

NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO EM *Brachiaria decumbens*  
(Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle)  
Schweickerdt, *Digitaria decumbens* Stent,  
*Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora*  
Pal de Beauv, *Panicum maximum* Jacq. e  
*Pennisetum purpureum* Schum\*

EM MEMÓRIA DO Prof. Dr. GILBERTO DINIZ DE OLIVEIRA (1948-1980)

H.E.P. MARTINEZ \*\*

H.P. HAAG \*\*\*

#### RESUMO

Plantas dos capins braquiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf (Prain), quicúio da Amazônia, (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt), pangola (*Digitaria decumbens* Stent), jaraguã (*Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf), gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv), colônião (*Panicum maximum* Jacq) e napier (*Pennisetum purpu*

---

\* Entregue para publicação em 29/12/80.

Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor à E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP.

\*\* UNESP, Ilha Solteira - SP.

\*\*\* Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

*reum* Schum) foram cultivadas em solução nutritiva completa contendo, 0,12; 0,48; 1,94; 7,75 e 31,00 mg de fósforo por litro, com o objetivo de determinar os níveis críticos internos e externos de fósforo, e avaliar a eficiência com que absorvem e utilizam o fósforo.

Aos setenta e cinco dias as plantas foram coletadas, separadas em caules, folhas, bainhas e raízes.

Após secagem a 80°C, as amostras foram pesadas e analisadas para fósforo na matéria seca.

Curvas representativas do peso da matéria seca e da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva foram obtidas a partir de dados calculados de equações de regressão.

Verificou-se que:

- As espécies diferiram quanto à necessidade externa de fósforo, sendo *B. humidicola* e *H. rufa* as menos exigentes. Seguiram-se em ordem crescente *B. decumbens*, *M. minutiflora*, *P. maximum*, *P. purpureum* e *D. decumbens*.

- Os níveis críticos internos de fósforo variaram entre as espécies, sendo maior em *D. decumbens* (0,38%) que nas demais. Seguiram-se em ordem decrescente *B. decumbens* (0,32%), *B. humidicola* (0,26%), *M. minutiflora* (0,24%), *P. maximum* (0,24%) e *P. purpureum* (0,20%).

- A eficiência de absorção e utilização, do fósforo foi maior para *B. humidicola*. Seguiram-se em ordem decrescente *P. purpureum*, *P. maximum*, *D. decumbens*, *B. decumbens* e *M. minutiflora*.

## INTRODUÇÃO

Embora as regiões tropicais possuam aproximadamente a metade das pastagens e a metade da população bovina mundial, a sua produtividade é baixa, limitando-se a trinta por cento da produção mundial de carnes e vinte por cento da produção mundial de leite (Jones, 1972, citado por SANCHEZ, 1976).

Existem vários fatores que determinam a baixa produtividade animal nos trópicos, entre eles destacam-se a nutrição inadequada, que é tida como o mais limitante, seguindo-se a falta de umidade adequada dos solos e a baixa fertilidade natural destas regiões.

As regiões tropicais apresentam cerca de cinquenta por cento de latossolos, que possuem baixos teores de fósforo disponível, embora apresentem boas condições físicas (SANCHEZ, 1976). Associado ao baixo teor em fósforo disponível, estes solos apresentam ainda problemas quanto a alta capacidade de fixar o fósforo, dado a presença de quantidades elevadas de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (SALINAS & SANCHEZ, 1976; FOY, 1976; FENSTER & LEON, 1978).

Nos solos com alta capacidade de fixação de fósforo, duas estratégias podem ser adotadas. A primeira é a aplicação de quantidades menores de fósforo em linhas, e a segunda é a aplicação de grandes quantidades de fósforo, suficientes para inativar a capacidade de fixação do solo, a um custo inicial muito elevado. A elas pode-se somar ainda, o uso de espécies ou variedades tolerantes aos baixos níveis de fósforo disponível no solo.

SALINAS & SANCHEZ (1976) procederam à revisão da literatura sobre diferenças entre capins e variedades em relação à tolerância aos baixos níveis de fósforo disponível no so

lo. Existem evidências de que ocorrem diferenças consideráveis entre espécies com respeito ao nível crítico externo de fósforo - quantidade de fósforo na solução do solo relacionada a altas produções - e, no nível crítico interno de fósforo - quantidade de fósforo na planta relacionada a altas produções. Em pastagens tropicais, *Stylosanthes humilis*, *Centrosema pubescens*, *Melinis minutiflora* e *Panicum maximum* são espécies mais tolerantes que *Glycine weightii*, *Medicago sativa*, *Chloris gayana* e *Paspalum dilatatum*.

A literatura menciona cinco mecanismos para tentar explicar estas diferenças: extensão das raízes, exudação das raízes, influência de fungos *Mycorrhiza*, equilíbrio de nutrientes e diferenças nas taxas de absorção e translocação do fósforo, em relação às taxas de crescimento. Entre eles, o último é considerado o mais importante, sem excluir os demais.

ANDREW & ROBINS (1969a, 1971), na Austrália, mostraram a existência de diferentes níveis críticos internos em espécies distintas. Alguns de seus resultados são apresentados a seguir:

Espécies	Nível crítico interno % P
<b>Leguminosas</b>	
<i>Stylosanthes humilis</i>	0,17
<i>Centrosema pubescens</i>	0,16
<i>Desmodium intortum</i>	0,22
<i>Glycine wightii</i>	0,23
<i>Medicago sativa</i>	0,25
<b>Gramíneas</b>	
<i>Digitaria decumbens</i>	0,16
<i>Melinis minutiflora</i>	0,18
<i>Panicum maximum</i>	0,19
<i>Penisetum clandestinum</i>	0,22
<i>Chloris gayana</i> cv. pioner	0,23
<i>Paspalum dilatatum</i>	0,25

FOX *et alii* (1974) citados por SANCHEZ (1976) demonstraram que há uma concentração ótima de fósforo na solução do solo que se correlaciona com o crescimento da planta, e que varia com as espécies. Os dados apresentados a seguir ilustram o fenômeno:

Cultura	Fósforo na solução do solo em ppm, relacionado com 95% da produção máxima
Alface	0,40
Tomateiro	0,25
<i>Desmodium aparinus</i>	
Estabelecimento	0,20
2º corte	0,01
Milho	0,60
Sorgo	0,50
Repolho	0,04

Os autores lamentam que não haja dados apontando as diferenças entre variedades da mesma espécie.

FALADE (1975) na Nigéria, determinou o nível crítico interno de fósforo, e quantidade de  $P_2O_4$  aplicado que proporcionou máxima produção, em diversas gramíneas forrageiras. O autor usou, entre outras, duas variedades de *Pennisetum purpureum*, verificando diferenças na necessidade externa de fósforo de ambas, sendo o *P. purpureum green* cerca de seis vezes mais eficiente que o *P. purpureum purple* em termos de uso do fósforo. Tais resultados são apresentados a seguir.

Espécie	nível crítico interno P %	necessidade externa de fósforo para produção máxima (mg $P_2O_4$ ) vaso
<i>Andropogon gayanus</i>	0,190	60
<i>Pennisetum purpureum green</i>	0,215	15
<i>Pennisetum purpureum purple</i>	0,248	120
<i>Panicum maximum</i>	0,185	30
<i>Cynodon plectostachyum</i>	0,305	30

CLARKSON (1967) encontrou que *Agrostis setacea* cresceu mais lentamente que *Agrostis stolonifera* em níveis baixos de fósforo, porém manteve um aumento exponencial da produção de matéria seca. Esse resultado sugere que quando o suprimento de fósforo é baixo, o lento crescimento de uma espécie ou variedade pode ser um mecanismo de tolerância à deficiência do solo.

No Brasil, WERNER & HAAG (1972) cultivaram os capins gordura (*Melinis minutiflora*), jaraguá (*Hypharrhenia rufa*), colonião (*Panicum maximum*) e napier (*Pennisetum purpureum*) em níveis crescentes de fósforo em solução nutritiva. Usando os resultados obtidos pelos autores calculou-se a produção relativa dessas espécies nos diversos níveis de fósforo utilizados, como mostram os dados a seguir:

Níveis de fósforo mg/l solução	Produção Relativa %			Níveis de fósforo mg/l solução	Prod. Rel. (%) Napier
	colonião	gordura	jaraguá		
2,5	32,3	41,6	58,0	0	3,4
5,0	40,5	89,2	94,0	5	21,8
10,0	67,7	87,5	94,0	25	82,5
20,0	82,9	87,5	100,0	125	100,0
40,0	100,0	100,0	83,8	-	-

Os dados de produção relativa sugerem uma maior exigência do capim napier, que necessitaria de quantidades elevadas de fósforo para atender um crescimento rápido e ativo. O colonião teria uma exigência levemente mais baixa que o napier, sendo os capins gordura e jaraguá os menos exigentes. Convém salientar entretanto, que o capim jaraguá foi cultivado no outono, podendo o lento crescimento nessa época do ano ter condicionado uma maior tolerância aos níveis baixos de fósforo. Considerando o exposto acima, o objetivo deste trabalho é obter os níveis críticos de fósforo em sete gramíneas forrageiras tropicais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Mudas dos capins gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv.), jaraguá (*Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf), colônia (*Panicum maximum* Jacq.), brachiaria (*Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain e quicúio da Amazonia (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt) foram obtidas por sementeira em substrato inerte, umedecido periodicamente com solução nutritiva completa de SARRUGE (1966). Mudas de capim pangola (*Digitaria decumbens* Stent) e de capim napier (*Pennisetum purpureum* Schum) foram obtidas através de propagação vegetativa no mesmo substrato e tratamento.

Em meados de janeiro de 1979, as mudas formadas foram transferidas para soluções nutritivas carentes em fósforo, acrescidas dos seguintes níveis de fósforo: 0,12; 0,48; 1,94; 7,75 e 31,00 mg de fósforo por litro de solução.

Para obter as concentrações de fósforo desejadas, usaram-se alíquotas de uma solução molar de  $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$ . A concentração de nitrogênio foi compensada nas soluções nutritivas através de alíquotas de uma solução molar de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . As soluções nutritivas foram renovadas a cada 20 dias.

Em meados de março de 1979, as plantas com aproximadamente 75 dias de idade foram coletadas e divididas em raízes, caules, bainhas e folhas.

O material coletado foi lavado, seco a 80°C e analisado para fósforo de acordo com as instruções contidas em SARRUGE & HAAG (1974).

Os níveis críticos de fósforo foram calculados de acordo com o descrito por ANDREW & ROBINS (1960, 1969a e 1969b).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, obedecendo ao delineamento inteiramente casualizado e com quatro repetições, sendo analisado estatisticamente segundo PIMENTEL GOMES (1973).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Brachiaria decumbens* Stapf.

## Produção de matéria seca

A Tabela 1 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Os órgãos de maior acúmulo de matéria seca foram os caules, seguindo-se em ordem decrescente folhas, bainhas e raízes. Os caules acumularam 37,07% da matéria seca média da planta e 40,10% em relação ao peso médio da parte aérea. As folhas acumularam 33,75% do peso médio total da planta e 36,51% do peso médio da parte aérea, e as bainhas 21,62% do peso médio total e 23,39% do peso médio da parte aérea. As raízes acumularam 7,56% do peso médio total.

Tabela 1 - Peso médio da matéria seca (g/planta) de partes de *Brachiaria decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l sol.). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da Planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	-	-	-	-	-
0,48	0,53	0,48	0,28	0,18	1,47
1,94	2,66	3,70	2,02	1,06	9,44
7,75	5,49	5,92	3,04	0,96	15,41
31,00	3,10	2,87	2,20	0,45	8,62
CV%	37,91	46,81	29,20	43,24	
dms 5%	2,34	3,19	4,20	4,20	

A análise da variância dos dados, é apresentada na Ta-



bela 2, e mostra diferenças significativas ( $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 2 - Análise da variância dos dados de peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Brachiaria decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	3	16,6008**	20,2040**	5,3914**	0,6955**
Resíduo	12	1,2473	2,3022	0,3033	0,0819
Total	13				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

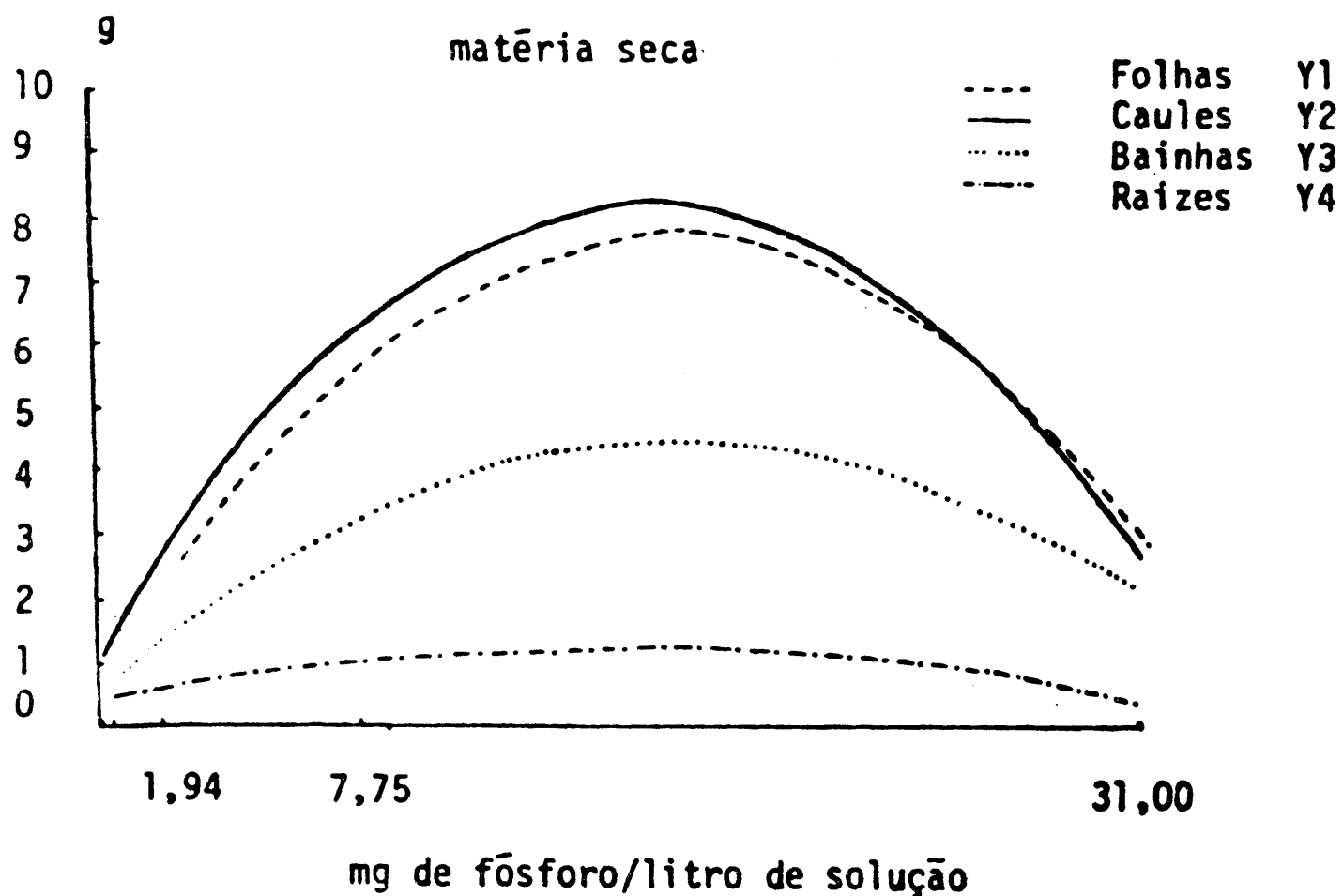
O peso da matéria seca das plantas cresceu com o aumento da dose de fósforo, até aproximadamente 17 mg P/l de solução. Em Belém, Brasil (1979) e no North Carolina State University (1974, 1976) foram observadas respostas dessa espécie à adubação fosfatada, sendo a *Brachiaria decumbens* Stapf colocada entre as espécies mais promissoras para o trópico úmido brasileiro e para a região dos cerrados (Brasília, 1976, e Campo Grande, 1979).

