

COMPOSIÇÃO MINERAL E PERDA DE NUTRIENTES ATRAVÉS DA
LAVAGEM FOLIAR EM ALGUMAS ESPÉCIES DO CERRADO

SILVA, A.O.* e MORAES, J.A.P.V.**

RESUMO

Análises quantitativas tanto da composição mineral como do lavado foliar foram efetuadas sazonalmente nas espécies *Qualea multiflora* Mart., *Vochysia tucanorum* Mart., *Didymopanax vinosum* March., *Pera glabrata* Baill e *Tocoyena guianensis* Schumann, ocorrentes numa reserva de Cerrado localizada no município de Corumbataí, SP.

A porcentagem total em elementos minerais contida nas folhas das cinco espécies estudadas apresenta uma variação sazonal bastante nítida. Os elementos fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco foram encontrados em menor proporção no mês de junho, nas espécies *Q. multiflora*, *V. tucanorum*, *D. vinosum* e *P. glabrata*, quando comparados com os meses de dezembro, março e setembro. Em todas essas espécies o teor em sódio aumentou sensivelmente durante essa época, fato atribuído a seu papel em neutralizar ácidos orgânicos produzidos durante o metabolismo celular em função da diminuição sensível de outros cátions. Discute-se as possíveis razões do mais baixo conteúdo mineral nessa época do ano, focalizando-

* Departamento de Botânica da UNESP

** Departamento de Ciências Biológicas da UFSCar

se aspectos da floração, disponibilidade de água, queda foliar e lavagem de nutrientes.

A lavagem cuticular de nutrientes varia sazonalmente sem refletir os valores da composição mineral. De um modo geral os elementos são lavados em proporção baixa em relação ao conteúdo; no entanto, destaca-se a alta lavagem de sódio e zinco.

Constatou-se que o Nitrogênio é acumulado em doses bem mais elevadas, enquanto que o cálcio e magnésio aparecem em concentrações bem inferiores, parecendo realmente serem os elementos mais críticos.

ABSTRACT - MINERAL COMPOSITION AND NUTRIENT LOSS BY LEACHING IN LEAVES OF SOME CERRADO SPECIES

The total mineral composition and leaching losses of leaves of *Qualea multiflora* Mart., *Vochysia tucanorum* Mart., *Didymopanax vinosum* March., *Pera glabrata* Baill and *Tocoyena guianensis* Shumann, from a cerrado vegetation at Corumbataí county, São Paulo, Brazil were measured seasonally.

A seasonal variation of the total percentage of mineral element content in the leaves of the five species was clearly observed. Phosphorus, calcium, magnesium, iron and zinc were found in low percentage in June for *Q. multiflora*, *V. tucanorum*, *D. vinosum* and *P. glabrata* leaves as compared with December, March and September. In June, sodium content was higher than for any other month. This fact was attributed to a hypothetical role of this element in the neutralization of the organic acids produced during cellular metabolism, since other cations were diminished in their concentration. The reason of the lower mineral content in June are discussed in terms of floration time, water availability, foliar abscission and cuticular leaching of nutrients.

The cuticular leaching of nutrients showed a pronounced seasonal fluctuation, but this variation didn't reflect the

mineral composition values. The elements were generally leached in low proportion; but the leaching of sodium and zinc were remarkably high.

Nitrogen is accumulated in high amounts while calcium and magnesium have low concentrations which indicates that calcium, magnesium are critical elements in cerrado vegetation.

INTRODUÇÃO

É sabido que metabólitos orgânicos e inorgânicos podem ser lavados das partes aéreas das plantas por soluções aquosas, incluindo a chuva, orvalho e neblina (ARENS, 1934; TUKEY & TUKEY, 1962; TUKEY & MORGAN, 1964), onde as folhas têm grande contribuição na ocorrência deste fenômeno, através da perda de materiais via cutícula (ARENS, 1934).

A partir do reconhecimento da perda de substâncias através da cutícula, muitos termos foram propostos no sentido de descrever o fenômeno. O termo *leaching* tem sido bastante utilizado (DALBRO, 1955; FUJIWARA & IIDA, 1956; LONG et al, 1956; TUKEY et al, 1958a,b; BHAN et al, 1959) portanto, as denominações *lavagem* e *lavado* serão aqui utilizadas no lugar de *leaching* e *leached* por serem, respectivamente, a tradução mais direta destes termos.

Entre as substâncias lavadas das partes aéreas dos vegetais estão incluídos materiais metabolicamente importantes como aminoácidos (TUKEY & MORGAN, 1964), carboidratos incluindo açúcares como hexoses e pentoses, bem como polisacarídeos mais complexos (DALBRO, 1955). Muitos fatores ambientais podem estar envolvidos com a lavagem de metabólitos (TUKEY et al, 1957; MICHELL, 1968). Também fatores inerentes à própria folha podem estar envolvidos com a perda de substâncias (CHOLODNY, 1932; ARENS, 1934; STENLID, 1958; TUKEY et al, 1958a).

Essas perdas fazem parte de um fenômeno de ocorrên-

cia natural, de maneira que as substâncias exudadas são repostas através da redistribuição de nutrientes de outras partes da planta, e também pela absorção radicular. Quanto às substâncias removidas das folhas por lavagem, muitas sob a forma de sais, podem ser reabsorvidas pelas raízes da própria planta ou pelas raízes de plantas vizinhas, o que sugere que estas perdas podem realmente ter importância na reciclagem e produção.

Esta hipótese constituiu-se num importante elemento que incentivou a realização deste estudo, que teve por objetivo a caracterização das soluções obtidas pela lavagem das folhas de cinco espécies do cerrado, em termos de quantificar a perda de elementos minerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram escolhidas as espécies arbustivas *Didymopanax vinosum* March e *Amaioua guianensis* Aubl. e, as espécies arbóreas *Qualea multiflora* Mart., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Pera glabrata* Baill, todas catalogadas no Herbarium Rioclarense (HRCB) do Instituto de Biociências, UNESP - Rio Claro.

As espécies estudadas ocorrem em uma reserva de cerrado localizada no município de Corumbataí, Estado de São Paulo a 22°15' de latitude E e 47°00' WG de longitude com 830 m de altitude.

Há 40 anos esta reserva não sofre a ação do fogo, o que provavelmente tenha possibilitado a alteração verificada quanto ao porte de árvores e arbustos, bem como o desenvolvimento do estrato herbáceo, que segundo alguns critérios adotados por EITEN (1963); RIZZINI (1963) e observações de GOODLAND (1971), a terminologia cerradão talvez seja a mais adequada.

As coletas foram feitas em quatro épocas do ano, na última semana dos meses de dezembro 1978, março 1979, junho

1979 e setembro 1979. Cem folhas eram coletadas ao acaso e acondicionadas em sacos plásticos para serem transportadas até o laboratório.

As folhas foram lavadas segundo o método de imersão (TUKEY & MECKLENBURG, 1964), onde estas eram imersas em recipiente retangular contendo 2000 ml de água destilada, sendo previamente submetidas a lavagem rápida em água corrente para remoção de poeira. Como tampa foi utilizada uma caixa de papelão, com dimensões perfeitamente ajustáveis ao recipiente de vidro. Toda a superfície interna da caixa foi revestida com papel alumínio untado com vaselina sólida, para que se evitasse o contato de água com o papel. Pelo lado interno da tampa foram amarrados com linha de nylon, 100 ganchos, onde as folhas eram presas no momento da imersão. Os pecíolos das folhas foram também impregnados com vaselina sólida no local da excisão, no sentido de se prevenir a saída de material diretamente dos feixes condutores e células rompidas.

Na região mediana da tampa foram feitos dois orifícios por onde passavam dois tubos de vidro em forma de T, um em cada abertura, ligados a uma bomba de ar por meio de tubos de borracha, objetivando-se a aeração da água para evitar a formação de produtos da respiração anaeróbica. Para cada espécie estudada foi montado um conjunto como o descrito acima.

Após 24 horas de imersão, conforme TUKEY (1964), as folhas eram retiradas dos ganchos, e a solução do recipiente era filtrada em papel de filtro e mantida à baixa temperatura.

As folhas submetidas ao processo de lavagem eram então secas, moídas e preparadas para a análise de nutrientes.

