

FORMAS DE POTÁSSIO E ESTABELECIMENTO DE NÍVEL CRÍTICO PARA ALGUNS SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. I: POTÁSSIO DISPONÍVEL*

José Mário Braga
Moacir C. O. Brasil Sobrinho**

1. INTRODUÇÃO

Os resultados experimentais, realizados com a finalidade de verificar o comportamento dos vegetais, frente à aplicação de fontes de potássio, têm mostrado grande variação e não são sempre consistentes.

Possivelmente, muitas das causas desta variação seja o reduzido número de dados que se tem sobre a dinâmica das formas do elemento no solo.

Em 1944, BRAY (1) introduziu o conceito de elemento disponível, no qual relacionou a quantidade, independente da forma do elemento, em determinado momento, com o crescimento vegetal.

Com a aceitação do conceito de elemento disponível, muitos reagentes surgiram para a determinação do potássio disponível, conforme mostram os trabalhos de BRAY (1) e HENDE e COTTENIE (8).

Com o uso de um extrator, fica implícito que os teores por ele extraídos estabelecerão tanto o nível crítico como a probabilidade de resposta à adubação potássica no solo em exame, conforme acentua FITTS e NELSON (6).

Muitos têm sido os níveis críticos propostos para o potássio disponível, níveis que têm variado, conforme o extrator e a região onde os ensaios têm sido realizados (2, 3, 7, 10).

Para CATE e NELSON (4), há razões para se adotar um único nível crítico, e estes pesquisadores desenvolveram método para a determinação deste nível (5).

O objetivo deste trabalho foi determinar, em alguns solos do Estado de Minas Gerais, os teores de potássio disponível, usando diversos extractores; comparar os teores dos extractores entre si e estabelecer o nível crítico para cada um dos extractores usados.

* Esta pesquisa foi, em parte, financiada pelo Conselho Nacional de Pesquisa.

Aceito para publicação em 16-3-73.

** Professores Adjuntos, respectivamente, da Universidade Federal de Viçosa e da Universidade de São Paulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram tomadas amostras de até vinte centímetros de profundidade, de vinte solos localizados em diversas regiões do Estado de Minas Gerais. Os solos foram classificados ao nível de grande grupo e algumas características físicas, químicas e presença de ilita no material argiloso foram determinadas, e os resultados encontrados estão nos quadros 1 e 2.

QUADRO 1 - Análise física das amostras dos solos em estudo

Nº	Solo	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Equivalente	Presença de Umidade (%)
Latossolo Vermelho Escuro							
1							
1		10	12	16	62	26	Não
2		25	15	12	48	23	Não
3		4	15	22	59	22	Não
4		1	21	20	58	26	Sim
5		5	15	17	63	30	Não
6		29	40	5	16	10	Não
Latossolo Vermelho Amarelo							
7							
7		2	31	17	50	29	Não
8		23	17	11	49	25	Não
9		19	26	39	16	26	Não
10		9	17	29	45	24	Sim
Podzólico Vermelho Amarelo							
11							
11		19	12	11	58	25	Não
12		16	30	17	37	24	Não
13		2	8	23	67	39	Não
14		28	20	20	32	24	Sim
15		25	17	20	38	28	Não
16		30	22	19	29	22	Sim
17		2	10	59	29	35	Sim
18		10	18	27	45	37	Sim
19		9	24	24	43	34	Não
Hidromórfico							
		1	15	30	54	39	Sim

