

INFLUÊNCIA DA INGESTÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE
FÓSFORO SOBRE O DESAPARECIMENTO DE ^{32}P DO
PLASMA DE CARNEIROS

JOAQUIM WESTIN LEMOS

Orientador : PROF. DR. AUGUSTO TULMANN NETO

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Energia Nuclear na Agricultura.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro - 1982

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que contribuíram para a realização desse trabalho o autor agradece e, em especial, às seguintes pessoas:

- Ao Prof. Dr. *Augusto Tulmann Neto*, pelo incentivo e orientação.
- Ao Dr. *Antônio de Oliveira Lobão*, pelo apoio, orientação e colaboração, tornando possível a realização desse trabalho.
- Ao Prof. Dr. *Virgílio F. do Nascimento Filho*, pela colaboração e sugestões dadas.
- À Dra. *Dorinha Miriam S.S. Vitti Marcondes*, pelo incentivo e colaboração.
- Ao Prof. Dr. *Admar Cervellini*, ex-Diretor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pelas facilidades oferecidas para a realização desta pesquisa e à *Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)* e ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)*, pelo apoio financeiro.

.ii.

- À Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) pelos recursos fornecidos, através do contrato de pesquisa RC-1894/RB.

- Ao Instituto de Zootecnia Nova Odessa, São Paulo, pela doação de feno e dos animais.

- Aos Senhores José Cleto da Silva Filho e Alidor Gonçalves, da Divisão de Ciências Animais do CENA, pelo valioso auxílio na condução do experimento.

- Às Colegas Solange Maria Gennari e Maria Inez B. Peixoto Escobedo, pelo incentivo e amizade durante todos esses anos.

- Às Bibliotecárias Rosa Maria V.B. Oliveira e Janeti L. Bombini de Moura, pela ajuda prestada.

I N D I C E

	<u>Página</u>
RESUMO	x
SUMMARY.	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	3
2.1. Importância do fósforo.	3
2.2. Exigências e teores de fósforo no sangue.	4
2.3. Efeito da deficiência de fósforo.	8
2.4. Diagnóstico da deficiência de fósforo	9
2.5. Desaparecimento do ³² P no sangue.	11
3. MATERIAL E MÉTODO.	15
3.1. Local	15
3.2. Material biológico.	15
3.3. Equipamentos.	16
3.3.1. Gaiola para ensaio de metabolismo.	16
3.3.2. Cateter.	16
3.4. Períodos experimentais.	16
3.4.1. Período de adaptação	16
3.4.2. Período pré-experimental	19
3.4.3. Período experimental	19
3.4.3.1. Preparo da solução de heparina.	22
3.4.3.2. Material radioativo	22

	<u>Página</u>
3.4.3.3. Introdução do cateter na veia jugular.	23
3.4.3.4. Aplicação intravenosa do radiofósforo.	23
3.4.3.5. Coleta de amostras.	24
3.4.3.6. Preparo das amostras para detecção do radiofósforo.	25
3.4.3.7. Detecção da radioatividade.	26
3.5. Lei do decaimento radioativo.	27
3.6. Constante de decaimento e meia-vida	30
3.7. Atividade.	33
3.8. Dose remanescente	34
3.9. Desaparecimento do radioisótopo do plasma	37
3.10. Decomposição da curva exponencial	38
3.11. Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma.	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.	42
4.1. Ingestão e teor de fósforo inorgânico no plasma..	42
4.2. Dose remanescente	43
4.3. Meia-vida biológica	60
4.4. Taxa de desaparecimento	64
5. CONCLUSÕES.	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	75
7. APÊNDICE.	87

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
1 - Níveis de fósforo (P) e sódio (Na) em g/dia na dieta fornecida aos animais.	20
2 - Composição da caseína e melaço, com base na matéria seca.	20
3 - Composição bromatológica, com base na matéria seca, do feno de capim Jaraguá (<i>Hyparrhenia rufo</i> (Ness) Stapf) deficiente em fósforo . .	21
4 - Dose remanescente (R, % dose de ^{32}P por ml de plasma), em função do tempo, para os animais dos tratamentos <u>A</u> (0 g P/dia), <u>B</u> (2 g p/dia) e <u>C</u> (4 g P/dia) do grupo 1.	45
5 - Dose remanescente (R, % dose de ^{32}P por ml de plasma), em função do tempo, para os animais dos tratamentos <u>A</u> (0 g P/dia), <u>B</u> (2 g p/dia) e <u>C</u> (4 g P/dia) do grupo 2.	46
6 - Equações obtidas para a dose remanescente do ^{32}P do plasma (R, % dose de ^{32}P por ml de plasma), em função do tempo, para os animais do grupo 1.	55

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
7 - Equações obtidas para a dose remanescente do ^{32}P do plasma (R , % dose de ^{32}P por ml de plasma), em função do tempo, para os animais do grupo 2.	56
8 - Constantes de desaparecimento biológico do ^{32}P (K_b), em min^{-1} , para os 3 termos da equação geral, para os animais dos tratamentos A, B e C, dos grupos 1 e 2, que receberam 0, 2 e 4 g P/dia.	59
9 - Meia-vida biológica do ^{32}P (T_b), em min^{-1} , para os 3 termos da equação geral, para os animais dos tratamentos A, B e C, dos grupos 1 e 2, que receberam 0, 2 e 4 g P/dia.	62
10 - Equações obtidas para as taxas de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v , % dose de ^{32}P por ml por minuto), em função do tempo, para os animais do grupo 1.	71
11 - Equações obtidas para as taxas de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v , % dose de ^{32}P por ml por minuto), em função do tempo, para os animais do grupo 2.	71

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1 - Gaiola para ensaio de metabolismo com separação de fezes e urina.	17
2 - Presilha, tubo cateter, sonda e tampa, utilizados para coleta de amostras de sangue. . .	18
3 - Cateter introduzido na veia jugular esquerda do carneiro, para coleta de amostras de sangue.	24
4 - Seringa conectada ao tubo cateter para a coleta de amostras de sangue.	25
5 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento A do grupo 1 que recebeu 0 g P/dia . .	47
6 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento B do grupo 1 que recebeu 2 g P/dia . .	48
7 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento C do grupo 1 que recebeu 4 g P/dia . .	49

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
8 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento A do grupo 2 que recebeu 0 g P/dia . .	50
9 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento B do grupo 2 que recebeu 2 g P/dia . .	51
10 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento C do grupo 2 que recebeu 4 g P/dia . .	52
11 - Curvas da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para os animais dos tratamentos <u>A</u> , <u>B</u> e <u>C</u> do grupo 1, que receberam 0, 2 e 4 g P/dia.	53
12 - Curvas da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para os animais dos tratamentos <u>A</u> , <u>B</u> e <u>C</u> do grupo 2, que receberam 0, 2 e 4 g P/dia.	54
13 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v, % dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento <u>A</u> , do grupo 1, que recebeu 0 g P/dia. . .	65

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
14 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v, % dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento <u>B</u> , do grupo 1, que recebeu 2 g P/dia . . .	66
15 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v, % dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento <u>C</u> , do grupo 1, que recebeu 4 g P/dia. . .	67
16 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v, % dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento <u>A</u> , do grupo 2, que recebeu 0 g P/dia. . .	68
17 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v, % dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento <u>B</u> , do grupo 2, que recebeu 2 g P/dia. . .	69
18 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v, % dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento <u>C</u> , do grupo 2, que recebeu 4 g P/dia. . .	70

INFLUÊNCIA DA INGESTÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO
SOBRE O DESAPARECIMENTO DE ^{32}P DO PLASMA DE CARNEIROS

Joaquim Westin Lemos

Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto
- Orientador -

RESUMO

Em experimento conduzido na Divisão de Ciências Animais do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), em Piracicaba, São Paulo, Brasil, 6 carneiros foram divididos em dois grupos (11 e 15 meses de idade), e submetidos a dietas contendo 3 níveis de fósforo: 0,69; 2,72 e 4,65 g por dia, durante um período de 13 semanas. Decorrido esse período, 1 ml de solução radioativa de $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$, contendo 150 μCi de ^{32}P foi injetada, na veia jugular dos animais, e amostras de sangue foram coletadas a 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120 e 240 minutos após. A atividade do radiofósforo no plasma foi determinada através do Efeito Cerenkov.

As curvas exponenciais para a dose remanescente (R, % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}$ de plasma), em função do tempo, pa-

ra cada tratamento foram representadas pela equação:

$$R = R_{01} \cdot e^{-K_{b1} \cdot t} + R_{02} \cdot e^{-K_{b2} \cdot t} + R_{03} \cdot e^{-K_{b3} \cdot t}$$

onde R_0 e K_b foram determinados pela técnica da análise gráfica. Cada termo expressa matematicamente os diferentes compartimentos do "pool" de fósforo.

Os resultados revelaram que, quanto maior o nível de fósforo na dieta, maior a dose remanescente do ^{32}P no plasma, de zero a 240 minutos para os ovinos de 11 meses e a partir de 150 minutos para os de 15 meses.

A meia-vida biológica obtida da mesma equação, mostrou ser um parâmetro importante na avaliação do estado nutricional do animal, estando correlacionada com os níveis de fósforo na dieta.

A taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v , % dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$), obtida no presente trabalho, forneceu subsídios para se calcular a remoção do ^{32}P do sangue, na unidade de tempo, em qualquer instante.

INFLUENCE OF INTAKE OF DIFFERENT LEVELS OF PHOSPHORUS
ON THE DISAPPEARANCE OF ^{32}P FROM PLASMA OF SHEEP

Joaquim Westin Lemos

Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto
- Adviser -

SUMMARY

In an experiment carried out in the Animal Science Division of Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), in Piracicaba, São Paulo, Brasil, 6 sheep were divided in to two groups (11 and 15 months of age), and submitted to diets with 3 levels of phosphorus: 0,69; 2,72 and 4,65 per day, during a period of 13 weeks. After this period, 1 ml of radioactive solution of $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$ with 150 μCi of ^{32}P was injected intravenously into the jugular vein, and samples of blood were collected at intervals of 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120 and 240 minutes. The activity of radiophosphorus in the plasma was determined by Cerenkov effect.

The exponential curves of the remaining dose (R, dose % of $^{32}\text{P}/\text{ml}$ of plasma), as a function of the time for

each treatment, were represented by the equation:

$$R = R_{O_1} \cdot e^{-K_{b_1} \cdot t} + R_{O_2} \cdot e^{-K_{b_2} \cdot t} + R_{O_3} \cdot e^{-K_{b_3} \cdot t}$$

where \underline{R}_O and \underline{K}_b were determined by the technique of graphic analysis. Each term expresses mathematically the different compartments of the "pool" of phosphorus.

The results show that the higher the level of phosphorus in the diet the higher the remanescant dose of the plasma ^{32}P , from zero to 240 minutes for the 11 month old sheep and at the end of 150 minutes for 15 months old sheep.

The biological half-life, obtained through the same equation, was shown to be an important parameter in the evaluation of the nutritional state of the animal, being correlated with the levels of phosphorus in the diet.

The rate of disappearance of plasma ^{32}P (v , dose % of $^{32}P/ml/min$) obtained in this work, gives the means of calculating the disappearance of blood ^{32}P per unit time at any instant.

1. INTRODUÇÃO

A produção animal depende de um melhor conhecimento de nutrição, do avanço genético e eficientes sistemas de manejo. Dentre as diversas causas da reduzida produtividade dos rebanhos, pode-se destacar a deficiência mineral.

A maioria das forragens utilizadas pelos ruminantes, apresenta, normalmente, baixos teores de fósforo, sendo muito comum, o aparecimento de deficiência desse elemento, em animais mantidos em regime de pasto.

Quando o processo de deficiência está bastante evoluído, os sintomas clínicos são evidentes e, neste caso o pecuarista pode adotar medidas adequadas tornando a produção mais satisfatória.

A deficiência marginal ou subclínica caracteriza-se pela ausência de sintomas evidentes, portanto, é difícil de ser diagnosticada. Isso a torna economicamente mais

importante, pois os animais, embora não debilitados, apresentam baixo nível de produção.

O desenvolvimento de um método para detectar e diagnosticar com segurança tal deficiência proporcionará condição de se efetuar as correções desses distúrbios na sua fase inicial pelo uso de dietas mais adequadas.

O parâmetro mais comumente utilizado para o diagnóstico da deficiência de fósforo é a determinação do teor desse elemento, no plasma. Entretanto, esse critério não é muito seguro, pois os teores podem tornar normais, pelo controle hormonal do organismo, mesmo em animais deficientes.

O desaparecimento do fósforo radioativo (^{32}P) do plasma, em função do tempo, poderá ser mais um parâmetro a ser usado no diagnóstico precoce da deficiência de fósforo. Provavelmente, um animal deficiente possui maior avidéz pelo fósforo e, assim, deve retirar mais rapidamente o ^{32}P do plasma. Baseado nessa hipótese, delineou-se um experimento com o objetivo de se verificar o desaparecimento do ^{32}P do plasma de carneiros, de duas idades, e submetidos a dietas com diferentes níveis de fósforo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO

O fósforo é um elemento essencial para o organismo animal e, juntamente com o cálcio, constitui a matéria básica dos ossos; é parte integrante dos ácidos nucleicos e participa ativamente do metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios (*DAYRELL et alii, 1973b*).

Segundo *UNDERWOOD (1969)*, de todos os transtornos da nutrição mineral em animais alimentados em pastos, a deficiência de fósforo é a mais extensa e mais importante economicamente. Ela está ligada principalmente à carência deste mineral no solo e suas pastagens (*TOKARNIA et alii, 1970*).

A deficiência de fósforo em forrageiras naturais e artificiais, no Brasil Central tem sido relatada por *JARDIM et alii (1965)*, e, especificamente, no Estado de São Paulo por *ANDREASI et alii (1966)*, *GALLO et alii (1974)*, estan

do relacionada com a época do ano, tipo de solo, espécie e estádio de maturidade da forrageira.

Não se tem registrado casos de deficiência de cálcio em ruminantes, em regime de campo (*TOKARNIA et alii*, 1970; *VIANA*, 1976), porém a deficiência de fósforo em bovinos tem sido relatado, no Brasil, por *MENICUCCI SOBRINHO* (1943), *GIOVINE* (1943), *MANCUSO et alii* (1964), *TOKARNIA* (1965), *TOKARNIA et alii* (1970) e *DAYRELL et alii* (1973a).

2.2. EXIGÊNCIAS E TEORES DE FÓSFORO NO SANGUE

A necessidade e o teor de fósforo no sangue é função da espécie, fase de desenvolvimento e estágio fisiológico, estando o teor de fósforo no sangue estreitamente relacionado com o nível desse elemento na dieta (*BUSHMAN et alii*, 1965; *POPPI e TERNOOUTH*, 1979; *PRESTON e PFANDER*, 1964; *WISE et alii*, 1958; *SHIRLEY et alii*, 1968), e de acordo com a fase de desenvolvimento, *MAYNARD e LOOSLI* (1974) citam teores mais elevados para animais mais novos.

Segundo *MANCUSO et alii* (1964), de uma maneira geral, aceita-se os valores compreendidos entre 4 e 8 mg P/100 ml de soro sanguíneo como normais para bovinos. Animais com deficiência de fósforo apresentaram 4,0 mg P/100 ml de soro (*MENICUCCI SOBRINHO*, 1943), e vacas em pastagens deficientes

tiveram valores médios de 4,3 mg P/100 ml de plasma (*SHIRLEY et alii*, 1968). *Black et alii* (1943) citado por *SHIRLEY et alii* (1968) mencionam valores de 2,5 a 4,0 mg P/100 ml de plasma de bovinos deficientes. *UNDERWOOD* (1969) cita como valor mínimo para carneiros, 4,0 mg %.

WISE et alii (1958) relatam um experimento com bovinos onde foram fornecidos dietas contendo 0,09; 0,12; 0,18 e 0,30% P, e os teores encontrados desse elemento, no soro, foram, respectivamente 4,32; 4,35; 5,86 e 9,17 mg P/100ml. *Black et alii* (1943) citado por *SHIRLEY et alii* (1968) relatam 4,0 a 5,0 mg P/100 ml de plasma, em bovinos que receberam suplementação fosfórica e *SHIRLEY et alii* (1968) mostram um teor de 5,0 mg P/100 ml de plasma sanguíneo em vacas suplementadas com fósforo.

Em experimento utilizando dietas contendo 0,14; 0,22; 0,30 e 0,38% P, *WISE et alii* (1958) mostram através do teor de fósforo inorgânico no soro, que bezerros de 12 a 18 semanas de idade necessitam no mínimo 0,22% P na ração. Porém, *Henderson e Weakley* (1930) citados por *WISE et alii* (1958) afirmam que bezerros alimentados com 0,13% P cresceram tão bem quanto aqueles alimentados com 0,22% P na dieta. Um ganho de peso vivo satisfatório em novilhos, é relatado por *BEESON et alii* (1944), quando utilizaram 0,18% P na dieta.

A melhoria do desempenho em ganho de peso vivo de novilhos, em confinamento, é relatado por *Burroughs et*

alii (1956) citados por *WISE et alii* (1958) quando o fósforo da ração foi elevado de 0,18% para 0,25%. *Jones et alii* (1934) citado por *WISE et alii* (1958) após elevar o nível de fósforo na dieta de 0,26% para aproximadamente 0,36%, obtiveram um aumento no crescimento de bezerros de 8 meses de idade. Maior ganho de peso vivo, teor de fósforo inorgânico no plasma e porcentagem de cinza no osso de bezerros são observados por *WISE et alii* (1958) quando utilizaram 0,30% de fósforo na ração.

MAYNARD e LOOSLI (1974) recomendam como ideal, dieta contendo uma proporção Ca:P de 2:1, porém nenhum efeito danoso na produção de leite é mostrado por *Haag et alii* (1932) citado por *LUECKER e LOFGREEN* (1961) quando utilizaram dieta contendo uma proporção de Ca:P de 10:1, embora *Dowe et alii* (1937) citado por *LUECKER e LOFGREEN* (1961) relatam um menor ganho de peso vivo em gado de corte quando utilizaram uma proporção de Ca:P de 9:1 em relação ao tratamento que utilizava 4,3:1.

BEESON et alii (1944) concluem que para carneiros em engorda, a demanda diária de fósforo devia ser fixada em 50 mg por quilo de peso vivo ou 0,18% na ração, enquanto *GALLUP e BRIGGS* (1950) relatam que para carneiros pesando 29 quilos de peso vivo, a necessidade mínima diária é, aproximadamente, 44 mg de fósforo por quilo de peso vivo ou 2,4 g de

fósforo, por cabeça, por dia e que 42 mg por quilo de peso vivo ou 0,14% na ração pode causar deficiência subclínica.

Segundo o *NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1975)*, carneiros com 50 a 60 quilos de peso vivo necessitam para a manutenção 2,8 g de fósforo por dia. O excesso de fósforo na dieta para carneiros tem sido relatado como causador de toxidez, manifestada pela redução do consumo de alimento e diarrêia (*HOAR et alii, 1970*).