Quanto ao lavado foliar, este inicialmente foi submetido à redução do volume em cinco vezes com relação ao volume inicial, por meio de evaporação em estufa a 38 °C, sendo após isto filtrado sob vácuo.

As determinações de fósforo, cálcio, magnésio, fer-

ro, cobre, manganês, zinco, alumínio e sódio, seguiram a metodologia usada para espectrometria de plasma (JORGENSEN, 1977), sendo utilizado um aparelho Jarrel Ash (modelo 975).

O potássio foi determinado por absorção atômica com injeção de fluxo contínuo em aparelho Perkin Elmer (modelo 306), segundo ZAGATTO et al (1979).

A determinação do enxofre, detectada sob a forma de sulfato seguiu o método turbidimétrico com injeção contínuo (KRUG et al, 1977) e a leitura feita a 480 nm, em espectrofotômetro Beckman (modelo 25).

O nitrogênio total foi determinado por colorimetria em sistema de Auto Analyser segundo JORGENSEN (1977). O nitrogênio em água foi detectado sob a forma de amônia, nitrato e nitrato. Para sua determinação foi utilizado o método espectrométrico de análise com injeção em fluxo, segundo GINÉ et al (1980), para análise simultânea de nitrato e nitrato. Amônia foi determinada por colorimetria, em sistema de injeção em fluxo.

O padrão para todos os nutrientes foi obtido do material catalogado sob a referência 1571 do N.B.S. (National Bureau of Standards Estados Unidos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 1 (A e B) contém informações sobre o andamento da precipitação pluvial, evaporação à sombra, umidade relativa do ar e evapotranspiração durante os anos de 1978 e 1979. Observa-se na Fig. 1-B um período de seca mais pronunciado, compreendendo os meses de junho a agosto, menos evidente em 1978 (Fig. 1-A). Entretanto, segundo MONTEIRO & AULINO (1981), o clima da região estudada é caracterizado por duas estações, uma chuvosa que abrange o período de novembro a março e outra seca, de abril a outubro.

O balanço hídrico climático normal (Figs. 2-A e 2-B), segundo THORNTHEWAITE & MATHER apud MOTA, 1977), mostra um

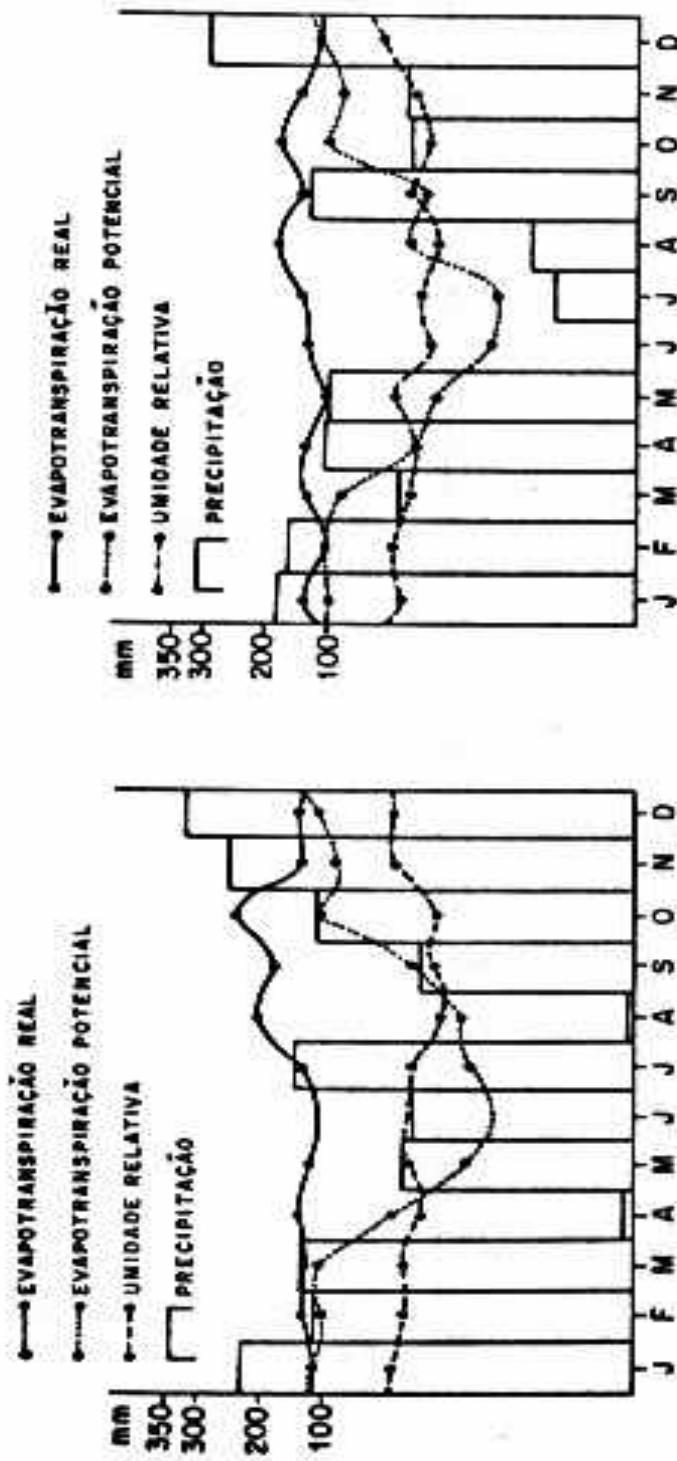


Figura 1 - Variação média anual da evapotranspiração potencial segundo THORNETHWAITE & MATHER (1955, in MOTA, 1977), da evaporação à sombra (evaporímetro de PICHE), da umidade relativa do ar e da precipitação pluviométrica, para a região em estudo, para os anos de 1978 (A) e 1979 (B).

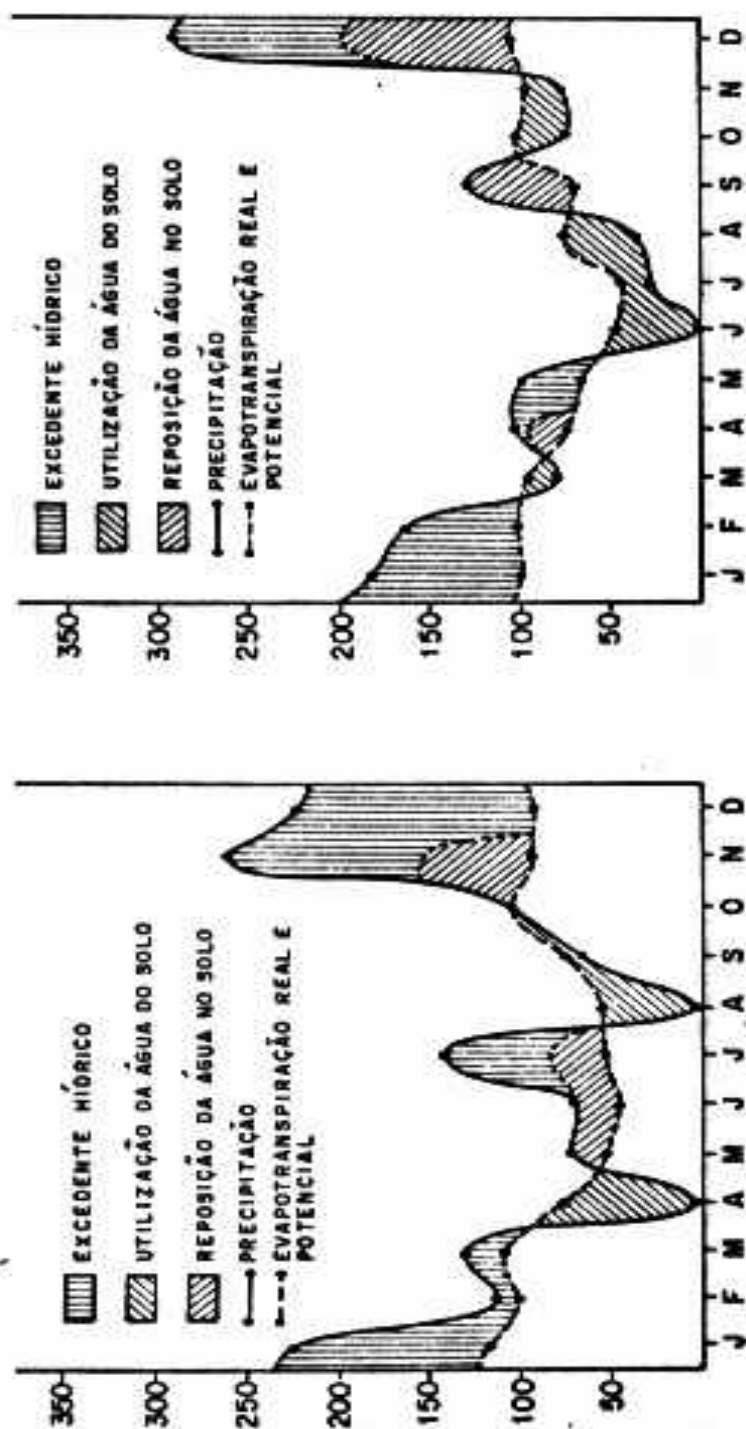


Figura 2 - Balanço hídrico climático normal, segundo THORNETHWAITE & MATHER (1955, in MOTA, 1977), para os anos de 1978 (A) e 1979 (B), baseado em dados termoplúviométricos médios dos respectivos anos. Capacidade de armazenamento de água no solo: 300 mm.