QUADRO 2 - Análise química das amostras dos solos em estudo

VOL. XX, Nº 107, 1973 ===== 55

Nº	Solo	Complexo sortivo do solo (eq.mg/100 g)						V%	M0%
		pH-água	H+Al	Ca	Mg	K	S		
1	LVE*	5,3	4,04	0,468	0,162	0,132	0,762	4,802	15
2		5,3	3,48	0,810	0,468	0,242	1,520	5,000	33
3		5,4	7,24	0,675	1,372	0,380	2,427	9,667	25
4		5,4	3,90	2,947	0,945	0,260	4,152	8,052	52
5		5,2	5,99	1,296	0,072	0,122	1,490	7,480	20
6	LVA**	5,4	1,25	1,626	-	0,092	1,718	2,968	57
7		5,7	3,90	6,606	1,908	0,280	8,794	12,694	69
8		4,7	3,90	0,666	0,036	0,256	0,958	4,858	19
9		6,0	4,04	2,182	1,035	0,285	3,502	7,542	46
10	PVA***	5,9	4,59	11,047	0,675	0,620	12,342	16,932	72
11		5,3	1,88	0,414	0,054	0,106	0,574	2,454	1,94
12		4,8	8,22	0,540	0,090	0,230	0,860	9,080	9
13		5,2	4,59	1,530	0,090	0,280	1,900	6,490	29
14		6,0	2,36	8,082	1,818	0,320	10,220	12,580	81
15		5,6	3,34	6,102	1,116	0,156	7,374	10,714	68
16		6,1	1,88	6,966	1,494	0,340	8,800	10,680	82
17		6,0	1,95	4,212	0,954	0,280	5,446	7,396	73
18		6,1	1,53	6,462	1,998	0,440	8,900	10,430	85
19		6,7	0,97	18,909	4,563	0,640	24,112	25,082	96
20	Hidromórfico	4,8	7,17	1,278	0,306	0,280	1,864	9,034	20
								3,66	

Análises feitas no Laboratório de Análise de Solos da U.F.V.

* Latoso solo Vermelho Escuro

** Latoso solo Vermelho Amarelo

*** Podzólico Vermelho Amarelo

O potássio disponível foi determinado usando-se as técnicas sumariadas no quadro 3.

Amostras de dois quilogramas de solo, depois de secas e expurgadas, foram colocadas em vasos de cerâmica, revestidos com folhas de plásticos. Estas amostras sofreram calagem suficiente para que o solo atingisse pH de 6,5 a 7,0 e foram adubados com fósforo e nitrogênio, em quantidades suficientes para que estes elementos não limitassem o crescimento vegetal.

O ensaio constou de quatro tratamentos de potássio, aplicando-se cloreto de potássio em dose suficiente para se ter os níveis de 0, 100, 200 e 300 ppm de potássio.

Plantaram-se cinqüenta sementes de painço (*Setaria italica*, Beauv.), e após uma semana foi feito o desbaste, deixando-se, em cada vaso, vinte e cinco plântulas.

Os vasos foram irrigados diariamente, até se ter constante 3/4 da capacidade de campo.

O ensaio durou quarenta dias, e durante este período foram observados os cuidados recomendados por WAUGH e FITTS (12). Após este período, o material vegetal foi cortado e secado em estufa a 67° C, com circulação forçada de ar.

Os pesos secos foram analisados estatisticamente, e nas amostras onde não houve diferença estatística para níveis foi determinado o crescimento relativo (C.R.) considerando a expressão C.R. = (Tratamento sem potássio/Tratamento com potássio) X 100. Nos solos onde os pesos secos dos tratamentos se ajustaram à equação de Mitscherlich ou equação do segundo grau, foi considerado como denominador o valor A ou a produção máxima.

Determinou-se, ainda, o teor de potássio no material vegetal e a quantidade de potássio recuperada ou absorvida. Este valor foi obtido pelo produto do peso do vegetal no tratamento sem adição de potássio pela percentagem de potássio no material vegetal.

Os teores de potássio obtidos com os diversos extratores foram correlacionados com os dados de crescimento relativo. O relacionamento entre as duas variáveis foi feito com o auxílio das equações matemáticas:

1. Linear	$Y = AX + B$
2. 2º Grau	$Y = AX^2 + BX + C$
3. Mitscherlich	$Y = A(1 - 10^{-C(X + B)})$
4. Imersa	$Y = A(1/X) + B$
5. Raiz quadrada	$Y = A(\sqrt{X}) + B$
6. Logaritma	$Y = A(\log X) + B$

nas quais Y é o crescimento relativo e X os teores de potássio "disponível" obtidos com os diferentes extratores.

