e, que após a sua absorção no intestino, é depositada no fígado.

Não há trabalhos sobre a vitamina K que relatem problemas devido aos sintomas de deficiência em ruminantes, sob condições de alimentação normal. Isto pode ser explicado pela síntese ruminal e pela relativa abundância nas forragens verdes.

### 3. VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

Sob condições de alimentação normal, os alimentos naturais fornecem aos animais grande parte das vitaminas ou seus precursores. Além disso, as vitaminas do grupo hidrossolúvel (ver apêndice), como as do complexo B, são sintetizadas no rúmem, e a vitamina C é sintetizada nos tecidos dos animais (WIESE et al. 1947).

As vitaminas do complexo B - tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pantotênico, biotina, ácido fólico, inositol, cianocobalamina e colina são requeridas, em quantidades mínimas, como cofatores no sistema enzimático das principais vias metabólicas no organismo dos animais. A absorção da maioria das vitaminas hidrossolúveis se verifica através da difusão na mucosa intestinal (TURNER & RUGHES 1969). Porém, segundo HUNGATE (1966), diversos autores mostraram que, embora a mucosa ruminal permita a absorção da maioria das vitaminas do complexo B, estas são pouco absorvidas neste órgão, por se acharem agregadas aos microorganismos do rúmem e somente são liberadas com o processo de digestão dos alimentos, e conseqüentemente, dos microorganismos no trato digestivo. Alguma liberação e absorção

das vitaminas ocorrem no omaso e abomaso, sendo que o máximo de absorção ocorre na parte inicial do intestino delgado. Algumas vitaminas do complexo B, encontradas em várias partes do trato alimentar de carneiros, são mostradas no Quadro 4.

Existem poucas informações sobre as espécies de bactérias e a quantidade de vitaminas que elas sintetizam no rúmem. Porém, sabe-se que os protozoários não sintetizam as vitaminas do complexo B.

A verificação da síntese de vitamina B por suspensão de microorganismos do rúmem, quando celulose ou amido era o substrato, foi testada por HAYES et al. (1965). Encontraram que a síntese de riboflavina, niacina e vitamina B<sub>12</sub>, foi maior quando o substrato era o amido, e quando foi substituído por celulose, pouca ou nenhuma síntese de riboflavina, ácido fólico e B<sub>12</sub> foi observada.

HAYES et al. (1966), testando atividade de vitamina B de amostras tomadas no rúmem de novilhos, por um período de 56 dias, encontraram que a maior concentração no fluido ruminal dos novilhos alimentados com rações à base de concentrados foi de tiamina, ácido pantotênico, ácido fólico, niacina e vitamina B<sub>12</sub>, ao passo que, com rações de feno moído, a maior concentração observada foi de riboflavina (Quadro 5).

O cobalto é uma parte estrutural da molécula de cianocobalamina (vitamina B<sub>12</sub>) e conseqüentemente é necessária sua presença para que os microorganismos do rúmem a sintetizem. A importância do cobalto sobre os microorganismos que produzem vitamina B<sub>12</sub>, é evidenciada nos trabalhos de JONES (1970) e MARSTON (1970).

HEDRICH et al. (1973) mostraram que a atividade da vitamina B<sub>12</sub> no trato digestivo de carneiros pode ser marcadamente aumentada pela suplementação com cobalto (Quadro 6). Os autores ainda relatam que a natureza da dieta afeta o grau de disponibilidade de vitamina B<sub>12</sub> para a sua absorção no intestino. Os dados do Quadro 7 mostram que o fluxo mais baixo de vitamina B<sub>12</sub> resultou quando a proporção de forragem foi reduzida substancialmente.