ABOU-HUSSEIN et alii (1968) utilizando 1,8; 5,3 e 10,3 g de fósforo por animal e por dia, registraram os seguintes teores médios de fósforo inorgânico no plasma: 4,38; 6,96 e 7,95 mg/100 ml, respectivamente, enquanto *BUSHMAN et alii (1965)* utilizando 0,25% e 0,55% de fósforo na dieta de carneiros, verificaram 6,56 a 7,52 e 8,37 a 12,07 mg p/100 ml de soro, respectivamente.

POPPI e TERNOUTH (1979) relatam uma queda do teor de fósforo inorgânico no plasma, em função do tempo, de 5,38 a 5,25 mg/100 ml para animais com dieta deficiente em fósforo, e aumento de 5,88 a 7,88 mg/100 ml para animais suplementados. Uma queda mais sensível do fósforo inorgânico de 6,1 para 3,1 mg/100 ml de soro em 134 dias é observado por *YOUNG et alii (1966c)* quando utilizaram 0,072% de fósforo e 0,38% de cálcio na ração de carneiros.

2.3. EFEITO DA DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO

Um regime alimentar quantitativamente deficiente faz com que os animais supram imperfeitamente as suas necessidades fisiológicas, acarretando perturbações. No caso da deficiência de fósforo pode ocorrer deformidade no esqueleto sob a forma de raquitismo e osteomalácia (*THEILER e GREEN, 1932; MENICUCCI SOBRINHO, 1943; DAYRELL et alii, 1973b; MAYNARD e LOOSLI, 1974*).

A deficiência de fósforo em bovinos reduz a produtividade do rebanho, em consequência do crescimento retardado (*DAYRELL et alii, 1973b*), baixo rendimento em carcaça (*TOKARNIA et alii, 1970*), menor produção de leite e redução da fertilidade em vacas (*GIOVINE, 1943; TOKARNIA et alii, 1970; VIANA, 1976*). Esqueleto fraco e muitas vezes deformado, como articulações tumefeitas, desvio de aprumos nos membros e lordose foram observados por *TOKARNIA et alii (1970)*. A alta tensão dos músculos faz com que os ossos fracos se curvem com o peso do animal (*MAYNARD e LOOSLI, 1974*).

Valores baixos de fósforo inorgânico no soro sanguíneo foram obtidos em animais deficientes em fósforo (*HUFFMAN et alii, 1933; GIOVINE, 1943; MENICUCCI SOBRINHO, 1943; MANCUSO et alii, 1964; DAYRELL et alii, 1973b*), além de um aumento da fosfatase do plasma (*MAYNARD e LOOSLI, 1974; WISE et*

alii, 1958).

Como parte do quadro clínico da deficiência de fósforo, figura também, a osteofagia, manifestada pelo hábito de roer ossos, além da dificuldade de locomoção devido ao inchamento das articulações, apresentando o animal rígido (*DAYRELL et alii, 1973b*).

2.4. DIAGNÓSTICO DA DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO

O crescimento global dos animais pode não fornecer informações precisas a respeito do estado nutricional (*MAYNARD e LOOSLI, 1974*). *LOBÃO (1973)* sugere os seguintes parâmetros para se avaliar corretamente o estado nutricional do animal: observações e análises químicas do solo, alimento, tecidos e fluidos, e desempenho do animal.

Segundo *TOKARNIA et alii (1970)*, o quadro clínico, as alterações anátomo-histopatológicas e os resultados das determinações de fósforo no sangue são necessários para se obter um diagnóstico de afosforose em bovinos.

MAYNARD e LOOSLI (1974) ressaltam que a determinação da densidade, rigidez e cinza do osso são medidas suplementares úteis para se conhecer a integridade do desenvol-

vimento do esqueleto e do estado nutricional com relação ao cálcio e ao fósforo. Segundo *DAYRELL et alii* (1973b) a osteofagia, hábito de roer ossos, é de grande valor diagnóstico da deficiência de fósforo.

Constitue um parâmetro de grande valor no diagnóstico dos distúrbios relacionados com o fósforo, tais como: deficiência de fósforo em bovinos (*THEILER e GREEN, 1932; GIOVINE, 1943; MENICUCCI SOBRINHO, 1943; MAGALHÃES, 1946; VILLARES e SILVA, 1956; DAYRELL et alii, 1973a*), raquitismo (*SJOLLEMA, 1932*), osteomalácia (*STEVENSON e WILSON, 1966*) ou ainda devido ao baixo nível de fósforo dietético (*WISE et alii, 1958; YOUNG et alii, 1966a,b; ABOU-HUSSEIN et alii, 1968*). Para *THEILER e GREEN (1932)*, *UNDERWOOD (1969)* e *TOKARNIA et alii (1970)*, a queda do fósforo inorgânico do sangue é a primeira resposta fisiológica da deficiência desse elemento.

Vários são os fatores que podem influenciar no valor real do fósforo inorgânico no soro, dentre outros a temperatura ambiente, o intervalo de tempo de separação do soro após a coleta de sangue, a hemálise (*DAYRELL et alii, 1973b*), o controle hormonal (*THEILER e GREEN, 1932; LANE et alii, 1968*) e mudanças fisiológicas, gestação, lactação e idade (*LANE et alii, 1968*).

Outros parâmetros suplementares têm sido utili

zados para o diagnóstico da deficiência de fósforo, como o teor desse elemento na saliva (LUECKER e LOFGREEN, 1961) e a atividade da fosfatase alcalina no sangue (WISE et alii, 1958; Miller et alii, 1964, citado por YOUNG et alii, 1966a; YOUNG et alii, 1966a; MAYNARD e LOOSLI, 1974).

Segundo PRESTON e PFANDER (1964) e VITTI MARCONDES (1980) o teor de fósforo do líquido do rumen é proporcional ao nível de fósforo na dieta, sugerindo portanto, a utilização desse parâmetro para se avaliar o estado nutricional com relação ao fósforo.

2.5. DESAPARECIMENTO DO ^{32}P DO SANGUE

De acordo com COHN e GREENBERG (1938) e ARRINGTON et alii (1963) com a descoberta da radioatividade induzida artificialmente e a preparação do fósforo radioativo, isótopo de número de massa 32, tornou-se possível investigar o balanço de fósforo, distribuição nos tecidos ou em suínos (SMITH et alii, 1951), em bezerros (LOFGREEN et alii, 1951), em bovinos (TILLMAN e BRETHOUR, 1958), em carneiros (SMITH et alii, 1952; LUICK e LOFGREEN, 1957; LUECKER e LOFGREEN, 1961; PRESTON e PFANDER, 1964; YOUNG et alii, 1966b,c; ABOU-HUSSEIN et alii, 1968; LOBÃO, 1973) e em ratos (GAUNT et alii, 1942).

A mudança da atividade específica do radioisótopo no plasma sanguíneo em função do tempo, é representada por uma função composta por uma série de exponenciais (*ANDERSON e TOMLINSON, 1966*), onde cada série exponencial ou componente representa um compartimento que compõe o "pool" do elemento e cujo local nem sempre é possível de se determinar (*HJERPE, 1968*).

Segundo *HJERPE (1968)* a atividade específica do ^{45}Ca do plasma analisada por uma técnica de análise gráfica modificada, mostra uma equação exponencial com 3 termos, cuja forma é: $R = a_1 e^{-K_1 t} + a_2 e^{-K_2 t} + a_3 e^{-K_3 t}$, onde R é a fração da dose remanescente no plasma em função do tempo t ; a_1 , a_2 e a_3 são as quantidades iniciais do radioisótopo e K_1 , K_2 e K_3 são as constantes de desaparecimento para cada compartimento do "pool". *KOHLER e LIBISELLER (1971)* admitindo a existência de quatro compartimentos, mostraram a seguinte equação para a curva de desaparecimento do ^{32}P do plasma em bovinos,

$$R = 10^{-3} (10,337 e^{-17,153t} + 20,240 e^{-2,144t} + 5,550 e^{-0,362t} + 0,599 e^{-0,005t})$$

De acordo com *KOHLER e LIBISELLER (1971)*, através da função exponencial, pode-se determinar o número de compartimentos periféricos e taxas de transferências entre o compartimento central e os compartimentos periféricos. Segundo *LAX et alii (1956)* e *COMAR e WASSERMAN (1957)* o sangue é con

siderado o compartimento metabólico central.

ANDERSON e TOMLINSON (1966) relatam que o número de termos da função exponencial pode variar de 2 a 6 e *HJERPE (1968)* determina 3 termos para a função exponencial para a curva de desaparecimento do ^{47}Ca do plasma de carneiros. *KAMAL e ABDELAAL (1972)* relatam também 3 termos para o desaparecimento de ^{32}P do plasma de bovinos e bubalinos. *RAMBERG et alii (1976)* relatam que 4 compartimentos foram necessários para descrever a curva de desaparecimento de ^{45}Ca do plasma de vacas em lactação.

ANDERSON e TOMLINSON (1966) relatam que o desaparecimento de ^{47}Ca injetado intravenosamente, é mais rápido em ratos jovens do que em animais mais velhos. *RAMBERG et alii (1970)* relatam que o desaparecimento do ^{45}Ca do plasma de vacas em lactação foi mais rápido do que para vacas em gestação em consequência da excreção para o leite.

RAMBERG et alii (1976) relatam um declínio mais lento da atividade específica, do cálcio do plasma, em vacas mais velhas e insignificante mudança da atividade específica desse elemento foi observado devido ao cálcio dietético. A excreção do traçador foi maior, em animais mais velhos, que tinham um declínio mais lento da atividade específica do cálcio do plasma.

PRESTON e PFANDER (1964) mostram uma diminuição da atividade específica do ^{32}P do plasma de carneiros com aumento do fósforo dietético. *McALEESE et alii (1961)* relatam que mais ^{28}Mg vai do sangue para os tecidos em carneiros deficientes em magnésio, para manter o equilíbrio de magnésio nos tecidos deficientes.

Ainda segundo *McALEESE et alii (1961)*, o desaparecimento do ^{28}Mg injetado intravenosamente é muito mais rápido nas primeiras 2 horas, após administração. *HANSARD et alii (1952)* relatam que após 5 minutos da injeção intravenosa de ^{45}Ca em bovinos, somente 30% da dose foi encontrada no sangue, de zero a 8 horas foi encontrado no esqueleto 85% do cálcio administrado e o restante, 15% havia sido escretado.

A literatura não registra trabalhos realizados, correlacionando o desaparecimento do ^{32}P do plasma de carneiros com várias idades e submetidos a dietas com diferentes níveis de fósforo.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. LOCAL

O presente trabalho foi realizado na Divisão de Ciências Animais, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, em Piracicaba, Estado de São Paulo.

O preparo das amostras foi feito nos laboratorios da Divisão e a detecção do ^{32}P , nas amostras, no laboratorio da Seção de Instrumentação e Controle.

3.2. MATERIAL BIOLÓGICO

Foram utilizados 6 carneiros machos, castrados, divididos em dois grupos, sendo o grupo 1, com peso vivo médio de 31,0 kg e idade aproximada de 15 meses, e o grupo 2, com 16,8 kg e idade aproximada de 11 meses. Os animais eram proovenientes do Posto Experimental de Ovinos e Caprinos, de Ita-

petininga, Estado de São Paulo. Eles foram vacinados contra a febre aftosa e receberam anti-helmíntico.

3.3. EQUIPAMENTOS

3.3.1. GAIOLA PARA ENSAIO DE METABOLISMO

A gaiola para ensaio de metabolismo foi construída com tubos e chapas galvanizadas (*Figura 1*). O seu piso era telado e possuía bandeja equipada com separador de fezes e urina.

3.3.2. CATETER

O cateter utilizado era de polietileno com 20 cm de comprimento e 1 mm de diâmetro interno. O tubo cateter e seus acessórios são mostrados na *Figura 2*.

3.4. PERÍODOS EXPERIMENTAIS

3.4.1. PERÍODO DE ADAPTAÇÃO

O período de adaptação dos animais teve a dura



*Figura 1 - Gaiola para ensaio de metabo-
lismo com separação de
fezes e urina.*

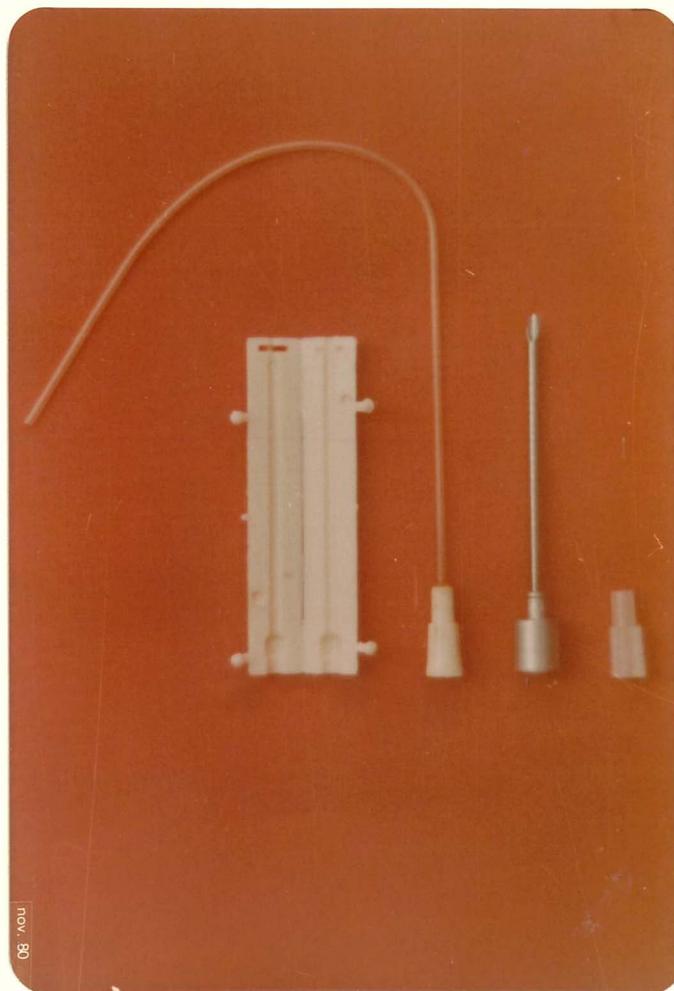


Figura 2 - Presilha, tubo cateter, sonda e tampa utilizados para coleta de amostras de sangue.

ção de uma semana. Foi fornecido a vontade feno de capim Rhodes (*Chloris gayana*, Kunth) com 0,18% de P na matéria seca. Com base no consumo de matéria seca, estipulou-se a ração para todo o experimento.

3.4.2. PERÍODO PRÉ-EXPERIMENTAL

Durante treze semanas, os animais receberam dieta constituída de feno de capim Jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf), deficiente em fósforo (0,06% P) e água deionizada.

O resultado da análise bromatológica do feno é apresentado na *Tabela 3* e mostra baixo valor em proteína, energia e zinco. Por isso, cada animal recebeu, por dia, 35 gramas de caseína e 100 ml de melaço. A composição desses alimentos é mostrada na *Tabela 2*. Também forneceu-se a todos os animais 42,50 mg de zinco ($Zn SO_4 \cdot 7H_2O$) e 0,10 mg de cobalto ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$), por dia, por animal para satisfazer as exigências desses elementos de acordo com as Tabelas do NRC (1975).

Visando obter diferentes níveis de ingestão de fósforo, fosfato de sódio ($Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$) foi adicionado à dieta básica, para fornecer 2 e 4 g de elemento por dia aos animais dos tratamentos B e C, respectivamente. Os animais do tratamento A não receberam esse suplemento. O mesmo foi misturado com o melaço, caseína, sal, solução de sulfato de zinco

e cloreto de cobalto, e aspergido sobre o feno.

A quantidade de fósforo fornecido pelo suplemento e o NaCl utilizado para balancear a ingestão de sódio de cada carneiro é mostrado na *Tabela 1*.

Tabela 1 - Níveis de fósforo (P) e sódio (Na), em g/dia, na dieta fornecida aos animais.

Animal	Na ₂ HPO ₄	NaCl	P	Na
A	0,00	15,26	0	6
B	11,50	7,60	2	6
C	23,00	0,00	4	6

Tabela 2 - Composição da caseína e melaço, com base na matéria seca.

Alimento	Matéria seca (%)	Proteína bruta (%)	Cinza (%)	Fósforo (%)
Caseína	91,73	80,16	3,68	1,20
Melaço	75,00	4,30	10,80	0,11

Tabela 3 - Composição bromatológica, com base na matéria seca, do feno de capim Jaraguá (*Hyparrhenia rufa*(Ness) Stapf) deficiente em fósforo.

C O M P O N E N T E S	T E O R E S
Matéria seca	91,11%
Proteína bruta	3,98%
Extrato etéreo	2,58%
Fibra bruta	35,77%
Cinza	6,87%
Cálcio	2,15%
Fósforo	0,06%
Potássio	0,44%
Magnésio	0,22%
Enxofre	0,10%
Ferro	655,00 ppm
Manganês	151,00 ppm
Zinco	27,50 ppm
Cobre	8,50 ppm

3.4.3. PERÍODO EXPERIMENTAL

Após o período de treze semanas, os animais receberam intravenosamente uma solução de radiofósforo (^{32}P) e foram feitas coletas de sangue, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120 e 240 minutos, após injeção do radiofósforo.

3.4.3.1. PREPARO DA SOLUÇÃO DE HEPARINA

Preparou-se solução contendo 1 ml de heparina (5000 U.I. por ml) e 20 ml de soro fisiológico. Essa solução foi esterilizada por passagem através de um filtro Milipore, e armazenada em Erlenmeyer esterilizado.

3.4.3.2. MATERIAL RADIOATIVO

A solução radioativa empregada foi produzida pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares de São Paulo e consistia de solução isotônica de $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$, livre de carregador. A diluição da solução foi feita com água deionizada estéril e, no dia da primeira injeção, 1 ml da solução continha 150 μCi de ^{32}P .

No mesmo instante em que se injetou, no animal, 1 ml de solução isotônica de $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$, 1 ml da mesma solução foi colocada em balão volumétrico de 1 litro, contendo 1 ppm de fósforo, constituindo a solução estoque. Essa solução foi utilizada para calcular a dose remanescente (porcentagem de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}$ de plasma, ítem 3.8.).

3.4.3.3. INTRODUÇÃO DO CATETER NA VEIA JUGULAR

No dia do experimento, o carneiro foi colocado na mesa de contenção e necropsia, descrita por *LOBÃO (1973)*, e introduziu-se na sua veia jugular esquerda, um tubo cateter (*LENGEMANN, 1974*), como mostram as *Figuras 2 e 3*. Nessa ocasião coletou-se 10 ml de sangue para determinação do fósforo inorgânico no plasma (*FISKE e SUBBAROW, 1925*).