período de utilização de água do solo principalmente nos meses de abril e agosto em 1978 e de julho e inclusive outubro de 1979.

O teor de nutrientes minerais nas folhas e no lavado foliar das espécies estudadas, calculado em microgramas por grama de matéria seca, estão expressos na Tab. 1. Pode-se perceber uma diminuição no conteúdo total de alguns elementos minerais no mês de junho, comparada àquela dos meses de dezembro, março e setembro.

Em algumas espécies este acontecimento abrangeu um maior número de elementos minerais, noutros um menor número. Assim é que em *Q. multiflora* e *V. tucanorum* o conteúdo total de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, manganês, zinco, enxofre (este último apenas em *V. tucanorum*), seguiu o acima citado.

A porcentagem de minerais liberados após 24 horas de lixiviação em função do conteúdo nas folhas está apresentada nas Tabs. 2 a 5. De um modo geral, os micronutrientes liberados em maior porcentagem foram cobre, zinco e sódio enquanto que entre os macronutrientes as maiores perdas foram para fósforo, potássio e cálcio. No mês de junho (Tab. 4), foi a época em que a perda de cálcio atingiu os maiores índices, exceto em *T. guianensis*, cuja maior perda deste elemento ocorreu em setembro (Tab. 5). Também em setembro foi verificada uma queda na perda de zinco pelas espécies estudadas em relação ao mês de junho seguido de um aumento na perda de sódio. Estas flutuações quanto ao teor total e perda de nutrientes, durante as quatro épocas do ano, estão ilustradas nas Figs. 3 a 7.

Considerando que o fenômeno de floração é precedido por uma mobilização de nutrientes que deixam as folhas e através do floema são redistribuídos (FISCHER, 1958), talvez a detecção do menor conteúdo de alguns nutrientes no mês de junho nas espécies estudadas, possa ser assim interpretado. *D. vinosum* floresce em maio e junho e também apresentou diminuição do teor de vários nutrientes no mês de junho, o

Tabela 1 - Conteúdo de nutrientes minerais nas folhas das espécies estudadas e respectivas perdas determinadas após 24 horas de lavagem artificial. ($\mu\text{g/g}$ de matéria seca)

		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	Na
<i>Q. multiflora</i>	Dezembro	33000 46,0	2100 13,2	11200 73,6	3200 50,3	2000 7,0	72000 <17,6	217 1,3	8,8 1,0	60 0,5	22,2 2,6	770 55,0
	Março	21600 27,0	2000 19,0	9500 115,4	2800 52,7	1800 5,6	5400 19,2	151 6,0	14,6 2,0	51 1,5	21,0 1,5	716 487,5
	Junho	14300 35,0	200 2,5	2800 19,1	400 101,0	100 16,2	12700 35,0	23 <2,0	4,7 <0,2	65 4,4	4,1 2,5	3607 228,0
	Setembro	23800 20,4	2000 6,0	9500 47,2	3200 55,0	1100 7,4	4000 112,0	125 6,6	9,6 <0,4	54 1,4	19,1 5,1	397 58,6
<i>V. lucanorum</i>	Dezembro	31400 58,3	1500 12,5	6500 62,5	4200 36,0	2600 5,5	5800 83,3	186 1,6	8,5 0,2	66 0,5	26,4 0,6	930 78,3
	Março	28800 13,1	1700 22,6	9500 101,4	4500 140,5	2600 13,0	5300 57,6	206 <2,3	7,7 3,7	60 2,5	21,4 3,0	890 219,1
	Junho	18100 18,1	200 <2,0	4800 136,0	500 71,1	200 10,5	3200 237,0	27 <2,0	5,0 0,2	6 1,0	7,1 5,0	3638 164,0
	Setembro	26900 7,7	1500 2,0	7600 165,0	5400 92,7	2500 14,4	5500 123,6	125 2,0	10,1 0,4	66 1,1	19,4 4,2	601 89,0
<i>D. vinosum</i>	Dezembro	20800 95,3	900 11,0	4100 70,4	4300 23,0	1800 4,7	41100 <14,6	188 1,4	6,9 0,1	432 1,0	54,6 0,6	911 112,0
	Março	20400 6,1	800 10,0	5800 67,3	3900 94,2	1600 9,6	4000 178,6	191 <2,0	6,5 1,3	407 1,5	50,7 1,5	834 112,7
	Junho	21200 51,1	200 <2,0	5200 5,4	300 37,0	100 10,0	4600 <19,4	19 <2,0	4,7 <0,2	15 4,1	4,0 2,0	3629 170,4
	Setembro	21200 36,1	1500 <2,0	5200 60,4	5600 57,5	2600 8,4	4000 <17,1	125 <2,0	10,3 0,5	68 2,0	20,2 1,0	376 117,0
<i>P. glabrata</i>	Dezembro	28000 30,1	1300 13,3	7300 90,4	3000 53,2	2800 7,6	4600 <18,0	251 2,0	6,2 0,2	81 0,3	27,5 2,6	1648 40,0
	Março	28000 18,3	1800 23,0	7800 105,0	3400 42,1	2800 7,6	4600 369,0	248 <2,4	5,8 2,1	118 1,4	22,3 1,2	1763 741,4
	Junho	32600 18,6	200 2,0	5400 59,7	1100 50,5	600 14,3	4800 <21,2	72 <2,0	3,8 <0,2	81 1,5	4,6 2,0	3413 254,3
	Setembro	36800 34,0	1100 75,4	5600 69,5	6600 69,5	4300 11,5	6200 <22,0	249 <2,0	8,6 0,4	616 1,0	35,9 2,2	806 140,2
<i>A. guianensis</i>	Dezembro	25400 238,0	900 12,0	7300 134,4	4100 31,0	1300 7,2	6300 <13,4	313 1,3	8,1 0,1	101 1,1	19,4 1,0	946 164,6
	Março	18500 8,0	900 51,0	8400 605,0	5300 120,0	1900 21,4	6600 52,5	288 6,3	8,8 3,0	151 3,0	17,1 2,5	843 448,1
	Junho	17800 57,0	800 2,0	6300 142,4	4700 88,5	1700 31,6	5200 18,5	162 2,0	8,5 0,2	134 5,4	16,1 3,0	578 168,0
	Setembro	19300 54,0	1200 14,4	8400 719,0	4900 114,6	1500 30,6	4200 136,0	181 2,0	10,4 0,8	136 2,0	12,8 2,5	391 108,0

Tabela 2 - Porcentagem de minerais liberados durante 24 horas de lixiviação, em função do conteúdo total nas folhas.
Dezembro de 1978

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	Na
<i>Q. multiflora</i>	0,1	0,6	0,6	1,6	0,3	<0,2	0,6	11,3	0,8	11,7	7,1
<i>V. tucanorum</i>	0,2	1,4	1,0	0,8	0,2	1,4	0,8	2,3	0,7	2,3	8,4
<i>D. vinosum</i>	0,4	1,2	1,7	0,5	0,2	<0,3	0,7	1,4	0,1	1,1	12,0
<i>P. glabrata</i>	0,1	1,0	1,2	1,8	0,3	<0,4	0,8	3,2	0,4	9,4	2,4
<i>T. guianensis</i>	1,0	1,3	1,8	0,7	0,5	<0,2	0,4	1,2	1,1	5,1	17,4

Tabela 3 - Porcentagem de minerais liberados durante 24 horas de lixiviação, em função do conteúdo total nas folhas.
Março de 1979

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	Na
<i>Q. multiflora</i>	0,10	1,0	1,2	1,8	0,3	0,3	4,0	13,7	3,0	7,1	68,0
<i>V. tucanorum</i>	0,04	1,3	1,0	3,1	0,5	1,1	<1,1	48,0	4,1	14,0	24,6
<i>D. vinosum</i>	0,03	0,8	1,1	2,4	0,6	4,4	<1,0	20,0	0,3	3,0	13,5
<i>P. glabrata</i>	0,06	1,2	1,3	1,2	0,2	8,0	<1,0	36,2	1,2	5,4	42,0
<i>T. guianensis</i>	0,40	5,6	7,2	2,2	1,1	0,8	2,2	34,1	2,0	14,6	53,1

Tabela 4 - Porcentagem de minerais liberados durante 24 horas de lixiviação, em função do conteúdo total nas folhas.