QUADRO 4. Conteúdo de vitaminas nas diversas partes do trato digestivo de ruminantes, em mcg/g de peso seco do conteúdo\*

	Dieta	Na Dieta	Rúmen	Retículo	Omaso	Abomaso	Intestino delgado	Ceco	Colo	Reto
Tiamina	A	2,4	3,1	7,0	8,9	6,2	5,4	3,5	3,8	3,0
	B	5,7	6,8	16,0	14,9	18,9	13,3	2,2	2,2	1,9
Riboflavina	A	4,9	7,1	12,8	19,6	10,2	12,0	8,5	6,8	5,3
	B	11,0	9,7	21,7	13,3	14,4	26,0	6,8	6,0	3,9
Niacina	A	10,8	59,6	76,9	140,6	119,1	92,2	35,6	33,7	24,0
	B	50,4	46,1	82,3	42,3	127,6	196,3	24,0	19,7	18,6
Ác. Pantot.	A	23,1	17,5	20,2	33,6	28,5	58,6	11,0	9,4	5,3
	B	42,2	16,8	41,9	25,6	45,9	130,8	20,5	22,2	16,6
Biotina	A	0,04	0,13	0,18	0,32	0,18	0,45	0,72	0,76	0,46
	B	0,47	1,16	0,52	0,36	0,88	1,43	2,25	1,99	2,35
B <sub>12</sub>	A	Traços	1,15	2,20	3,46	2,5	2,44	5,59	4,22	4,00
	B	Traços	1,39	2,65	1,76	2,4	2,12	3,11	4,43	3,24

\* HUNGATE (1966).



**QUADRO 5. Níveis de vitaminas B no rúmen**

Vitaminas	Concentração inicial de vitamina	Concentração de Vitaminas em 56 dias de Experimento					
		Milho		Feno comum		Feno moído	
		floculado	moido	Milho floclado	Milho moído	Milho floclado	Milho moído
	mg	mcg/100 ml de fluido ruminal					
Tiamina	2,0	5,5	16,8	1,2	0,3	0,8	5,5
Riboflavina	56,0	40,0	74,0	29,0	54,0	106,0	108,0
Biotina	4,0	4,8	3,7	2,9	3,3	3,2	3,1
Ácido Pantotênico	71,0	242,0	354,0	65,0	77,0	115,0	122,0
Ácido Fólico	7,6	18,6	18,0	8,0	8,3	9,1	14,4
Nacina	146,0	649,0	850,0	222,0	375,0	141,0	324,0
Vitamina B <sub>12</sub>	3,0	6,4	8,6	4,6	5,6	2,2	2,1

QUADRO 6. Efeito do nível do cobalto na dieta sobre as concentrações de vitamina B<sub>12</sub> no rúmem e duodeno

Cobalto na dieta	B <sub>12</sub> no rúmem	B <sub>12</sub> no duodeno	B <sub>12</sub> no soro
(ppm)	(%)	(%)	(%)
0,06	12	3	67
0,50	19	21	90
1,02	19	22	85

QUADRO 7. Fluxo duodenal de vitamina B<sub>12</sub>

Consumo de cobalto	Forragem na dieta	Fluxo duodenal de vitamina B <sub>12</sub>
(mg)	(%)	(mcg)
0,07	100	285
0,07	95	253
0,07	95	261
0,07	69	43
0,50	69	843
1,00	95	1.984

Os carboidratos afetam a síntese de vitaminas do complexo B; o aumento da relação amido : celulose na dieta favorece a síntese de niacina, riboflavina e principalmente ácido pantotênico. Também os teores de nitrogênio na dieta influem diretamente na síntese de vitaminas do complexo B (PEARSON *et al.* 1953).

A necessidade de dietas ou fontes dietéticas de vitaminas do complexo B não têm sido estabelecidas para os ruminantes em condições normais de alimentação. Geralmente, os animais novos, bezeros e ovelhas, alimentados com dietas purificadas, têm sido usados como modelo básico para os estudos com vitaminas do complexo B, devido à facilidade de demonstrar com esses animais, algumas deficiências dessas vitaminas. Em geral, quanto maior a quantidade de vitaminas na dieta, menor é a síntese no rúmem.

#### 4. COMENTÁRIOS

Com base nas informações da literatura revisada, pode ser avaliado que, em condições normais de criação, de um modo geral os ruminantes têm as suas necessidades vitamínicas atendidas pelos alimentos naturais e pela síntese que ocorre no rúmem e nos tecidos.