As quatro partes em que foram divididas as plantas comportaram-se de modo semelhante, seguindo funções quadráticas, que são apresentadas na Tabela 3 e ilustradas na Figura 1, juntamente com os respectivos pontos de máximo e coeficientes de determinação.

#### Concentração de fósforo na planta\*

Os valores médios da concentração de fósforo na maté-

\* Os resultados serão sempre expressos em função da matéria seca, salvo indicação em contrário.



$Y1 = 0,5523 + 0,8472X - 0,0247X^2$	$R^2 = 95,87$
$Y2 = 0,9330 + 0,8865X - 0,0266X^2$	$R^2 = 85,67$
$Y3 = 0,5685 + 0,4364X - 0,1238X^2$	$R^2 = 82,63$
$Y4 = 0,4506 + 0,1053X - 0,0034X^2$	$R^2 = 45,04$

Figura 1 - Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) de partes de *Brachiaria decumbens* Stapf., em função de níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

ria seca em função dos níveis crescentes de fósforo são apresentados na Tabela 4.

A parte das plantas que mais acumulou fósforo foram as folhas, com uma concentração média de 0,24%, seguidas das raízes com 0,20%, bainhas com 0,19% e caules com 0,18%.

Tabela 3 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/litro) X, em partes de *B. decumbens* Stapf.

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		r <sup>2</sup>
		X	Y	
Folhas	Y=0,5523+0,8472X-0,0247X <sup>2</sup> **	17,16	7,82	95,87
Caules	Y=0,9330+0,8865X-0,0266X <sup>2</sup> **	16,66	8,32	85,67
Bainhas	Y=0,5685+0,4364X-0,0124X <sup>2</sup> **	17,61	4,41	82,63
Raízes	Y=0,4506+0,1053X-0,0034X <sup>2</sup> **	15,46	1,26	45,04

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A análise da variância dos dados da Tabela 4, é mostrada na Tabela 5. As concentrações de fósforo das diversas partes em que foram divididas as plantas, variaram significativamente (p = 0,01) com os níveis de fósforo da solução nutritiva.

As concentrações de fósforo na matéria seca cresceram linearmente para caules, folhas e raízes e numa função quadrática para bainhas (Figura 2). A Tabela 6 apresenta essas equações e seus respectivos coeficientes de determinação. O teor de fósforo no tecido, entre 0,053% e 0,087% no nível 0,48 mg P/l solução, passou a estar entre 0,468% e 0,620% no nível de 31 mg P/l de solução.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo, para as diversas partes da planta, que são apresentados na Tabela 7.

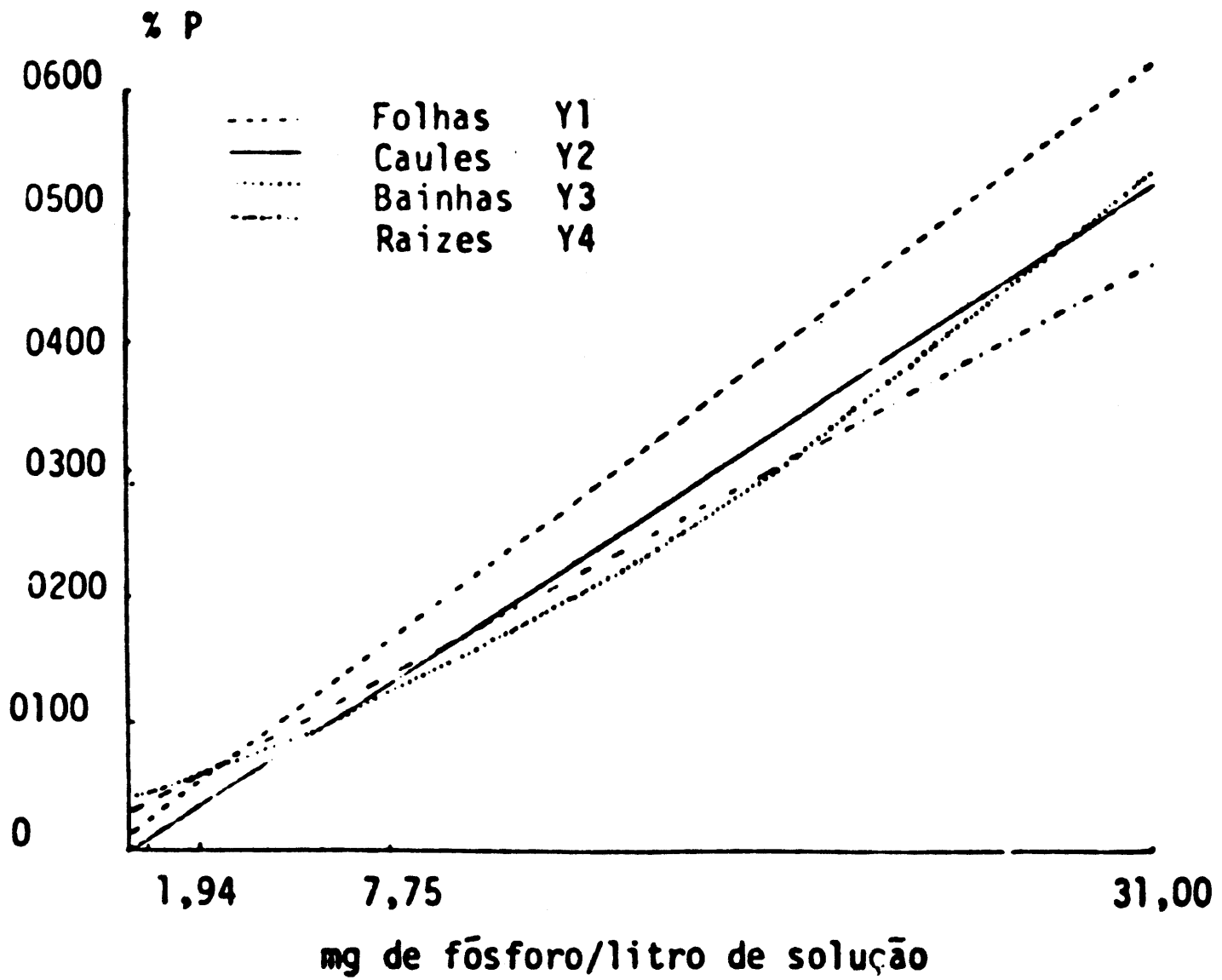
Tabela 4 - Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *B. decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg / l	Partes da Planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
0,12	-	-	-	-
0,48	0,053	0,041	0,054	0,087
1,94	0,077	0,034	0,043	0,068
7,75	0,217	0,110	0,133	0,166
31,00	0,620	0,533	0,539	0,468
C.V.%	10,66	22,57	7,99	21,51
dms 5%	0,054	0,085	0,032	0,089

Tabela 5 - Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *B. decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.		Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	3	0,2751**	0,2269**	0,202**	0,1369**
Resíduo	12	0,0006	0,0016	0,0002	0,0018
Total	15				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.



Y1 = 0,0514 + 0,0185X	R <sup>2</sup> = 99,60
Y2 = 0,0075 + 0,0167X	R <sup>2</sup> = 99,13
Y3 = 0,0377 + 0,0103X + 0,0002X <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 99,77
Y4 = 0,637 + 0,0130X	R <sup>2</sup> = 99,28

Figura 2 - Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Brachiaria decumbens* Stapf., em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

Tabela 6 - Equações de regressão e coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), das concentrações de fósforo da matéria seca (%) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva X, em partes de *B. decumbens* Stapf.

Partes da planta	Equações	R <sup>2</sup>
Folhas	$Y = 0,0516 + 0,0185X^{**}$	99,66
Caules	$Y = 0,0075 + 0,0167X^{**}$	99,13
Bainhas	$Y = 0,0377 + 0,0103X + 0,0002X^2^{**}$	99,77
Raízes	$Y = 0,0637 + 0,0130X^{**}$	99,28

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 7 - Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg P/l de solução) de fósforo, em partes de *B. decumbens* Stapf.

Partes da planta	Níveis críticos externos mg P/l solução	Níveis críticos internos % de P na matéria seca
Folhas	17,16	0,37
Caules	16,66	0,29
Bainhas	17,61	0,28
Raízes	15,46	0,26

Os níveis críticos externos estiveram entre 15,46 e 17,61 mg P/litro de solução e os internos entre 0,26 e 0,37% de fósforo, variando nas diversas partes da planta. As folhas apresentaram um nível crítico interno de fósforo de 0,37% para os caules de 0,29%, nas bainhas de 0,28% e de 0,26% nas raízes. A média ponderada desses valores fornece valores de 0,31% para a planta toda e 0,32% para a parte aérea.

Não foram encontrados na literatura, trabalhos usando *Brachiaria decumbens* Stapf. que avaliassem a concen-

tração de fósforo na planta em função da dose de fósforo recebida.

*Brachiaria humidicola* Rendle

Produção de matéria seca

A Tabela 8 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Brachiaria humidicola* em função dos níveis crescentes de fósforo.

Tabela 8 - Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *B. humidicola* Rendle, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução). Médias de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg / l	Partes da Planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	0,37	0,45	0,25	0,21	1,28
0,48	1,67	2,41	1,03	0,23	5,34
1,94	2,82	2,49	1,38	0,18	6,87
7,75	1,36	0,80	0,56	0,08	2,80
31,00	1,86	1,44	0,89	0,15	4,34
C.V. %	38,85	45,37	39,65	39,06	
dms 5%	1,37	1,50	0,71	0,15	

O peso médio da matéria seca dos caules representou 36,79% do peso médio da matéria seca total, e 38,37% do peso médio da matéria seca da parte aérea. As folhas representaram 39,19% do peso médio da matéria seca total e 40,85% do peso médio da matéria seca da parte aérea. As bainhas acumularam 19,92% da matéria seca média total e 20,78% da matéria seca média da parte aérea. As raízes resultaram em 4,12% do peso médio da matéria seca total.

A análise da variância dos dados é apresentada na Tabela 9, e mostra as diferenças significativas ( $p = 0,05$  ou  $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 9 - Análise da variância dos dados de peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Brachiaria humidicola* Rendle, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.		Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	4	3,1384**	3,4057**	0,7546**	0,0138*
Resíduo	15	0,3949	0,4747	0,1063	0,0044
Total	19				

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O peso da matéria seca das plantas cresceu segundo uma regressão cúbica até 3,90 mg P/l de solução para folhas, 3,52 mg P/l de solução para caules e 3,72 mg/l de solução para raízes, decrescendo em seguida, para posteriormente tornar a elevar-se.

A observação dos dados da Tabela 8, revela um aumento gradativo dos valores da matéria seca até o nível de 1,94 mg P/l de solução. Já era de se esperar um decréscimo na produção após o nível ótimo de fósforo na solução nutritiva (que realmente ocorreu), mas como os valores médios da matéria seca foram menores no nível 7,75 mg P/l solução que no nível 31,0 mg P/l solução, ao invés de se obter uma curva de segundo grau obteve-se uma curva de terceiro grau. Deve-se observar ainda que os valores do peso da matéria seca de folhas, caules e bainhas nos níveis 7,75 e 31,0 mg P/l solução não diferem entre si.



Assim, supõe-se que a produção máxima de matéria seca deva ocorrer na faixa de concentrações entre 1,94 e 7,75 mg P/l solução, concordando com os valores 3,90; 3,52 e 3,72 mg P/l solução estimados.

O peso da matéria seca das raízes variou segundo uma função quadrática, decrescendo até 17,30 mg P/l de solução para se elevar em seguida. Entretanto, a observação da Tabela 8 mostra que apenas duas médias diferiram significativamente entre si.

Os coeficientes de variação foram da ordem de 40%, bastante altos para trabalhos realizados em casa de vegetação, o que poderia servir em parte para explicar esses resultados. Sabe-se ainda que a produção de sementes forrageiras é do tipo fiscalizada, não tendo então garantia de pureza varietal, o que ocasiona uma alta variabilidade genética.

Sugere-se assim, que sejam feitos mais trabalhos, e com maior número de repetições.

A Tabela 10 apresenta as equações de regressão encontradas.

#### Concentração de fósforo na planta

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis crescentes de fósforo são apresentados na Tabela 11.

A parte das plantas que apresentou maior teor médio de fósforo foram as raízes com 0,33%. Seguiram-se em ordem decrescente, folhas com 0,30%, caules com 0,26% e bainhas com 0,19% de fósforo.