Junho de 1979

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	Na
<i>Q. multiflora</i>	0,20	1,2	2,8	25,2	16,2	0,2	<8,7	<4,2	6,7	61,0	6,3
<i>V. tucanorum</i>	0,10	<1,0	2,8	14,2	5,2	7,4	<7,4	<4,0	16,6	70,4	4,5
<i>D. vinosum</i>	0,20	<1,0	0,1	12,3	10,0	<0,4	<10,5	<4,2	27,3	50,0	4,8
<i>P. glabrata</i>	0,05	<1,0	1,1	4,5	2,4	<0,4	<2,7	<0,2	1,8	43,4	7,4
<i>T. guianensis</i>	0,30	<0,2	2,2	1,8	1,8	<0,3	<1,2	2,3	0,2	18,6	29,0

Tabela 5 - Porcentagem de minerais liberados durante 24 horas de lixiviação, em função do conteúdo total nas folhas.

Setembro de 1979.

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	Na
<i>Q. multiflora</i>	0,08	0,3	0,5	1,7	0,4	2,8	5,3	0,2	2,6	26,7	14,7
<i>V. tucanorum</i>	0,03	<0,1	2,2	1,7	0,6	2,2	<1,6	4,0	1,6	21,6	14,8
<i>D. vinosum</i>	0,10	<0,1	1,1	1,0	0,3	<0,4	<1,6	4,8	3,0	5,0	31,1
<i>P. glabrata</i>	0,10	<0,1	1,3	1,0	0,2	<0,3	<0,8	4,6	0,1	6,1	17,4
<i>T. guianensis</i>	0,20	1,2	8,5	3,0	2,0	3,2	1,1	7,7	1,4	19,5	27,6

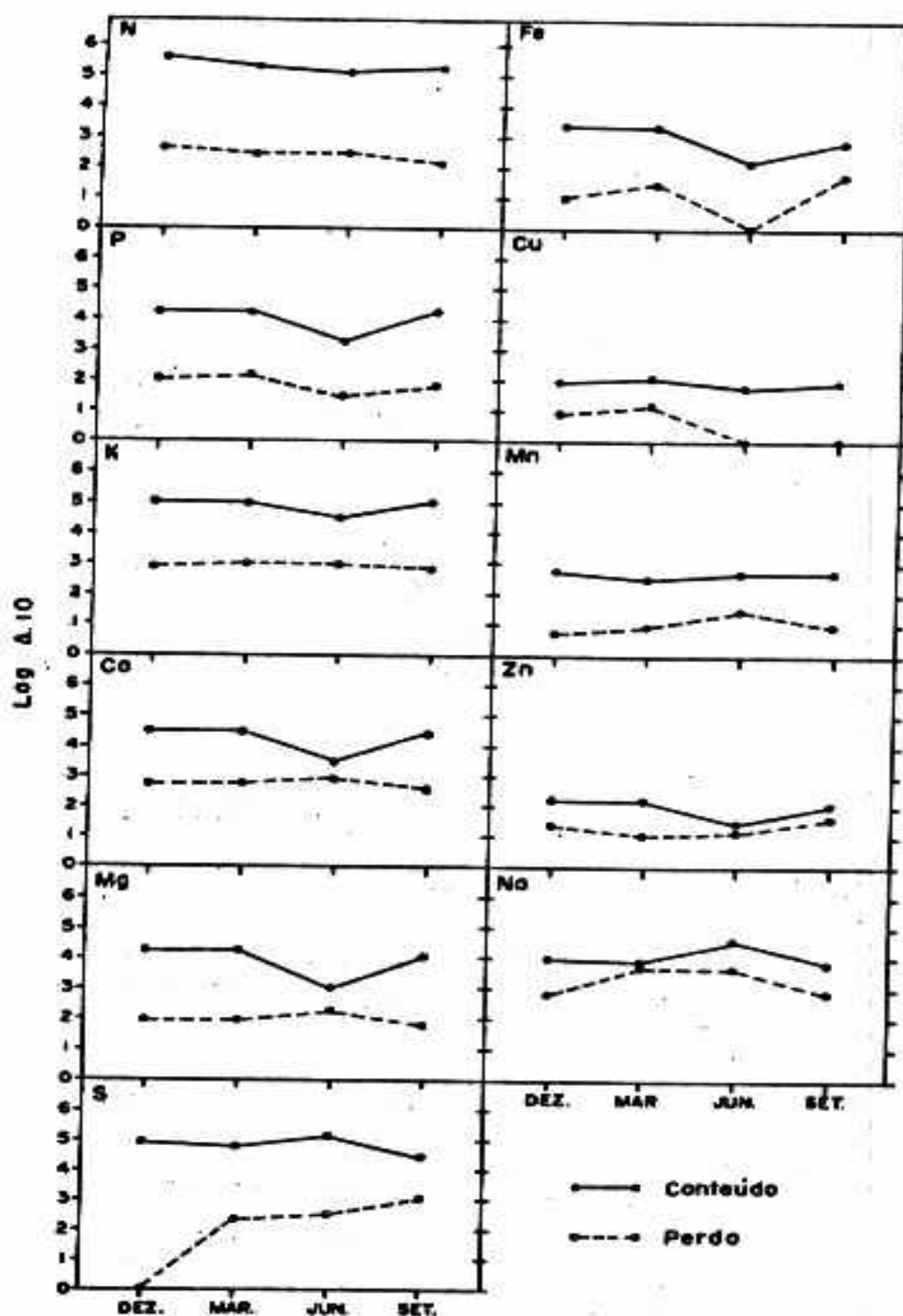


Figura 3 - Variação sazonal do conteúdo e perda de minerais em folhas de *Q. multiflora*.

