

**INFLUÊNCIA DO TEOR DE POTÁSSIO TROCÁVEL DO SOLO NA
ABSORÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO PELA SOJA**

(Glycine max (L.) Merrill)

EDMIR SOARES

ORIENTADOR: Prof. Dr. FRANCISCO ASSIS FERRAZ DE MELLO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro - 1978

"In memoriam" de minha mãe ALICE

A meu pai BRAZ

que além de me iniciarem nesta vida, apoiaram-me, em que pese todas as dificuldades encontradas nos primeiros degraus da es cada da vida.

A minha esposa MARIA ESTELA e meu filho LUIZ FERNANDO

que me tem dado sempre um objetivo a alcançar

DEDICO

OFEREÇO

A meus irmãos

A meus sogros

Externo os meus agradecimentos as seguintes pessoas:

Ao Dr. FRANCISCO ASSIS FERRAZ DE MELLO, Professor Adjunto do Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, pelo seu interesse, orientação e sugestões, que me tem dado desde o início de minha vida profissional e me prestigiado sempre com sua amizade.

A todos os Colegas do Departamento de Ciências do Solo, em especial aos Profs. Drs. Antenor Pasqual, Antonio Enedi Boaretto, Leonia Aparecida de Lima e Júlio Nakagawa (Prof. Adjunto e Diretor da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu-UNESP), pelo apoio constante na realização deste trabalho.

A Prof^a. Dr^a. Martha Maria Michan, do Departamento de Matemática e Diretora do Centro de Processamento de Dados do Campus de Botucatu-UNESP, pela inestimável ajuda na análise estatística dos dados.

Aos Funcionários do Departamento de Ciências do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu-UNESP, em especial aos Srs. Benedito Heliodoro, José Carlos De Pieri, Wanderley Romão, José Garcia Honório Pires, Francisco Carlos de Andrade e Jorge Baldini.

Finalmente, a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para que esse trabalho fosse concretizado.

INDICE

	Página
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	4
3. REVISÃO DA LITERATURA	6
3.1. Interrelação entre os cátions potássio, cálcio e magnésio	6
3.2. Relação de atividade para o ion potássio	15
4. MATERIAIS e MÉTODOS	19
4.1. Localização do ensaio	19
4.2. Solos utilizados	19
4.2.1. Amostragem e análises químicas dos so los	20
4.2.2. Análise física e mineralógica	20
4.3. Delineamento experimental	25
4.4. Instalação e condução do experimento	25
4.5. Determinação em laboratório	27
4.5.1. Análise química dos solos	27
4.5.2. Determinação da relação de atividade pa ra o ion potássio nos solos dos ensaios	27
4.5.3. Análises químicas do material vegetal .	29
4.6. Análises estatísticas	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1. Efeito dos tratamentos no desenvolvimento da soja	31
5.2. Efeito dos tratamentos na produção de matéria seca, nos teores de K, Ca e Mg na planta	36
5.2.1. Produção de matéria seca	36
5.2.2. Concentração de potássio na parte aérea	41
5.2.3. Concentração de cálcio na parte aérea .	45
5.2.4. Concentração de magnésio na parte aérea	48
5.3. Efeito dos tratamentos na relação de atividade para o ion potássio e nos teores de K disponí vel, Ca e Mg trocáveis do solo	50

	Página
5.3.1. Relação de atividade	51
5.3.2. Teores de K disponível, Ca e Mg trocáveis do solo	57
6. CONCLUSÕES	97
7. SUMMARY	99
8. LITERATURA CITADA	101