A análise de variância dos dados da Tabela 11 é mostrada na Tabela 12. As concentrações de fósforo das diversas partes em que foram divididas as plantas, variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) em relação aos níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 10 - Equações de regressão e coeficientes de determinação (R) da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *B. humidicola* Rendle

Partes da Planta	Equações	R <sup>2</sup>
Folhas	$Y = 0,4774 + 1,7513X - 0,2635X^2 + 0,0067X^3$ **	91,14
Caules	$Y = 0,9581 + 1,3010X - 0,2137X^2 + 0,0055X^3$ **	62,87
Bainhas	$Y = 0,3860 + 0,7783X - 0,1219X^2 + 0,0031X^3$ **	80,50
Raízes	$Y = 0,2274 - 0,0239X + 0,0007X^2$ **	95,30

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 11 - Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Brachiaria humidicola* Rendle, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l) solução. Médias de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainha	Raízes
0,12	0,041	0,019	0,327	0,025
0,48	0,116	0,047	0,075	0,047
1,94	0,297	0,241	0,142	0,106
7,75	0,391	0,507	0,278	0,443
31,00	0,677	0,489	0,415	1,050
C.V.%	25,65	24,72	11,96	23,55
dms 5%	0,172	0,140	0,049	0,172

Tabela 12 - Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *B. humidicola* Rendle, cultivado em níveis crescente de fósforo (mg/l solução)

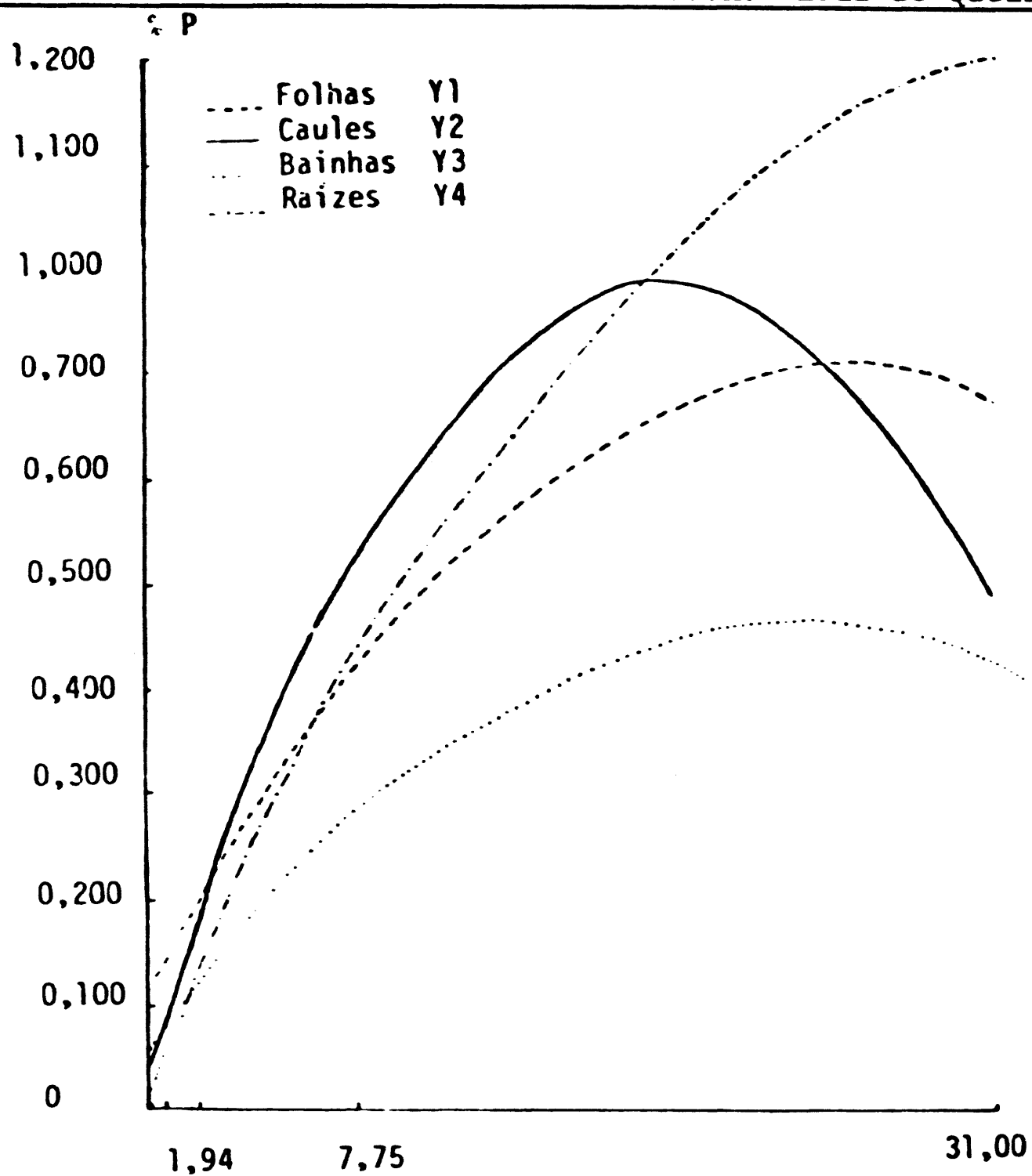
C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	4	0,2508**	0,2182**	0,0986**	0,7537**
Resíduo	15	0,0060	0,0041	0,0005	0,0062
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As concentrações de fósforo na matéria seca elevaram-se até 24,96 mg P/l solução para folhas; 19,00 mg P/l solução para caules e 22,88 mg P/l solução para bainhas, decrescendo em seguida em funções de segundo grau. As concentrações de fósforo nas raízes foram sempre crescentes, de acordo com uma regressão de segundo grau. A Tabela 13 apresenta as equações e os coeficientes de determinação estimados, e a Figura 3 ilustra esses dados.

Os resultados obtidos permitem que se estabeleçam faixas de concentração, nas quais estariam os níveis críticos internos e externos de fósforo dessa espécie, sendo os valores do ponto de máxima produção uma aproximação desses níveis. A Tabela 14 apresenta tais valores.

A *Brachiaria humidicola* Rendle é uma espécie considerada promissora pelo Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária do Trópico Umido e pelo Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. No entanto, não foram encontrados na literatura, trabalhos que estudassem os efeitos de níveis de fósforo sobre a produção e concentração do elemento no tecido dessa espécie.



mg de fósforo/litro de solução	
$Y1 = 0,1017 + 0,0488X - 0,0009X^2$	$R^2 = 93,51$
$Y2 = 0,0312 + 0,0799X - 0,0021X^2$	$R^2 = 97,59$
$Y3 = 0,0514 + 0,0363X - 0,0008X^2$	$R^2 = 98,82$
$Y4 = 0,0098 + 0,0624X - 0,0009X^2$	$R^2 = 99,92$

Figura 3 - Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Brachiaria humidicola* Randle, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

Tabela 13 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e pontos de máximo, das concentrações de fósforo na matéria seca (%) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva X, em partes de *B. humidicola* Rendle

Partes da Planta	Equações	Pontos de máximo		R <sup>2</sup>
		X	Y	
Folhas	$Y=0,1017 + 0,0488X - 0,0009X^2**$	24,96	0,71	93,51
Caules	$Y=0,0312 + 0,0799X - 0,0021X^2**$	19,00	0,79	97,59
Bainhas	$Y=0,0514 + 0,0363X - 0,0008X^2*$	22,88	0,47	98,82
Raízes	$Y=0,0098 + 0,0624X - 0,0009X^2**$	-	-	99,92

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 14 - Faixas de concentração e aproximações dos níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg/l de solução) de fósforo, em partes de *B. humidicola* Rendle.

Partes da planta	Faixas de concentração dos níveis críticos externos (mg/l)	Aproximação dos níveis críticos externos (mg/l)	Faixas de concentração dos níveis críticos internos (% P na m.seca)	Aproximação dos níveis críticos internos (% na m.seca)
Folhas	1,94-7,75	3,90	0,19-0,43	0,28
Caules	1,94-7,75	3,52	0,18-0,52	0,29
Bainhas	1,94-7,75	3,72	0,12-0,28	0,17

*Digitaria decumbens* Stent

## Produção de matéria seca

A Tabela 15 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules bainhas e raízes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo. O acúmulo médio de matéria seca variou nas diversas partes da planta. Os caules acumularam 49,92% do peso médio total e 53,91% do peso médio da parte aérea. Seguiram-se as folhas com 27,00% do peso médio total e 29,16% do peso médio de parte aérea. As bainhas representaram 15,68% do peso médio total e 16,93% do peso médio da parte aérea, e as raízes 7,40% do peso médio total.

Tabela 15 - Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l de solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	0,28	0,54	0,18	0,23	1,23
0,48	0,52	1,36	0,50	0,63	3,01
1,94	2,65	6,45	1,51	1,04	11,65
7,75	5,31	8,93	2,97	1,11	18,32
31,00	5,60	9,27	3,18	0,92	18,97
C.V.%	54,75	50,17	55,46	41,01	
dms 5%	3,47	5,82	2,02	0,70	

A análise da variância dos dados é apresentada na Tabela 16, e mostra diferenças significativas ( $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 16 - Análise da variância dos dados do peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Digitaria decumbens* Stent cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.		Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	4	25,6854**	68,4451**	7,5923**	0,5200**
Resíduo	15	2,4769	7,0975	0,8573	0,1042
Total	19				

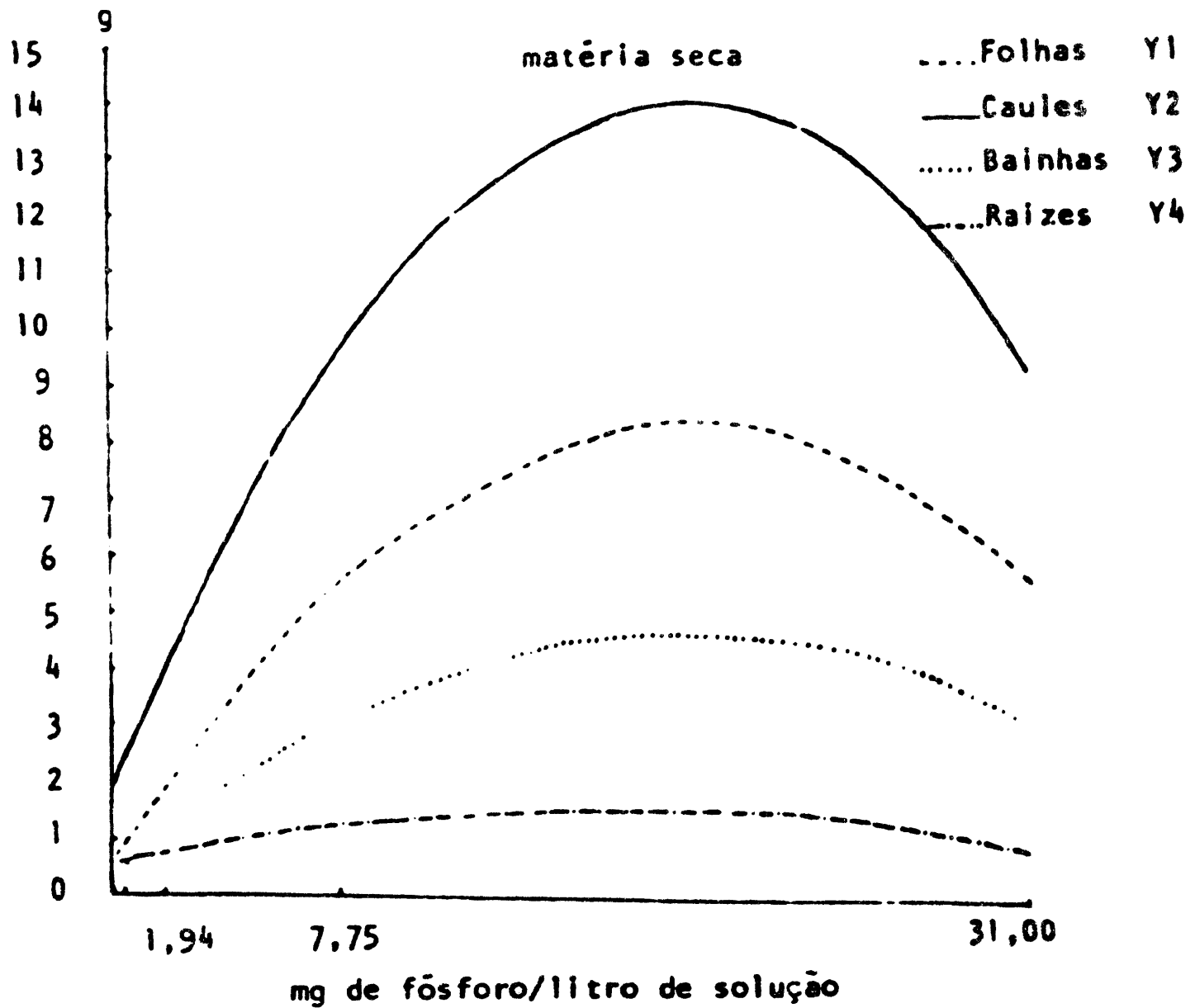
\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O peso da matéria seca das partes das plantas aumentou até aproximadamente 19,0 mg P/l solução, decrescendo em seguida segundo regressões de segundo grau e são apresentada na Tabela 17 e ilustradas na Figura 4, juntamente com os pontos de máximo e os coeficientes de determinação.

Tabela 17 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *Digitaria decumbens* Stent

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		R <sup>2</sup>
		X	Y	
Folhas	Y=0,4250 + 0,8190X - 0,0210X <sup>2</sup> **	19,46	8,39	97,29
Caules	Y=1,4879 + 1,3189X - 0,0345X <sup>2</sup> **	19,12	14,10	87,27
Bainhas	Y=0,3406 + 0,4397X - 0,0112X <sup>2</sup> **	19,57	4,64	97,55
Raízes	Y=0,5099 + 0,1159X - 0,0033X <sup>2</sup> **	17,48	1,52	61,15

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.



$Y1 = 0,4250 + 0,8190X - 0,0210X^2$	$R^2 = 97,29$
$Y2 = 1,4879 + 1,3189X - 0,0345X^2$	$R^2 = 87,27$
$Y3 = 0,3406 + 0,4397X - 0,0112X^2$	$R^2 = 97,55$
$Y4 = 0,5099 + 0,1159X - 0,0033X^2$	$R^2 = 61,15$

Figura 4 - Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) de partes de *Digitaria decumbens* Stent, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.



Respostas positivas do fósforo sobre a produção de *Digitaria decumbens* Stent foram encontradas por WERNER *et alii* (1968) em experimento realizado em Nova Odessa, Brasil, aplicando 0,75 e 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha na forma de fosfatos solúveis e fosfatos naturais. PLUCKNETT & FOX (1965), trabalhando com essa espécie em Kauaï no Havaï, cultivaram-na em níveis crescentes de fósforo e em consorciação com *Desmodium intortum*. A resposta inicial do capim pangola foi marcante, passando a ser menor evidente com o tempo. A máxima produção de matéria seca no primeiro corte esteve associada a 148 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

#### Concentração de fósforo na planta

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca, em função dos níveis de fósforo são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
0,12	0,049	0,016	0,023	0,049
0,48	0,072	0,021	0,038	0,045
1,96	0,065	0,016	0,034	0,021
7,75	0,291	0,067	0,129	0,083
31,00	0,643	0,382	0,362	0,276
C.V. %	23,58	31,07	28,99	20,19
dms 5%	0,115	0,068	0,074	0,042

A parte das plantas que teve maior concentração de fósforo foram as folhas, com uma concentração média de 0,22%. Seguiram-se as bainhas com 0,11%, os caules com 0,10% e as raízes com 0,09%.