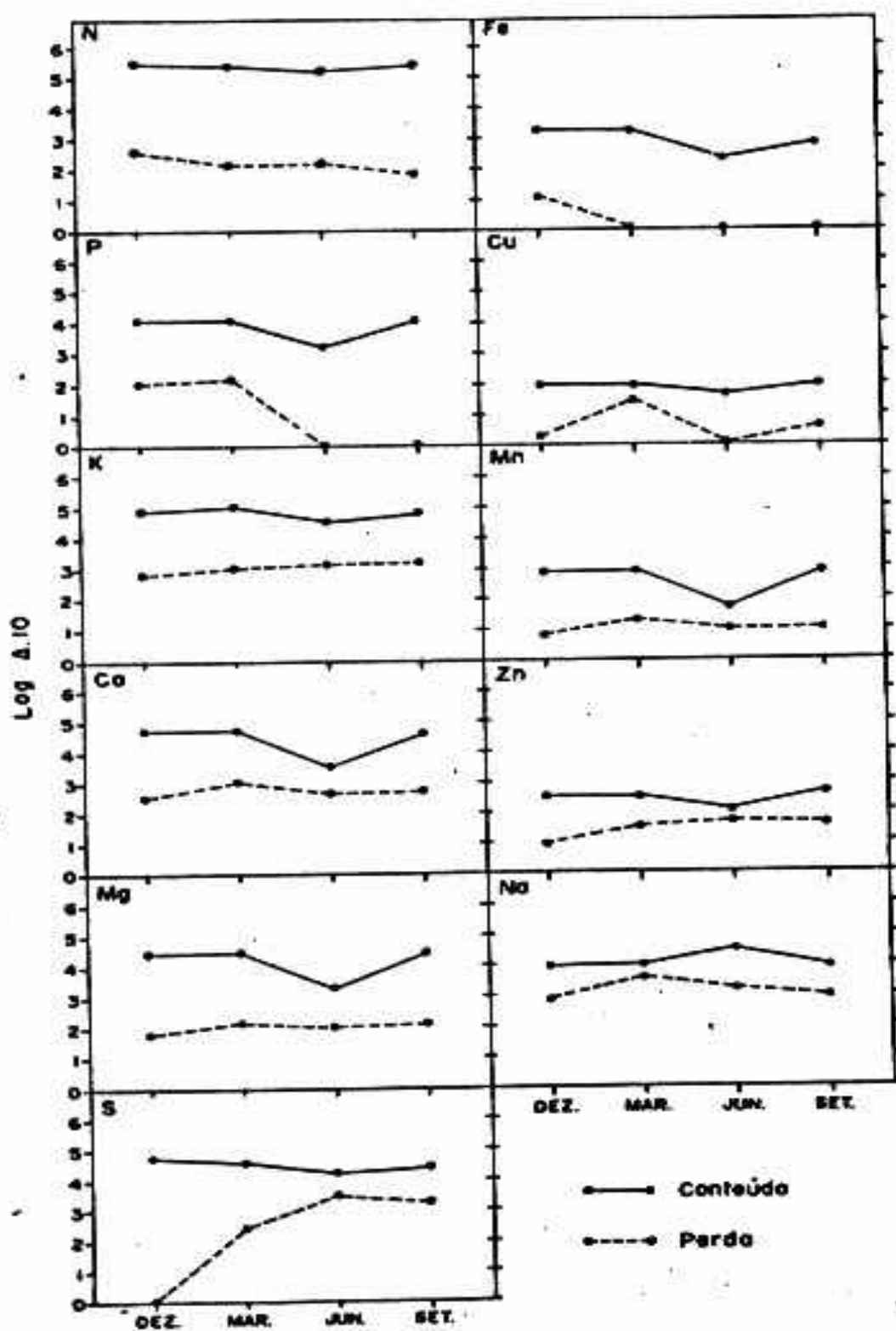


Figura 4 - Variação sazonal do conteúdo e perda de minerais em folhas de *V. lucanorum*.

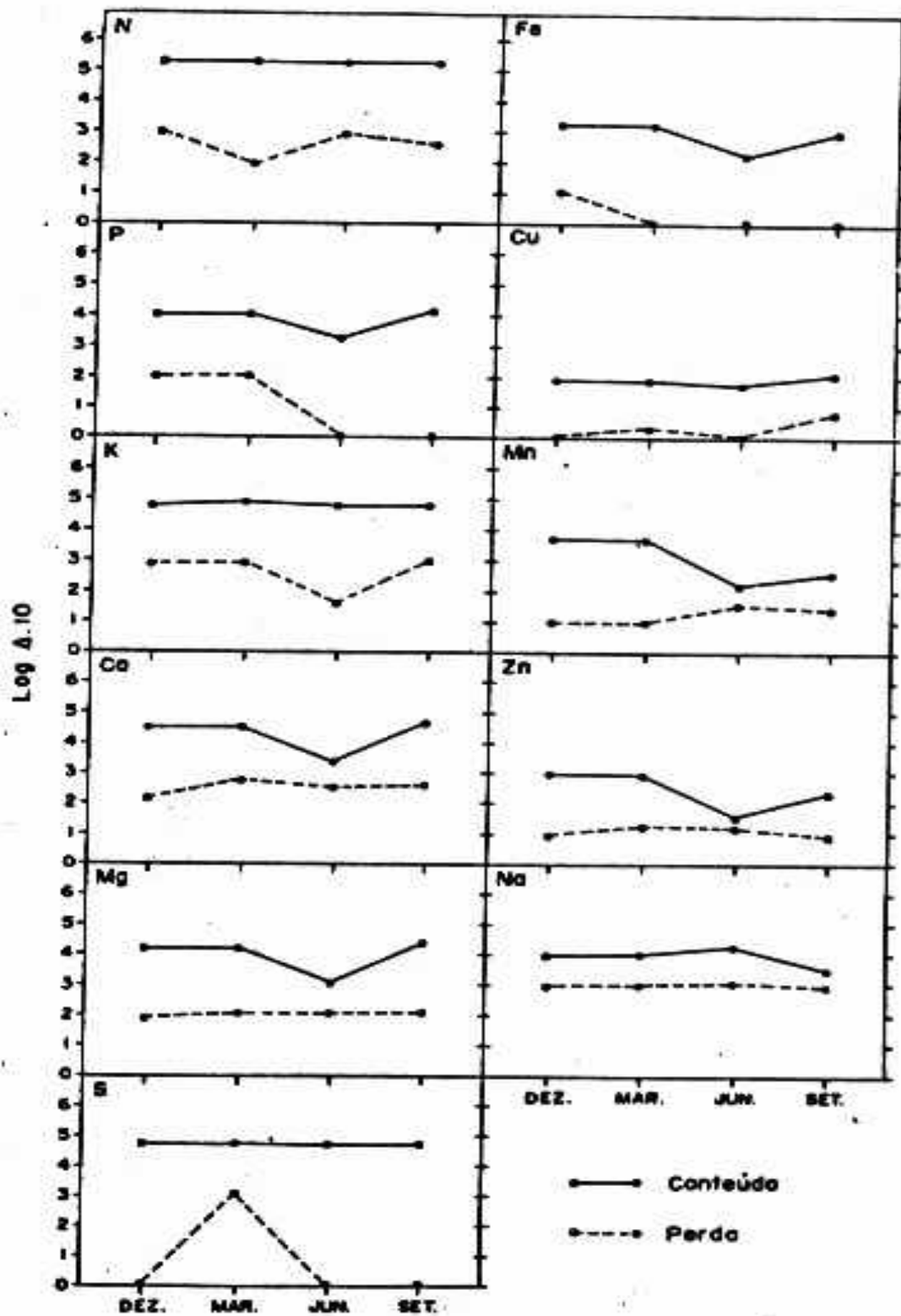


Figura 5 - Variação sazonal do conteúdo e perda de minerais em folhas de *D. vinosum*.