3.4.3.4. APLICAÇÃO INTRAVENOSA DO RADIOFÓSFORO

Após a colocação do cateter na veia jugular esquerda, foi injetado, na veia jugular direita do carneiro, 1 ml de solução isotônica de $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$, livre de carregador.



Figura 3 - Cateter introduzido na veia jugular esquerda do carneiro, para coleta de amostras de sangue.

3.4.3.5. COLETA DE AMOSTRAS

Conectando-se uma seringa de plástico à extremidade livre do cateter, como mostra a *Figura 4*, foram retiradas amostras de 10 ml de sangue, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120 e 240 minutos após injeção do radioisótopo. Terminada a coleta das amostras introduziu-se na veia, através do cateter, 5 ml de solução fisiológica e aproximadamente 2 ml de solução de heparina. Isso impedia a obstrução do tubo por coágulo sanguíneo.

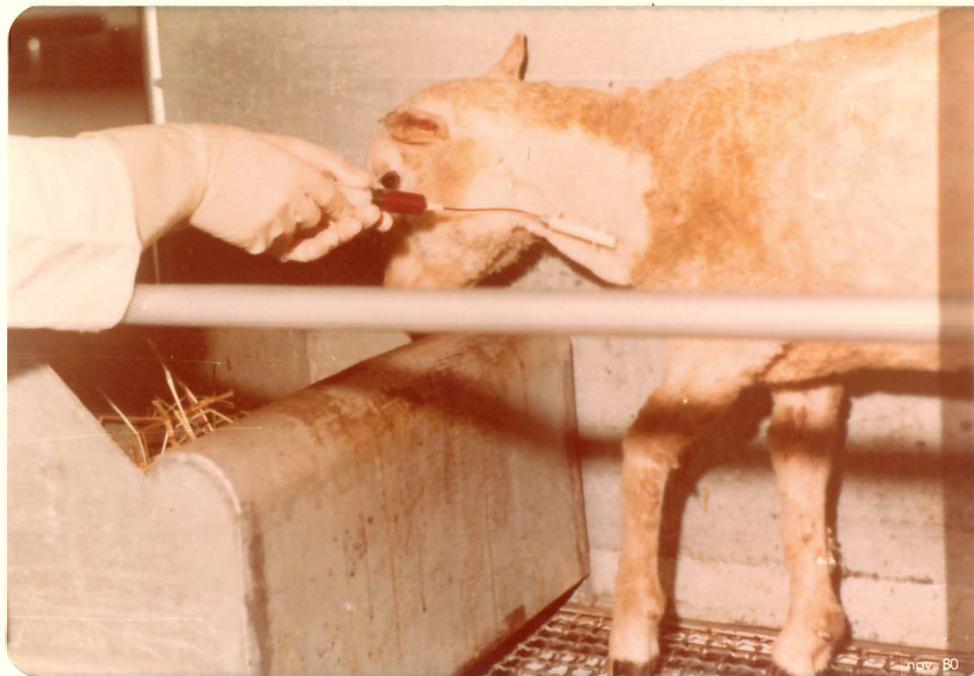


Figura 4 - Seringa conectada ao tubo cateter para a coleta de amostras de sangue.

3.4.3.6. PREPARO DAS AMOSTRAS PARA DETECÇÃO DO RADIOFÓSFORO

As amostras de sangue coletadas foram colocadas em tubo de ensaio contendo heparina. Os tubos foram centrifugados a 1086 g por 10 minutos, para obtenção do plasma. Em seguida pipetou-se 1 ml do plasma sobrenadante de cada amostra e colocou-se em frascos de vidro contendo 19 ml de água, para medida da radioatividade. Pipetou-se 1 ml da solução estoque descrita no ítem 3.4.3.2. em frasco de vidro contendo 19 ml de água.

3.4.3.7. DETECÇÃO DA RADIOATIVIDADE

A atividade das amostras foi determinada pelo efeito Cerenkov, segundo *NASCIMENTO e LOBÃO (1977)*, utilizando-se um cintilador líquido marca Beckman LS-230. As amostras foram detectadas por um minuto (cpm) e, para cada amostra foi feita correção para radiação de fundo.

A fim de se corrigir o "quenching" de cor das amostras, foi feita a determinação da atividade, empregando-se a técnica da Padronização Interna (*NASCIMENTO, 1977*). Após a detecção de cada amostra, uma alíquota de 20 µl de uma solução de fósforo radioativo (^{32}P), de atividade conhecida, foi adicionada e a amostra levada para nova detecção.

A eficiência de detecção das amostras pode ser calculada pela equação:

$$\epsilon = \frac{C - C_1}{D} \cdot 100 \dots \dots \dots (1)$$

onde:

ϵ = eficiência relativa de detecção da amostra, em porcentagem, tomando-se como 100% a eficiência de detecção de ^{32}P em água (amostra sem "quenching").

C_1 = taxa líquida de contagem da amostra antes da adição da alíquota da solução padrão, em contagens por minuto (cpm).

C = taxa líquida de contagem da amostra após a adição da alíquota da solução padrão em contagens por minuto (cpm).

D = atividade contida na alíquota adicionada, em contagens por minuto (cpm).

A contagem final corrigida da amostra foi determinada pela equação:

$$C' = \frac{C}{\epsilon} \cdot 100 \dots \dots \dots (2)$$

onde:

C' = taxa corrigida de contagem (cpm) da amostra;

C, ϵ = já definida na equação 1.

3.5. LEI DO DECAIMENTO RADIOATIVO

De acordo com CHASE e RABINOWITZ (1968), o decaimento de toda espécie de átomos radioativos, envolve uma reação de primeira ordem em que a taxa de decaimento é proporcional ao número de átomos radioativos presente, conforme a equação 3:

$$- \frac{dN}{dt} = K \cdot N \dots \dots \dots (3)$$

onde:

$-dN/dt$ = taxa de desintegração dos átomos radioativos, onde dN representa o número de átomos que se desintegraram no intervalo de tempo dt ;

K = constante de decaimento físico;

N = número de átomos radioativos presente no tempo t .

Separando-se as variáveis N e t a equação 3 pode ser escrita da seguinte maneira:

$$\frac{dN}{N} = - K \cdot dt \dots \dots \dots (4)$$

Representando-se por N_0 o número de átomos radioativos no instante inicial ($t = 0$) e por N o número de átomos radioativos em qualquer instante (tempo t),pode-se fazer a integração entre esses limites

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = - K \int_{t=0}^t dt \dots \dots \dots (5)$$

obtendo-se a equação 6, de forma exponencial negativa, que representa a lei do decaimento radioativo

$$N = N_0 \cdot e^{-Kt} \dots \dots \dots (6)$$

onde e representa a base do logaritmo natural (2,71828.....) e t o tempo decorrido.

Quando N é plotado numa escala logarítmica, contra o tempo, numa escala linear, o gráfico do decaimento radioativo apresenta-se como uma linha reta, que intercepta a ordenada (t = 0) determinando o termo N₀, e o coeficiente angular da reta é representado pelo termo K.

Matematicamente, isso pode ser visualizado aplicando-se uma transformação logarítmica à equação 6.

$$\ln N = \ln N_0 - K \cdot t \dots \dots \dots (7)$$

e representando-se a equação da reta por:

$$Y = a + b \cdot x \dots \dots \dots (8)$$

Nota-se que o coeficiente linear a, equivale a ln N₀, enquanto o coeficiente angular b equivale a constante de decaimento físico K. Ou seja, fazendo-se a regressão linear dos dados experimentais (ln N vs t), o valor da constante de decaimento é obtida diretamente do coeficiente angular b, enquanto que o número de átomos, inicialmente presente, N₀ é obtido pelo anti-logaritmo neperiano de a (antiln a).

3.6. CONSTANTE DE DECAIMENTO E MEIA-VIDA

O tempo requerido para a desintegração de meta de dos átomos radioativos numa amostra é chamado meia-vida física, T (CHASE e RABINOWITZ, 1968). No tempo inicial ($t = 0$) existem N_0 átomos presentes e após um tempo $t = T$, tem-se somente a metade ($N = N_0/2$). Substituindo-se estas variáveis na equação 6, obtém-se:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-K \cdot t} \dots \dots \dots (9)$$

e pode-se demonstrar facilmente que:

$$T = \frac{0,693}{K} \dots \dots \dots (10)$$

No organismo vivo, o desaparecimento do radioisótopo ocorre não somente pelo decaimento físico, mas também através da eliminação biológica. O desaparecimento do material radioativo, por via biológica, é similar ao desaparecimento pela desintegração ou decaimento físico e a sua taxa pode ser relacionada com uma constante de decaimento biológico (CHASE e RABINOWITZ, 1968).

Desde que o desaparecimento do radioisótopo

ocorre simultaneamente, em duas vias paralelas, decaimento radioativo físico e desaparecimento biológico, a representação da taxa de desaparecimento é dada pela equação:

$$-\frac{dN}{dt} = K_{ef} \cdot N \dots \dots \dots (11)$$

onde:

$$K_{ef} = K + K_b \dots \dots \dots (12)$$

e K_{ef} , K e K_b as constantes de decaimento efetivo, físico e biológico do radioisótopo, respectivamente.

Do mesmo modo já descrito, o número de átomos radioativos, num instante particular, é dado pela equação 13, similar à equação 6:

$$N = N_0 e^{-K_{ef} \cdot t} \dots \dots \dots (13)$$

Nesse processo de decaimento, por duas vias paralelas, pode-se também pensar em meia-vida física T , biológica T_b e efetiva T_{ef} . De acordo com as equações 10 e 12, pode-se escrever:

$$\frac{0,693}{T_{ef}} = \frac{0,693}{T} + \frac{0,693}{T_b} \dots \dots \dots (14)$$

ou simplesmente,

$$\frac{1}{T_{ef}} = \frac{1}{T} + \frac{1}{T_b} \dots \dots \dots (15)$$

Como o período utilizado, no presente trabalho foi relativamente curto (4 horas) em relação à meia-vida física do ³²P (14,3 dias), torna-se a constante de decaimento físico do radioisótopo desprezível. Portanto, a constante de decaimento biológico torna-se praticamente igual à efetiva (equação 12),

$$K_b \approx K_{ef} \dots \dots \dots (16)$$

e da mesma forma, quanto às meias-vidas (equação 15):

$$T_b \approx T_{ef} \dots \dots \dots (17)$$

É comum expressar os dados em termos de meia-vida, e não em termos de constante de decaimento do radioisótopo, porque a meia-vida, por si só, possui um maior significado prático, ou seja, ela representa o tempo necessário para a remoção de 50% do número de átomos radioativos, enquanto que a constante de decaimento, representa a fração de átomos que desintegra ou desaparece na unidade de tempo. (equação 3).

No caso de um animal deficiente em fósforo, provavelmente a remoção do ³²P do plasma

ocorra mais rapidamente do que para um animal normal. Portanto, a meia-vida do ^{32}P provavelmente será menor para um animal deficiente em fósforo do que para um animal normal.

3.7. ATIVIDADE

Em se tratando de radioisótopo o termo $-\frac{dN}{dt}$ (equação 3) representa a taxa de desintegração ou a taxa de desaparecimento de átomos radioativos, onde dN representa o número de átomos que se desintegram no intervalo de tempo dt , conforme já descrito anteriormente. O valor desta razão depende do número de átomos presentes ou em outras palavras, do instante t considerado. Portanto essa razão também chamada de atividade A , apresenta diferentes valores em função do tempo.

$$A = -\frac{dN}{dt} \dots \dots \dots (18)$$

Substituindo o termo à direita, da igualdade acima, pelo valor correspondente dado na equação 3, pode-se escrever também que:

$$A = K \cdot N \dots \dots \dots (19)$$

Multiplicando-se ambos os lados da equação 6 pela constante de decaimento K , tem-se:

$$K \cdot N = K \cdot N_0 \cdot e^{-K \cdot t} \dots \dots \dots (20)$$

resultando:

$$A = A_0 \cdot e^{-K \cdot t} \dots \dots \dots (21)$$

Assim, num compartimento que tiver no tempo inicial N_0 átomos radioativos, apresentará uma atividade inicial A_0 , e, após o tempo t , o número de átomos remanescentes será N e a atividade A será dada pela equação 19 ou 21. Em resumo, N representa o número de átomos em qualquer instante e A a atividade ou a taxa de decaimento, desaparecimento ou de desintegração naquele instante.

Em cada desintegração, ocorre normalmente a emissão de uma ou mais radiações (no caso do ^{32}P , a radiação é beta negativa). A medida da taxa de emissão das radiações (taxa de contagem) nos permite calcular a atividade ou, se desejar, o número de átomos radioativos naquele instante (equação 19).

3.8. DOSE REMANESCENTE

Como visto anteriormente (item 3.6.), o número de átomos radioativos de ^{32}P no plasma do animal deve decrescer de forma exponencial, conforme indicado na equação 13, devido a sua saída do plasma para outro(s) compartimento(s).

Esta equação tem a mesma validade se for considerada para volume unitário do plasma (1 mililitro) e em termos de % de dose, ou seja, a razão entre o número de átomos radioativos de ³²P/ml da amostra, em relação ao total injetado. Assim, a % de dose/ml representa, em resumo, o número de átomos de modo relativo.

Desse modo, pode-se definir:

$$R = \frac{N}{N_t} \cdot 100 \dots \dots \dots (22)$$

onde:

R = % de dose de ³²P/ml de plasma;

N = número de átomos de ³²P/ml de plasma;

N_t = número total de átomos injetados no animal.

O número de átomos radioativos pode ser calculado, conhecendo-se a atividade ou a taxa de contagem da amostra (equação 19), como visto no ítem 3.7. Introduzindo a constante K na equação 22, tem-se:

$$R = \frac{K \cdot N}{K \cdot N_t} \cdot 100 \dots \dots \dots (23)$$

ou

$$R = \frac{A}{A_t} \cdot 100 \dots \dots \dots (24)$$

sendo \underline{A} a atividade de 1 ml da amostra e \underline{A}_t a atividade injetada no animal. Essa atividade, injetada no animal é determinada fazendo-se a detecção de 1 ml da solução radioativa estoque (item 3.4.3.2.) e multiplicando o resultado por 1000, por ser 1000 ml o volume total dessa solução.

Alguns autores, dentre eles *KAMAL e ABDELAAL (1972)* denominam a razão da atividade pelo volume da amostra, como "atividade específica" (do inglês specific activity), mas segundo *COMAR (1955)*, "atividade específica" deve ser reservada para a razão da atividade do radioisótopo pela massa total do elemento. Assim no presente trabalho, a expressão "% de dose de $^{32}\text{P/ml}$ de plasma", simbolizada pela letra \underline{R} , será doravante, denominada "dose remanescente".

A dose remanescente (% de dose de $^{32}\text{P/ml}$ de plasma) deve decair exatamente do mesmo modo que o número de átomos radioativos, e portanto pode-se escrever que:

$$R = R_0 \cdot e^{-K_{ef} \cdot t} \dots \dots \dots (25)$$

onde \underline{R}_0 representa a dose remanescente inicial no plasma (em $t = 0$) e \underline{R} a dose remanescente no instante \underline{t} .

3.9. DESAPARECIMENTO DO RADIOISÓTOPO DO PLASMA

De acordo com *COMAR e WASSERMAN (1977)*, o radioisótopo injetado no sangue, move-se para outros compartimentos, seguindo uma curva característica. Tal curva, de acordo com *SHIPLEY e CLARK (1972)*, não segue uma linha reta na sua totalidade como a equação 25 quando traçada em papel semilogarítmico. Apresenta-se como uma função complexa, incorporando mais de um termo exponencial, sendo cada termo a representação matemática de cada compartimento.

Por uma aproximação gráfica, a curva pode ser decomposta produzindo os termos separados da equação (*SHIPLEY e CLARK, 1972*). Essa, segundo *COMAR e WASSERMAN (1957)*, possui a seguinte forma:

$$R = R_{01} \cdot e^{-K_{ef1} \cdot t} + R_{02} \cdot e^{-K_{ef2} \cdot t} + \dots + R_{0n} \cdot e^{-K_{efn} \cdot t} \dots (26)$$

onde:

R_0 , R = dose remanescente do radioisótopo no plasma (% dose de $^{32}\text{P/ml}$) no tempo inicial ($t = 0$) e no instante t , respectivamente.

K_{ef} = constante de decaimento efetivo do radioisótopo e os índices 1, 2, ..., n representam o número do compartimento, colocado em ordem decrescente do valor da constante de decaimento efetivo.

Como já mencionado, anteriormente (item 3.6 - equação 16) $\underline{K}_{ef} \approx \underline{K}_b$, e portanto \underline{K}_{ef} será doravante substituído por \underline{K}_b , constante de decaimento biológico, e portanto:

$$R = R_{O_1} \cdot e^{-K_{b_1} \cdot t} + R_{O_2} \cdot e^{-K_{b_2} \cdot t} + \dots + R_{O_n} \cdot e^{-K_{b_n} \cdot t} \quad (27)$$

3.10. DECOMPOSIÇÃO DA CURVA EXPONENCIAL

Através da análise gráfica a curva exponencial do desaparecimento do ^{32}P do plasma (% dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}$ em função do tempo) é decomposta para obtenção dos termos \underline{R}_0 (% dose inicial/ml) e \underline{K}_b (constante de decaimento biológica), da equação 27 de cada compartimento.

Na curva, da dose remanescente, dada pela equação 27, o último termo $\underline{R}_{O_n} \cdot e^{-K_{b_n} \cdot t}$ tem o menor valor para a constante de decaimento em relação aos outros termos, conforme discussão anterior. Desse modo após um tempo longo, a sua contribuição será quase total para a dose remanescente (R , % dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}$), pois os outros termos decrescem rapidamente em função do tempo. Assim a análise gráfica é feita calculando-se primeiramente o logaritmo neperiano dos últimos pontos da curva.

Através de uma regressão linear ($\ln R$ vs t) determina-se uma equação de forma $Y = a + b \cdot x$, onde \underline{a} é o ponto

onde a reta extrapolada intercepta a ordenada, e \underline{b} é o coeficiente angular da reta. Assim, \underline{K}_n é igual a $-\underline{b}$ e \underline{R}_{0n} é igual ao antilogaritmo neperiano de \underline{a} (antiln a). Obtém-se, então, o último termo da equação ($\underline{R}_{0n} \cdot e^{-\underline{K}_n \cdot t}$).

Para encontrar os coeficientes \underline{R}_0 e \underline{K}_b do termo $\underline{n-1}$, a componente $\underline{R}_{0n} \cdot e^{-\underline{K}_n \cdot t}$, com pontos específicos no tempo, é subtraída aritmeticamente dos valores experimentais correspondentes da curva original. Do resultado, calcula-se de modo já descrito acima, os coeficientes \underline{R}_0 e \underline{K}_b para este termo ($n-1$).

De modo sucessivo, o processo é repetido para se calcular os coeficientes \underline{R}_0 e \underline{K}_b dos outros termos, até atingir o primeiro termo.