No que se refere ao caroteno, este é amplamente encontrado nas forragens verdes, ricas em folhas e nos bons fenos, principalmente de leguminosas. Também o milho amarelo, comum nas rações de vacas leiteiras, é boa fonte de provitamina A e mesmo a sua silagem, quando de boa qualidade, pode ser um razoável suplemento da vitamina. Entretanto, a literatura assinala que em algumas situações o suprimento de vitamina A pode estar prejudicado, não só pela natureza do alimento oferecido (pastagens secas, feno de má qualidade, inclusive se armazenado por longos períodos; palhadas de milho, arroz, soja, feijão, e outras; farelinho de arroz, de trigo, grãos de sorgo, etc), como também pela atuação de outros fatores que podem atuar tanto destruindo a vitamina como reduzindo a sua absorção no trato digestivo, ou ainda prejudicando a conversão do caroteno. Entre esses fatores mencione-se a ação oxidativa normal que sofre o caroteno e a vitamina A no trato digestivo, mesmo quando protegida pela vitamina E; a presença de elevados níveis de nitratos e nitritos na dieta, presença de aflatoxina nos alimentos ingeridos, níveis mais elevados de alcoóis nas silagens (produto natural da fermentação), deficiência protéica (comum em nossos rebanhos) e deficiência da própria vitamina A, prejudicando a conversão do caroteno.

Quanto à vitamina D, esta não é tida como problema nas condições brasileiras, já que a radiação solar, através dos seus raios ultra-violeta, promove a sua formação na pele dos animais à custa dos esteróis cutâneos. Outras fontes bastante ricas, quando bem preparadas, são os fenos de gramíneas e leguminosas curados ao sol. Entretanto casos de deficiência podem ocorrer se os animais são mantidos em abrigos, com pouca exposição à luz solar, como ocorre em alguns sistemas de criação de bezerros e em alguns raros casos de engorda em confina

mento em galpões fechados. Nessas situações poderá haver necessidade de fontes dietéticas da vitamina.

A vitamina K e as do complexo B são amplamente sintetizadas no rúmem, e a vitamina C é produzida nos tecidos, o que dispensaria o uso de fontes dietéticas. Porém, ressalva-se que a vitamina B<sub>12</sub>, só pode ser sintetizada se o animal dispuser de suprimento adequado de cobalto, quer contido naturalmente no alimento, quer presente nas misturas minerais.

Embora a enorme significação das vitaminas para o organismo animal, no caso específico dos ruminantes e sob o ponto de vista dietético, o problema não tem grandes dimensões, o que minimiza as razões para o uso exagerado de fontes adicionais de vitaminas nos esquemas de alimentação.

Nas condições brasileiras, aparentemente, a vitamina que deveria merecer um pouco de atenção seria a vitamina A, já que pode ser um nutriente deficiente em determinadas situações, especialmente no caso do rebanho leiteiro. Este raciocínio baseia-se nos fatos de: a) serem as pastagens fontes insuficientes na época da seca; b) ser o volumoso suplementar, regra geral, de valor questionável e mesmo a maioria das silagens e c) ser o leite uma via de eliminação natural da vitamina.

Um outro fato que, muito provavelmente, estaria ligado a deficiência da vitamina A, é a incidência bastante elevada de mortes por pneumonia em bezerros. A razão primária do aparecimento da doença seria insuficiência da vitamina, em virtude das pequenas quantidades de leite fornecidas, sobrevivendo a morte por má nutrição geral.

De tudo isso, depreende-se que não há necessidade de amplas suplementações vitamínicas na alimentação dos nossos rebanhos, pois o problema praticamente restringe-se a vitamina A, mesmo assim em situações especiais.