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Algumas características químicas e granulométricas dos solos estudados	21
2. Teores de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis extraídos com solução 0,05N de HNO_3 nos solos em estudo	22
3. Quantidades em gramas de $CaCO_3$ e MgO , adicionadas em ambos os solos	23
4. Níveis de K, Ca, Mg, N, P e valores da relação - Ca/Mg, aplicados nos solos em estudo	26
5. Desenvolvimento médio da soja cultivada no solo LR	32
6. Desenvolvimento médio da soja cultivada no solo LEa	33
7. Valores de F, na análise da variância dos resultados obtidos para as alturas da soja medidas em quatro estágios, em ambos os solos	34
8. Produção de matéria seca e concentração de K, Ca e Mg nas plantas de soja colhidas 72 dias após a germinação no solo LR	37
9. Produção de matéria seca e concentração de K, Ca e Mg nas plantas de soja colhidas 72 dias após a germinação no solo LEa	38
10. Valores de F, na análise da variância dos resultados obtidos para matéria seca e concentração de K, Ca e Mg na planta, em ambos os solos	39
11. Valores de F, obtidos com o desdobramento dos componentes de 1º e 2º graus da análise da variância para os resultados obtidos de concentração de K na planta cultivada no solo LEa.....	44
12. Concentração dos cátions Ca, Mg e K na solução de equilíbrio e relação de atividade para o ion potássio, no solo LR	52
13. Concentração dos cátions Ca, Mg e K na solução de equilíbrio e relação de atividade para o ion potássio	

	Página
sio, no solo LEa	53
14. Valores de F, na análise da variância dos dados obtidos para a relação de atividade do ion potássio , em ambos os solos	55
15. Valores de F, obtidos com o desdobramento dos componentes de 1ª e 2ª graus da análise da variância para os resultados da relação de atividade para o ion potássio no solo LEa	55
16. Teores médios de Ca, Mg e K trocáveis extraídos em HNO ₃ 0,05N e valores pH determinados no solo LR ..	59
17. Teores médios de Ca, Mg e K trocáveis extraídos em HNO ₃ 0,05N e valores pH determinados no solo LEa .	60
18. Valores de F, na análise da variância dos resultados obtidos para teores médios de Ca, Mg e K trocáveis, em ambos os solos	61
19. Equações de regressão linear, quadrática e cúbica , valores do teste "t" e coeficiente de determinação (R ²) para as diferentes regressões utilizadas aos dados de: concentração de Ca, Mg e K em plantas de soja, produção de matéria seca, relação de atividade do potássio, teores de Ca, Mg e K trocáveis do solo e desenvolvimento da soja, no solo LR	62
20. Equações de regressão linear, quadrática e cúbica , valores do teste "t" e coeficiente de determinação (R ²) para as diferentes regressões utilizadas aos dados de: concentração de Ca, Mg e K em plantas de soja, produção de matéria seca, relação de atividade do potássio, teores de Ca, Mg e K trocáveis do solo e desenvolvimento da soja, no solo LEa	63
21. Coeficientes de correlação r e teste t, entre os valores de RA _K versus matéria seca, RA _K versus concentração de potássio e RA _K versus potássio disponível, em ambos os solos	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Regressão linear para ajustamento aos dados entre níveis de potássio no solo versus altura das plantas medidas no 1º estágio, solo LR	65
2. Regressão linear para ajustamento aos dados entre níveis de potássio no solo versus altura das plantas medidas no 2º estágio, solo LR	66
3. Regressão linear para ajustamento aos dados entre níveis de potássio no solo versus altura das plantas medidas no 3º estágio, solo LR	67
4. Regressão linear para ajustamento aos dados entre níveis de potássio no solo versus altura das plantas medidas no 4º estágio, solo LR	68
5. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas medidas no 1º estágio, solo LEa	69
6. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas medidas no 2º estágio, solo LEa	70
7. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas medidas no 3º estágio, solo LEa	71
8. Regressão linear para ajustamento aos dados entre níveis de potássio no solo versus altura das plantas medidas no 4º estágio, solo LEa	72
9. Regressão quadrática para ajustamento aos dados - entre níveis de potássio no solo versus produção de matéria seca, solo LR	73
10. Regressão cúbica para ajustamento aos dados entre níveis de potássio no solo versus produção de matéria seca, solo LEa	74
11. Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus teor de potássio na planta, solo LR	75

12. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus teor de potássio - na planta, solo LEa, relação Ca/Mg: 5/1	76
13. Regressão quadrática para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus teor de potássio na planta, solo LEa, relação Ca/Mg: 10/1	77
14. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus teor de cálcio na planta, solo LR	78
15. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus teor de cálcio na planta, solo LEa	79
16. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus teor de magnésio - na planta, solo LR	80
17. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus teor de magnésio na planta, solo LEa	81
18. Regressão linear para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus relação de atividade de do potássio, solo LR	82
19. Regressão linear para ajustamento aos dados de <u>po</u> tássio no solo versus relação de atividade do <u>po</u> tássio, solo LEa, relação Ca/Mg: 5/1	83
20. Regressão cúbica para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus relação de atividade de do potássio, solo LEa, relação Ca/Mg: 10/1	84
21. Regressão linear para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus teor de potássio - disponível no solo LR	85
22. Regressão linear para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis de potássio no solo versus potássio disponível no solo LEa	86
23. Regressão linear para ajustamento aos dados de <u>n</u> íveis	

veis de potássio no solo versus cálcio trocável no solo LR	87
24. Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus teor de cálcio trocável no solo LEa	88
25. Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus magnésio trocável no solo LR	89
26. Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus magnésio trocável no solo LEa	90
27. Correlação entre os dados da RA_K versus %K em planta de soja cultivada no solo LR	91
28. Correlação entre os dados da RA_K versus potássio - disponível no solo LR	92
29. Correlação entre os dados da RA_K versus matéria seca da soja, solo LR	93
30. Correlação entre os dados da RA_K versus %K em planta de soja cultivada no solo LEa	94
31. Correlação entre os dados da RA_K versus potássio - disponível no solo LEa	95
32. Correlação entre os dados da RA_K versus matéria seca da soja, solo LEa	96

1. RESUMO

O presente trabalho foi planejado e conduzido com a finalidade de se verificar, dentro de duas relações entre teores trocáveis de cálcio e magnésio do solo, a influência do potássio trocável do solo e da relação de atividade do potássio, sobre o desenvolvimento, a produção de matéria seca e a absorção desses cátions nutrientes por planta de soja - (Glycine max (L) Merrill).

Os experimentos foram conduzidos em dois solos, classificados de acordo com os critérios adotados pela COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (1960) como pertencentes às unidades de mapeamento Latosol Roxo (LR) e Latosol Vermelho Escuro, fase arenosa (LEa), ambos de baixa fertilidade e com acidez alta, coletados na Estação Experimental "Presidente Médici", da UNESP, Campus de Botucatu, já há algum tempo sem cultivo.

Em ambos os experimentos, em tudo semelhantes, plantou-se a soja (Glycine max (L) Merrill) variedade Santa Rosa, em vasos com capacidade para 1,5 kg de terra, obedecendo a um delineamento inteiramente casualizado, envolvendo quatro

níveis de potássio no solo (teor original; 0,10; 0,20 e 0,40 e.mg. K^+ /100g TFSA) e dois valores da relação Ca/Mg no solo (5/1 e 10/1). Para que essas relações fossem atingidas, os solos receberam quantidades determinadas de cloreto de potássio, carbonato de cálcio e óxido de magnésio, todas drogas pro-análise e deixadas em incubação por um período de 40 dias.

Todos os tratamentos receberam fosfato de diamônio, na base de 500 mg e 250 mg do fertilizante por vaso, respectivamente nos solos LR e LEa.

Equações de regressão foram estabelecidas entre: dados de nível do potássio no solo (nKs) versus altura da planta; nKs versus produção de matéria seca; nKs versus concentração do K, Ca e Mg na planta; nKs versus relação de atividade do potássio; nKs versus teor de K disponível e teores de Ca e Mg trocáveis do solo.

Determinaram-se, ainda, os coeficientes de correlação entre: os dados da relação de atividade do potássio (RA_K) versus produção de matéria seca; RA_K versus concentração de potássio na planta; RA_K versus potássio disponível no solo.

Os dados de altura das plantas, medidas em quatro estádios de desenvolvimento, permitiram observar que a influência da adubação potássica sobre esse parâmetro variou em função do tipo de solo em que se cultivou a soja, ocorrendo efeitos benéficos no solo LE, sendo esse efeito não consistente durante o desenvolvimento da soja, e não afetando o desenvolvimento no solo LR.

O desenvolvimento da soja não foi influenciado pela relação Ca/Mg do solo, em ambos os solos.

Os dados de produção de matéria seca permitiram observar que a adubação potássica, em baixos níveis, beneficiaram essa produção, e em alto nível deprimiu a produção, em ambos os solos. Porém, o efeito da relação Ca/Mg variou em função do tipo de solo em que se cultivou a soja, sendo esse efeito depressivo no solo LR e inócua no solo LE.