3.11. TAXA DE DESAPARECIMENTO DO ^{32}P DO PLASMA

O conceito de atividade, ou seja, o número de desintegrações de uma amostra radioativa, por unidade de tempo, é, em outras palavras, a taxa de desaparecimento dos átomos radioativos.

De modo similar à atividade (equação 18), pode-se calcular a taxa de desaparecimento \underline{v} dos átomos de ^{32}P (ou da

% de dose de ³²P/ml) do plasma sanguíneo, fazendo-se:

$$v = - \frac{dR}{dt} \dots \dots \dots (28)$$

mas como - dR/dt é igual a K.R (de modo análogo à equação 3), ou seja, a taxa de desaparecimento é proporcional a quantidade da substância presente, a equação 28 pode ser escrita de outro modo:

$$v = K . R \dots \dots \dots (29)$$

e substituindo-se o valor de R, dado pela equação 25, e levando-se em consideração a equação 16, tem-se:

$$v = K . R_0 . e^{-K_b . t} \dots \dots \dots (30)$$

ou ainda:

$$v = v_0 . e^{-K_b . t} \dots \dots \dots (31)$$

sendo

$$v_0 = K . R_0 \dots \dots \dots (32)$$

Como existem, no organismo animal, vários compartimentos, para os quais o radioisótopo move-se com taxas diferentes (COMAR, 1955), a equação 33 representa a soma das

várias taxas parciais, cuja representação é:

$$v = v_{01} \cdot e^{-K_{b1} \cdot t} + v_{02} \cdot e^{-K_{b2} \cdot t} + \dots + v_{0n} \cdot e^{-K_{bn} \cdot t} \dots (33)$$

onde:

v_0, v = taxas de desaparecimento total do radioisótopo do plasma (% dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}$ na unidade de tempo) no tempo inicial ($t = 0$) e no instante t .

$K_b, t = j\bar{a}$ definidos.

A taxa de desaparecimento do ^{32}P injetado na corrente sanguínea de um animal, nos fornece a velocidade com que este radioisótopo desaparece do sangue para outros compartimentos. A velocidade de desaparecimento do ^{32}P do plasma deve depender do estado nutricional do animal com relação ao fósforo. Assim, um animal deficiente em fósforo, terá uma maior velocidade de desaparecimento do ^{32}P do plasma para outros compartimentos do que um animal normal, pois no primeiro caso os tecidos possuem uma maior avidez pelo fósforo, retirando-o do sangue com maior rapidez.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. INGESTÃO E TEOR DE FÓSFORO INORGÂNICO NO PLASMA

A ingestão média diária de matéria seca, durante o período pré-experimental foi: 600; 660 e 542 g para os tratamentos A, B e C, respectivamente. Assim o consumo por dia e por animal de fósforo foi 0,69; 2,72 e 4,65 g para os tratamentos A, B e C, respectivamente.

Os teores de fósforo no plasma no dia da injeção intravenosa de fósforo, nos animais de tratamentos A, B e C, foram: 4,20; 5,38 e 5,19 mg % para os do grupo 1 (15 meses de idade), enquanto que os animais do grupo 2 (11 meses de idade) apresentavam os teores de 4,60; 9,44 e 6,75 mg%.

Tanto os animais do grupo 1 como os do grupo 2, que receberam fósforo na dieta, apresentaram um aumento no teor de fósforo inorgânico no plasma, em relação aos animais que receberam dieta pobre em fósforo; concordando com as considerações apresentadas por *BUSHMAN et alii (1965)*, *POPPI e TERNOUETH (1979)*; *PRESTON e PFANDER (1964)*.

Esses aumentos não foram proporcionais aos níveis de fósforo na dieta, discordando, portanto, dos resultados obtidos por *WISE et alii (1958)* e *ABOU-HUSSEIN et alii (1968)*.

Porém, há concordância com os resultados obtidos por *MAYNARD e LOOSLI (1974)* em que animais mais novos (grupo 2) apresentavam teores mais elevados de fósforo inorgânico no plasma que os animais mais velhos (grupo 1).

Os animais do tratamento C, apesar de terem recebido dieta alta em fósforo (4 g P/dia), apresentaram níveis mais baixos de fósforo inorgânico no plasma, do que os animais do tratamento B que receberam dieta adequada em fósforo (2 g P/dia). Isto pode ser explicado pela toxidez causada pelo excesso de fósforo na dieta, levando a uma redução no consumo de alimento, perda de peso e diarreia, sintomas descritos por *HOAR et alii (1970)* e também observados no decorrer do experimento.

Embora os animais do tratamento A, que receberam dieta pobre em fósforo (0 g P/dia) apresentassem baixos teores de fósforo inorgânico no plasma (4,20 e 4,60 mg %, para os do grupos 1 e 2, respectivamente), tais valores não são considerados deficientes, pois, segundo *UNDERWOOD (1969)*, o teor mínimo é 4,0 mg %.

4.2. DOSE REMANESCENTE

Os resultados da dose remanescente (R, % de dose de ^{32}P /ml de plasma) para os animais do grupo 1 são mos-

trados na *Tabela 4* e a representação grãfica da dose remanescente em função do tempo, nas *Figuras 5 a 7*. Para os animais do grupo 2, os resultados são mostrados na *Tabela 5* e representados nas *Figuras 8 a 10*.

Na *Figura 11* pode-se visualizar, conjuntamente, as curvas exponenciais da dose remanescente, em função do tempo, para os animais do grupo 1, e para os do grupo 2 na *Figura 12*. Nesses grãficos não foram colocados os pontos experimentais para se permitir uma melhor visualização, porém tais pontos estão devidamente representados nas *Figuras 5 a 7* (grupo 1) e *8 a 10* (grupo 2).

Verifica-se, nas *Figuras 5 a 12*, que a dose remanescente, diminue rapidamente nos primeiros instantes (10 a 20 minutos) apõs a injeção intravenosa do ^{32}P , e depois, mais lentamente, independente da idade dos animais e do nível de fõsforo na dieta.

Essas curvas tem sempre a forma de uma exponencial negativa e resultados semelhantes foram obtidos por *HANSARD et alii* (1952), *McALEESE et alii* (1961) e *RAMBERG et alii* (1970) quando estudaram a curva do desaparecimento de radioisõtopos do plasma, em função do tempo.

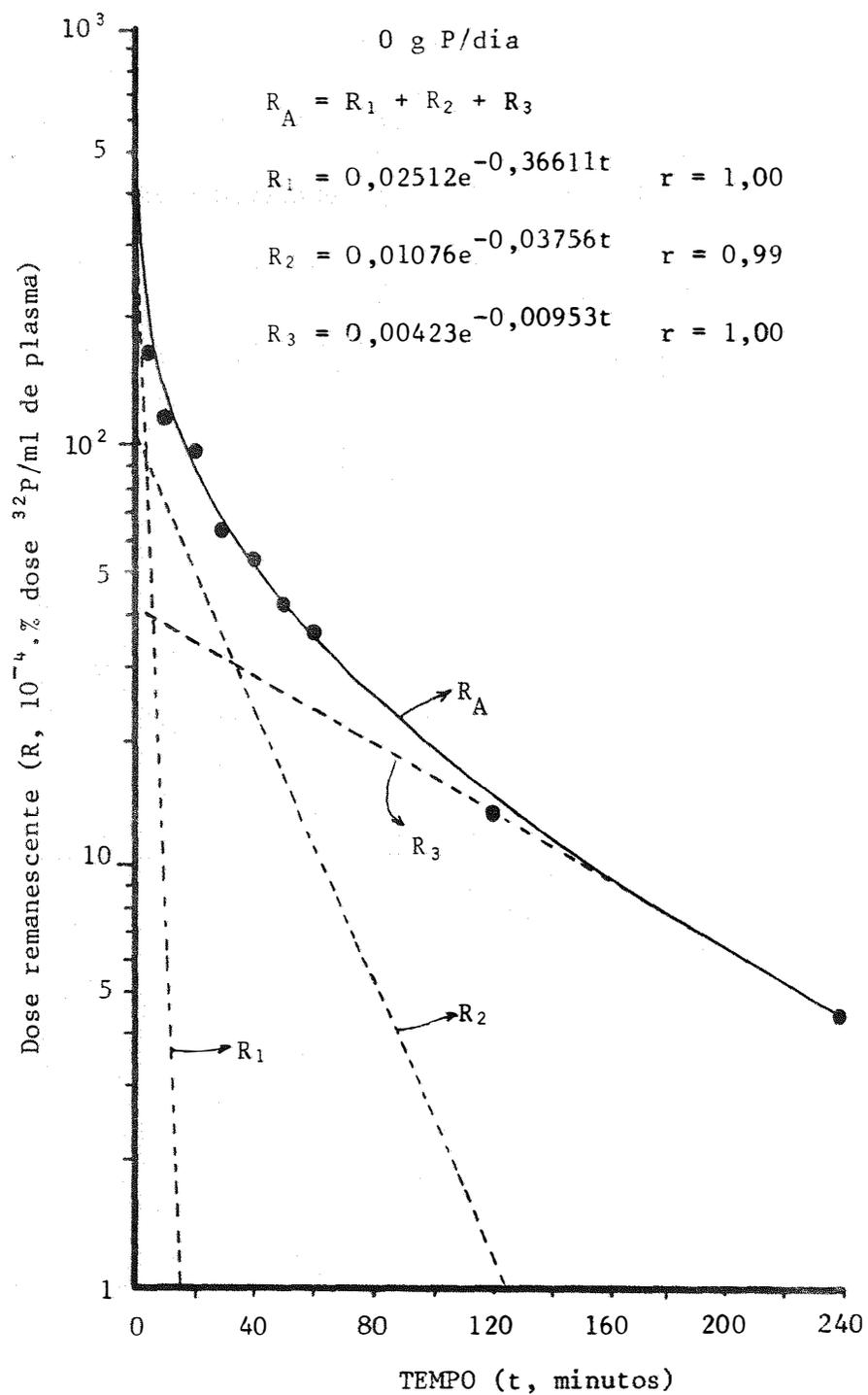
Para a obtenção da equação da curva exponencial da dose remanescente em função do tempo seguiu-se a meto

Tabela 4 - Dose remanescente (R, % dose de ^{32}P por ml de plasma), em função do tempo, para os animais dos tratamentos A (0 g P/dia), B (2 g P/dia) e C (4 g P/dia) do grupo 1.

Tempo (minuto)	A n i m a l		
	A	B	C
5	0,01699	0,01257	0,01032
10	0,01189	0,00763	0,00824
20	0,00907	0,00538	0,00641
30	0,00634	0,00436	0,00496
40	0,00521	0,00359	0,00428
50	0,00428	0,00292	0,00344
60	0,00357	0,00252	0,00303
120	0,00135	0,00139	0,00146
240	0,00043	0,00051	0,00058

Tabela 5 - Dose remanescente (R, % dose de ^{32}P por ml de plasma, em função do tempo, para os animais dos tratamentos A (0 g P/dia), B (2 g P/dia) e C (4 g P/dia) do grupo 2.

Tempo (minuto)	A n i m a l		
	A	B	C
5	0,02020	0,02802	0,03128
10	0,01461	0,01998	0,02322
20	0,01194	0,01552	0,01723
30	0,00988	0,01404	0,01440
40	0,00896	0,01184	0,01214
50	0,00806	0,01031	0,01114
60	0,00748	0,00922	0,00930
120	0,00418	0,00528	0,00598
240	0,00205	0,00250	0,00317



Fi

Figura 5 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento A, do grupo 1, que recebeu 0 g P/dia.

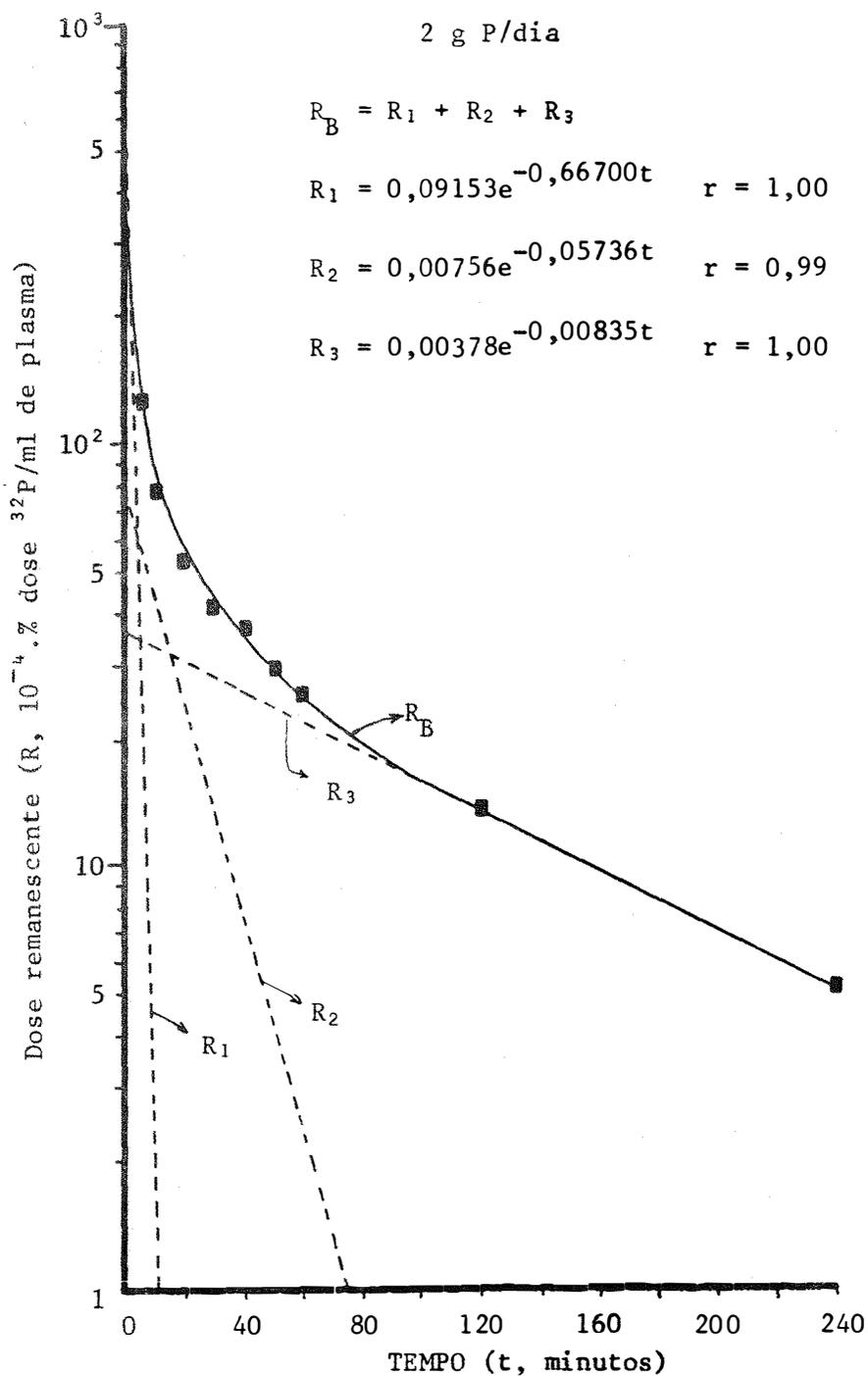


Figura 6 - Curva da dose remanescente do P do plasma, em função do tempo, para o animal, do tratamento B, do grupo 1, que recebeu 2 g P/dia.

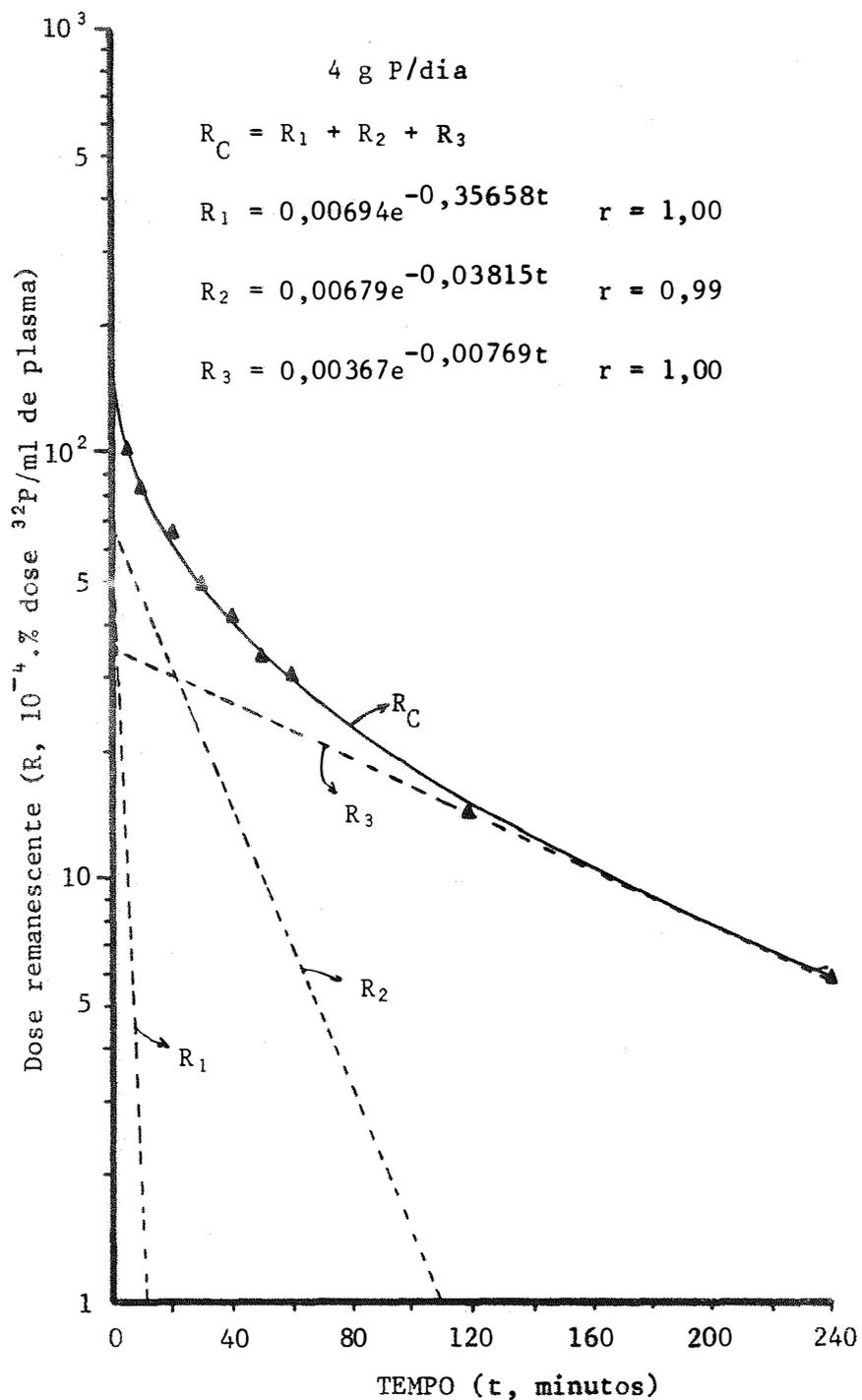


Figura 7 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento C, do grupo 1, que recebeu 4 g P/dia.