## 5. LITERATURA CITADA

- ANDERSON, N.E.; MITCHELL, G.E.; LITTLE, C.O. & TUCKER, R.E. Prē-intestinal loss of vitamin E in steers fed corn oil. J. Anim.Sci., 30(2): 315, 1970. (Abstr. 8).
- ANDERSON, N.E.; MITCHELL, G.E.; LITTLE, C.O.; TUCKER, R.E. & WALNER, R.E. Prē-intestinal disappearance of vitamin E in ruminants. J. Nutr., 101(5): 655-9, 1971.
- ALMQUIST, H.J. The early history of vitamin K. J. Clin. Nutr., 28(6): 656-9, 1975.
- BARNETT, A.J.G. & REID. Reactions in the rumen. New York, Edward Arnold, 1961. 174 p.
- BEATTY, J.F. Effect of vitamin A supplementation on physiological responses to thermal stress of holstein steers. J. Dairy Sci., 52(4): 555-6, 1969.
- BENZIE, D.; BOYNE, A.W.; DALGARNO, A.C.; DUCKWORTH, J.; HILL, R. & WALKER, D.M. Studies of the skeleton of the sheep. IV. The effects and interaction of dietary supplements of calcium, phosphorus, codliver oil and energy, as starch, on the skeleton of growing blackface wethers. J. Agric. Sci., 54: 202-21, 1960.
- BUCHAMAN, J.G.; SMITH, J.G.; NELSON, E.C.; OSBURN, B.I.; WELLS, M.E. & TILLMAN, A.D. Effects of vitamin E and selenium deficiencies in sheep fed a purified diet during growth and reproduction. J. Anim. Sci., 29(5): 808-15, 1969.
- BURNS, W.C.; SHIRLEY, R.L.; CUNHA, T.J. & CHAPMAN, H.L. Cow and calf response to injected vitamin A. J. Anim. Sci., 27(1): 290, 1968. (Abstr., 34).
- CAMPOS, J. Exigências nutritivas dos ruminantes. In: SEMINÁRIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, São Paulo, (BRASIL), 1965. 372 p.
- CARVAGGI, C.L.; WRIGHT, E. N.Z.J. Agric. Res., 12: 655, 1968. Apud HIDIROGLOH, M.; JENKIN, K.J. & LESSARD, J.R. Metabolism of vitamin E in sheep. Br. J. Nutr., 24(4): 917-28, 1970.

- CHAPMAN, H.L.; SHIRLEY, R.L.; PALMER, A.Z.; HAINES, C.E.; CUNHA, T.J. J. Anim. Sci., 23: 669, 1964. Apud PERRY, T.W.; BUSON, W.M.; MOHLER, M.T. & SMITH, W.H. Injetable vs. oral vitamin A for fattening steers calves. J. Anim. Sci., 261(1): 115-8, 1967.
- CHIBA, N.; LINDSAY, N.R.C.; LIBBEY, L.M. & DAY, E.A. Volatile compounds from autoxidizing B - carotene. J. Anim. Sci., 50(6): 951, 1967. (Abstr., 1166).
- CUNNIGHAN, G.N.; WISE, M.B. & BARRICK, E.R. Influence of nitrite and hydroxylamine on performance the vitamin A and carotene metabolism of ruminants. J. Anim. Sci., 27(4): 1067-1972, 1968.
- DeLUCA, H.F. Funcions of the fat-soluble vitamin. Amer. J. Nutr., 28(4): 339-45, 1975.
- \_\_\_\_\_. Symposium on recent advances in vitamin D: Clinical Implications. Amer. J. Clin. Nutr., 29(11): 1253-315, 1976.
- \_\_\_\_\_. Vitamin D: The vitamin and the hormone. Fedn. Proc., 33(9): 2211-16, 1974.
- DUNHAN, J.R. & WARD, G. Influences of calcium intake and vitamin D supplementation on the composition of lactating cow's blood. J. Dairy Sci., 54(6): 863-6, 1971.
- EMBRY, L.B.; EMERICK, R.J.; WEICHTHAL, B.A. & WHETZAL, F.W. Vitamin A requirements of fattening cattle. J. Anim. Sci., 21(3): 994, 1962. (Abstr., 115).
- EWAN, R.C.; BAHMAN, C.A. & POPE, A.L. Effects of selenium and vitamin E on nutritional muscular dystrophy in lambs. J. Anim. Sci., 27(3): 751-6, 1968.
- FIELDS, C.L.; MITCHELL, G.E.; LITTLE, C.O. & BOLING, J.A. A turnover in mature steers. J. Anim. Sci., 28(1): 135, 1969. (Abstr., 42).
- GORGAEZ, E.J.; ROUSSEAU, J.E.; FRIER, H.L.; HALL, R.C. & EATON, H.D. Composition of the duramatter in chronic bovine hiper-vitaminosis A. J. Nutr., 101(1): 1541-6, 1971.
- HAFEZ, E.S.E. Reproductive capacity of farm animals in relation to