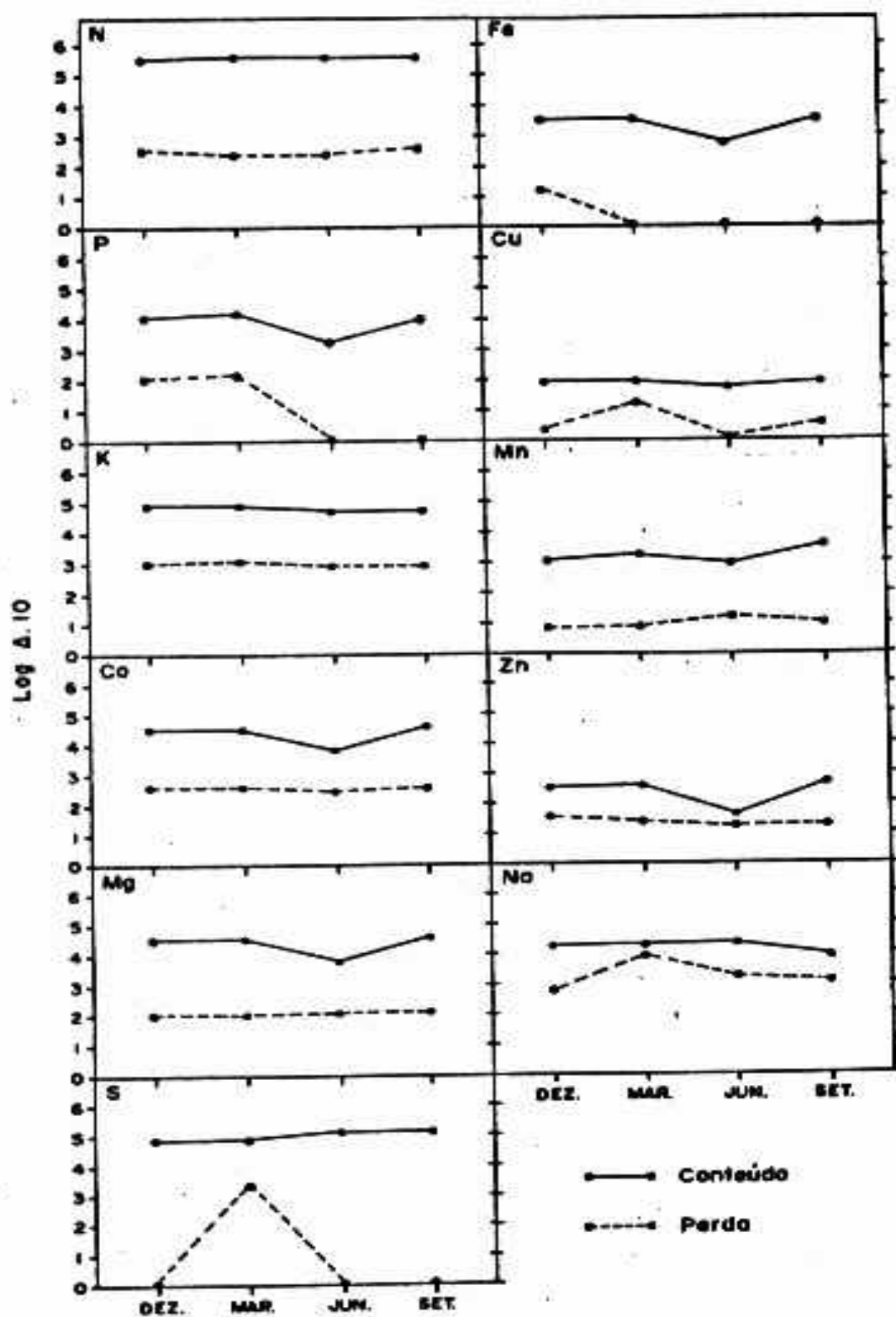


Figura 6 - Variação sazonal do conteúdo e perda de minerais em folhas de *P. glabrata*.

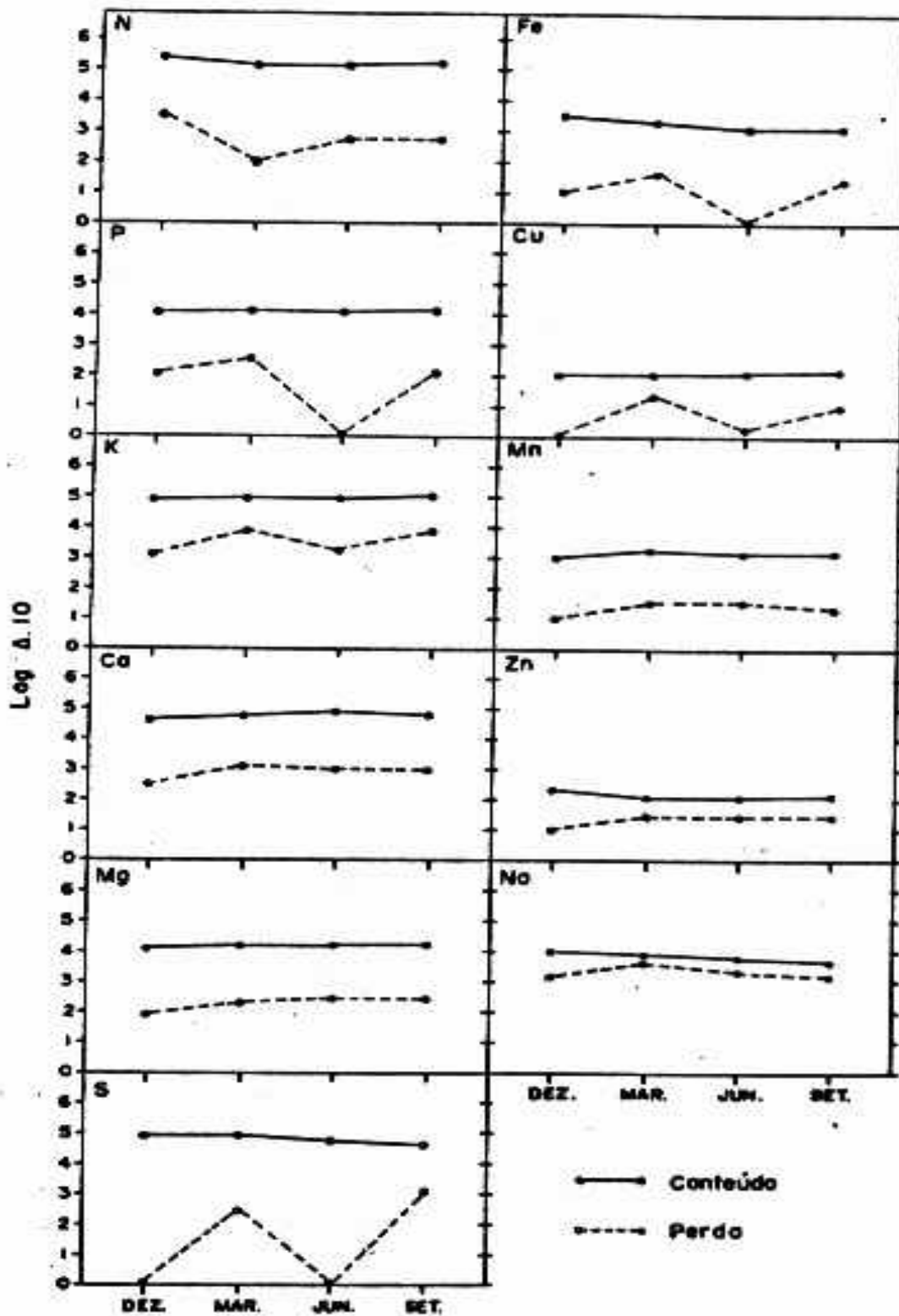


Figura 7 - Variação sazonal do conteúdo e perda de minerais em folhas de *A. guianensis*.

que poderia explicar em parte, a razão do baixo conteúdo de alguns nutrientes nesta época do ano.

O teor de sódio nas folhas foi maior no mês de junho comparado aos demais meses, com exceção de *A. guianensis*, que floresce em outubro e apresentou maior teor deste nutriente em dezembro. É possível que nas espécies onde houve uma migração acentuada de cátions durante o fenômeno da floração, tenha havido uma absorção mais intensa de sódio no sentido de neutralizar os ânions produzidos durante o metabolismo celular.

Evidentemente, a composição nutricional da folha deve estar relacionada a muitos outros fenômenos fisiológicos além da floração. Além disso, o clima é um fator que deve desempenhar um papel importante na ciclagem de materiais na cobertura vegetal, uma vez que muitos processos fisiológicos nas plantas, por exemplo a absorção de água, são altamente influenciados pelas alterações climáticas.

Uma vegetação mais espessa e fechada como é a da área de cerrado em questão, pode intensificar em muito os efeitos térmicos e hídricos, de maneira que a radiação solar interceptada pela cobertura é em grande parte transformada em calor latente pela transpiração. Evidentemente, na estação menos úmida pode ocorrer uma diminuição do fluxo de água do solo para as raízes, dificultando o contato dos nutrientes com a zona de absorção e conseqüentemente, sua entrada para a planta. Assim, o teor de nutrientes, especialmente daqueles que podem ser arrastados pela corrente transpiratória seria menor nesta época. De fato, através dos resultados obtidos verificou-se que, de uma forma geral, houve uma queda no conteúdo de nutrientes na estação em que foi utilizada maior quantidade de água do solo.

Com exceção de *A. guianensis*, os menores conteúdos de ferro e zinco coincidiram com a época em que foi detectada menor quantidade de manganês. É possível que os menores conteúdos de manganês tenham ocorrido em função da concentração de outros cátions, que podem afetar a absorção deste nu

triente em algumas espécies vegetais. Exemplo disto são os metais pesados como o ferro e zinco (HEWITT, 1948), e cations como magnésio e cálcio (MAAS et al, 1969).