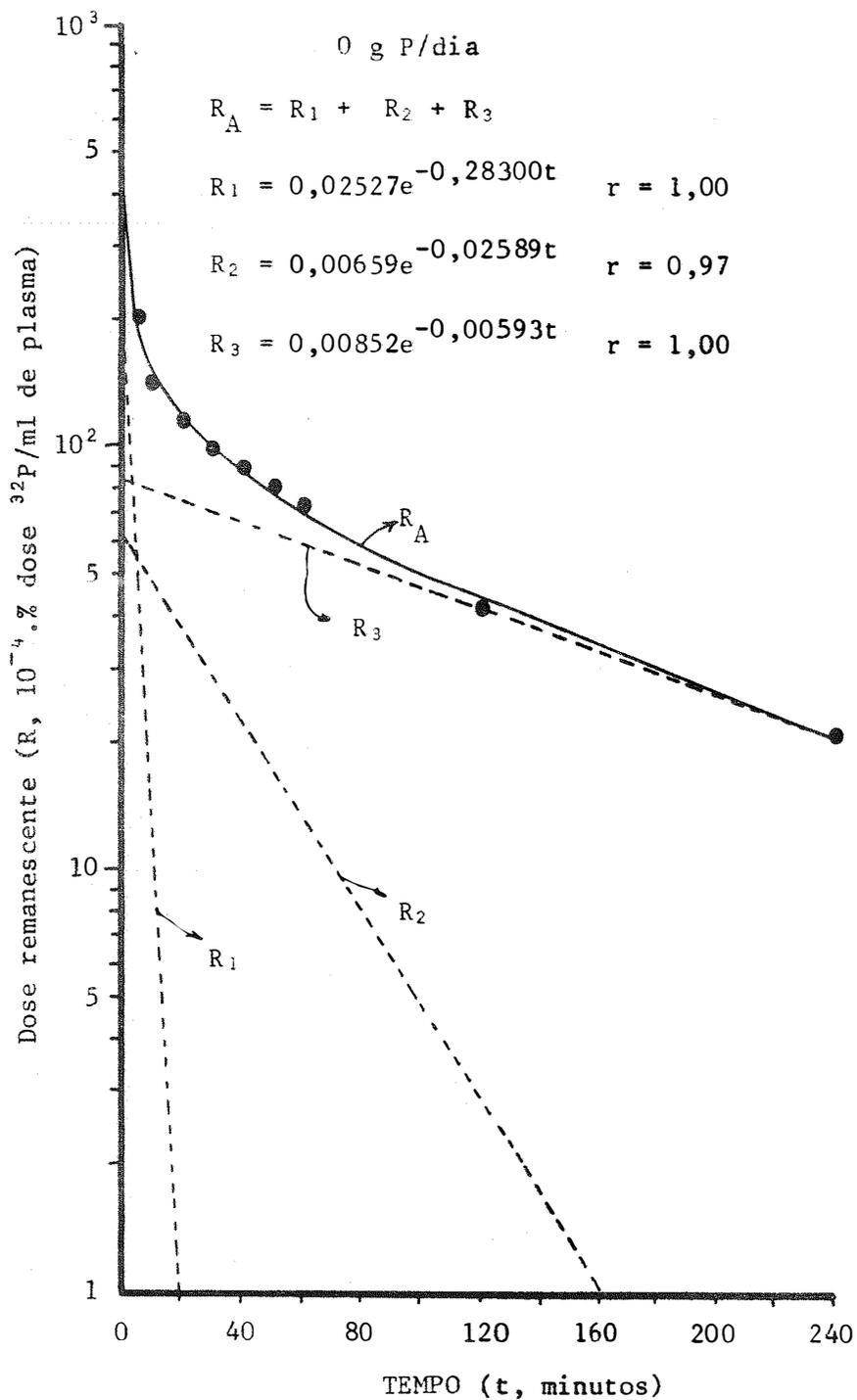


Figura 8 - Curva da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento A, do grupo 2, que recebeu 0 g P/dia.

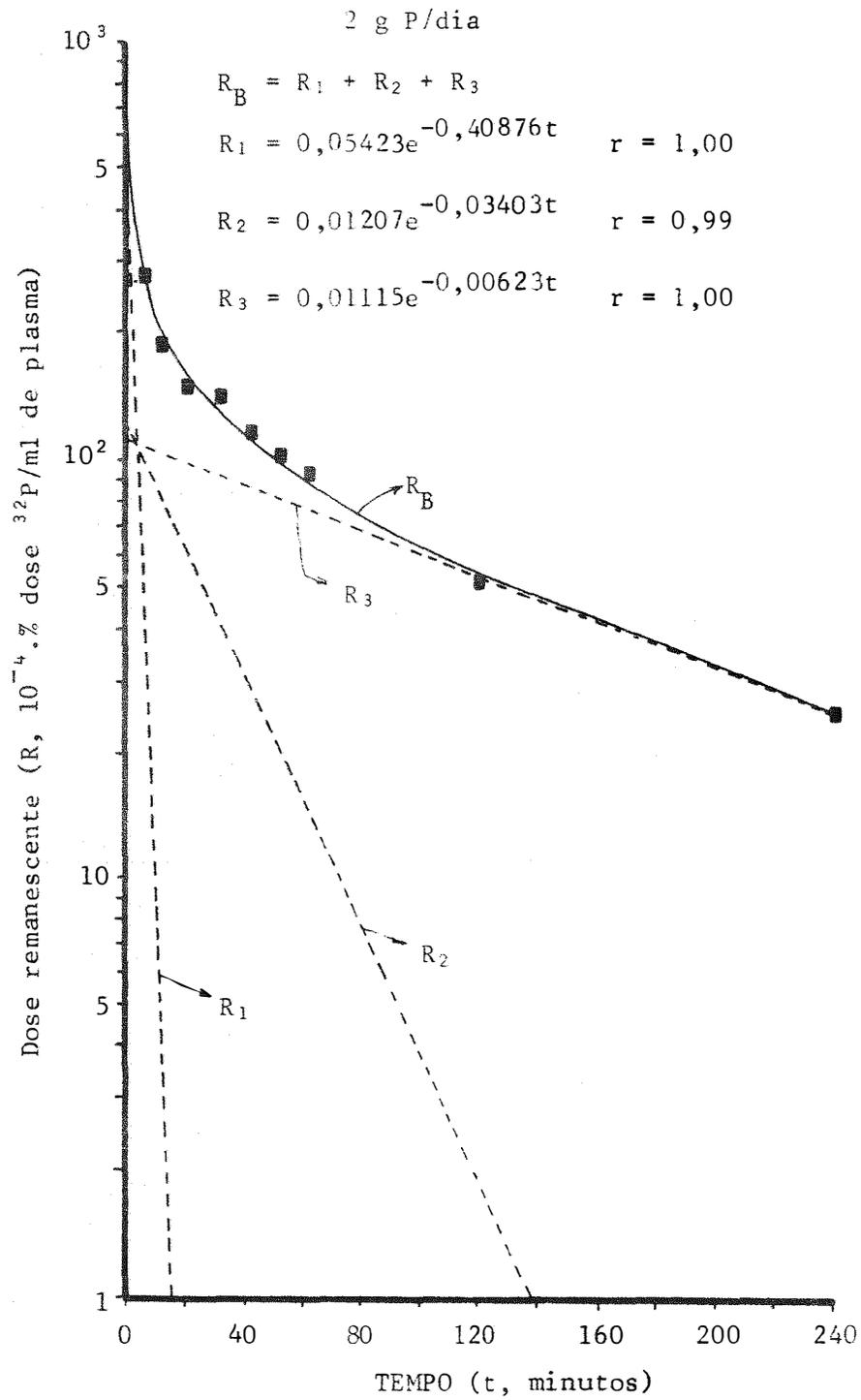


Figura 9 - Curva da dose remanescente do ³²P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento B, do grupo 2, que recebeu 2 g P/dia.

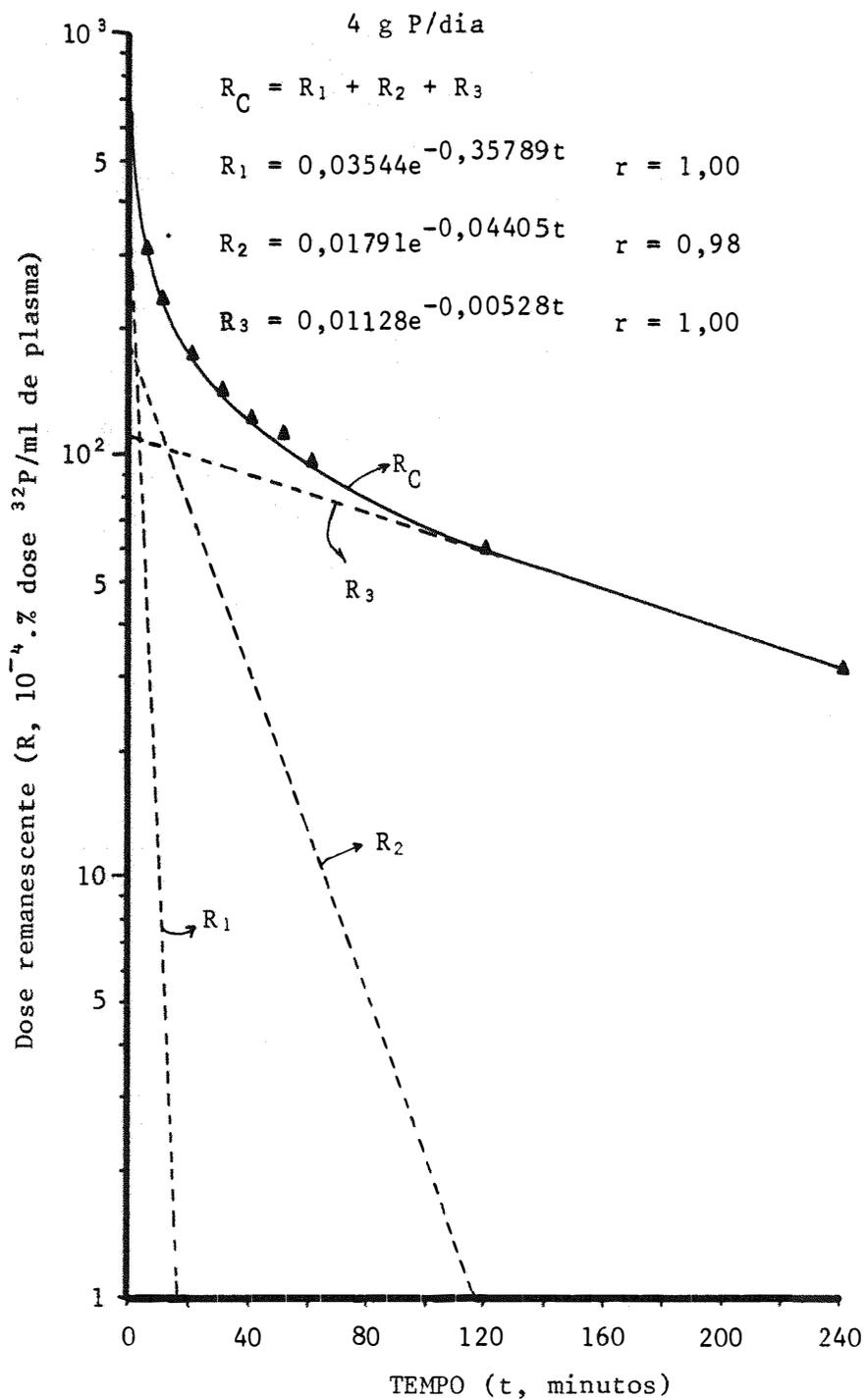


Figura 10 - Curva da dose remanescente do ³²P do plasma, em função do tempo, para o animal do tratamento C, do grupo 2, que recebeu 4 g P/dia.

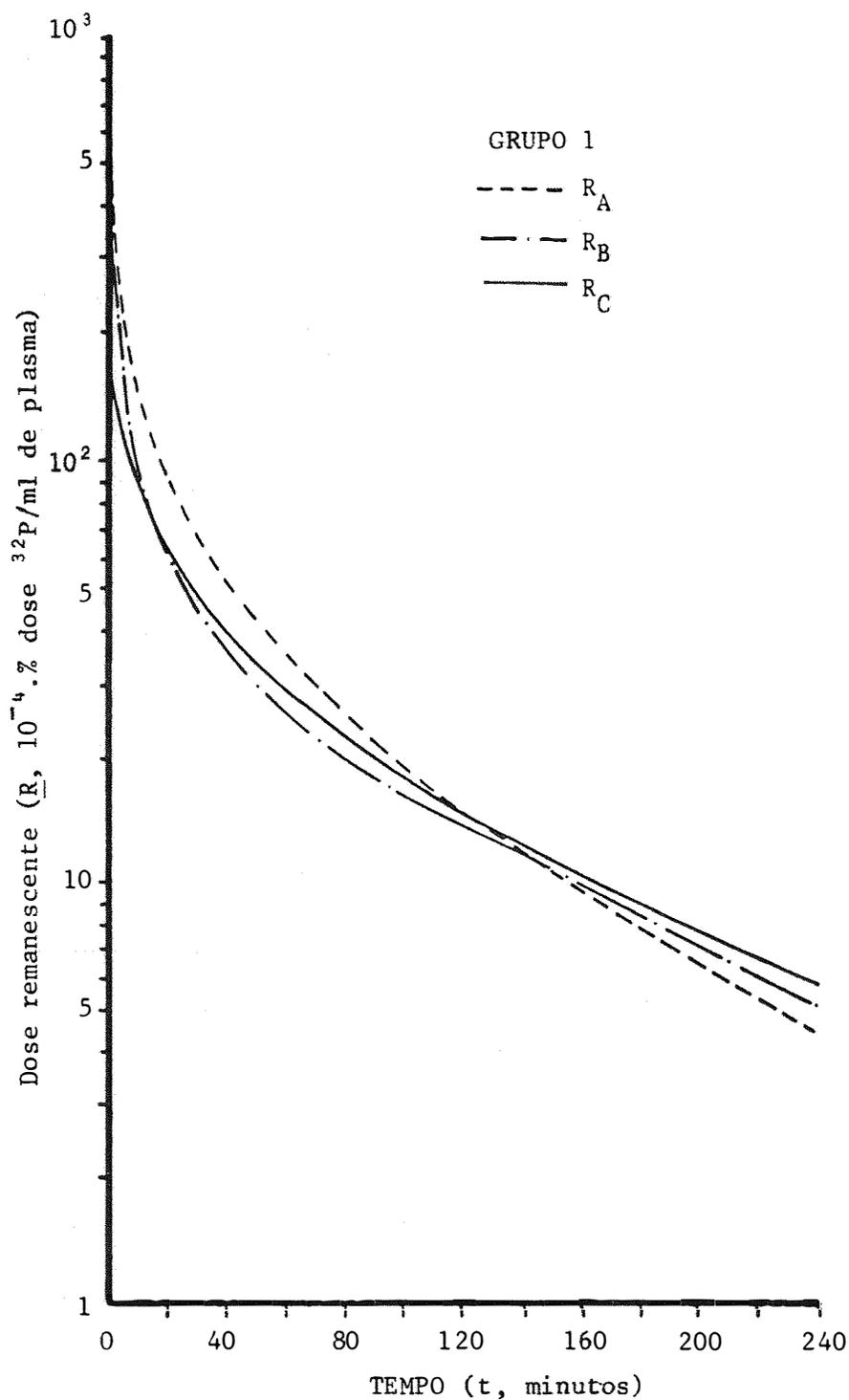


Figura 11 - Curvas da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para os animais dos tratamentos A, B e C do grupo 1, que receberam 0, 2 e 4 g P/dia.

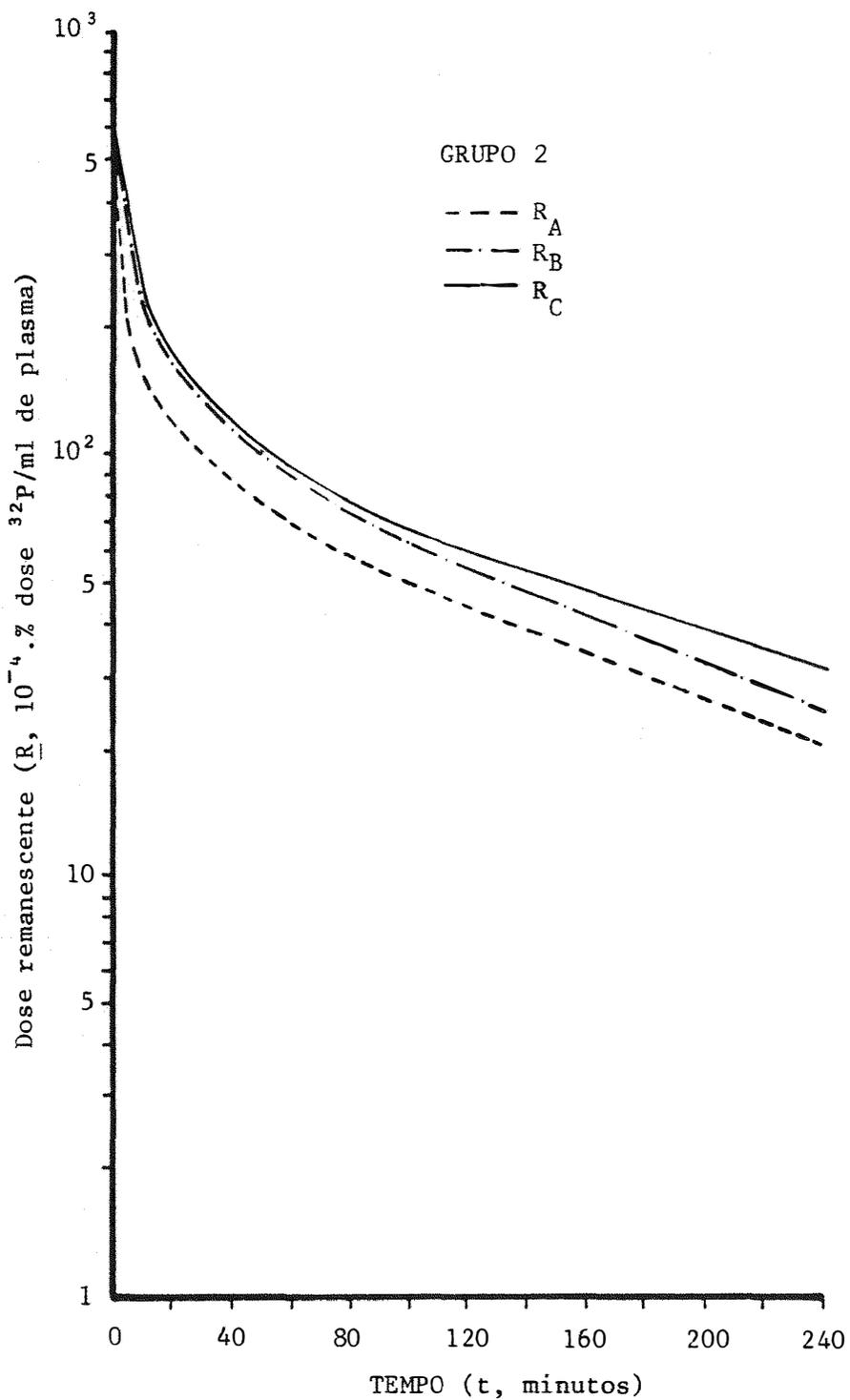


Figura 12 - Curvas da dose remanescente do ^{32}P do plasma, em função do tempo, para os animais dos tratamentos A, B e C do grupo 2, que receberam 0, 2 e 4 g P/dia.