- climate and nutrition. J. Amer. Vet. Med. Assoc., 135(12): 606-14, 1959.
- HARTMAN, D.A.; NATZKE, R.P. & EVERETT, R.W. Injetable vitamins A, D and E: A field study. J. Dairy Sci., 59(1): 91-6, 1976.
- HAYES, B.W.; MITCHELL, G.E. & LITTLE, C.O. B - vitamin synthesis by washed rumen microorganisms during starch or cellulose fermentation. J. Anim. Sci., 14(3): 885, 1965. (Abstr., 164).
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Concentrations of B - vitamins in ruminal fluid of steers fed different levels and physical forms of hay and grain. J. Anim. Sci., 25(2): 539-42, 1966.
- HEDRICH, M.F.; ELLIOT, J.M. & LOWE, J.E. Response in vitamin B - 12 production and absorption to increasing cobalt intake in the sheep. J. Nutr., 103(12): 1646-51, 1973.
- HIBBS, J.W. & CONRAD, H.R. Studies of milk fever in dairy cows. VI. Effect of three prepartal dosage levels of vitamin D on milk fever incidence. J. Dairy Sci., 43(8): 1124-9, 1960.
- HIDIRIGLOH, M.; JENKIN, K.J. & LESSARD, J.R. Metabolism of vitamin E in sheep. Br. J. Nutr., 24(4): 917-28, 1970.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Br. J. Nutr., 24: 217, 1960. Apud AMMERMAN, S. & MILLER, W. Selenium in ruminant nutrition. A review Can. J. Anim. Sci., 58(10): 1561-77, 1975.
- HOAR, D.W.; EMBRY, L.B. & EMERICK, R.J. Nitrate and vitamin A inter-relationship in sheep. J. Anim. Sci., 27(6): 1727-33, 1968.
- HOPKING, L.L.; POPE, A.L. & BAUMANN, C.A. Constrating nutritional responses to vitamin E and selenium in lambs. J. Anim. Sci., 23(3): 674-81, 1964.
- HUNGATE, ROBERT, E. The rumen and its microbes. New York, Academic Press, 1966. 533 p.
- JONES, O. Influence of dietary cobalt in fecal vitamin B - 12 and blood composition in lambs. J. Anim. Sci., 31(2): 440-3. 1970.

- JORDAN, H.A.; SMITH, G.S.; NEUMANN, A.L.; ZIMMERMAN, J.E. & BRENNAN, G.W. Vitamin A nutrition of beef cattle fed corn silage. J. Anim. Sci., 22(3): 738-45, 1963.
- KEATING, E.K.; HALE, W.H. & FARRIS, H. In vitro degradation of vitamin A and carotene by rumen liquor. J. Anim. Sci., 23(1): 111-7, 1964.
- KING, T.B. & SMITH, G.S. Evidence of rumino-reticular losses of vitamin A and carotene. J. Anim. Sci., 21(4): 1002, 1962. (Abstr., 149).
- KIRK, W.G.; SHIRLEY, R.L.; EASLEY, J.F. & PEACOCK, F.M. Effect of carotene deficient rations and supplemental vitamin A on gain, feed utilization and liver vitamin A of calves. J. Anim. Sci., 32(2): 476-80, 1971.
- KOHLMUIR, R.H. & BURROUGHS, W. Estimation of critical plasma and liver vitamin A levels in feed lot cattle with observations upon influence of body stores and daily dietary requirements. J. Anim. Sci., 30(6): 1012-8, 1970.
- KLOSTERMAN, E.W.; JOHNSON, L.J.; MOXAN, A.L. & GRIFO, A.P. Utilization of carotene from corn silage by steers. J. Anim. Sci., 23(3): 723-8, 1964.
- KODICEK, E. The absorption of calcium from the intestine. Proc. Nutr. Soc., 26(2): 67-71, 1967.
- KUTSKY, R.J. Handbooks of vitamins and hormones. New York, Litten Education, Publishing, 1973. 278 p.
- LICHTENWALNER, R.E. & WEBB, J.P. Relationship between dietary nitrate level and vitamin A metabolism. J. Anim. Sci., 31(1): 244, 1970. (Abstr., 356).
- LONG, R.D.; MITCHELL, G.E. & LITTLE, C.O. Pre-intestinal disappearance of vitamin A in wethers fed cottonseed oil. J. Anim. Sci., 28(1): 135, 1969. (Abstr., 44).
- LYNCH, G.P.; MILLER, R.W. & SMITH, D.F. Aflatoxin induced vitamin A changes in calves. J. Anim. Sci., 51(6): 978, 1968. (Abstr., P