QUADRO 3 - Relação dos extractores químicos (composição química, tempo de agitação e razão solo:

(solução) usados para obtenção do potássico disponível

Nome do extra- tor	Composição qui- mica	Relação solo/solução	Tempo de agitação	Referência
Bray 1	NH ₄ F 0,03 N HCl 0,025 N	1:10	5 minutos	BRAY (2)
Bray 2	NH ₄ F 0,03 N HCl 0,025 N	1:10	5 minutos	BRAY (2)
IAC (1)	H ₂ SO ₄ 0,05 N	1:10	10 minutos	CATANI <i>et alii</i> (3)
IAC (2)	HN ₀ 3 0,05 N	1:10	10 minutos	CATANI <i>et alii</i> (3)
Norte Carolina	H ₂ SO ₄ 0,025 N HCl 0,05 N	1:4	10 minutos	REID e COPELANO (10)
Idem	Idem	1:10	5 minutos	VETTORI (11)
Morgan	Acetato de Amônio pH = 4,8	1:2	108 minutos	HENDE e COTTENIE (8)

(1) IAC - Instituto Agronômico de Campinas. Este extrator foi utilizado especificamente para fósforo.

(2) IAC - Instituto Agronômico de Campinas. Este extrator foi utilizado especificamente para potássio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de potássio disponível obtidos com o uso de extratores químicos nos solos em estudo estão no quadro 4.

O exame deste quadro mostra que houve uma variação bastante grande entre os teores de potássio no solo, sendo que esta variação foi influenciada pela concentração de hidrogênio, pela relação solo: solução e pelo cationte ou anionte que compõe o extrator.

Tomando as médias dos valores de potássio quando se utiliza o extrator Bray 1 e Bray 2, a razão entre estas médias é de 1:1,29, se se consideram todos os solos; a razão passa para 1:1,20 e 1:1,25, quando se considera, respectivamente, a presença e ausência de ilita. Nota-se que as razões entre os dois extratores permanecem as mesmas, independentes do material argiloso. Tal fato permite supor que o acréscimo de potássio obtido com Bray 2 deve ser proveniente da dissolução do material potássico existente no solo.

Pode-se, também, notar que, considerando o mesmo extrator, a quantidade de potássio varia, conforme o tipo do material argiloso. Considerando o Bray 1, há uma relação de 1:2,34, quando se compararam as médias entre solos sem ilita e os que têm este material. Para o Bray 2, a relação nas mesmas condições passa a ser de 1:2,49, sugerindo que o Bray 2 dissolveu mais potássio do que o Bray 1.

Para o estudo da influência da relação solo: solução, consideraram-se os teores de potássio obtidos com o extrator de Norte Carolina, nas razões de 1:10 e 1:4. Comparando as médias do teor de potássio considerando todos os solos, foi obtida a relação de 1:1,45; nos solos sem a presença de ilita, a relação foi de 1:1,49 e naqueles que tinham ilita a relação foi de 1:1,41. As relações obtidas sugerem que o poder de extração das soluções permanece praticamente constante, apesar da mudança do material do solo. Também, percebe-se que a diferença do poder de extração foi influenciada pela variação da relação solo: solução; idealmente, a relação seria de 1:2,5 na concentração de potássio em solução. Entretanto, com os dados deste ensaio, foi obtida uma relação de 1:1,7, sugerindo que as condições próprias do solo tenham provocado esta diminuição. HENDE e COTTENIE (8) encontraram, trabalhando com extrator acetato de amônio 1N, pH = 4,2, teores de potássio na relação 1:2,5.

Observa-se também que, para a mesma concentração (0,05N), no caso dos extratores ácido nítrico e ácido sulfúrico, a razão entre as médias foi de 1:1,22, 1:2,09, 1:1,06, respectivamente, para todos os solos, os quais têm ilita. A mudança de eficiência sugere que o ácido nítrico é mais efetivo para extraer potássio em solos ricos de ilita, enquanto o ácido sulfúrico foi de maior eficiência para os solos que não têm ilita. A razão desta eficiência relativa do ácido sulfúrico se deve à característica de maior dissolução do ácido sulfúrico no material orgânico (9).