Tabela 6 - Equações obtidas para a dose remanescente do ^{32}P do plasma (R, % dose $^{32}\text{P}/\text{ml}$ de plasma), em função do tempo, para os animais do grupo 1.

ANIMAL	E Q U A Ç Õ E S
A	$R_A = 0,02512e^{-0,36611t} + 0,01076e^{-0,03756t} + 0,00423e^{-0,00953t}$
B	$R_B = 0,09153e^{-0,66700t} + 0,00756e^{-0,05736t} + 0,00378e^{-0,00835t}$
C	$R_C = 0,00694e^{-0,35658t} + 0,00679e^{-0,03815t} + 0,00367e^{-0,00769t}$

Tabela 7 - Equações obtidas para a dose remanescente do ^{32}P do plasma (R, % dose ^{32}P /ml de plasma), em função do tempo, para os animais do grupo 2.

ANIMAL	E Q U A Ç Õ E S
A	$R_A = 0,02527e^{-0,28300t} + 0,00659e^{-0,02589t} + 0,00852e^{-0,00593t}$
B	$R_B = 0,05423e^{-0,40876t} + 0,01207e^{-0,03403t} + 0,01115e^{-0,00623t}$
C	$R_C = 0,03544e^{-0,35789t} + 0,01791e^{-0,04405t} + 0,01128e^{-0,00528t}$

dologia descrita no ítem 3.10. Admitiu-se a existência de 3 componentes ou compartimentos, na composição da curva. Assim a equação geral terá 3 termos, sendo cada termo a representação matemática de cada compartimento (HJERPE, 1968).

Assim existe a participação de 3 compartimentos para a diminuição da dose remanescente no plasma, porém logo após a injeção intravenosa de ^{32}P a contribuição maior é do compartimento 1, representado nas Figuras 5 a 10 pela componente R_1 , e matematicamente, pelo primeiro termo da equação geral (Tabelas 6 e 7) tendo esse compartimento, um alto valor para a constante de desaparecimento biológico, K_b (Tabela 8).

Após um longo tempo (100 minutos), a diminuição da dose remanescente passa a ser feita pelos compartimentos 2 e 3, com maior contribuição do compartimento 3, representado nas Figuras 5 a 10 pela terceira componente R_3 , e matematicamente, pelo terceiro termo da equação geral (Tabelas 6 e 7), pois a sua constante de desaparecimento biológico K_{b_3} (Tabela 8) é menor que a constante K_{b_2} do segundo compartimento.

Os 3 termos encontrados estão de acordo com os achados de HJERPE (1968) com ^{32}P em estudos com ovinos. O autor acredita que tais compartimentos são de difícil identifi-

cação, supondo porém, ser o compartimento 1, representado pelo sangue e fluidos extracelulares e os compartimentos 2 e e pelos tecidos moles e ossos, respectivamente.

Embora, admitindo-se a existência de 3 compartimentos para o "pool" de fósforo, *RAMBERG et alii (1970)* relatam que para vacas, em lactação, existem 4 compartimentos para descrever a curva da dose remanescente do ^{45}Ca do plasma, em função do tempo.

Pode-se observar, que as constantes de desaparecimento K_b (*Tabela 8*), correspondentes a cada termo da equação geral para os animais do grupo 1, foram maiores do que para os do grupo 2, ou seja, a remoção do ^{32}P do plasma foi mais rápida, exceto para os compartimentos 1 e 2 dos tratamentos C, que foram ligeiramente maiores para os animais mais novos. Esses achados discordam com os encontrados em experimento com ratos (*ANDERSON e TOMLINSON, 1961*) e com vacas (*RAMBERG et alii, 1976*) que visavam a determinação do desaparecimento onde era mais rápido o desaparecimento do radioisótopo do plasma de animais mais novos.

Nas *Figuras 11 e 12* verifica-se que após 150 minutos para o grupo 1 e de zero a 240 minutos para o grupo 2, o desaparecimento do ^{32}P do plasma do animal do tratamento A (dieta pobre em fósforo) foi maior que os dos tratamentos B (dieta adequada em fósforo) e C (dieta alta em fósforo) e o

Tabela 8 - Constantes de desaparecimento biológico do $^{32}\text{P}(K_b)$ para os 3 termos da equação geral, para os animais dos tratamentos A, B e C dos grupos 1 e 2, que receberam 0, 2 e 4 g P/dia.

Grupo	Animal	K_{b_1}	K_{b_2}	K_{b_3}
1	A	0,36611	0,03756	0,00953
	B	0,66700	0,05736	0,00835
	C	0,35658	0,03815	0,00769
2	A	0,28300	0,02589	0,00593
	B	0,40876	0,03403	0,00623
	C	0,35789	0,04405	0,00528

do B maior do que o do C, indicando que os animais dos tratamentos A e B possuíam maior avidéz pelo ^{32}P , em relação ao animal do tratamento C.

A partir de 150 minutos para o grupo 1 e de zero a 240 minutos para o grupo 2, observa-se que os valores da dose remanescente (R, % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}$ de plasma) estão relacionados com os níveis de fósforo na dieta, concordando com os resultados obtidos por *McALEESE et alii (1961)* em que a atividade do radioisótopo (^{28}Mg) no plasma foi menor para animais com dieta pobre neste elemento.

A variação do tempo (150 minutos para os animais do grupo 1 e de zero a 240 minutos para os do grupo 2) é devida à demanda maior de fósforo para os animais mais novos, que se encontram em fase de crescimento.

4.3. MEIA-VIDA BIOLÓGICA

Podemos observar, conforme a *Tabela 9*, que a meia-vida biológica do ^{32}P (T_b) correspondente a cada termo referente à equação geral (*Tabelas 6 e 7*) tende ser crescente, no sentido do primeiro ao terceiro termo, ou seja, a remoção do ^{32}P do plasma foi mais rápida para o compartimento 1 e

mais lenta para os compartimentos 2 e 3, independente da idade dos animais e do nível de fósforo na dieta.

A meia-vida biológica do ^{32}P (T_{b_1}), correspondente ao primeiro termo (*Tabela 6*) foi menor para o animal do tratamento B do que para o do tratamento A, do grupo 1. Porém foi menor para o animal do tratamento A, do que para o do C.

A meia-vida biológica do ^{32}P (T_{b_1}) correspondente ao primeiro termo da equação geral (*Tabela 7*) foi menor para o animal do tratamento B do que para os do A e C do grupo 2, e maior para o animal do tratamento A, em relação ao do C.

Para o segundo termo da equação geral, a meia-vida do ^{32}P (T_{b_2}) foi menor para o animal do tratamento B do que para os do A e C, enquanto que para o animal do tratamento A ela foi maior do que C. Para os animais do grupo 2 ela foi decrescente de A para C.

Observando ainda os dados, a meia-vida do ^{32}P (T_{b_3}) referente aos tratamentos A, B e C, verifica-se que foram crescentes de A para C.

Observando os dados correspondentes ao terceiro termo, verifica-se que foi menor para o animal do tratamento B do que para os do A e C e menor para o animal do tra-

Tabela 9 - Meia-vida biológica do ^{32}P (T_b), em minutos, para os 3 termos da equação geral, para os animais dos tratamentos A, B e C, dos grupos 1 e 2, que receberam 0, 2 e 4 g P/dia.

Grupo	Animal	T_{b_1}	T_{b_2}	T_{b_3}
1	A	1,89	18,45	72,72
	B	1,04	12,08	82,99
	C	1,94	18,16	90,11
2	A	2,44	26,76	116,86
	B	1,69	20,36	111,23
	C	1,94	15,73	131,25

tamento A em relação ao do C.

Para os animais dos grupos 1 e 2 os compartimentos 1, 2 e 3, retiraram mais rapidamente o ^{32}P do plasma para o animal do tratamento B, em relação ao animal do tratamento C, indicando que aquele possuía maior avidéz pelo ^{32}P do plasma, confirmando os achados de *McALEESE et alii* (1961).

No caso do animal A (grupo 1), seus compartimentos 1 e 2, retiraram mais lentamente o ^{32}P do plasma do que os do tratamento B, mas para o compartimento 3, essa remoção foi mais rápida do que os do B, ou seja, ocorreu maior avidéz pelo ^{32}P do plasma para o animal que recebeu dieta mais pobre em fósforo.

Os 3 compartimentos do animal A do grupo 2 retiraram mais lentamente o ^{32}P do plasma do que os do B, mas pode-se notar que a diferença das meias-vidas tendem a diminuir a tal ponto que para a terceira componente, tal diferença não seja significativa, indicando que, após 240 minutos provavelmente o animal do tratamento A passaria a retirar mais rapidamente o ^{32}P do plasma do que o do B.

4.4. TAXA DE DESAPARECIMENTO

Os resultados da taxa de desaparecimento (v , em % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) para os animais do grupo 1 são apresentados nas *Tabelas 1.A a 3.A.* (apêndice), e a representação gráfica nas *Figuras 13 a 15.* Para os do grupo 2, os resultados são mostrados nas *Tabelas 4.A. a 6.A.* (apêndice) e representados nas *Figuras 16 a 18.*

Verifica-se nas *Figuras 13 a 18,* que a taxa de desaparecimento diminui rapidamente nos primeiros 30 minutos e depois lentamente, independente da idade dos animais e do nível de fósforo na dieta.

Observa-se que os 3 compartimentos participam da taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma, porém nos instantes iniciais a contribuição maior é devida ao compartimento 1, representado, nas *Figuras 13 a 18,* pela componente \underline{v} , e matematicamente, pelo primeiro termo da equação geral (*Tabelas 11 e 12*), tendo esse compartimento um alto valor para a constante de desaparecimento biológico \underline{K}_{b_1} (*Tabela 8*).

Após um longo tempo, (160 a 200 minutos), a diminuição da taxa de desaparecimento passa a ser devida aos compartimentos 2 e 3, com maior contribuição do compartimento 3, representado nas *Figuras 13 a 18* pela segunda componente \underline{v} , e matematicamente pelo terceiro termo, pois sua constante de desaparecimento biológico \underline{K}_{b_3} (*Tabela 8*) é menor que a constan

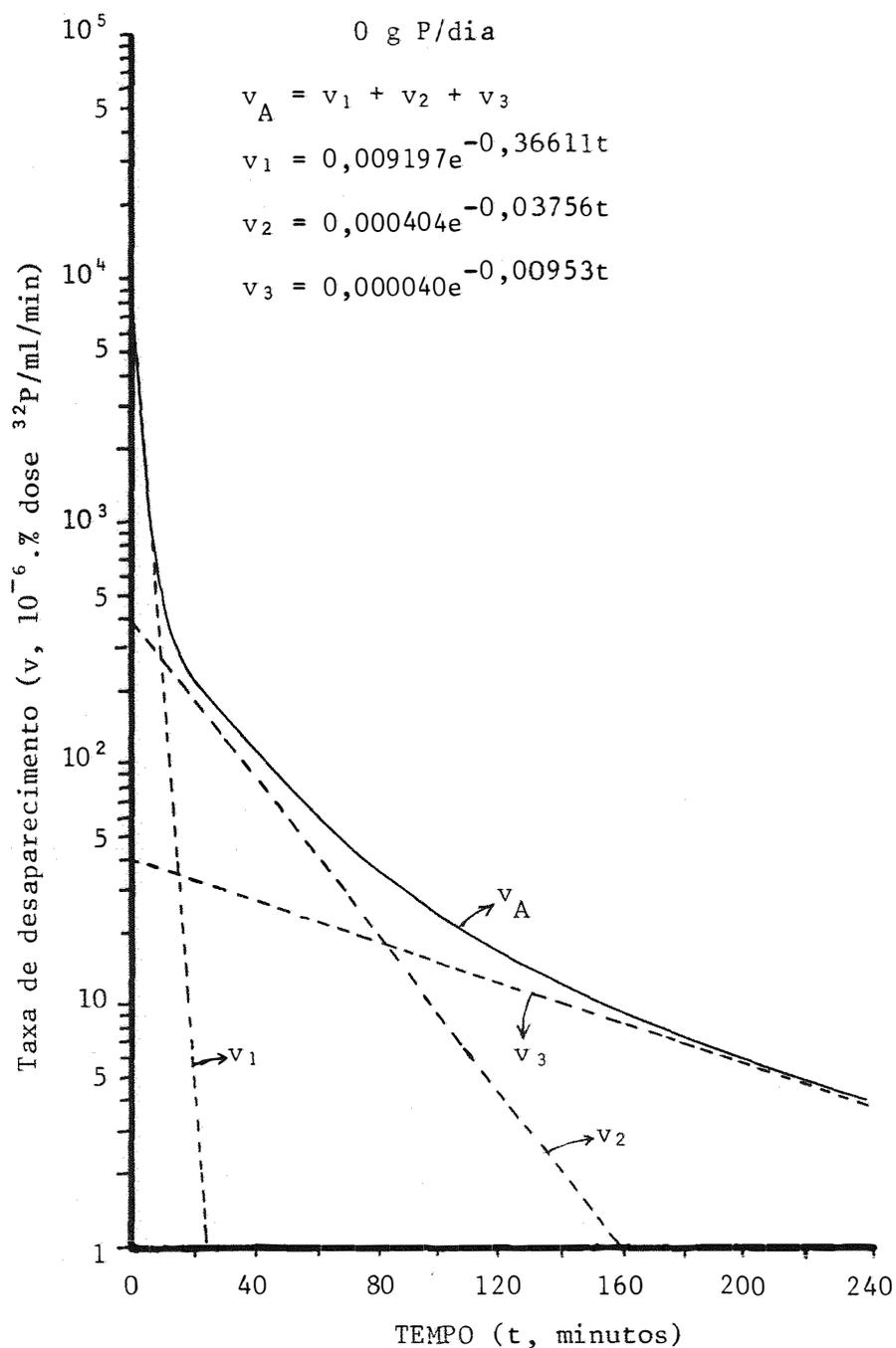


Figura 13 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (em % dose $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento A do grupo 1, que recebeu 0 g P/dia.

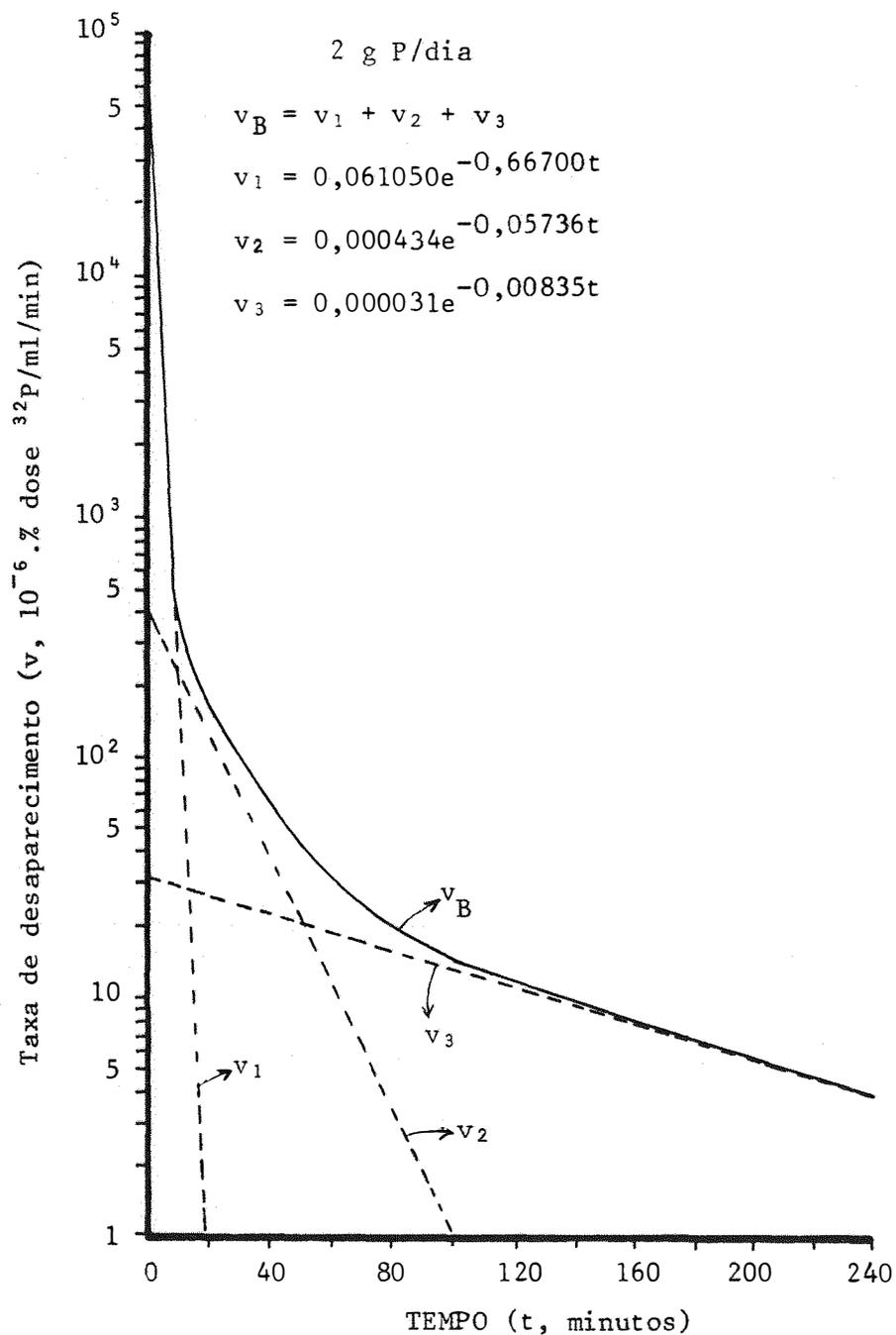


Figura 14 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (em % dose $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento B, do grupo 1, que recebeu 2 g P/dia.

4 g P/dia

.67.