A análise da variância dos dados da Tabela 18 é apresentada na Tabela 19. As concentrações de fósforo em folhas, caules, bainhas e raízes de *Digitaria decumbens* Stent variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 19 - Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	4	0,2588**	0,1006**	0,0822**	0,0431**
Resíduo	15	0,0027	0,0009	0,0011	0,0003
Total	19				

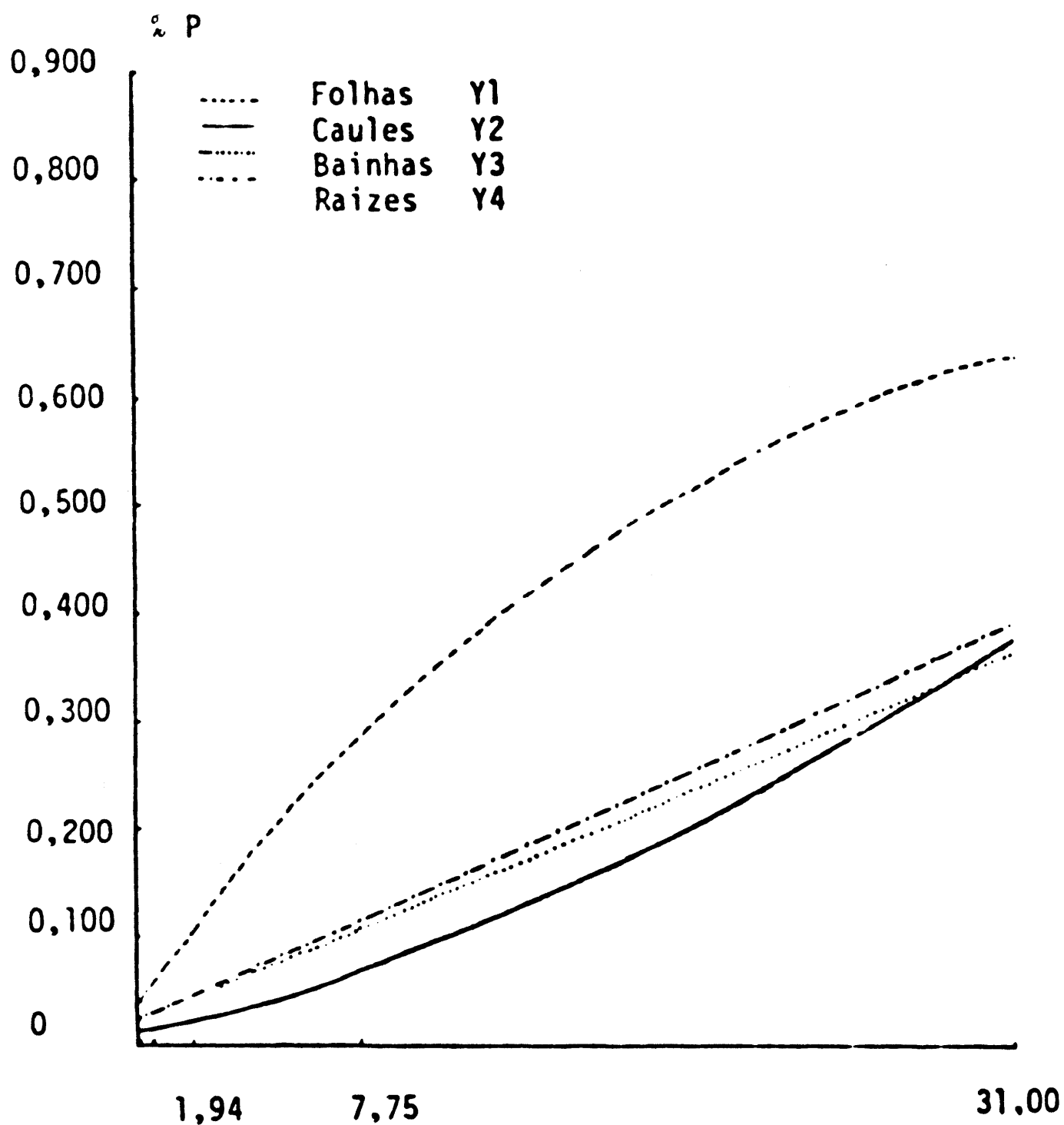
\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As concentrações de fósforo obedeceram regressões quadráticas para folhas e caules, e regressões lineares para bainhas e raízes (Figura 5), aumentando com o aumento da concentração da solução. Tais resultados concordam com o observado por PLUCKNET & FOX (1965) isto é, que o teor de fósforo em *Digitaria decumbens* Stent estava claramente relacionado aos níveis de  $P_2O_5$  aplicados ao solo. Em cada data de corte, aplicações maiores de 148 kg/ha tiveram pequena influência adicional na concentração de fósforo na matéria seca.

A Tabela 20 mostra as equações de regressão e coeficientes de determinação das concentrações de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo da solução.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes da planta. A Tabela 21 apresenta esses valores.





mg de fósforo/litro de solução

$Y1 = 0,0360 + 0,0356X - 0,0005X^2$	$R^2 = 99,24$
$Y2 = 0,0142 + 0,0048X + 0,0002X^2$	$R^2 = 99,30$
$Y3 = 0,0270 + 0,0109X$	$R^2 = 99,31$
$Y4 = 0,0302 + 0,0078X$	$R^2 = 97,50$

Figura 5 - Curvas de regressão da concentração de fósforo da matéria seca (Y) de partes de *Digitaria decumbens* Stent, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

A análise da variância dos dados da Tabela 18 é apresentada na Tabela 19. As concentrações de fósforo em folhas, caules, baínhas e raízes de *Digitaria decumbens* Stent variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 19 - Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Baínhas	Raízes
Tratamentos	4	0,2588**	0,1006**	0,0822**	0,0431**
Resíduo	15	0,0027	0,0009	0,0011	0,0003
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As concentrações de fósforo obedeceram regressões quadráticas para folhas e caules, e regressões lineares para baínhas e raízes (Figura 5), aumentando com o aumento da concentração da solução. Tais resultados concordam com o observado por PLUCKNET & FOX (1965) isto é, que o teor de fósforo em *Digitaria decumbens* Stent estava claramente relacionado aos níveis de  $P_2O_5$  aplicados ao solo. Em cada data de corte, aplicações maiores de 148 kg/ha tiveram pequena influência adicional na concentração de fósforo na matéria seca.

A Tabela 20 mostra as equações de regressão e coeficientes de determinação das concentrações de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo da solução.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes da planta. A Tabela 21 apresenta esses valores.

fósforo na matéria seca encontrado por ANFREW & ROBINS (1971) é mais baixo, e concorda com a faixa de 0,16% a 0,11% de fósforo entre 4 e 36 semanas de idade encontrada por GOMIDE *et alii* (1969), e com a faixa de 0,22% a 0,18% entre 56 e 84 dias de idade encontrada por HAAG *et alii* (1967).

*Hypharrhenia rufa* Ness

Produção de matéria seca

A Tabela 22 apresenta os dados de produção de matéria seca em partes de *Hypharrhenia rufa* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Os órgãos que tiveram maior acúmulo de matéria seca foram as folhas, com 45,60% do total e 58,36% da parte aérea. Os caules tiveram 32,54% do total e 41,64% da parte aérea. As raízes representaram 21,86% do total da matéria seca.

Tabela 22 - Peso da matéria seca (g/planta) em partes de *Hypharrhenia rufa* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l de solução). Médias de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Raízes	Total
0,12	-	-	-	-
0,48	0,35	0,20	0,42	0,97
1,94	2,08	1,59	1,68	5,35
7,75	2,57	1,79	0,85	5,21
31,00	2,67	1,89	0,71	5,27
C.V. %	54,62	55,46	36,16	
dms 5%	2,23	1,61	0,72	

A análise da variância dos dados é apresentada na Tabela 23, e mostra diferenças significativas ( $p = 0,05$ ) no peso da matéria seca nas partes do capim.

Tabela 23 - Análise da variância dos dados do peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Hypharrhenia rufa* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo

C.V.	G.L.	Q.M.		
		Folhas	Caules	Raízes
Tratamentos	3	4,6399*	2,4761*	1,1793**
Resíduo	11	1,1022	0,5751	0,1099
Total	14			

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Observa-se através da Tabela 22 um aumento significativo da produção de matéria seca quando se elevou o teor de fósforo da solução de 0,48 mg P/l solução para 1,94 mg/l de solução. Acima desse valor, as produções médias de matéria seca não variaram significativamente. Os coeficientes de variação encontrados, da ordem de 55%, são muito elevados para trabalhos em casa de vegetação, e talvez tenham sido determinados pela alta variabilidade genética do material, uma vez que a produção de sementes forrageiras é relativamente recente no Brasil, e não há garantia de pureza varietal.

Embora a variabilidade dos dados possa ter afetado as diferenças mínimas significativas, os valores do peso da matéria seca de folhas e caules são bastante próximos nos níveis 1,94, 7,75 e 31,00 mg P/l de solução, sugerindo que seus níveis críticos externos de fósforo estejam entre 1,94 e 7,75 mg P/l de solução.

Os resultados observados concordam com os obtidos por WERNER & HAAG (1972), cultivando essa espécie nos níveis 2,5; 5,0; 10; 20 e 40 ppm (mg/l) de fósforo. Os autores verificaram que só ocorreu aumento na produção de matéria seca da parte aérea, do nível 2,5 ppm para o nível 5 ppm de fósforo

na solução nutritiva. Os níveis 5, 10 e 20 ppm tiveram produções de matéria seca equivalentes. No nível 40 ppm de fósforo na solução, houve queda na produção.

A produção de matéria seca das raízes comportou-se de modo semelhante, entretanto, acima de 1,94 mg P/l de solução o peso da matéria seca começou a decrescer.

#### Concentração de fósforo na planta

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo são apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 - Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Hypharrhenia rufa* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l de solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da Planta		
	Folhas	Caules	Raízes
0,12	-	-	-
0,48	0,051	0,052	0,058
1,94	0,124	0,091	0,088
7,75	0,605	0,519	0,346
31,00	1,348	1,076	0,835
C.V. %	16,42	11,09	10,60
dms 5%	0,186	0,103	0,076

A parte das plantas que apresentou maior teor médio de fósforo foram as folhas, com 0,53%, concordando com o observado por NASCIMENTO JUNIOR (1976). Seguiram-se os caules com 0,43% e as raízes com 0,33%.

A análise da variância dos dados da Tabela 24 é apresentada na Tabela 25. As concentrações de fósforo nas diversas partes em que foram divididas as plantas, variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 25 - Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Hyphar-rhenia rufa* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.		
		Folhas	Caules	Raízes
Tratamentos	3	1,4247**	0,9103**	0,5164**
Resíduo	11	0,0076	0,0023	0,0012
Total	14			

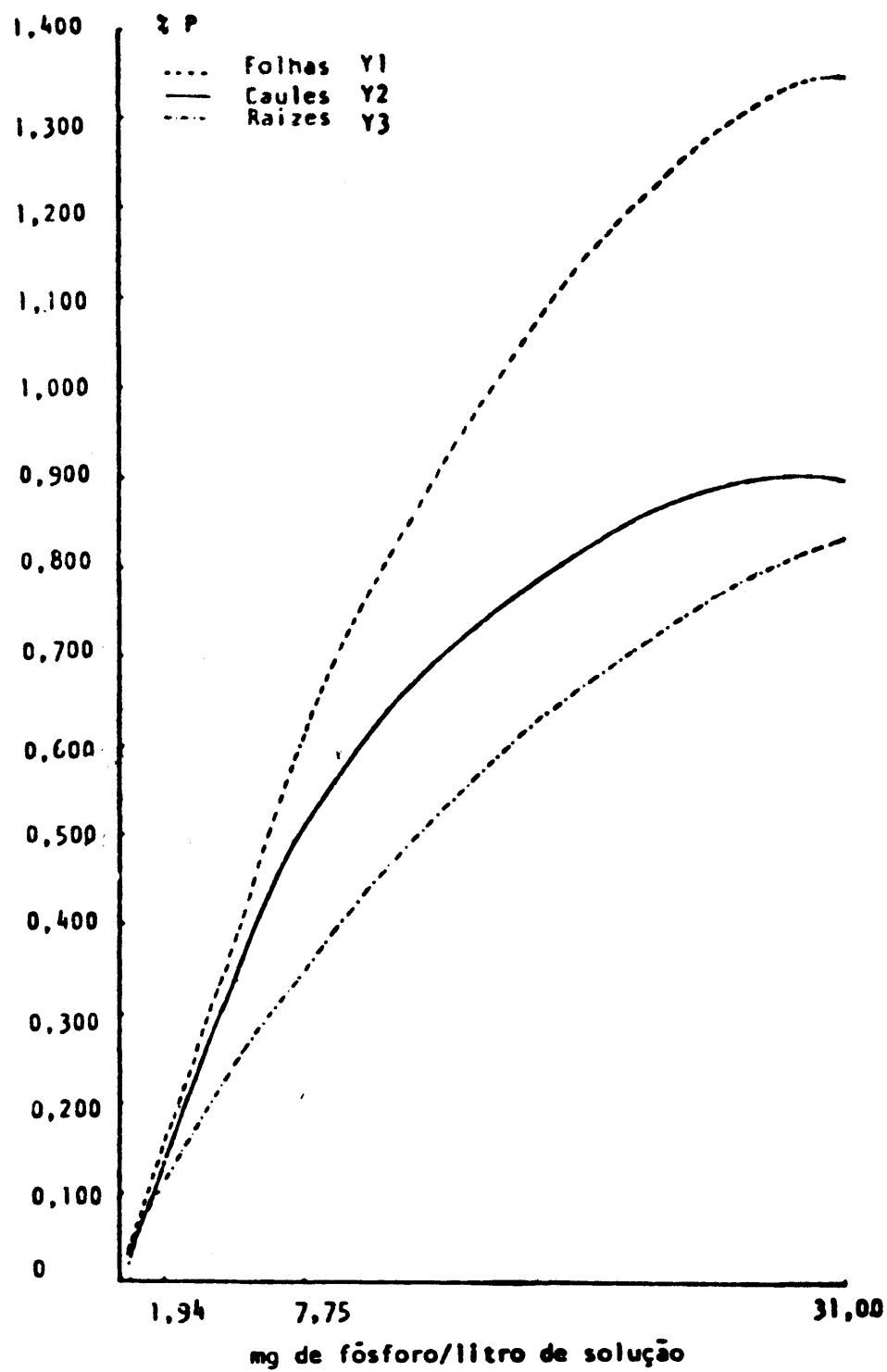
\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As concentrações de fósforo no tecido vegetal obedeceram regressões quadráticas para folhas, caules e raízes (Figura 6), sendo sempre crescente com os teores de fósforo da solução nas raízes, e atingindo um ponto de máximo após o qual havia decréscimo, em folhas e caules. WERNER & HAAG (1972) encontraram concentrações de fósforo crescentes no tecido vegetal até 40 ppm (mg/l) de fósforo na solução nutritiva.

A Tabela 26 mostra as equações de concentração de fósforo no tecido vegetal, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva.