Os teores de potássio "disponível" obtidos com os diferentes extratores foram correlacionados entre si e o coeficiente de correlação foi altamente significativo quando se consideram todos os solos, sem levar em conta o tipo de material argiloso e classe de solos, com exceção dos extratores Bray 1 e Norte

QUADRO 4 - Potássio disponível obtido com extractores químicos nos solos em estudo

		Extractor						
		Bray-2	Bray-1	HNO ₃ 0,05	NC 1:10	H ₂ SO ₄ 0,05	Morgan	NC 1:4
1	LVE*	63,4	51,5	39,0	53,0	63,4	31,2	36,2
2		96,7	81,1	77,2	112,3	101,4	109,2	75,0
3		112,3	93,6	98,3	134,2	142,3	199,4	115,0
4		177,8	148,8	168,5	215,3	212,4	179,4	135,0
5		59,3	48,4	39,8	56,2	60,4	62,4	45,0
6	LVA**	40,6	26,5	15,6	24,9	23,4	31,2	20,0
7		109,2	84,2	75,6	96,7	81,9	50,7	70,0
8		110,8	90,5	90,5	112,3	132,6	97,5	81,2
9		87,4	71,8	65,5	87,4	91,6	105,3	67,5
10	PVA***	393,1	312,0	349,4	330,7	296,4	561,6	242,5
11		65,5	65,5	51,5	81,1	74,1	42,9	47,5
12		53,0	43,7	29,6	56,0	46,8	54,6	27,5
13		159,1	134,2	133,4	188,1	148,2	156,0	125,0
14		249,6	180,9	182,5	255,8	241,8	280,8	172,5
15		121,7	98,3	112,3	140,4	146,3	124,8	95,0
16		234,0	113,9	221,5	193,4	276,9	456,3	167,5
17		187,2	131,0	168,3	249,6	198,3	405,6	200,0
18		199,7	174,6	184,1	262,1	214,3	315,9	135,0
19		90,5	79,6	63,9	93,6	89,7	42,9	67,5
20	Hidro.	196,6	162,2	180,9	246,5	243,7	249,6	127,5

* Latossolos Vermelho Escuro

** Latossolos Vermelho Amarelo

*** Podzólicos Vermelho Amarelo

Carolina 1:10, cujo coeficiente de correlação com os teores usando os extratores H_2SO_4 0,05N, Morgan, e Norte Carolina 1:4 e o extrator H_2SO_4 0,05N com Morgan, Norte Carolina 1:4 e Bray 2, nos solos que tinham ilita, não foram significativos.

Tomando o extrator Norte Carolina 1:10 como referência, por ser o que atualmente se usa no Brasil, realizou-se a análise de regressão entre os valores de potássio dos diversos extractores. Os menores desvios (1,005 e 1,001) foram obtidos quando a outra variável era ácido sulfúrico 0,05N e ácido nítrico 0,05N, respectivamente. O maior desvio foi com Morgan (0,496).

Os valores de crescimento relativo do material vegetal, percentagem de potássio no material vegetal e quantidade de potássio absorvida pelo vegetal estão no quadro 5. Estes valores foram correlacionados com os teores de K disponível e os coeficientes de correlação encontrados estão no quadro 6. Os coeficientes de correlação foram significativos para todos os extractores, sendo maior para o extrator de Norte Carolina 1:4. Os valores significativos obtidos confirmam os trabalhos realizados por diversos pesquisadores (2, 3, 8, 10).

Se se considera que a quantidade do elemento que é absorvido pela testemunha reflete a disponibilidade deste elemento no solo, os extractores que determinaram o potássio disponível ti-

QUADRO 5 - Crescimento relativo, percentagem de potássio na parte aérea e quantidade de potássio absorvido pelo painço nos solos em estudo

Nº	Solo	Cresci- mento Relati- vo (%)	Percen- tagem de po- tássio	Potássio Absorvido (mg K/ vaso)
1	Latossolo Vermelho Escuro	63	0,741	47,12
2		79	1,651	158,16
3		87	1,430	153,01
4		84	2,535	368,33
5		43	1,228	71,90
6		33	3,588	60,99
7	Latossolo Vermelho Amarelo	83	0,940	106,10
8		96	1,482	162,27
9		99	0,780	74,72
10		100	3,042	289,90
11	Podzólico Vermelho Amarelo	68	1,599	57,08
12		35	0,858	43,75
13		94	2,008	168,87
14		92	2,704	266,80
15		97	1,469	172,31
16		93	3,822	259,89
17		100	3,380	590,14
18		68	2,392	232,02
19		80	2,652	254,59
20	Hidromórfico	99	1,883	218,99