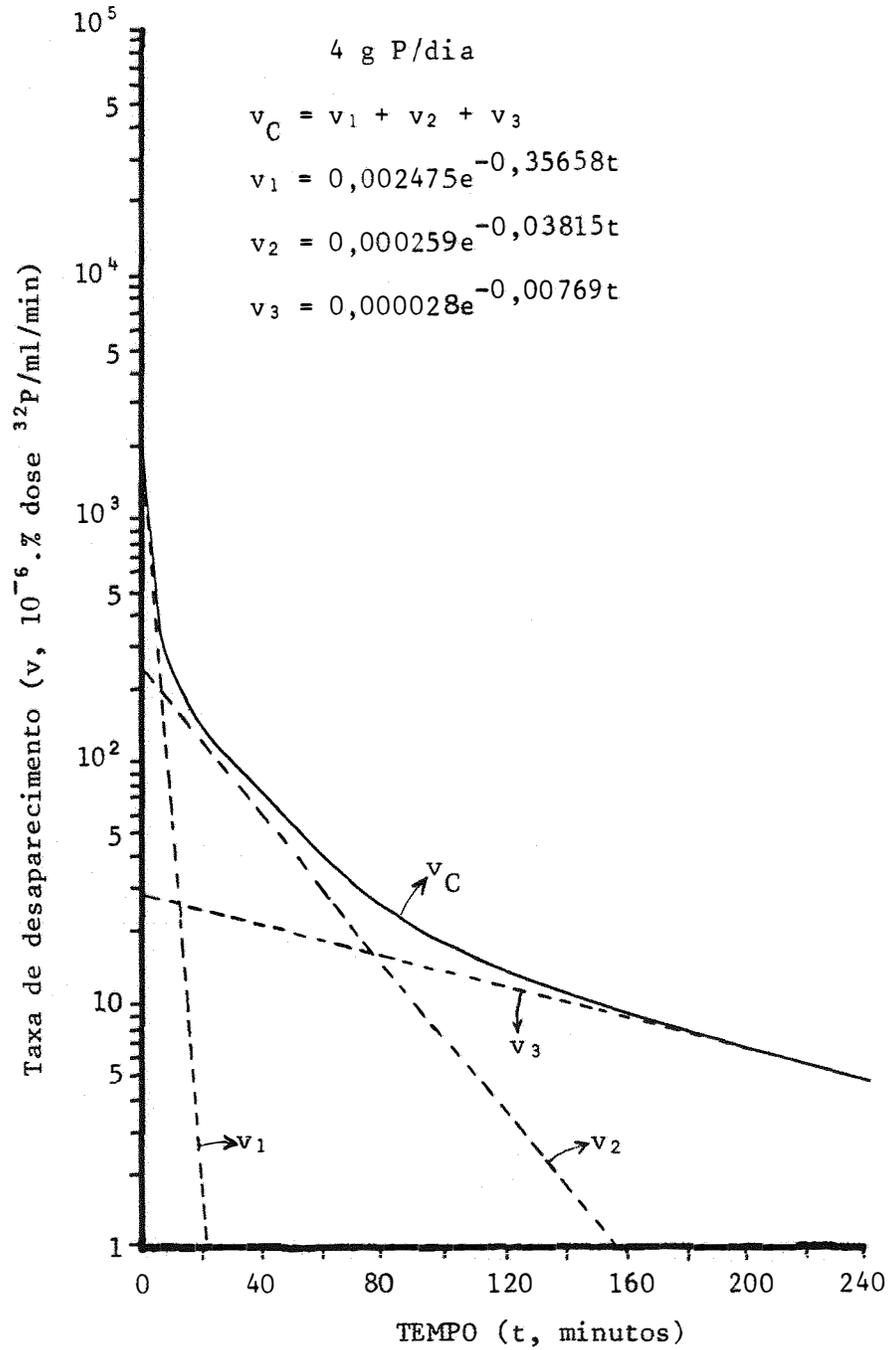


Figura 15 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (em % dose $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3, para o animal do tratamento C do grupo 1, que recebeu 4 g P/dia.

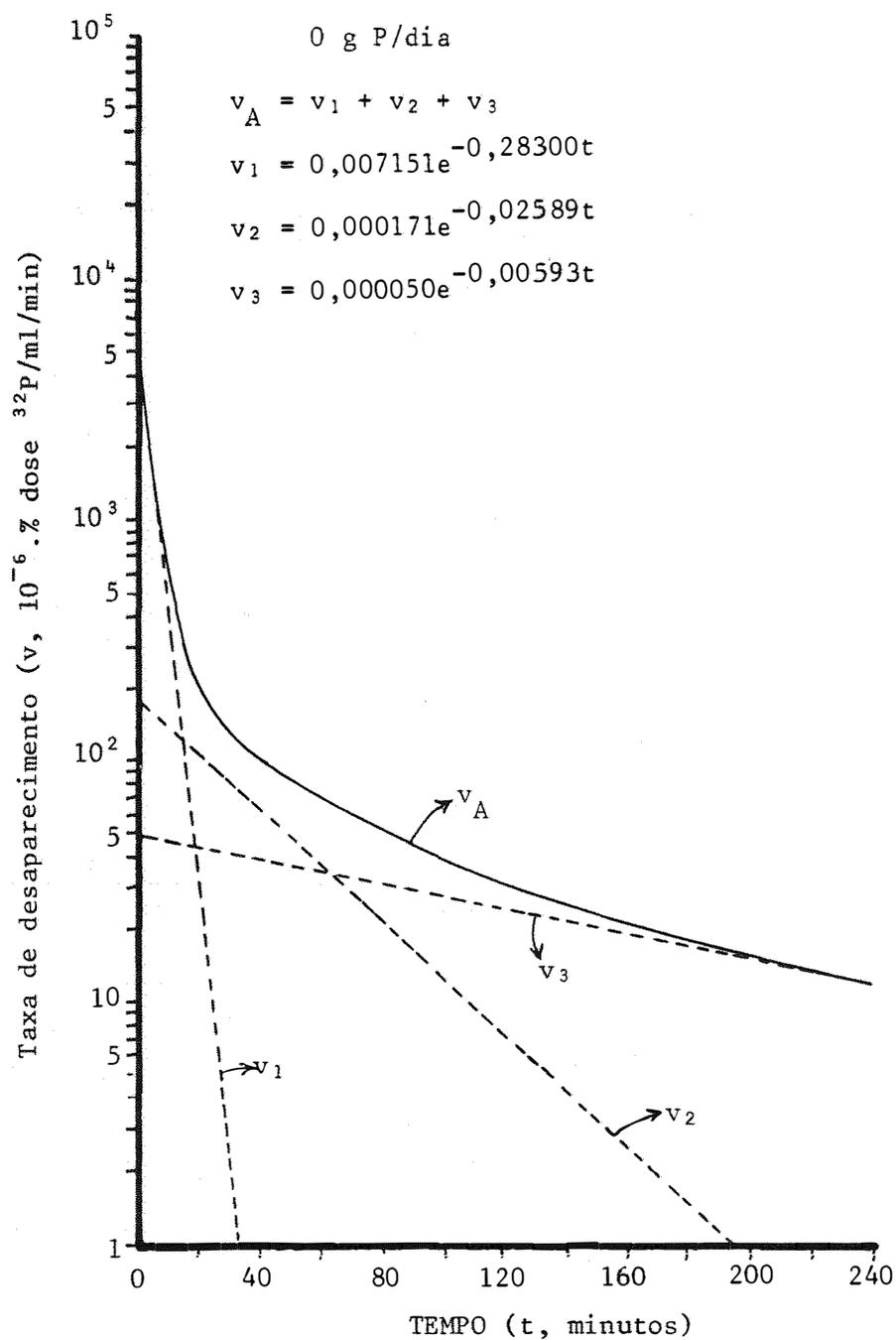


Figura 16 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (em % dose $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento A, do grupo 2, que recebeu 0 g P/dia.

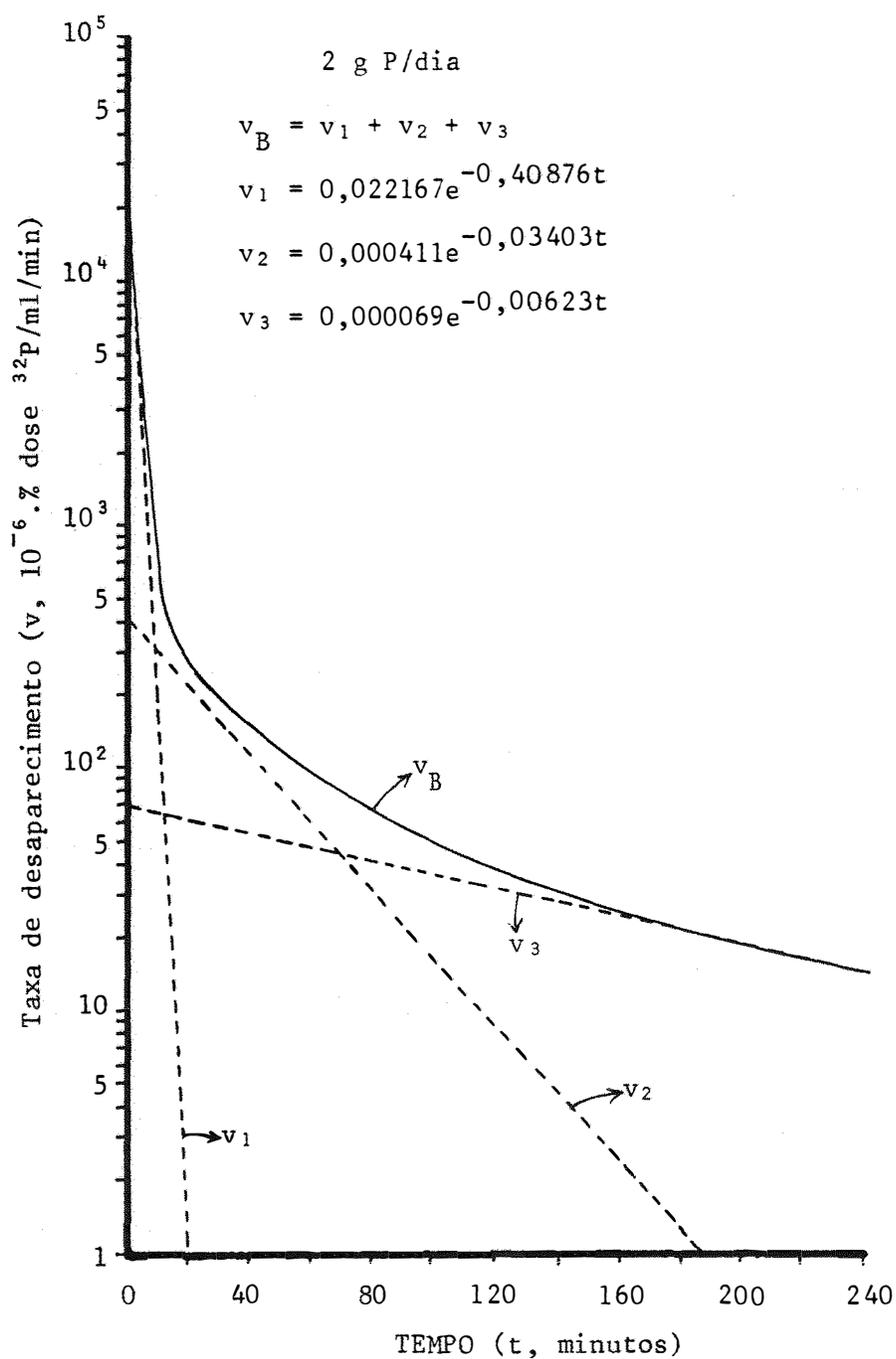


Figura 17 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (em % dose ^{32}P /ml/min) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento B, para o grupo 2, que recebeu 2 g P/dia.

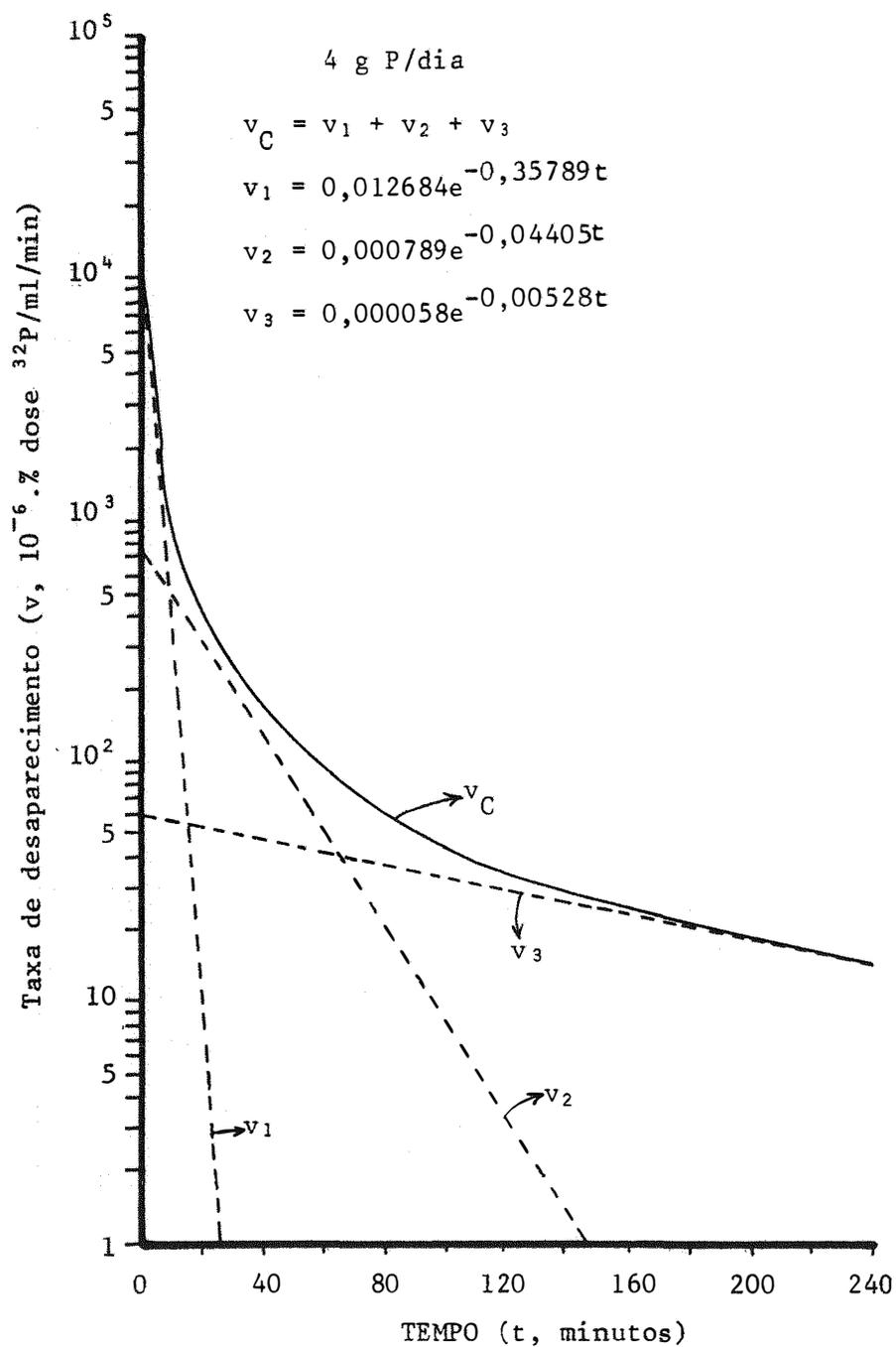


Figura 18 - Taxa de desaparecimento do ^{32}P do plasma (em % dose $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) e taxas para os compartimentos de 1 a 3 para o animal do tratamento C, do grupo 2, que recebeu 4 g P/dia.

Tabela 10 - Equações obtidas para as taxas de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v, % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$, em função do tempo, para os animais do grupo 1.

ANI-MAL	E Q U A Ç Õ E S
A	$v_A = 0,009197e^{-0,36611t} + 0,000404e^{-0,03756t} + 0,000040e^{-0,00953t}$
B	$v_B = 0,06105e^{-0,66700t} + 0,000434e^{-0,05736t} + 0,000031e^{-0,00835t}$
C	$v_C = 0,002475e^{-0,35658t} + 0,000259e^{-0,03815t} + 0,000028e^{-0,00769t}$

Tabela 11 - Equações obtidas para as taxas de desaparecimento do ^{32}P do plasma (v, % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$), em função do tempo, para os animais do grupo 2.

ANI-MAL	E Q U A Ç Õ E S
A	$v_A = 0,007151e^{-0,28300t} + 0,000171e^{-0,02589t} + 0,000050e^{-0,00593t}$
B	$v_B = 0,022167e^{-0,40876t} + 0,000411e^{-0,03403t} + 0,000069e^{-0,00623t}$
C	$v_C = 0,012684e^{-0,35789t} + 0,000789e^{-0,04405t} + 0,000058e^{-0,00528t}$

te K_{b_2} do segundo termo.

Apesar de não ter sido usada na avaliação da deficiência dos animais, por ser mais facilmente realizada pela dose remanescente e meias-vidas, a taxa de desaparecimento permite calcular a quantidade de fósforo que é removida do sangue na unidade de tempo, em qualquer instante.

5. CONCLUSÕES

1. Tanto para os ovinos de 11 como para os de 15 meses de idade, o teor de fósforo inorgânico no plasma foi influenciado pelo nível desse elemento na dieta.

2. A administração de 4 g P/dia provocou, nos ovinos de 11 e 15 meses de idade, toxidez, manifestada por anorexia, diarreia e perda de peso.

3. Pela determinação da dose remanescente, verifica-se que quanto maior o nível de fósforo na dieta, menor a dose remanescente do ^{32}P no plasma, de zero a 240 minutos, para ovinos de 11 meses e a partir de 150 minutos para os de 15 meses.

4. Não houve correlação entre a dose remanescente e meia-vida biológica do ^{32}P com os teores de fósforo inorgânico no plasma, porém houve com o nível de fósforo na dieta.

5. O estado nutricional, com relação ao fósforo, em ovinos, pode ser avaliado através da determinação da meia-vida biológica do ^{32}P .

6. A taxa de desaparecimento pode ser utilizada para se calcular a quantidade de fósforo removida do sangue, na unidade de tempo, em qualquer instante.

7. Os parâmetros, dose remanescente, meia-vida biológica e taxa de desaparecimento fornecem subsídios para se determinar a avidéz do fósforo pelos diferentes compartimentos metabólicos.

8. A utilização desses parâmetros, com radioisótopos, não exige o sacrifício do animal.

9. Com vistas ao aperfeiçoamento dos métodos de avaliação do estado nutricional dos animais, com radioisótopos, mais experimentos deverão ser conduzidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOU-HUSSEIN, E.R.M., M.A. RAAFAT, I.M. EL GINDI e M.S. SAMY, 1968. Metabolism of ^{32}P in sheep *Pakistan J. Sci. Res.*, Lahore, 20(1):28-33.

ANDERSON, J. e R.W.S. TOMLINSON, 1966. The distribution of calcium-47 in the rat. *J. Physiol.*, London, 182(4):664-670.