Com os resultados obtidos foram calculadas faixas de concentração, que estão na Tabela 27.





$$\begin{array}{ll}
 Y1 = 0,0154 + 0,0908X - 0,0015X^2 & R^2 = 99,85 \\
 Y2 = 0,0158 + 0,0785X - 0,0014X^2 & R^2 = 99,61 \\
 Y3 = 0,0209 + 0,0463X - 0,0006X^2 & R^2 = 99,82
 \end{array}$$

Figura 6 - Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Hyphar rhenia rufa* Ness, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

Tabela 26 - Equações de regressão, pontos de máximo e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *H. rufa* Ness

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y=0,0154+0,0908X-0,0015X^2$ **	30,07	1,35	99,85
Caules	$Y=0,0158+0,0785X-0,0014X^2$	28,11	1,09	99,61
Raízes	$Y=0,0209+0,0463X-0,0006X^2$ **	-	-	99,82

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 27 - Faixas de concentração (% de fósforo na matéria seca e mg P/l de solução) dos níveis críticos internos e externos de fósforo, em partes de *H. rufa* Ness

Partes da planta	Valores limites para níveis críticos externos mg P/l solução	Valores limites para níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	1,94 - 7,75	0,19 - 0,63
Caules	1,94 - 7,75	0,16 - 0,54
Raízes	1,94 - 7,75	0,11 - 0,34

Os valores da média ponderada dos resultados obtidos para a parte aérea são 0,18%, para plantas cultivadas em 1,94 e 0,59% de fósforo, para plantas cultivadas em 7,75 mg de fósforo/l de solução. Esses valores se assemelham aos encontrados por WERNER & HAAG (1972) ou seja 0,16% de fósforo para plantas cultivadas em 2,5 ppm (mg/l) de fósforo na solução nutritiva, e 0,41% para plantas cultivadas em 10,0 ppm (mg/l).

*Melinis minutiflora* Pal de Beauv

## Produção de matéria seca

A Tabela 28 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Os órgãos que tiveram maior acúmulo de matéria seca foram as folhas com 31,87% do peso total da matéria seca e 40,03% do peso da parte aérea. Seguiram-se os caules com 31,12% do peso total e 39,08% do peso da parte aérea e as bainhas com 16,63% do peso total e 20,90% do peso da parte aérea. As raízes representaram 20,38% do peso total da matéria seca das plantas.

Tabela 28 - Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	-	-	-	-	-
0,48	0,35	0,15	0,15	0,50	1,15
1,94	3,56	3,34	1,82	3,77	12,49
7,75	6,06	6,88	3,05	2,98	18,97
31,00	3,67	2,89	2,09	1,45	10,10
C.V. %	61,45	67,71	59,96	61,94	
dms 5%	4,40	4,74	2,24	2,83	

A análise da variância dos dados é apresentada na Tabela 29, mostrando diferenças significativas ( $p = 0,05$  ou  $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 29 - Análise da variância dos dados do peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	3	21,9911*	30,5902**	5,8235*	8,6919*
Resíduo	12	4,3910	5,0872	1,1367	1,8173
Total	15				

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O peso da matéria seca da parte aérea das plantas aumentou até aproximadamente 17,0 mg P/l solução, decrescendo em seguida, segundo regressões de 2º grau, que são apresentadas na Tabela 30, juntamente com os pontos de máximo e coeficientes de determinação, e são ilustradas na Figura 7. Do mesmo modo, WERNER & HAAG (1972) observaram um grande aumento na produção de capim gordura, quando se elevou o teor de fósforo da solução nutritiva de 2,5 para 5,0 ppm (mg/l), com incrementos menores na produção elevando-se esse teor para 10,0 e 20 ppm (mg/l), e havendo decréscimo da produção no nível 40 ppm (mg/l).

O peso da matéria seca das raízes variou significativamente com os tratamentos ( $p = 0,05$ ), embora essa variação não tenha seguido uma equação matemática. Observando-se os dados da Tabela 28, verifica-se que as médias dos pesos das raízes aumentaram com o aumento do teor de fósforo na solução até o nível 1,94 mg P/l, decrescendo nos níveis subsequentes. As diferenças entre o nível 0,48 mg P/l e o nível 1,94 mg P/l são significativas, não o sendo entre os demais níveis. A observação dos dados sugere uma variação segundo uma função quadrática, o que talvez não tenha sido determinado es

tatisticamente devido ao alto coeficiente de variação (61,94%) encontrado.

Tabela 30 - Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y=0,7486+0,9302X-0,0270X^2$ **	17,24	8,77	87,82
Caules	$Y=0,3476+1,1389X-0,0341X^2$ **	16,69	9,86	93,25
Bainhas	$Y=0,3774+0,4669X-0,0133X^2$ **	17,57	4,48	86,94
Raízes	-	-	-	-

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

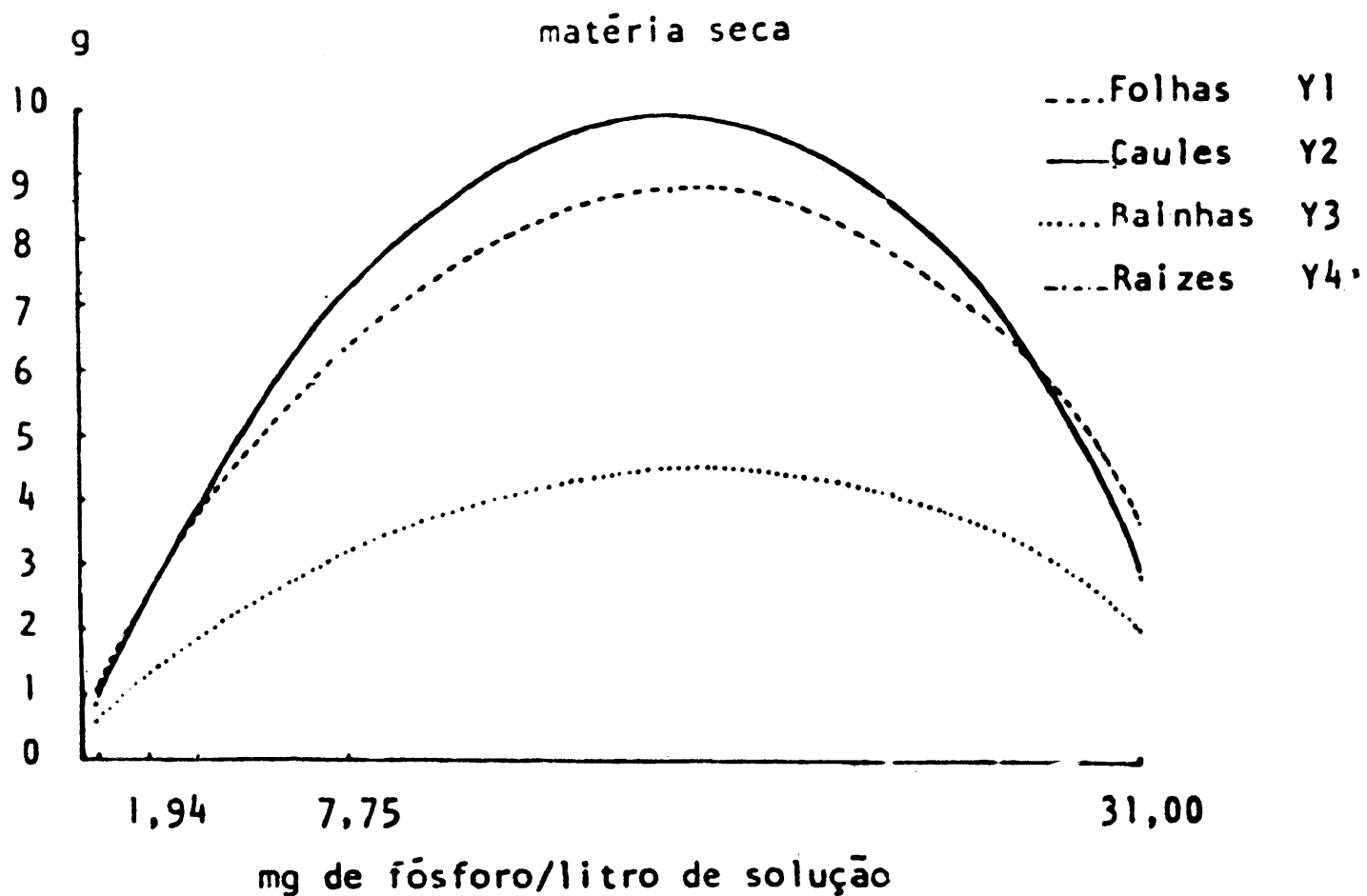
WERNER & MATTOS (1972) em ensaio de vasos, e WERNER & MONTEIRO (1974) em pasto já estabelecido de capim gordura e centrosema, obtiveram respostas da produção de matéria seca ao fósforo aplicado.

#### Concentração de fósforo na planta

Os valores da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo são apresentados na Tabela 31.

A parte das plantas que teve maior concentração de fósforo foram as folhas, com uma concentração média de 0,26%. Seguiram-se as bainhas com 0,15%, os caules com 0,13% e as raízes com 0,12%.

A análise da variância dos dados da Tabela 31 é apresentada na Tabela 32. As concentrações de fósforo em folhas,



$Y1 = 0,7486 + 0,9302X - 0,0270X^2$	$R^2 = 87,82$
$Y2 = 0,3476 + 1,1389X - 0,0341X^2$	$R^2 = 93,25$
$Y3 = 0,3774 + 0,4669X - 0,0133X^2$	$R^2 = 86,94$

Figura 7 - Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) e de partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

caules, bainhas e raízes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução nutritiva, concordando com resultados de WERNER & HAAG (1972), ANDREW & ROBINS (1971), WERNER & MATTOS (1972) e WERNER & MONTEIRO (1974).

Tabela 31 - Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
0,12	-	-	-	-
0,48	0,068	0,037	0,027	0,074
1,94	0,049	0,027	0,032	0,061
7,75	0,171	0,068	0,067	0,076
31,00	0,739	0,376	0,495	0,267
C.V. %	9,87	14,12	14,20	14,05
dms 5%	0,053	0,049	0,046	0,035

As concentrações de fósforo obedeceram regressões quadráticas para todas as partes em que foram divididas as plantas (Figura 8), aumentando o teor no tecido com o aumento do teor na solução. A Tabela 33 mostra tais equações, e seus coeficientes de determinação.

Os valores entre 0,20 e 0,24% de fósforo, obtidos por HAAG *et alii* (1967) para plantas entre 56 e 84 dias de idade, e de 0,20% para plantas com 84 dias de idade obtidos por GOMIDE *et alii* (1969), em solos corrigidos e adubados, são mais próximos do nível crítico de fósforo encontrado.

Tabela 32 - Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	Q.M.				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	
Tratamentos	3	0,4249**	0,1114**	0,2062**	0,0389**
Resíduo	12	0,0006	0,0003	0,0004	0,0002
Total	15				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

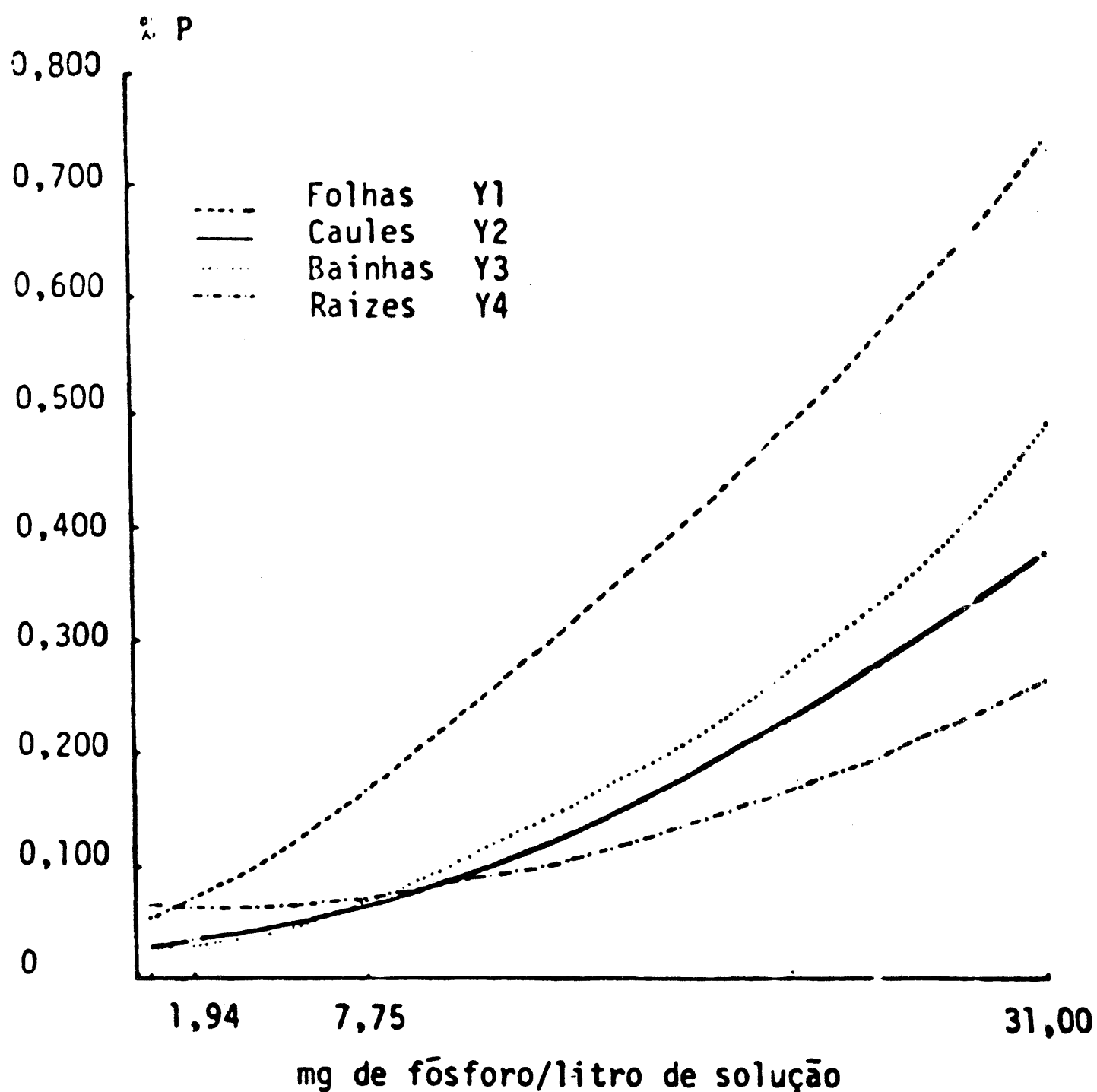
Tabela 33 - Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Melinis minutiflora*, Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

Partes da planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,0450 + 0,0133X + 0,0003X^2$ **	99,74
Caules	$Y = 0,0293 + 0,0026X + 0,0003X^2$ **	99,86
Bainhas	$Y = 0,0264 + 0,0020X + 0,0004X^2$ **	99,99
Raízes	$Y = 0,0696 - 0,0013X + 0,0002X^2$ **	99,71

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O valor 0,33% de fósforo obtido por WERNER & HAAG (1972) cultivando o capim gordura em 20 ppm (mg/l) de fósforo, é comparável ao nível crítico de 0,36% de fósforo obtido nas folhas, com 17,24 mg de fósforo/l solução, porém, um pouco mais alto que a média de 0,24% obtida para parte aérea.