QUADRO 6 - Coeficiente de correlação linear entre os teores de potássio disponível obtido pelos diversos extractores e o crescimento relativo, o teor de potássio no material vegetal e a quantidade de potássio absorvido

Extrator	Crescimento relativo	Potássio (%)	Potássio Recuperado
Bray 1	0,575**	0,429*	0,573**
Bray 2	0,596**	0,551**	0,620**
HN0 ₃ 0,05	0,614**	0,557**	0,646**
Norte Carolina 1:4	0,686**	0,591**	0,795**
Norte Carolina 1:10	0,631**	0,518*	0,742**
H ₂ S0 ₄ 0,05 N	0,669**	0,554**	0,688**
Morgan	0,529*	0,640**	0,693**

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

veram bom comportamento, uma vez que os coeficientes de correlação são altamente significativos. Entre estes, o maior valor coube ao Norte Carolina 1:4.

A escolha do nível crítico tem sido feita com o ajustamento dos dados de crescimento relativo e potássio disponível a diferentes equações matemáticas. Após este ajustamento, o nível crítico é quase sempre uma escolha pessoal.

Para diminuir esta escolha subjetiva, CATE e NELSON (4) desenvolveram um método que permite matematicamente determinar o nível crítico do elemento. Aplicando o método aos dados deste trabalho, encontraram-se os valores de níveis críticos para cada extrator, conforme mostra o quadro 7.

QUADRO 7 - Níveis críticos de potássio disponível dos solos em estudo

Extrator	Nível crítico (ppm)
Bray 1	51,5 - 65,5
Bray 2	63,4 - 65,5
HN0 ₃ 0,05 N	39,8 - 51,5
Norte Carolina 1:10	56,2 - 81,1
H ₂ S0 ₄ 0,05 N	63,4 - 74,1
Morgan	62,4
Norte Carolina	45,0 - 47,0

Os níveis encontrados para Norte Carolina 1:10 divergem do que se usam atualmente no Brasil, que são de 45 ppm. Entretanto, para o caso do ácido nítrico, a amplitude encontrada abrange o nível crítico proposto por CATANI *et alii* (3).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi instalado para obter dados que mostrem a relação entre teores de potássio e crescimento vegetal.

Para tal, foram selecionados vinte solos de diferentes locais do Estado de Minas Gerais. Estes solos foram classificados (nove são Podzólicos Vermelho amarelo; seis Latossolos vermelho escuro; quatro Latossolos vermelho amarelo e um hidromórfico) e analisados para determinar textura, umidade equivalente, pH, matéria orgânica, bases trocáveis, qualidade do material argiloso e teores de potássio disponível, usando-se os extratores Norte Carolina 1:10 e 1:4, Bray 1 e 2, extrator de Morgan, ácido sulfúrico 0,05 e ácido nítrico 0,05.

Para obter dados com vegetal, plantou-se painço (*Setaria italica* Beav.) nas amostras de solo (dois quilos), tendo sido aplicadas doses crescentes de potássio. Após quarenta dias, o material vegetal foi colhido, pesado e analisado, determinando-se a percentagem de potássio na parte aérea do vegetal, potássio absorvido pelo vegetal e crescimento relativo do vegetal.

Os valores obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1. Os teores de potássio disponível variam conforme o extrator e classe de solos. A variação devido a extrator está relacionada à razão solo: solução, concentração e tipo de aniontes.

2. Os teores de potássio disponível foram correlacionados entre si, significativamente. Entretanto, o poder de extração determinado pelo coeficiente de regressão variou bastante. Os menores desvios foram obtidos entre o extrator Norte Carolina 1:10 e ácido sulfúrico 0,05N.

3. Os teores de potássio disponível correlacionaram significativamente com o crescimento relativo, teores de potássio na parte aérea e potássio absorvido. O maior coeficiente de correlação foi obtido com os teores obtidos com Norte Carolina 1:4.

4. Os níveis críticos de potássio encontrados, usando os diversos extratores variaram bastante: Bray 2 (63,4 - 65,5 ppm); Bray 1 (51,5 - 65,5 ppm); HNO₃ 0,05N (39,8 - 51,5 ppm); Norte Carolina 1:10 (56,2 - 81,1 ppm); H₂SO₄ 0,05N (63,4 - 74,1 ppm); Morgan (62,4 ppm) e Norte Carolina 1:4 (45,0 - 47,0 ppm).