137).

- MARSTON, H.R. The requirement of sheep for cobalt or for vitamin B - 12. Br. J. Nutr., 24(3): 615-33, 1970.
- MARTIN, G.G.; SWANSON, E.W. & GORMAN, G.M. Effects of vitamin A deficiency in lactating cows. J. Anim. Sci., 50(6): 997, 1967. (Abstr., p 132).
- MARTIN, F.H.; ULLREY, D.E.; MILLER, E.R.; KEMP, K.E.; GEASLER, M.R. & HENDERSON, H.E. Vitamin A status of steers as influenced by corn silage harvest date and supplemental vitamin A. J. Anim. Sci., 32(6): 1233-8, 1971.
- MATSCHINER, J.T.J. Characterization of vitamin K from the contents of bovine rumen. J. Nutr., 100(2): 190-2, 1970.
- McELROY, L.W. & GOSS, H. A quantitative study of vitamins in the rumen contents of sheep and cows fed vitamin-low diets. I. Riboflavin and vitamin K. J. Nutr., 20(3): 527-40, 1940.
- McROBERTS, M.R.; HILL, R. & DALGARNO, A.C. The effects of diets deficient in phosphorus, phosphorus and vitamin D, or calcium, on the skeleton and teeth of the growing sheep. J. Agric. Sci., 65: 1-10, 1965.
- MEACHAM, T.N.; BOCARD, K.P.; PRIODE, B.M. & FONTENOT, J.P. Effect of supplemental vitamin A on the performance of beef cows and their calves. J. Anim. Sci., 31(2): 428-33, 1970.
- MILLER, R.W. & REMKEN, R.W. Effect of ethil alcohol on the vitamin A status os Holstein heifers. J. Anim. Sci., 52(12): 1998-2000, 1969.
- MITCHELL, G.E.; LITTLE, C.O.; & HAYES, B.W. Prē-intestinal destruction of vitamin A in steers fed nitrate. J. Anim. Sci., 24(3): 898, 1965. (Abstr., 218).
- MORRIS, J.G. & GARDNER, R.J.W. The effect of potassium on the sodium requeriments of growing steers with and without alfa-tocoferol supplementation. Br. J. Nutr., 34(1): 1-14, 1975.

- PEARSON, P.B.; STRUGLIA, LEE. & LINDAHL, IVAN, L. The fecal and urinary excretion of certain B vitamin by sheep fed hay and semi-synthetic rations. J. Anim. Sci., 12(1): 213-8, 1953.
- PERRY, T.W.; BUSON, W.M.; MOHLER, M.T. & SMITH, W.H. Levels of supplemental vitamin A with and without sun-cured alfalfa meal for fattening steers calves. J. Anim. Sci., 21(1): 333-9, 1962.
- \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Injetable vs. oral vitamin A for fattening steers calves. J. Anim. Sci., 261(1): 115-8, 1967.
- SWEITER, P. & ISLER, S. J. Anim. Sci., 264:215, 1967. Apud ULLREY, D.E. Biological availability of fat-soluble vitamins: vitamin A and carotene. J. Anim. Sci., 35(3): 648-57, 1972.
- TUCKER, R.E.; MITCHELL, G.E. & LITTLE, C.G. Absortion of labeled carotene from the large intestine of sheep. J. Anim. Sci., 26(1): 225, 1976. (Abstr., 110).
- TURNER, J.B. & HUGHES, D.B. Riboflavin transport and excretion. Nutrition Reviews, 27(10): 285-7, 1969.
- ULLREY, D.E. Biological availability of fat-soluble vitamins: vitamin A and carotene. J. Anim. Sci., 35(3): 648-57, 1972.
- WARD, G. Influences of calcium intake and vitamin D supplementation on reproduction performance of dairy cows. J. Dairy Sci., 54(2): 204-6, 1971.
- WIESE, A.C.; CONNOR, J.B.; MITCHELL, H.J. & NEVENS, W.B. Synthetic rations for the dairy calt. J. Dairy Sci., 30(2): 87-94, 1947.
- WING, J.M. Effect of source and season on apparent digestibility of carotene in forage by cattle. J. Dairy Sci., 52(4): 479-83, 1969.