$Y1 = 0,0450 + 0,0133X + 0,0003X^2$	$R^2 = 99,74$
$Y2 = 0,0293 + 0,0026X + 0,0003X^2$	$R^2 = 99,86$
$Y3 = 0,0264 + 0,0020X + 0,0004X^2$	$R^2 = 99,99$
$Y4 = 0,0696 - 0,0013X + 0,0002X^2$	$R^2 = 99,71$

Figura 8 - Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes da planta, sendo eles apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 - Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg P/l solução) de fósforo, em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv

Partes da planta	Níveis críticos externos mg P/l solução	Níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	17,24	0,36
Caules	16,69	0,16
Bainhas	15,57	0,16
Raízes	-	-

Os níveis críticos externos estiveram entre 15,57 e 17,24 mg P/l solução, e os internos entre 0,15 e 0,36% de fósforo, variando com as diversas partes da planta. As folhas apresentaram um nível crítico interno de 0,36%, os caules 0,16% e as bainhas 0,15%. A média ponderada desses valores foi de 0,24% de fósforo na parte aérea, um pouco mais alto que os 0,18% encontrados por ANDREW & ROBINS (1971).

#### *Panicum maximum* Jacq

#### Produção de matéria seca

A Tabela 35 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Panicum maximum* Jacq, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Os órgãos de maior acúmulo de matéria seca foram as folhas, seguindo-se em ordem decrescente caules, bainhas e raízes. As folhas acumularam 43,9% do peso médio total e 49,7% do peso médio da parte aérea. Os caules acumularam 24,3% do peso médio total e 22,8% da parte aérea. As raízes representaram 14,1% do peso médio total.

Tabela 35 - Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *Panicum maximum* Jacq., cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg de P/l de solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	0,36	0,12	0,19	0,40	1,07
0,48	3,89	1,07	1,68	2,21	8,85
1,94	13,68	8,50	6,07	4,32	35,57
7,75	20,73	10,88	6,94	4,77	43,32
31,00	18,05	10,91	8,02	3,45	40,43
C.V. %	38,71	44,65	40,69	42,26	
dms 5%	9,59	6,14	4,07	2,80	

A análise da variância dos dados é apresentada na Tabela 36, e mostra diferenças significativas ( $p = 0,01$ ), no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 36 - Análise da variância dos dados de peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Panicum maximum* Jacq. cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l de solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamento	4	314,6376**	112,5796**	47,2886**	13,4726**
Resíduo	15	19,2783	7,9034	3,4753	1,6421
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

O peso da matéria seca das plantas cresceu com o aumento da dose de fósforo. De modo geral os maiores aumentos ocorreram entre os níveis 1,94 mg P/l de solução e 7,75 mg P/l solução.

Os resultados concordam com o obtido por vários autores, em ensaios de vasos com solos ou solução nutritiva e ensaios de campo. ANDREW & ROBINS (1971) verificaram boa resposta do capim colômbio aos níveis crescentes de fósforo, sendo a produção do menor nível (0,062 g fosfato monocálcico, 24,6% P/vaso) 2% da produção máxima. O mesmo efeito positivo do fósforo sobre a produção de matéria seca do capim colômbio foi obtido por FALADE (1975) em vasos com solo e WERNER & HAAG (1972), em solução nutritiva. Por sua vez WERNER *et alii* (1967a) verificaram uma produção quase nula em ensaio de adubação num pasto decadente de Andradina, São Paulo, quando se omitiu o fósforo. MONTEIRO & WERNER (1977) relataram um efeito altamente significativo de fósforo na produção de matéria seca de capim colômbio nos estágios iniciais do desenvolvimento, em ensaios de vasos e de campo com um LVA variedade Larras. No ensaio de vasos o efeito do fósforo foi notável, com ou sem a aplicação de nitrogênio, embora a resposta ao nitrogênio tenha sido subordinada à aplicação concomitante de fósforo, como o já verificado por WERNER *et alii* (1967b), em ensaio de vasos com solo da região de Sertãozinho, São Paulo.

Folhas, caules, bainhas e raízes de *Panicum maximum* Jacq., comportaram-se de modo semelhante quanto ao acúmulo de matéria seca nos diversos níveis de fósforo, seguindo funções quadráticas, que são apresentadas na Tabela 37, juntamente com os respectivos pontos de máximo e coeficientes de determinação, e ilustradas na Figura 9.

#### Concentração de fósforo na planta

A Tabela 38 apresenta os valores médios das concentrações de fósforo, na matéria seca de partes de *Panicum maximum* Jacq., em função dos níveis crescentes de fósforo da solução nutritiva. A parte das plantas que mais acumulou fósforo foram as folhas, com uma concentração média de 0,15%. A seguir, encontraram-se valores médios de 0,12% em bainhas, 0,09% em caules e 0,07% em raízes.

Tabela 37 - Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *Panicum maximum* Jacq.

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		x	y	
Folhas	$Y=2,9783+3,1391X-0,0856X^2$ **	18,32	31,74	88,66
Caules	$Y=1,5134+1,6959X-0,0450X^2$ **	18,85	17,50	82,07
Bainhas	$Y=1,6086+0,9809X-0,0250X^2$ **	16,60	11,22	78,50
Raízes	$Y=1,6789+0,5957X-0,0174X^2$ **	17,12	6,79	63,69

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 38 - Concentração média de fósforo na matéria seca (%) de partes de *Panicum maximum* Jacq., cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
0,12	0,034	0,062	0,022	0,034
0,48	0,046	0,047	0,018	0,044
1,94	0,051	0,035	0,021	0,035
7,75	0,162	0,080	0,117	0,060
31,00	0,464	0,208	0,436	0,174
C.V. %	44,92	41,61	53,66	38,88
dms 5%	0,149	0,079	0,144	0,059

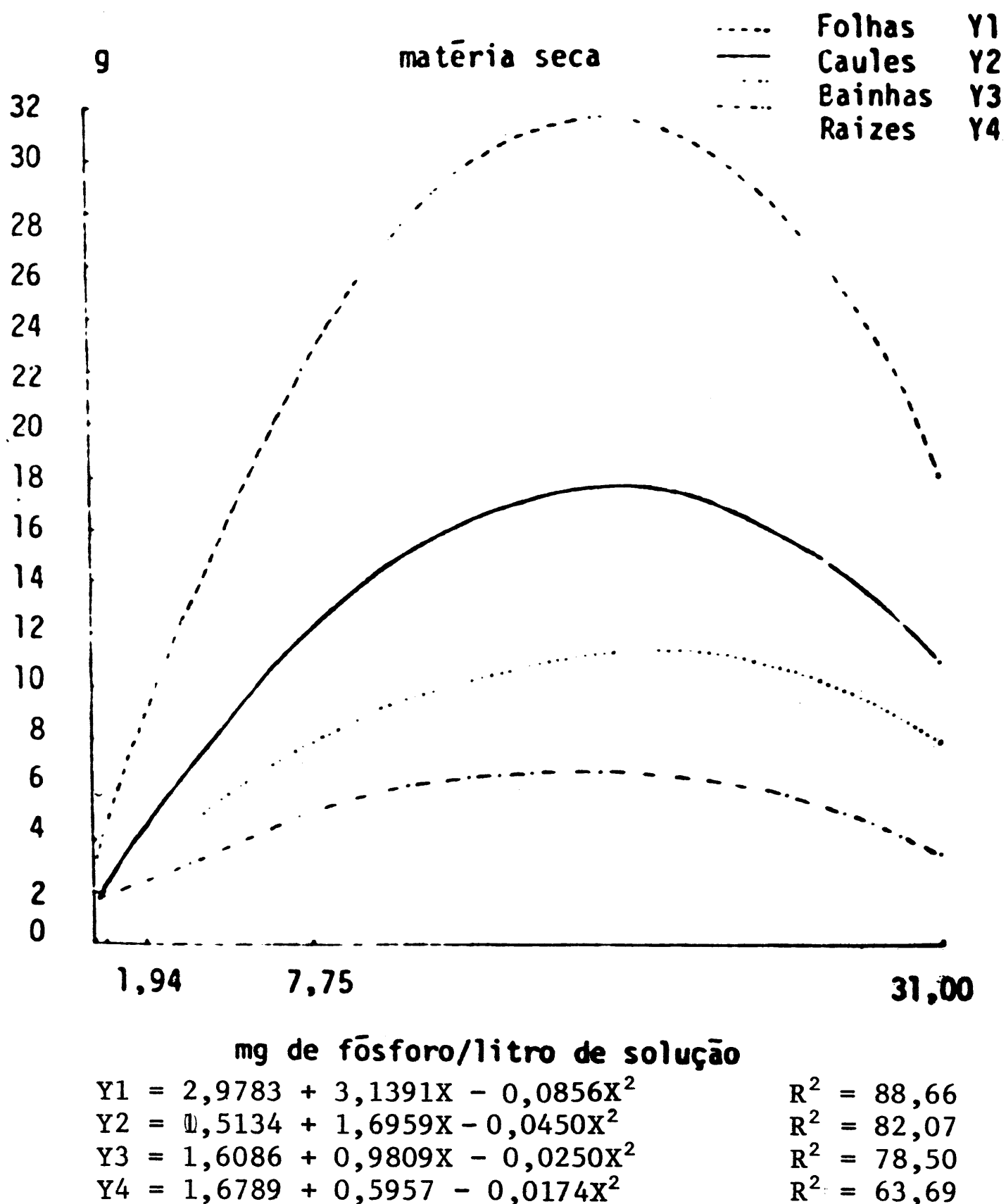


Figura 9 - Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) em partes de *Panicum maximum* Jacq., em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

A análise da variância dos dados da Tabela 38, é mostrada na Tabela 39. As concentrações de fósforo das diversas partes em que foram divididas as plantas, variaram significativamente com os níveis crescentes de fósforo da solução nutritiva.

As concentrações de fósforo nas diversas partes das plantas cresceram linearmente. A Tabela 40 apresenta as equações obtidas, e seus coeficientes de determinação, e a Figura 10 ilustra o ocorrido. O teor de fósforo no tecido, esteve entre 0,022% no nível 0,12 e 0,0464% no nível 31 mg P/l de solução. Os dados concordam com os observados por ANDREW (1971), WERNER & HAAG (1972) e FALADE (1975).

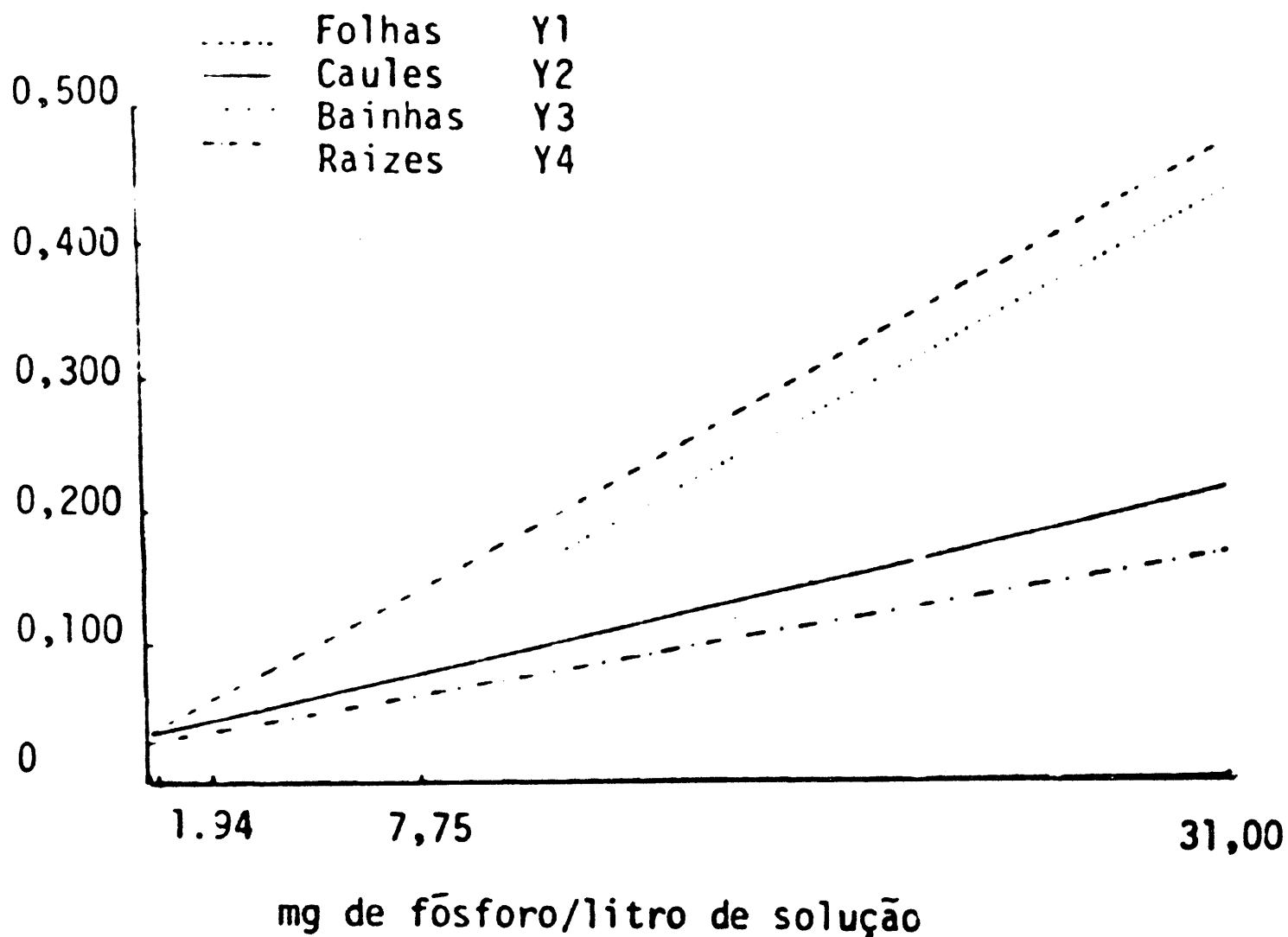
Tabela 39 - Análise da variância dos dados de concentração, de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Panicum maximum* Jacq., cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	4	0,1328**	0,0195**	0,1296**	0,0140**
Resíduo	15	0,0460	0,0012	0,0043	0,0007
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes das plantas, que são apresentados na Tabela 41.