Segundo MENGEL & KIRBY (1979), a concentração de cálcio no solo, é em geral dez vezes maior do que a do potássio, enquanto que o seu requerimento pelas plantas é menor em comparação ao segundo. No entanto, de acordo com ETHE-RINGTON & ARMSTRONG (1976), em solos arenosos e ácidos como é o caso do solo dos cerrados, muitas vezes a frequência de cálcio é menor do que 5%, e não apresentam carbonatos livres.

Segundo ARENS (1958, 1963), o solo dos cerrados é de natureza oligotrófica, com deficiência de macronutrientes. ALVIN & ARAUJO (1952), verificaram que os solos dos cerrados por eles estudados apresentavam pH baixo e os resultados analíticos evidenciaram pouco cálcio presente. Também RANZANI et al (1960), encontraram um conteúdo muito baixo de cálcio nos solos de cerrado da região de Pirassununga-SP, coincidindo com valores de pH que caracterizam estes solos como muito ácidos.

Menor teor em cálcio nas folhas das espécies estudadas neste trabalho pode ser devido a oligotrofia dos solos do cerrado, e a sua escassez em cálcio. Também é possível que parte deste nutriente fique retida em outros tecidos da planta, diminuindo sua demanda para as folhas.

A liberação de íons lavados da superfície foliar pode ocorrer através dos seguintes caminhos: 1) Reações de trocas em sítios específicos da parede celular e na cutícula. 2) Por difusão de íons arrastados pela corrente de translocação na folha para a solução lixiviadora. 3) Pela combinação dos processos de difusão e troca. A excreção de materiais pode ser facilitada pela presença de ectodesmata (FRANKE, 1964; ARENS, 1972), que são filamentos protoplasmáticos que ligam as células epidérmicas com a superfície exterior das folhas e podem desempenhar papel importante neste processo. Graças a estes meios, todos os nutrientes inorg

gânicos encontrados nos vegetais podem ser excretados e posteriormente arrastados através da lixiviação.

A chuva é um fator importante a ser considerado na variação do conteúdo total de nutrientes nas folhas, por remover, através da lavagem, parte dos elementos minerais nelas existentes (ARENS, 1934). De uma maneira geral, todos os elementos minerais estudados nesse trabalho foram lavados em maior ou menor proporção, com certas variações durante as épocas em que foram submetidas à lixiviação.

TUKEY (1958), classificou 11 radioisótopos de nutrientes inorgânicos de acordo com o grau de facilidade de remoção através da lavagem foliar durante 24 horas. Os nutrientes lavados numa porcentagem acima de 25% do seu teor na folha foram classificados como facilmente lavados e compreenderam o sódio e o manganês. Os nutrientes moderadamente lavados (1 a 10%), incluíram cálcio, magnésio, enxofre, potássio e estrôncio; enquanto que aqueles lavados com dificuldade (menos que 1%), foram o ferro, zinco, fósforo e cloro.

É possível que a maior ou menor facilidade de remoção dos nutrientes seja devido à diferenças interespecíficas tanto para a absorção, como para a perda de nutrientes. Um outro aspecto que pode ser considerado está relacionado com a época, uma vez que foram observadas variações sazonais quanto a perda de alguns nutrientes. Os resultados caracterizam o sódio segundo a classificação de TUKEY (1958), como facilmente lavável, para as espécies *Q. multiflora*, *P. glabrata* e *T. guianensis*, no mês de março. Isto no entanto, ocorreu novamente apenas para *T. guianensis* em junho e setembro, e para *D. vinosum* também neste último mês. Porém, no caso do manganês, outro nutriente facilmente lavado segundo a mesma classificação, somente no mês de junho, na espécie *D. vinosum*, foi lavado em porcentagem acima de 25% no seu teor na folha.

Quanto aos nutrientes considerados moderadamente lavados, foram encontrados valores abaixo da classificação apresentada por TUKEY (1958) para o cálcio em algumas espê-

cies no mês de dezembro. Para o enxofre, apenas em *V. tucanorum* foram encontrados valores dentro daquela classificação, em todas as épocas, enquanto que para o magnésio este fato ocorreu para todas as espécies somente no mês de junho. A perda de potássio, esteve de um modo geral, de acordo com a classificação citada. São observados valores que superam o intervalo adotado por TUKEY (1958) para algumas espécies, em determinadas épocas, como foram os casos de zinco, magnésio, ferro, fósforo e cálcio. Isto parece evidenciar a hipótese da correlação espécie e época atuando sobre a qualidade e quantidade de materiais excretados via cutícula foliar.

Entretanto, nos ensaios de TUKEY (1958) as espécies investigadas desenvolviam-se na presença de soluções nutritivas, de modo que a oferta e balanceamento dos nutrientes eram adequados, o que em condições naturais nem sempre é conseguido, principalmente em solos de cerrado.

De acordo com TUKEY et al (1958a), TUKEY & TUKEY (1962), as diferenças quanto à perda dos nutrientes estão relacionadas com a função destes nos processos metabólicos. Ocorre que se realmente os nutrientes são perdidos conforme o seu grau de importância no metabolismo, isto pode tornar-se então o elo de ligação entre os fatores espécie e época, discutidos anteriormente. Se a necessidade nutricional pode ser diferente entre as espécies, significa que podem existir casos, em que alguns elementos são substituídos por outros de igual valência para o desempenho de certos papéis no metabolismo, como por exemplo, a neutralização de ânions.

De uma maneira geral, a perda cuticular de nutrientes nessas plantas estudadas refletiram valores bastante baixos, no que se refere aos dados inerentes à porcentagem em função do conteúdo total de nutrientes nas folhas. Por exemplo, as porcentagens de cálcio (0,5 a 25%) e potássio (0,1 a 8,5%), em função do conteúdo total lavado das folhas das espécies investigadas, diferiram bastante dos resultados de WALLACE (1930), que obteve 50% e 80% respectivamente, desses minerais lavados das folhas de macieira, durante 24 ho-

ras. Também MORAES & ARENS (1969), verificaram que a lavagem de potássio é maior em plantas cultivadas do que em plantas do cerrado, provavelmente devido aos caracteres escleromórficos, conseqüentes da oligotrofia do solo, que tenderiam a diminuir a perda.

A maturidade dos tecidos é também um fator importante na quantidade e qualidade dos materiais lavados. CHOLODNY (1932), encontrou pouca ou nenhuma perda de materiais no lixiviado de folhas jovens de várias espécies vegetais. A resistência à lixiviação de folhas jovens pode ser em grande parte atribuída à dificuldade de molhabilidade da cutícula (ARENS, 1934). De fato, durante a fase de crescimento rápido, o tecido necessita de um maior suprimento de nutrientes e seria de se supor que um mecanismo para prevenir a perda de materiais, pudesse ser ativado. A hidrofobia inicial por sua vez, pode ser logo diminuída com o aparecimento de estruturas da lâmina foliar como pêlos e mesmo pela deposição, na superfície da folha, de materiais que possam estar presentes no ar ou ainda, pelas substâncias excretadas pelo próprio órgão.

Nos experimentos aqui desenvolvidos, onde em cada coleta foram retiradas cem folhas das plantas, ao acaso, acredita-se ter sido eliminado o fator relativo a idade das folhas, a não ser em casos específicos como *Q. multiflora* e *V. lucanorum* que perdem normalmente suas folhas em determinada época do ano.

Qualea multiflora perdeu suas folhas entre os meses de junho e julho, enquanto que em *V. lucanorum*, a maioria das folhas atingiu a senescência entre junho e setembro, e que ocorreu uma diminuição mais marcante no nível de nutrientes nessas espécies no mês de junho. Esperava-se portanto, que a menor demanda de nutrientes para os tecidos foliares nesta época fosse acompanhada por uma queda na parte desses materiais via cutícula. Entretanto, a análise do lavado foliar não evidenciou tal relação, pois em alguns casos, ao contrário, houve um aumento na porcentagem de perda em fun-

ção da matéria seca, encontrado para o nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre e alumínio, em *Q. multiflora*.

No caso de *V. tucanorum*, os nutrientes encontrados em menor porcentagem no mês de junho, não foram neste mês perdidos em menor proporção com relação às demais épocas, como nitrogênio, potássio, enxofre e zinco.

Decorre-se disso que, a interpretação dos resultados em função da época em que a maioria das folhas atingiu a senescência, num trabalho em que folhas de diferentes idades foram coletadas, não permite confirmar a maior susceptibilidade à perda em função do envelhecimento das folhas, conforme verificado por ARENS (1934); LAUSBERG (1935); STENLID (1958) e TUKEY (1966, 1970), que utilizaram folhas dispostas numa determinada altura do ramo.