5. SUMMARY

This study was conducted to determine the relationships between available potassium level and vegetative growth.

For this study twenty soils were selected from six different locations within the State of Minas Gerais. These soils were classified as follows: nine red-yellow podzolic; six dark latosols; four red-yellow latosols and one hidromorphic. They were analyzed for texture, usable water, pH, organic matter, exchangeable bases and type of clayey mate-

rial. The level of available potassium was also determined using following extractors: North Carolina 1:10 and 1:4; Bray 1 and 2; Morgan; 0,05N sulfuric acid and 0,05N nitric acid.

Italian millet (*Setaria italica* Beauv.) was planted in 2 Kg samples of soil to which increasing quantities of potassium had been added, for the purpose of obtaining data using plants. The plant material was harvested 40 days after planting. It was weighed and analyzed for percentage potassium in the aerial plant material, the potassium absorbed by the plant and the per cent yield of plant material.

The results obtained permitted the following conclusions:

1. The levels of available potassium varied according to the extractant and soil class. The variation due to the extractant was related to the ratio of soil to solution and the concentration and type of anion.

2. The available potassium levels obtained with the different extractants were correlated significantly.

3. The available potassium content was correlated with the yield data, adsorbed potassium and percent potassium in the aerial plant material. The largest coefficient of correlation was obtained with the North Carolina 1:4 extractor.

4. The critical levels obtained using the various extractants varied with the extractants as: Bray 2 (63,4 - 65,5 ppm); Bray 1 (55,5 - 65,5 ppm); 0,05 HNO₃ (39,8 - 51,5 ppm); North Carolina 1:10 (56,2 - 81,1); H₂SO₄ 0,05N (63,4 - 74,1 ppm); Morgan (62,4 ppm) and North Carolina 1:4 (45,0 - 47,0 ppm).

6. LITERATURA CITADA

1. BRAY, R.H. Soil plant relations. I. The quantitative relation of exchangeable potassium to crop yields and to crop response to potash additions. *Soil Sci.*, Baltimore, 58: 305-324. 1944.
2. BRAY, R.H. Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirements. In, Kitchen, H. b. ed. *Diagnostic Technique for soils and crops*. Washington, The American Potash Inst., 1948. pp. 53-85.
3. CATANI, R.A., GALLO, J.R. & GARGANTINI, H. *Amostragem do solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade*. Campinas, Instituto Agro-nômico, 1955. 28 p. (Bol. nº 69).
4. CATE, R.B. & NELSON, L.A. *Um método rápido para correlação de análise de solos com dados de reações das plantas*. North Carolina Sta. Univ. Raleigh, 1965. 13 p. (Int. Soil Testing Program, Bull nº 1).
5. CATE, R.B. & NELSON, L.A. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data two class. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 35: 658-660. 1971.
6. FITTS, J.W. & NELSON, W.L. The determination of lime and fertilizer requirements of soils shrough chemical tests. *Adv. in Agron.* New York, 8: 242-282. 1956.

7. GARGANTINI, H. COELHO, F.A.S., VERLENGIA, F. & SOARES, E. *Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo.* Inst. Agronômico de Campinas. 1970. 32 p.
8. HENDE, A.V.D. & COTTENIE, A.H. *L'estimation de la fertilité du sol par les méthodes chimiques nouvelles.* Comp. Rend. des Recherchers, Bruxelas. 1960. 232 p.
9. HUNTER, A.H. & PRATT, P.F. *Extraction of potassium from soil by sulfuric acid.* Soil Sci. Amer. Proc., Madison, 21: 505-508. 1957.
10. REID, P.H. & COPELANO, C. *Analytical methods used by the Soil Testing Division.* Raleigh, North Carolina Department of Agriculture, 1969. 19 p. mimeo.
11. VETRORI, L. *Métodos de análise de solos.* Rio de Janeiro, EPE, 1969. 24 p. (Bol. Téc. nº 7).
12. WAUGH, D.L. & FITTS, J.N. *Test interpretation studies: laboratory and potted plant.* North Carolina. Raleigh, Univ. 1966. 33 p. (Intern. Soil Testing Program Bull nº 3).