Os níveis críticos internos estiveram entre 17,12 e 19,60 mg P/l de solução, e os externos entre 0,11% e 0,29% de fósforo, variando nas diversas partes da planta. Folhas, caules, bainhas e raízes tiveram níveis críticos de 0,29%; 0,14%; 0,28% e 0,11% respectivamente. A média ponderada desses valo



$$Y1 = 0,0367 + 0,0139X$$

$$R^2 = 99,61$$

$$Y2 = 0,0431 + 0,0052X$$

$$R^2 = 96,47$$

$$Y3 = 0,0092 + 0,0137X$$

$$R^2 = 99,72$$

$$Y4 = 0,0328 + 0,0045X$$

$$R^2 = 08,67$$

Figura 10 - Curvas de regress̄o da concentraç̄o de f̄osforo na mat̄eria seca (Y) em partes de *Panicum maximum* Jacq., em funç̄o dos n̄iveis de f̄osforo (X) da soluç̄o nutritiva.



res de 0,23% para a planta toda e 0,24% para a parte aérea. O valor 0,24% é levemente mais alto que os valores 0,185% encontrado por FALADE (1975), e 0,19% no 1º corte aos 57 dias de idade, encontrado por ANDREW & ROBINS (1971), mas concorda com os valores encontrados por HAAG *et alii* (1967) ao determinar a marcha de absorção, ou seja, entre 0,20 e 0,24% no período de 56 a 84 dias de idade.

Tabela 40 - Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (g/litro) X, em partes de *Panicum maximum* Jacq.

Partes da planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,0367 + 0,0139X^{**}$	99,61
Caules	$Y = 0,0431 + 0,0052X^{**}$	96,47
Bainhas	$Y = 0,0092 + 0,0137X^{**}$	99,72
Raízes	$Y = 0,0328 + 0,0045^{**}$	98,67

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 41 - Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos P/l solução) de fósforo, em partes de *Panicum maximum* Jacq.

Partes da planta	Níveis críticos externos mg P/l	Níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	18,32	0,29
Caules	18,85	0,14
Bainhas	19,60	0,28
Raízes	17,12	0,11

*Pennisetum purpureum* Schum

## Produção de matéria seca

A Tabela 42 apresenta os dados de produção de matéria seca em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo. O peso médio da matéria seca das folhas representou 41,53% do total, e 48,26% do peso da matéria seca da parte aérea. Os caules acumularam 32,68% do peso médio total da matéria seca, e 37,98% do peso da parte aérea. As bainhas tiveram peso médio da ordem de 11,84% do peso total da matéria seca, e 13,76% do peso da matéria seca da parte aérea. As raízes, por sua vez, tiveram um peso médio de 13,95% do peso total da matéria seca.

Tabela 42 - Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	1,94	1,20	0,55	1,65	5,34
0,48	4,13	3,10	1,33	3,48	12,04
1,94	12,65	11,54	3,71	4,46	32,36
7,75	24,06	22,38	7,34	6,00	59,78
31,00	27,16	16,81	7,03	7,88	58,88
C.V. %	53,70	65,40	63,43	38,52	
dms 5%	16,41	15,73	5,54	3,95	

A análise da variância dos dados é apresentada na Tabela 43, mostrando diferenças significativas ( $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Pennisetum purpureum* Schum.

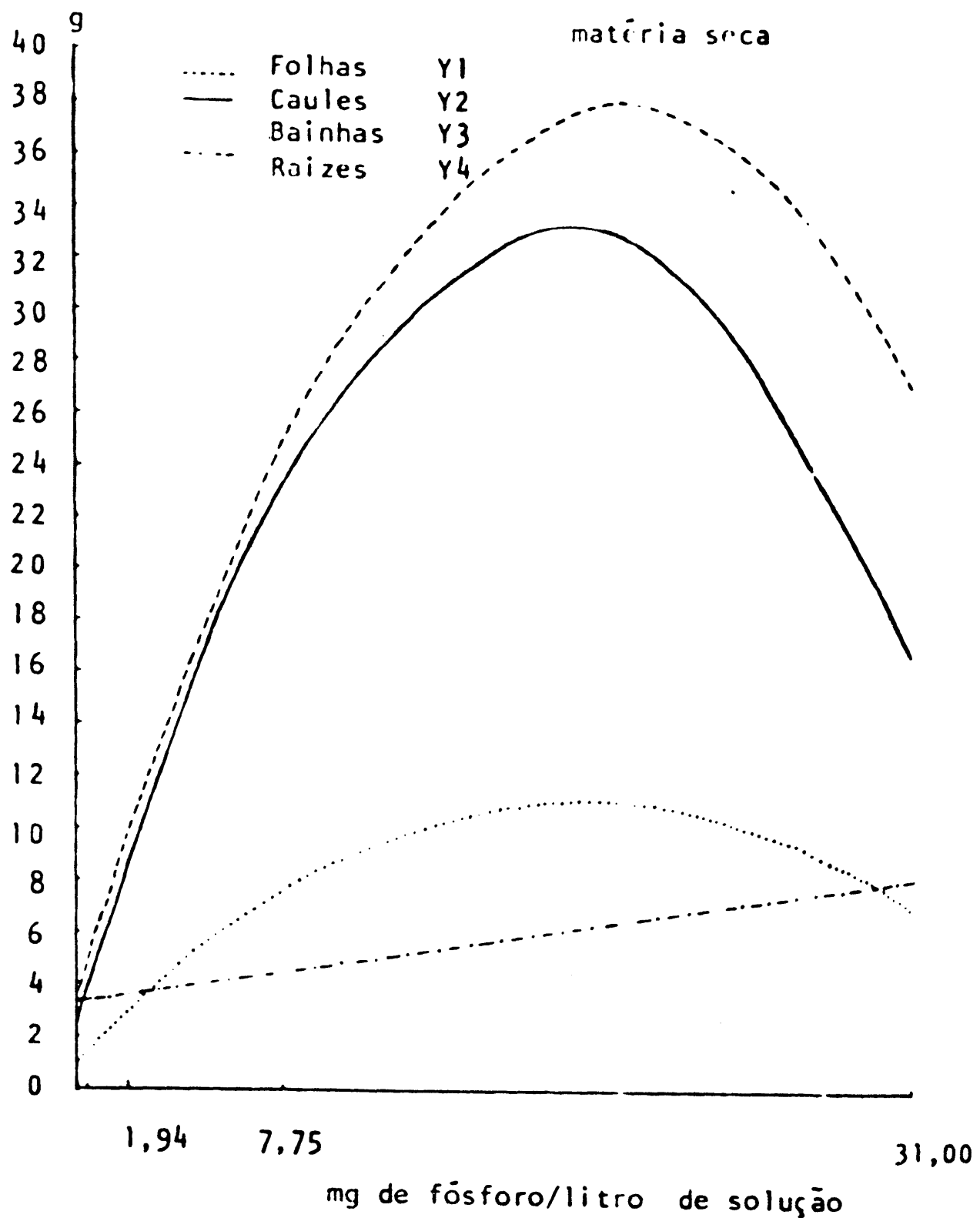
Tabela 43 - Análise da variância dos dados do peso da matéria seca (g/planta) em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	4	519,0353**	322,0466**	39,3994**	22,6872**
Resíduo	15	56,4408	51,8087	6,4232	3,2735
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para folhas, caules e bainhas o peso da matéria seca aumentou até cerca de 19 mg P/litro de solução nutritiva, decrescendo em seguida, de acordo com as funções quadráticas apresentadas na Tabela 44 e ilustradas na Figura 11. WERNER & HAAG (1972) verificaram que o capim napier necessitou de doses elevadas de fósforo, em relação às outras espécies por eles estudadas, sendo a produção de matéria seca de sua parte crescente entre 0 e 125 mg P/l solução nutritiva. FALADE (1975) verificou respostas diferenciais do capim napier à aplicação de fósforo. O autor conduziu, na Nigéria, um experimento com níveis crescentes de fósforo em vasos contendo solo, encontrando diferenças na necessidade de fósforo para obter uma produção máxima, entre o *P. purpureum* Green e o *P. purpureum* Purple. Embora ambos tenham tido produções da mesma ordem, o *P. purpureum* Green teve sua produção máxima com 15 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/vaso e o *P. purpureum* Purple com 120.

O peso da matéria seca das raízes foi sempre crescente, de acordo com uma função linear concordando com o obtido por WERNER & HAAG (1972), ou seja, peso sempre crescente para matéria seca das raízes até o nível 25 mg P/l solução.



$$\begin{array}{ll}
 Y1 = 3,1219 + 3,4951X - 0,0878X^2 & R^2 = 99,48 \\
 Y2 = 2,2133 + 3,4582X - 0,0964X^2 & R^2 = 99,96 \\
 Y3 = 0,9136 + 1,0814X - 0,0285X^2 & R^2 = 99,75 \\
 Y4 = 3,3993 + 0,1572X & R^2 = 98,43
 \end{array}$$

Figura 11 - Curvas e quações de regressão do peso da matéria seca (Y) em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

Tabela 44 - Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *Pennisetum purpureum* Schum

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y=3,1219+3,4951X-0,0878X^2$ **	19,90	37,91	97,44
Caules	$Y=2,2133+3,4582X-0,0964X^2$ **	17,93	33,22	96,22
Bainhas	$Y=0,9136+1,0814X-0,0285X^2$ **	18,95	11,16	97,56
Raízes	$Y=3,3993+0,1572X$ **	-	-	74,52

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

#### Concentração de fósforo na matéria seca

Os valores da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva são apresentados na Tabela 45.

As folhas apresentaram o maior teor de fósforo, com 0,13%, bainhas, caules e raízes apresentaram respectivamente 0,11%, 0,10% e 0,09% de fósforo.

A análise da variância dos dados da Tabela 45 é apresentada na Tabela 46. As concentrações de fósforo nas diversas partes em que foram divididas as plantas variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução.

As concentrações de fósforo no tecido aumentaram com o aumento do teor na solução, concordando com o verificado por WERNER *et alii* (1971) e FALADE (1975). Para folhas e bainhas esse comportamento foi expresso por regressões lineares, e para caules e raízes por regressões quadráticas. A Tabela 47 apresenta essas equações e seus coeficientes de determinação, e a Figura 12 ilustra tais resultados.

Tabela 45 - Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
0,12	0,044	0,043	0,037	0,039
0,48	0,050	0,036	0,030	0,052
1,96	0,068	0,040	0,041	0,077
7,75	0,141	0,064	0,102	0,120
31,00	0,349	0,326	0,364	0,157
C.V. %	17,02	26,32	0,364	25,77
dms 5%	0,048	0,058	0,044	0,050

Tabela 46 - Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	4	0,0656**	0,0631**	0,0808**	0,0095**
Resíduo	15	0,0004	0,0007	0,0004	0,0005
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

As concentrações de fósforo no tecido aumentaram com o aumento do teor na solução, concordando com o verificado por

WERNER *et alii* (1971) e FALADE (1975). Para folhas e baínhas esse comportamento foi expresso por regressões lineares, e para caules e raízes por regressões quadráticas. A Tabela 47 apresenta essas equações e seus coeficientes de determinação, e a Figura 12 ilustra tais resultados.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes da planta, sendo eles apresentados na Tabela 48.

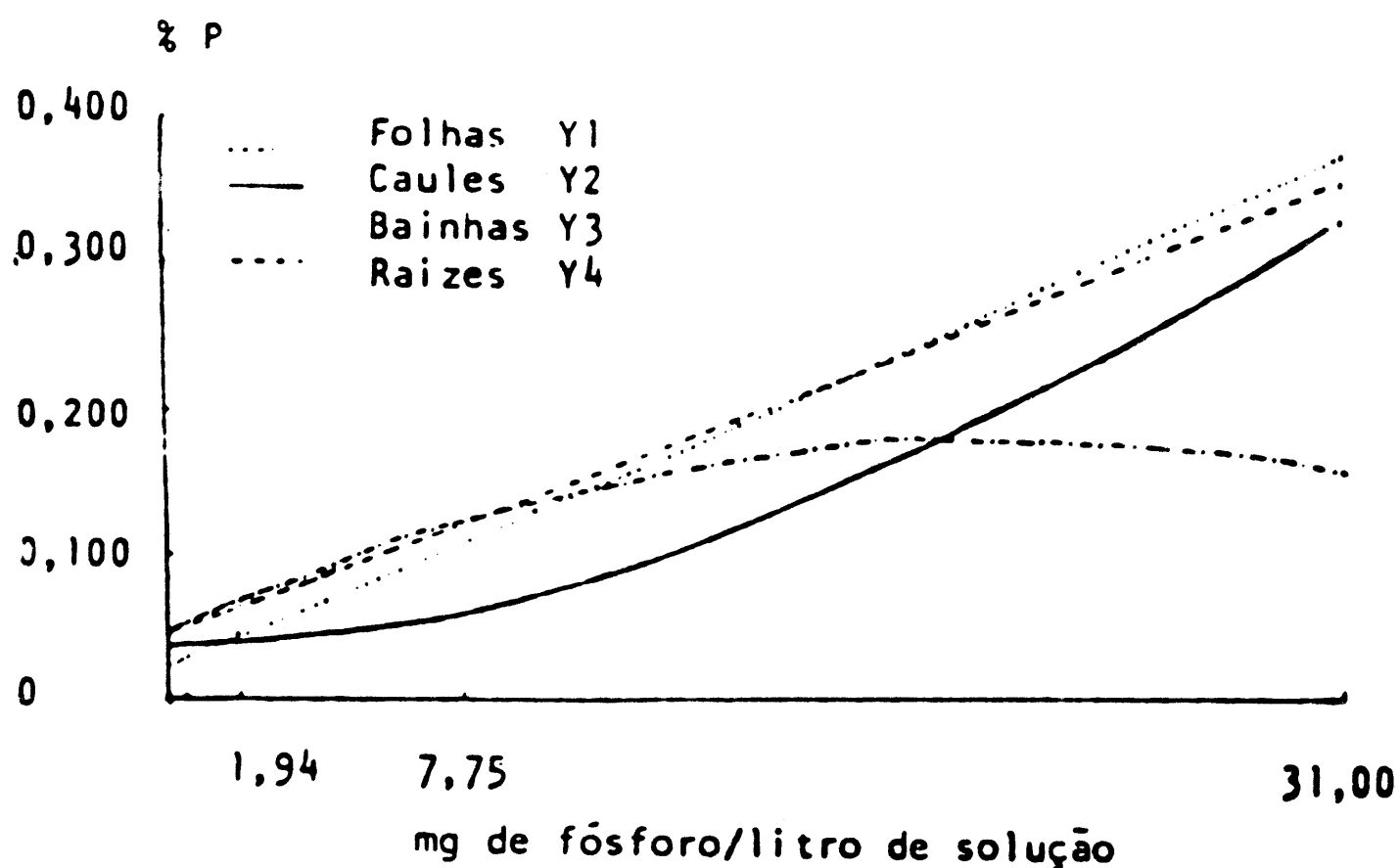
Tabela 47 - Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

Partes da planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,0498 + 0,0098X^{**}$	99,48
Caules	$Y = 0,0386 + 0,0011X + 0,0003X^2^*$	99,96
Baínhas	$Y = 0,0252 + 0,0109X^{**}$	99,75
Raízes	$Y = 0,0459 + 0,0120X - 0,0003X^2^{**}$	98,43

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 48 - Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg P/l solução) de fósforo, em partes de *Pennisetum purpureum* Schum

Partes da planta	Níveis críticos externos mg P/l solução	Níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	19,90	0,24
Caules	17,93	0,15
Baínhas	18,95	0,23
Raízes	-	-



$Y1 = 0,0496 + 0,0098X$	$R^2 = 99,48$
$Y2 = 0,0386 + 0,0011X + 0,0003X^2$	$R^2 = 99,96$
$Y3 = 0,0252 + 0,0109X$	$R^2 = 97,75$
$Y4 = 0,0459 + 0,0120X - 0,0003X^2$	$R^2 = 98,43$

Figura 12 - Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y), de partes de *Pennisetum purpureum* Schum, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.