TABELA 1 - As vitaminas mais importantes em nutrição animal, com seus nomes comuns e químicos

Vitaminas	Nome Químico
<b>Vitaminas lipossolúveis</b>	
A	retinol, bioesterol, etc
D <sub>2</sub>	ergocalciferol, calciferol
D <sub>3</sub>	colicalciferol
E	alfa-tocoferol
K	fitoquinona
<b>Vitaminas hidrossolúveis</b>	
<b>Complexo B</b>	
B <sub>1</sub>	Tiamina
B <sub>2</sub>	Riboflavina
B <sub>6</sub>	Piridoxina
B <sub>12</sub>	Cianocobalamina
Ácido pantotênico	Ácido pantotênico
Niacina	Niacina
Biotina	Biotina
Ácido fólico	Ácido fólico
Colina	Colina
Inositol	Inositol
Vitamina C	Ácido ascórbico

- Conversão de caroteno em vitamina A

Os padrões internacionais para atividade de vitamina A e beta-caroteno, são os seguintes:

1 U.I. de vitamina A = 0,300 mcg de vitamina A em álcool, que corresponde a 0,344 mcg de acetato de vitamina A ou 0,550 mcg de palmitato de vitamina A.

1 U.I. de vitamina A = 0,6 mcg de beta-caroteno.

1 mg de beta-caroteno = 1.667 U.I. de vitamina A (Padrão para o rato).

TABELA 2 - Capacidade dos animais de converter beta-caroteno em vitamina A

Animal	U.I. de atividade biológica a partir de 1 mg de beta-caroteno
Rato	1.667
Bovino	400
Ovino	400 a 600

1 U.I. de vitamina D<sub>3</sub> = 0,025 mcg de vitamina D.

1 U.I. de vitamina E = 1,000 mg de alfa-tocoferol.

TABELA 3 - Características de vitaminas\*

Conjunto estrutural ou função	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>12</sub>	C	D	E	K	Biotina	Niacina
Agente redutor			+		+	+		+	+		+
Antioxidante			+		+	+		+			
Armazenado no organismo (Homem)	+	±	±	±	+	±	+	±	±	+	+
Tóxico em excesso (Homem)	+	+		+		+			±		+
Síntese protéica					+		±	+	+	+	
Síntese de carboidratos	+		-	-	-	+			+	+	-
Síntese de lipídeos					+						
Síntese de ácidos graxos				+						+	
Metabolismo mineral	Ca					Fe, Ca	Ca	Se			

\* KUTSKY, R.J. (1973).

+ = função ou presença na estrutura

- = efeito inibidor

± = efeito suave

TABELA 4 - Sinergismo (+) entre as vitaminas\*

Vitaminas	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>12</sub>	C	D	E	K	Biotina	Niacina
A			+		+	+		+			
B <sub>1</sub>			+	+	+						+
B <sub>2</sub>	+	+		+	+					+	+
B <sub>6</sub>		+	+			+		+		+	+
B <sub>12</sub>	+	+	+			+		+		+	+
C	+			+	+			+	+		
D											+
E				+	+	+			+		
K						+		+			
Biotina			+	+	+						+
Niacina		+	+	+	+		+				

\* KUTSKY, R.J. (1973).