ANDREASI, F., J.S. VEIGA, C.X. MENDONÇA Jr., F. PRADA e R.C. BARNABÉ, 1966. Levantamento dos elementos minerais em plantas forrageiras de áreas delimitadas do Estado de São Paulo. I- Cálcio, Fósforo e Magnésio. *Rev. Fac. Med. Vet. de São Paulo*, 7(3):583-604.

ARRINGTON, L.R., J.C. OUTLER, C.B. AMMERMAN e G.K. DAVIS,
1963. Absorption retention and tissue deposition of
labeled inorganic phosphates by cattle. *J. Anim. Sci.*,
Albany, N.Y., 22(5):940-942.

BEESON, W.M., C.E. TERRIL e D.W. BOLIN, 1944. Some factors
affecting the blood phosphorus level of range lewes.
J. Anim. Sci., Albany, N.Y., 3(2):175-182.

BUSHMAN, D.H., R.J. EMERICK e L.B. EMBRY, 1965.
Experimentally induced ovine phosphate urolithiasis,
relationships involving dietary calcium, phosphorus
and magnesium. *J. Nutr.* Philadelphia, Pa.,
43(1):401-412.

CHASE, G.D. e J.L. RABINOWITZ, 1968. *Principles of
radioisotopes methodology*. 3rd ed. Mineapolis, Bur.
gess. cap.13. p.455-459.

COHN, W.E. e D.M. GREENBERG, 1938. Studies in mineral
metabolism with the aid of artificial radioactive
isotopes. *J. Biol. Chem.*, Baltimore, Mid., 123(3):185-198.

- COMAR, C.L., 1955. Principles of tracer methodology. Radioisotopes in biology and agriculture. Mc. Graw-Hill, New York. p.1-58. cap.1.
- COMAR, C.L. e R.H. WASSERMAN, 1957. Macronutrient metabolism. In: Comar, C.L. *Atomic Energy and Agriculture*. Baltimore, Horn-Shafer. p.249-305.
- DAYRELL, M.S., J. DOBEREINER e C.H. TOKARNIA, 1973a. Deficiência de fósforo em bovinos na região de Brasília. *Pesq. Agropec. Bras., Ser. Vet.*, Rio de Janeiro, G.B., 8(2):105-114.
- DAYRELL, M.S., H.O.S. LOPES, I.B.M. SAMPAIO e J. DOBEREINER, 1973b. Fatores a serem considerados na interpretação de valores analíticos de fósforo inorgânico no soro sanguíneo de bovinos. *Pesq. Agropec. Bras., Ser. Vet.*, Rio de Janeiro, G.B., 8(2):43-47.
- FISKE, C.H. e Y. SUBBAROW, 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, Baltimore, 66(3):375-400.

- GALLO, J.R., R. HIROCE, O.C. BATAGLIA, P.R. FURLANI, A.M.C. FURLANI, H.B. MATTOS, H.J. SARTINI e M.P. FONSECA, 1974. Composição química inorgânica de forrageiras do Estado de São Paulo. *Bol. Ind. Animal*, 31(1):115-137.
- GALLUP, W.D. e H.M. BRIGGS, 1950. The minimum phosphorus requirement of lambs for phosphorus equilibrium. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y., 9(1):426-436.
- GAUNT, W.E., H.D. GRIFFITH e J.T. IRVING, 1942. The assimilation of radioactive phosphorus following phosphorus deficiency in rats. *J. Physiol.*, London, 100(3):372-384.
- GIOVINE, N., 1943. Estudo clínico da deficiência de fósforo nos bovinos de Minas Gerais. *Arqs. Esc. Vet. Minas Gerais*, Belo Horizonte, M.G., 1(1):17-25.
- HANSARD, S.L., C.L. COMAR e M.P. PLUMLER, 1952. Absorption and tissue distribution of radiocalcium in cattle. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y., 11(4):524-535.

HJERPE, C.A., 1968. Influence of dictary magnesium on metabolism of calcium and magnesium in sheep: calcium kinetics. *Ann. J. Vet. Res.*, Chicago LII, 29(5): 2307-1968.

HOAR, D.W., R.J. EMERICK e L.B. EMORY, 1970. Potassium, phosphorus and calcium interrelationships influency feedlot performance and phosphate urolithiasis in lambs. *J. Anim. Sci.* Albany, N.I., 30(4):597-600.

HUFFMAN, C.F., C.S. ROBINSON, C.W. DUNCAN, L.W. LAMB e M.F. MASON, 1933. A study of the phosphorus requirement of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, Lancaster, P.A., 16(3):203-220.

JARDIM, W.R., A.M. PEIXOTO, C.L. MORAES e S.S. FILHO, 1965. Contribuição ao estudo da composição química de plantas forrageiras de pastagens do Brasil central. *Anais do 9º Congresso Internacional de Pastagens*. vol. I, São Paulo. p.699-704.

KAMAL, T.H. e A.E. ABDELAAL, 1972. Seasonal changes en ^{32}P and ^{45}Ca metabolism em frieseans and water buffaloes. In IAEA. ed. *Isotope Studies in the Physiology of Domestic Animals*. VIENNA. p.118-120.

- KOHLER, H. e R. LIBISELLER, 1971. "Pasture disease" of cattle in Austria and its possible relation to mineral metabolism. In: IAEA. *Mineral Studies with Isotopes in Domestic Animals*. VIENNA, p.145-158.
- LANE, A.G., J.R. CAMPBELL e G.F. KRAUSE, 1968. Blood mineral composition in ruminants. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y., 27(4):766-770.
- LAX, L.C., S. SIDLOFSKY e G.A. WRENSHALL, 1956. Compartment contents and simultaneous transfer rates of phosphorus in the rat. *J. Physiol.*, London, 132(1):1-19.
- LENGEMANN, F.W., 1974. Mineral and trace mineral disease studies with tracers. In: IAEA ed. *Tracer Techniques in Tropical Animal Production*. Vienna, IAEA, p.57-60.
- LOBÃO, A.O., 1973. Distribuição de fósforo radioativo ^{32}P em tecidos de carneiros. Piracicaba. 66p. |Mestrado, ESALQ|.
- LOFGREEN, G.P., M. KELIBER e A.H. SMITH, 1951. The digestion and absorption of ^{32}P labeled casein by the young calf. *J. Nutr.* Philadelphia, Pa., 43(3):401-412.

LUECKER, C.E. e G.P. LOFGREEN, 1961. Effects of intake and calcium to phosphorus ratio on absorption of these elements by sheep. *J. Nutr.*, Philadelphia, Pa., 74(2):233-238.

LUICK, J.R. e G.P. LOFGREEN, 1957. An improved method for the determination of metabolic fecal P. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y., 16(2):201-206.

McALEESE, F.M., M.C. BELL e R.M. FORBES, 1961. Magnesium-28 studies in lambs. *J. Nutr.*, Philadelphia, Pa., 74(4):505-514.

MAGALHÃES, L.M., 1946. Contribuição ao estudo do sangue dos bovinos. Rio de Janeiro. 121p. [Mestrado - Escola Nac. Vet.].

MANCUSO, P.C., A.G. SANTOS e A.G. BAUER, 1964. Contribuição ao estudo da calcemia e da fosforemia em bovinos do Rio Grande do Sul. *III Conf. Soc. Vet. Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, R.S. p.125-130.

MAYNARD, L.A. e J.K. LOOSLI, 1974. Os elementos inorgânicos e seu metabolismo. *Nutrição Animal*. Freitas Bastos, São Paulo. p.340-350.

- MENICUCCI SOBRINHO, L., 1943. Carência de fósforo e cálcio nos bovinos. Arqs. Esc. Vet. Minas Gerais, Belo Horizonte, M.G., 1(1):9-15.*
- NASCIMENTO Fº, V.F., 1977. Métodos de determinação de eficiência de detecção em cintilação líquida e efeito Cerenkov. Piracicaba, CENA, 35p. (Boletim Didático 020)*
- NASCIMENTO, V.F. e A.O. LOBÃO, 1977. Detecção de ^{32}P em amostras de origem animal e vegetal por efeito Cerenkov, cintilação líquida e detector G.M. Piracicaba, CENA, 35p. (Boletim Científico 048).*
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1975. Nutrient requirements of sheep. 5a. ed. Washington National Academy of Sciences. 72p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals, nº 5)*
- POPPI, D.P. e J.H. TERNOUTH, 1979. Secretion and absorption of phosphorus in the gastrointestinal tract of sheep fed on four diets. Aust. J. Agric. Res., 30(3):503-512.*
- PRESTON, R.L. e W.H. PFANDER, 1964. Phosphorus metabolism in lambs fed varying phosphorus intakes. J. Nutr., Philadelphia, Pa., 83(2):369-378.*

- RAMBERG, C.F., G.P. MAYER, D.S. KRONFELD, J.M. PHANG e
M. BERMAN, 1970. Calcium kinetics in cows during late
pregnancy, parturition, and early lactation. *Am. J.*
Physiol., Boston, Mass., 219(8):1166-1177.
- RAMBERG, C.F., G.P. MAYER, D.S. KRONFELD e J.T. POTTS,
1976. Dietary calcium, calcium kinetics and plasma
parathyroid hormone concentration in cows. *J. Nutr.*,
Philadelphia, Pa., 106(4):671-679.
- SHIPLEY, R.A. e R.E. CLARK, 1972. Compartment analysis.
Tracer Methods for "in vivo" Kinetics. Chapter 3.
Academic Press, New York.
- SHIRLEY, R.L., J.F. EASLEY, J.T. McCALL; G.K. DAVIS, W.G.
KIRK e E.M. HODGES, 1968. Phosphorus fertilization of
pangolagrass pastures and phosphorus, calcium, hemoglobin
and hematocrit in blood of cows. *J. Anim. Sci.*, Albany,
N.Y., 27(5):757-765.
- SJOLLEMA, B., 1932. Nutritional and metab̄olic disorders
in cattle. *Nutr. Abst. and Rev.* Aberdeen Engl.,
1(2):621-631.

SMITH, A.H., M. KLEIBER, A.L. BLACK, M. EDICK, R.R.

ROBINSON e H. HEITMAN, 1951. Distribution of intravenously injected radioactive phosphorus (^{32}P) among swine tissues. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y., 10(4):893-901.

SMITH, A.H., M. KLEIBER, A.L. BLACK, J.R. LUICK, R.F. LARSON

e W.C. WEIR, 1952. Distribution of intravenously injected radioactive phosphorus ^{32}P among sheep tissues. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y., 11(4):638-645.

STEVENSON, D.E. e A.A. WILSON, 1966. Metabolismo del cálcio, magnésio y fósforo. In: Ovejero, A.F. Trad. *Alteraciones metabólicas de los animales domésticos*. Ed. Acribia, Zaragoza, España. cap. IV.

THEILER, A. e H.H. GREEN, 1932. A phosphorosis in ruminants.

Nutr. Abstr. Rev. Aberdeen, Engl., 1(2):359-385.

TILLMAN, A.D. e J.R. BRETHOUR, 1958. Dicalcium phosphate

and phosphoric acid as phosphorus sources for beef cattle. *J. Anim. Sci.*, Albany, N.Y., 17(3):100-103.

TOKARNIA, C.H., 1965. Deficiências minerais em ruminantes em regime de campo no Brasil. Rio de Janeiro. 98p.

(Mestrado, Esc. Nac. Vet.).

TOKARNIA, C.H., C.F.C. CANELLA, J.A. GUIMARÃES, J. DOBEREINER e J. LANGENEGER, 1970. Deficiência de fósforo em bovinos no Piauí. *Pesq. Agropec. Bras.*, Rio de Janeiro, G.B., 5(3):483-494.

UNDERWOOD, E.J., 1969. Cálcio y fósforo. Los minerales en la alimentación del ganado. Acribia, Zaragoza, Espanha, 298p.

VIANA, J.A.C., 1976. Administração de elementos minerais para reprodução de bovinos. *Anais do Simpósio sobre Manejo de Bovinos no Trópico*. p.80-90.

VILLARES, J.B. e H.M.T. SILVA, 1956. Contribuição para o estudo das carências minerais em bovinos no Estado de São Paulo. *Bolm. Ind. Anim.* São Paulo, SP., 15(1):5-22.

VITTI MARCONDES, D.M.S.S., 1980. Ingestão de fósforo por carneiros e sua influência sobre o teor desse elemento no plasma e no rumen, no pH do líquido do rumen e na incorporação de ^{32}P pelos microorganismos. Piracicaba. 80p. [Mestrado-ESALQ].

YOUNG, V.R., J.R. LUICK e G.P. LOFGREEN, 1966a. The influence of dietary phosphorus intake on the rate of bone metabolism in sheep. *Brit. J. Nutr.*, Cambridge, Engl., 20(4):727-732.

YOUNG, V.R., G.P. LOFGREEN e J.R. LUICK, 1966b. The effects of phosphorus depletion and of calcium and phosphorus intake, on the endogenous excretion of these elements by sheep. *Brit. J. Nutr.*, Cambridge, Engl., 20(4):795-805.

YOUNG, V.R., W.P.C. RICHARDS, G.P. LOFGREEN e J.R. LUICK, 1966c. Phosphorus depletion in sheep and the ratio of calcium to phosphorus in the diet with reference to calcium and phosphorus absorption. *Brit. J. Nutr.*, Cambridge, Engl., 20(4):783-794.

WISE, M.B.; S.E. SMITH e L.L. BARNES, 1958. The phosphorus requirements of calves. *J. Anim. Sci.* Albany, N.Y., 17(2):89-99.

7. APÊNDICE

Tabela 1.A. Taxa de desaparecimento (v , % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$), em função do tempo, para o animal do tratamento A, do grupo 1(A_1) que recebeu 0 g P/dia e as respectivas taxas de desaparecimento para os compartimentos 1, 2 e 3 (v_1 , v_2 e v_3).

Tempo (minuto)	A_1			v
	v_1	v_2	v_3	
0	0,009196	0,000404	0,000040	0,009641
5	0,001474	0,000334	0,000038	0,001847
10	0,000236	0,000277	0,000036	0,000550
20	0,000006	0,000190	0,000033	0,000230
30	0,000000	0,000130	0,000030	0,000161
50	0,000000	0,000061	0,000025	0,000086
100	0,000000	0,000009	0,000015	0,000024
150	0,000000	0,000001	0,000009	0,000010
200	0,000000	0,000000	0,000005	0,000005
240	0,000000	0,000000	0,000004	0,000004

Tabela 2.A. Taxa de desaparecimento (v , % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$) em função do tempo, para o animal do tratamento B, do grupo 1 (B_1) que recebeu 2 g P/dia e as respectivas taxas de desaparecimento para os compartimentos 1, 2 e 3 (v_1 , v_2 e v_3).

Tempo (minuto)	B_1			v
	v_1	v_2	v_3	
0	0,061050	0,000433	0,000031	0,061515
5	0,002174	0,000325	0,000030	0,002530
10	0,000077	0,000244	0,000029	0,000350
20	0,000000	0,000137	0,000026	0,000164
30	0,000000	0,000077	0,000024	0,000102
50	0,000000	0,000024	0,000020	0,000045
100	0,000000	0,000001	0,000013	0,000015
150	0,000000	0,000000	0,000009	0,000009
200	0,000000	0,000000	0,000005	0,000005
240	0,000000	0,000000	0,000004	0,000004

Tabela 3.A. Taxa de desaparecimento (v , % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$), em função do tempo, para o animal do tratamento C, do grupo 1 (C_1) que recebeu 4 g P/dia e as respectivas taxas de desaparecimento para os compartimentos 1, 2 e 3 (v_1 , v_2 e v_3).

Tempo (minuto)	C_1			v
	v_1	v_2	v_3	
0	0,002474	0,000259	0,000028	0,002761
5	0,000416	0,000214	0,000027	0,000657
10	0,000069	0,000176	0,000026	0,000272
20	0,000001	0,000120	0,000024	0,000146
30	0,000000	0,000082	0,000022	0,000104
50	0,000000	0,000038	0,000019	0,000057
100	0,000000	0,000005	0,000013	0,000018
150	0,000000	0,000000	0,000008	0,000008
200	0,000000	0,000000	0,000006	0,000006
240	0,000000	0,000000	0,000004	0,000004

Tabela 4.A. Taxa de desaparecimento (v , % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$), em função do tempo, para o animal do tratamento A, do grupo 2 (A_2) que recebeu 0 g P/dia e as respectivas taxas de desaparecimento para os compartimentos 1, 2 e 3 (v_1 , v_2 e v_3).

Tempo (minuto)	A_2			v
	v_1	v_2	v_3	
0	0,007151	0,000170	0,000050	0,007372
5	0,001737	0,000149	0,000049	0,001936
10	0,000422	0,000131	0,000047	0,000601
20	0,000024	0,000101	0,000044	0,000171
30	0,000001	0,000078	0,000042	0,000122
50	0,000000	0,000046	0,000037	0,000084
100	0,000000	0,000012	0,000027	0,000040
150	0,000000	0,000003	0,000020	0,000023
200	0,000000	0,000000	0,000015	0,000016
240	0,000000	0,000000	0,000012	0,000012

Tabela 5.A. Taxa de desaparecimento (v , % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$), em função do tempo, para o animal do tratamento B_2 , do grupo 2 (B_2) que recebeu 2 g P/dia e as respectivas taxas de desaparecimento para os compartimentos 1, 2 e 3 (v_1 , v_2 e v_3).

Tempo (minuto)	B_2			
	v_1	v_2	v_3	v
0	0,022167	0,000410	0,000069	0,022647
5	0,002871	0,000346	0,000067	0,003285
10	0,000371	0,000292	0,000065	0,000729
20	0,000006	0,000207	0,000061	0,000275
30	0,000000	0,000147	0,000057	0,000205
50	0,000000	0,000074	0,000050	0,000125
100	0,000000	0,000013	0,000037	0,000050
150	0,000000	0,000002	0,000027	0,000029
200	0,000000	0,000000	0,000019	0,000019
240	0,000000	0,000000	0,000015	0,000015

Tabela 6.A. Taxa de desaparecimento (v , % de dose de $^{32}\text{P}/\text{ml}/\text{min}$), em função do tempo, para o animal do tratamento C_2 , do grupo 2 (C_2) que recebeu 4 g P/dia e as respectivas taxas de desaparecimento para os compartimentos 1, 2 e 3 (v_1 , v_2 e v_3).

Tempo (minuto)	C_2			v
	v_1	v_2	v_3	
0	0,012683	0,000788	0,000059	0,013532
5	0,002118	0,000632	0,000058	0,002809
10	0,000353	0,000507	0,000056	0,000918
20	0,000009	0,000326	0,000053	0,000390
30	0,000000	0,000210	0,000050	0,000261
50	0,000000	0,000087	0,000045	0,000132
100	0,000000	0,000009	0,000035	0,000044
150	0,000000	0,000001	0,000026	0,000028
200	0,000000	0,000000	0,000020	0,000020
240	0,000000	0,000000	0,000017	0,000017