Os níveis críticos externos estiveram entre 17,93 e 19,90 mg P/l solução e os internos entre 0,15% e 0,24% de fósforo no tecido. As folhas apresentaram um nível crítico de 0,24%, os caules 0,15% e as bainhas 0,23% de fósforo. A média ponderada para a parte aérea foi de 0,20% de fósforo, muito próximo do nível 0,215% determinado por FALADE (1975) para *P. purpureum* Green e comparável ao nível de 0,248% encontrado pelo mesmo autor para *P. purpureum* Purple. Esses resultados concordam ainda com os valores entre 0,24 e 0,20% entre 56 e 84 dias de idade determinados por HAAG *et alii* (1967) na marcha de absorção.

GOMIDE *et alii* (1969) e PROSPERO & PEIXOTO (1972), estudando a variação do teor de fósforo com a idade do capim em ensaios de campo convenientemente adubados, obtiveram concentrações de fósforo mais baixas na matéria seca do capim na pier. GOMIDE *et alii* (1969) obtiveram um valor de 0,15% de fósforo na matéria seca, para planta com 84 dias de idade e PROSPERO & PEIXOTO (1972) obtiveram uma concentração de 0,12% de fósforo em plantas com 75 dias de idade.

#### *Observações gerais*

Plantas eficientes na absorção de fósforo são aquelas que conseguem retirá-lo do meio, mesmo quando se apresentar em baixas concentrações contribuindo para uma produção alta de matéria seca.

São consideradas plantas eficientes na utilização do fósforo aquelas que necessitam quantidades pequenas do elemento por unidade de matéria seca produzida.

Estes fenômenos serão observados na Tabela 49. Assim, *B. humodicola* apresenta um nível crítico externo bem baixo, associado a sua produção máxima. Para as demais gramíneas, com exceção da *H. rufa* os valores são aproximadamente idênticos.

O nível crítico interno não apresenta grandes variações entre as gramíneas.

O fator de concentração, isto é, o quociente entre a concentração de fósforo na planta e a concentração do elemen

Tabela 49 - Níveis críticos internos e externos, produção de matéria seca e fator de concentração de fósforo em *B. decumbens*, *B. humidicola*, *D. decumbens*, *H. rufa*, *M. minutiflora*, *P. maximum* e *P. purpureum* (valores determinados para a parte aérea)

Espécies	Nível crítico		Produção de m. seca (g)	ppm P na MS		Fator de concentração*
	externo (mg/l)	interno (% na MS)		ppm P sol.	de P	
<i>B. decumbens</i>	17,06	0,32	20,53	187,57	3.850,81	
<i>B. humidicola</i>	3,72	0,26	25,49	698,92	17.815,47	
<i>D. decumbens</i>	19,29	0,38	27,15	196,99	5.348,28	
<i>H. rufa</i>	1,94-7,75	0,18-0,59	-	761,29-927,83	-	
<i>M. minutiflora</i>	17,09	0,24	23,08	140,43	3.241,12	
<i>P. maximum</i>	18,76	0,24	60,44	127,93	7.732,09	
<i>P. purpureum</i>	19,02	0,20	81,30	105,15	8.548,695	

\* =  $\frac{\text{ppm P na m. seca}}{\text{ppm P na sol. nutritiva}} \times \text{Produção de m. seca}$

to na solução nutritiva, multiplicado pela produção de matéria seca, no ponto de máxima produção, atesta a eficiência da utilização do fósforo pela gramínea. Observa-se que a *B. humidicola* é a gramínea que apresenta maior capacidade, isto é, consegue utilizar da melhor forma o fósforo disponível. A gramínea *M. minutiflora* é que apresenta a menor capacidade de utilização do fósforo.

Através da Tabela 50 observa-se que a produção relativa (%) das gramíneas variam em função dos níveis do fósforo disponível. No nível baixo de fósforo (0,12 mg P/l) a produção relativa mais elevada foi obtida pela *B. humidicola* .... (18,63%), seguida pela *P. purpureum* (8,93%) e pela *D. decumbens* (6,48%). As demais gramíneas não conseguiram produzir matéria seca neste nível baixo de fósforo. No nível de 0,48 mg P/l, a gramínea *B. humidicola* atingiu a produção relativa de 77,72%, atentando a sua capacidade de sobreviver e produzir em níveis baixos de fósforo. No nível de 1,94 mg P/l, a gramínea *B. humidicola* atingiu 100% de produção relativa no que foi acompanhada pela *H. rufa* e seguida de perto pela *P. maximum* com 82,10%. O nível mais elevado 7,75 mg P/l foi prejudicial para a *B. humidicola* mas benéfico para as demais espécies utilizadas. O nível de 31,00 mg P/l foi benéfico para *D. decumbens* (100%), *P. maximum* (93,32%), *P. purpureum* (98,49%) e *H. rufa* (98,50%), sendo prejudicial para as demais gramíneas.

Considerando que os solos brasileiros em geral são pobres em fósforo disponível, os capins que melhor se adaptaram a estas condições são *B. humidicola* e *H. rufa* seguido pelo *P. maximum*.

Sem levar em consideração a matéria seca produzida, de modo geral, pode se classificar as gramíneas quando ao comportamento em frente aos níveis de fósforo:

1. *Brachiaria humidicola* e *Hypharrhenia rufa* foram as espécies mais eficientes na absorção e utilização do fósforo;
2. *Melinis minutiflora*, *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria decumbens*,

Tabela 50 - Produção relativa (%) em função do fornecimento de fósforo

Níveis de fósforo em mg/l	B. <i>decumbens humidicola</i>		D. <i>decumbens minutiflora maximum</i>		M. <i>purpureum</i>		H. <i>rufa</i>	
	%	%	%	%	%	%	%	%
0,12	-	18,63	6,48	-	2,46	8,93	-	-
0,48	9,53	77,72	15,86	6,06	20,42	20,14	18,13	18,13
1,94	61,25	100,00	61,41	65,84	82,10	54,13	100,00	100,00
7,75	100,00	40,75	96,57	100,00	100,00	100,00	98,38	98,38
31,00	55,93	63,17	100,00	53,24	93,32	98,49	98,50	98,50

apresentam uma baixa eficiência na absorção e utilização do fósforo.

Levando-se em consideração a produção de matéria seca, observa-se que:

1. *Brachiaria humidicola* foi a espécie mais eficiente na absorção de fósforo.
2. Dentre as demais espécies, *P. purpureum* e *P. maximum* apresentaram maior eficiência.

### CONCLUSÕES

As concentrações de fósforo na solução nutritiva (nível crítico e externo) que propiciaram maior acúmulo de matéria seca foram 3,72\* mg P/l para *Brachiaria humidicola*; entre 1,94 e 7,75\*\* mg P/l para *Hypharrhenia rufa*; 16,94\*\* mg P/l para *Brachiaria decumbens*; 17,09\* mg P/l para *Melinis minutiflora*; 18,50\*\* mg P/l para *Panicum maximum*; 19,02\* mg P/l para *Pennisetum purpureum*; e 19,16\*\* mg P/l para *Digitaria decumbens*.

Os níveis críticos internos foram: 0,31%\*\* de fósforo para *Brachiaria decumbens*; 0,29%\*\* de fósforo para *Digitaria decumbens*; 0,26%\* de fósforo para *Brachiaria humidicola*; 0,24%\* de fósforo para *Melinis minutiflora*; 0,23%\*\* de fósforo para *Panicum maximum*; 0,20%\* de fósforo para *Pennisetum purpureum*; e entre 0,16 e 0,53%\*\* para a *H. rufa*.

A espécie mais eficiente na utilização do fósforo foi *Brachiaria humidicola*. Seguiram-se em ordem decrescente *P. purpureum*, *P. maximum*, *D. decumbens*, *B. decumbens* e *M. minutiflora*.

---

\* Parte aérea.

\*\* Parte toda

*SUMMARY*

CRITICAL PHOSPHORUS LEVELS OF *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt, *Digitaria decumbens* Stent, *Htpharrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, *Panicum maximum* Jacq., and *Pennisetum purpureum* Schum.

Seven tropical grass species were cultivated in nutrient solutions added the following amounts of phosphorus in mg./l.: 0.12, 0.48, 1.94, 7.75, 31.00. 75 days later, the plants were harvested and divided into: leaves, stems, sheaths and roots. The material was dried at 178°F, weighed analysed for phosphorus by the conventional colometric method.

The data were submitted to statistical treatment and interpretation.

The authors concluded:

1. Differential phosphorus responses among the grasses, were observed. *B. humidicola* and *H. rufa* showed the lowest external phosphorus requirements, followed by *B. decumbens*, *M. minutiflora*, *P. maximum*, *P. purpureum*, and *D. decumbens*.

2. Differential phosphorus contents were observed among the species. The highest internal phosphorus requirement was observed for *D. decumbens* (0.38%) followed by *B. decumbens* (0.32%), *B. humidicola* (0.26%), *M. minutiflora* (0.24%), *P. maximum* (0.24%), *P. purpureum* (0.20%).

3. The best absorption capacity and utilization of phosphorus was observed for *B. humidicola* followed by *P. purpureum*, *P. maximum*, *D. decumbens*, *B. decumbens*, and *M. minutiflora*.

## LITERATURA CITADA

ANDREW, C.S., 1960. Effect of phosphorus, potassium, and calcium on the growth, chemical composition and symptoms of deficiency of white clover in a subtropical environment. Aust. J. Agric. Res., Melbourne 11: 149-161.

- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F., 1969a. The effect of phosphorus on growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, **20**: 665-674.
- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F., 1969b. The effect of potassium on growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. II. Growth and Critical percentages of phosphorus. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, **20**: 999-1007.
- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F., 1971. The effect of phosphorus - on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, **22**: 693-706.
- BELEM, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido 1977**, 178p.
- BRASÍLIA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1976. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1976 - 1976**, 154p.
- CAMPO GRANDE: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa do Gado de Corte 1976-1978**, 120p.
- CLARKSON, D.T., 1967. Phosphorus supply and growth rate in species of *Agrostis* L. *Jour. Ecology*, London, **55**: 111.118.
- FALADE, J.A., 1975. The effect of phosphorus on the growth and mineral composition of five tropical grasses. *E. A. Agric. For. J.*, Nairobi, **40**: 342-350.
- FENSTER, H.E.; LEON, L.A., 1978 Management of phosphorus fertilization in establishing and maintaining improved pasture on acid, infertile soil of tropical America. In: SANCHEZ, P. A. & L.E. TERGAS, ed., **Pasture Production in Acid Soils of the Tropics**, Cali, Stelia Sardi de Salcedo, p.109.122.
- FOY, C.D., 1976. Differential aluminum and manganese tolerance

- rances of plant species and varieties in acid soils. *Ciência e Cultura*, São Paulo, **28**: 150-155.
- GOMIDE, J.A.; NOLLER, C.H.; MOTT, G.O.; CONRAD, J.H.; HILL, D.L., 1969. Mineral composition of six tropical grasses as influenced by plant age and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, Madison, **61**: 120-123
- HAAG, H.P.; BOSE, M.L.V.; ANDRADE, R.G., 1967. Absorção dos macronutrientes pelos capins colômbio, gordura, jaraguá, napier e pangola. *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"* **24**: 120-123
- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C., 1977. Efeito das adubações nitrogenada e fosfatada em capim colômbio, na formação e em pasto estabelecido. *B. Ind. anim.*, Nova Odessa, **34**: 91-101.
- NASCIMENTO JUNIOR, D.; SILDA, J.F.C. da; PINHEIRO, J. da S., 1976. Teores de alguns minerais no capim jaraguá (*Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf) em várias idades de corte. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, **5**: 48-55.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, 1974. **Annual Report 1973**, North Carolina, USA, 60p.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, 1976. **Annual Report 1975**, North Carolina, USA, 75p.
- PIMENTEL GOMES, F., 1973. **Curso de Estatística Experimental**, 7a. edição, Piracicaba, Livraria Nobel S.A., 430p.
- PLUCKNETT, D.L.; FOX, R.L., 1965. Effects of phosphorus fertilization on yields and composition of pangola grass and *Desmodium intortum*. In: L.R. QUINN, Coord. **Anais do IXº Congresso Internacional de Pastagens**, São Paulo, Departamento da Produção Animal, Secretaria da Agricultura, p. 1525-1529.
- PROSPERO, A.O.; PEIXOTO, A.M., 1972. Composição mineral do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) variedade napier em diferentes estádios de desenvolvimento. *O Solo*, Piracicaba **64** 45-51.



- SALINAS, J.G.; SANCHEZ, P.A., 1976. Soil plant relationships affecting varietal and species differences in tolerance to how available soil phosphorus. *Ciência e Cultura*, São Paulo, **28**: 156-168.
- SANCHEZ, P.A., 1976. **Properties and management of soils in the tropics**, New York, Wiley Interscience Publications, 618p.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. **Análises químicas em plantas**, Piracicaba, Departamento de Química, ESALQ/USP, 56p.
- SARRUGE, J.R., 1966. Soluções nutritivas - Nota técnica. *Summa Phytopathologica*, Piracicaba, **1**: 231-233.
- WERNER, J.C.; QUAGLIATO, J.L.; MARTINELLI, D., 1967a. Ensaio de fertilização do colônião com solo da "Noroeste". *B. Industr. anim.*, Nova Odessa, **24**: 159-167.
- WERNER, J.C.; PEDREIRA, J.V.S.; QUAGLIATO, J.L., 1967b. Ensaio exploratório de capim colônião com solo de Sertãozinho. *B. Industr. anim.*, Nova Odessa, **24**: 155-158.
- WERNER, J.C.; KALIL, E.B., PIMENTEL GOMES, F.; PEDREIRA, J. V.S.; ROCHA, G.L.; SARTINI, H.J., 1968. Competição de adubos fosfatados. *B. Industr. anim.*, Nova Odessa, **25**: 139-149.
- WERNER, J.C.; HAAG, H.P., 1972. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. *B. Industr. anim.*, Nova Odessa, **29**: 191-245.
- WERNER, J.C.; MATTOS, H.B., 1972. Estudo da nutrição do capim gordura (*Melinis minutiflora*). *B. Industr. anim.*, Nova Odessa, **29**: 175-184.
- WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A., 1974. Efeitos das adubações fosfatada e potássica na produção de um pasto consorciado de gordura com centrosema. *B. Industr. anim.*, Nova Odessa, **31**: 301-312.