Existem vários trabalhos confirmando que a perda de nutrientes é incrementada pela própria nutrição mineral da planta, isto é, a eliminação depende do conteúdo mineral e vigor da planta (LAUSBERG, 1935; SCHOC, 1955; TUKEY et al, 1957, 1958b; MECKLENBURG & TUKEY, 1964).

Nas plantas aqui estudadas isto não ocorreu para a maioria dos nutrientes analisados, não sendo portanto, constatada uma menor perda de nutrientes no mês de junho. Decorre de tal fato, que a menor oferta de um elemento em uma determinada época não implica em sua menor excreção pela folha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, P.T. & ARAUJO, W.A. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. Turrialba, 2(4): 153-60, 1952.
- ARENS, K. Die Kutikulare Exkretion des Laubblattes. Jahrb. Wiss. Bot., 80: 248-300, 1934.

- ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. B. Fac. Fil. Ci. Letr. (USP), 15(224): 55-77, 1958. Série Bot.
- _____. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: FERRI, M.G. SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1, 1963. São Paulo, EDUSP, 1963. p. 285-99.
- ARENS, T. Os ectodesmas da folha de cafeeiro. Ci. e Cult., 24(4): 354-8, 1972.
- BHAN, K.C.; WALLACE, A.; LUNT, O.L. Some mineral losses from leaves by leaching. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci., 73: 289-93, 1959.
- CHOLODNY, N. Zur Kenntnis der durch das regnerische Wetter verursachten Ertragsabnahme bei Getreidearten. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 50: 562-70.
- DALBRO, S. Leaching of nutrients from apple foliage. INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 14, 1955. Proceedings. 1955. p. 770-8.
- EITEN, G. Habitat flora of Fazenda Campininha. In: FERRI, M.G. SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1, 1963. São Paulo, EDUSP, 1963. p. 181-231.
- ETHERINGTON, J.R. & ARMSTRONG, W. Environment and plant ecology. London, John Wiley, 1976. 347p.
- FISCHER, H. Der Transporte der Mineralstoffe. In: _____ Handbuch der Pflanzenphysiologie. s.i., 1958. vol. 4, p. 289-306.
- FRANKE, W. Mechanisms of foliar penetration of solutions. An. R. Plant. Physiol., 18: 281-300, 1964.

- FUJIWARA, A. & IIDA, S. Biochemical and nutritional studies on potassium. III. On the leaching extraction of potassium from the higher plants. Tokoku J. Agric. Res., 7: 85-101, 1956.
- GINÉ, M.F.; BERGAMIN, H.F.; ZAGATTO, E.A.G.; REIS, B.F. Simultaneous determination of nitrate and nitrite by flow injection analysis. Anal. Chem. Acta., 114: 191-7, 1980.
- GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: FERRI, M.G. SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3, 1971. São Paulo, EDUSP, 1971. p. 44-60.
- HEWITT, E.J. Relation of manganese and other metal toxicities to the iron status of plants. Nature 161: 489-90, 1948.
- JORGENSEN, S.S. Some methods used for routine chemical analysis: laboratory manual. Piracicaba, CENA, 1977. 22p. (mimeografado)
- KRUG, F.J.; BERGAMIM, H.F.; ZAGATTO, E.A.G.; JORGENSEN, S.S. Rapid determination of sulphate in natural waters and plant digests by continuous flow injection turbidimetry. Analyst., 102: 503-8, 1977.
- LAUSBERG, T. Quantitative Untersuchungen über die kutikuläre Exkretion des Laubblattes. Jahrb. Wiss. Bot., 81: 769-806, 1935.
- LONG, W.G.; SWEET, D.V.; TUKEY, H.B. The loss of nutrients from plant foliage by leaching as indicated by radioisotopes. Science, 123: 1039-40, 1956.
- MAAS, E.V.; MOORE, D.P.; MASON, T.G. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. Plant Physiol.,

44: 796-800, 1969.

MECKLENBURG, R.A. & TUKEY JR., H.B. Influence of foliar leaching on root uptake and translocation of calcium -45 to the stems and foliage of *Phaseolus vulgaris*. Plant Physiol., 39(4): 533-6, 1964.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute, 1979. 593p.

MICHELL, C.A. Detection of carbohydrates leached from above ground: plant parts. Ithaca, N.Y., Cornell University, 1968. Tese Doutorado

MORAES, J.A.P.V. & ARENS, K. Eliminação de potássio pelas folhas em dependência da luz e da obscuridade: nota preliminar. Ci. e Cult., 21(4): 728-30, 1969.

MONTEIRO, R. & AULINO, O. Clima e balanço hídrico em uma Reserva de Cerrado no Município de Corumbataí-SP. SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 2, 1981. Anais... São Carlos, UFSCar, 1981. p. 111-31.

MOTA, F.S. Meteorologia agrícola. São Paulo, Nobel, 1977.

RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Aproveitamento dos campos cerrados para pastagens. I. Considerações edafológicas. Piracicaba, ESALQ, 1960. 5p. (Boletim)

RIZZINI, C.T. A Flora do cerrado. In: FERRI, M.G. SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1, 1963. São Paulo, EDUSP, 1963. p. 125-78.

SCHOC, K. Erfassung der Kutikularen Rekretion von K and Ca. Ber. Schweiz Bot. Ges., 65: 205-60, 1955.

- STENLID, G. Salt losses and redistribution of salts in higher plants. Encycl. Plant Physiol., 4: 615-37, 1958.
- TUKEY JR., H.B. Leaching of nutrients from plant foliage by rain and mist. From. Am. Rose Annual: 102-11, 1964.
- _____. Leaching of metabolites from above ground plant parts and its implications. Bull. Torrey Bot. Club., 93(6): 385-401, 1966.
- _____. The leaching of substances from plants. An. R. Plant Physiol., 21: 305-24, 1970.
- TUKEY JR., H.B. & TUKEY, H.B., SR. The loss of organic and inorganic materials by leaching from leaves and other above-ground plant parts. In: _____. Radioisotopes in soil-plant nutrition studies. Viena, International Atomic Energy Agency, 1962. p. 289-302.
- TUKEY JR., H.B. & MECKLENBURG, R.A. Leaching of metabolites from foliage and subsequent reabsorption and redistribution of the leachate in plants. Amer. J. Bot., 51(7) : 737-43, 1964.
- TUKEY JR., H.B. & MORGAN, J.V. The occurrences of leaching from above-ground plant parts and the nature of the material leached. INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 16, Brussels, 1964. Proceedings... Brussels, 1964. v. 4, p. 146-53.
- TUKEY JR., H.B.; WITWER, S.H.; TUKEY, H.B. Leaching of carbohydrates from plant foliage as related to light intensity. Science, 126: 120-1, 1957.
- TUKEY JR., H.B.; TUKEY, H.B.; WITWER, S.H. Loss of nutrients by foliar leaching as determined by radioisotopes. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 71: 496-506, 1958.

- TUKEY, H.B.; WITTWER, S.H.; TUKEY JR., H.B. Leaching of nutrients from plant foliage as determined by radioisotopes. In: EXTERMANN, R.C. Radioisotopes in Scientific Research, 4: 304-19, 1958.
- WALLACE, T. Experiments on the effects of leaching with cold water on the foliage of fruit trees. The source of leaching of dry matter, ash, and potash from leaves of apple, pears, plums, blackcurrant and berry goos. J. Pom. Hort. Sci., 8: 44-60, 1930.
- ZAGATTO, E.A.G.; KRUG, F.J.; BERGAMIN F9, H.; JORGENSEN, S. S.; REIS, B.F. Merging zones in flow injection analysis. Part. 2. Determination of calcium, magnesium and potassium in plant material by continuous flow injection atomic absorption and flame emission spectrometry. Anal. Chem. Acta., 104: 279-84, 1979.

ENDEREÇO DOS AUTORES

SILVA, A.O.

Departamento de Botânica
Instituto de Biociências, UNESP
Campos Rio Claro
13500 Rio Claro - SP

MORAES, J.A.P.V.

Departamento de Ciências Biológicas
Universidade Federal de São Carlos
13560 São Carlos - SP