Os dados de concentração de nutrientes na plan

ta, deixaram bem caracterizado haver sinergismo, em baixos níveis de potássio, e antagonismo, em altos níveis de potássio, bastante pronunciados entre os cations potássio-cálcio e potássio-magnésio, bem como um efeito sinérgico do cálcio na absorção de potássio.

Os valores da relação de atividade para o ion potássio, evidenciaram, que a mesma aumentou com a adubação potássica e não foi influenciada pela relação Ca/Mg, em ambos os solos. Os coeficientes de correlação indicaram estreito relacionamento entre os valores da relação de atividade do potássio com a concentração de potássio na planta e com os teores de potássio disponível nos dois solos. Todavia, correlação significativa daquele parâmetro, com a produção de matéria seca, só foi constatada nas condições de trabalho, com o solo LE.

2. INTRODUÇÃO

Evidências bastante claras da ocorrência de antagonismo entre os cátions cálcio, magnésio e potássio, tem sido demonstradas por grande número de trabalhos.

Entretanto, o grau de dependência da absorção de um dos cátions pela planta, sobre a concentração dos outros cátions no solo, parece ainda não estar bem definido, pois trabalhos publicados a respeito conduzem a conclusões por vezes bastante divergentes. Esses trabalhos permitem que se considere ora o potássio em altos níveis, ora o cálcio em altos níveis, ora o cálcio em baixos níveis, ou ainda altos níveis de cálcio e magnésio, como importantes fatores que controlam a absorção desses cátions pelas plantas.

Todavia, parece que sob certas condições, tanto o cálcio como o magnésio podem estimular a absorção de potássio pelas plantas, bem como adições excessivas de potássio podem inibir a absorção de cálcio e/ou magnésio pela planta.

Evidências ainda não muito claras sobre o efeito

do solo e das plantas, vêm demonstrar que este antagonismo iônico entre os cátions nutrientes potássio, cálcio e magnésio pode ocorrer em solos geologicamente semelhantes, dentro de uma mesma espécie de plantas.

Convém ainda lembrar que alguns trabalhos mostram haver correlação positiva entre o potencial de potássio-cálcio com o crescimento da planta e com a quantidade de potássio por elas extraída.

Assim, com o cultivo da soja em dois solos Latos solos da região de Botucatu, o presente trabalho pretende atingir os seguintes objetivos:

- a) Estudar a influência do teor de potássio trocável do solo, dentro de duas relações entre teores trocáveis de cálcio e magnésio do solo, sobre o desenvolvimento, a produção de matéria seca e a absorção desses cátions nutrientes em planta de soja.
- b) Observar a influência da relação de atividade do potássio sobre a produção de matéria seca e absorção do cátion potássio em planta de soja.
- c) Acompanhar um possível efeito do solo sobre a absorção dos cátions em estudo por planta de soja, bem como os teores dos mesmos no solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Interação entre os cátions potássio, cálcio e magnésio.

São muitos os pesquisadores que desde anos se ocupam com o problema da absorção dos cátions nutrientes pelas plantas e da ação que exercem uns sobre os outros. Pela literatura chega-se a conclusão que se trata de um problema muito complexo e que nem todas as plantas respondem da mesma forma ao mesmo tratamento. É um assunto que tem dado margem a conclusões por vezes bastante divergentes.

Um dos primeiros a observar uma interação negativa entre os cátions nutrientes foi BROWN (1928) que, estudando diferentes níveis de cálcio e potássio sobre o desenvolvimento de plantas de trigo cultivadas em areia, observou que o incremento no nível de potássio, em relação ao cálcio, dava lugar a uma significativa diminuição no crescimento da parte aérea da planta e a um grande desenvolvimento das raízes.

Também EHRENBERG em 1939, citado por PIERRE e BOWER (1943), atribuiu as baixas produções e o decréscimo na

absorção de potássio pelas plantas a um possível efeito antagônico entre os cátions potássio e cálcio.

De modo geral, os pesquisadores concordam em que a absorção do potássio, do cálcio e do magnésio pelas plantas está diretamente ligada às suas concentrações no solo, mas também está estreitamente ligada às relações entre esses elementos no solo. Simplificando: a absorção do potássio pelas plantas depende de sua concentração no solo, mas também da concentração do cálcio e do magnésio, e por sua vez a absorção do cálcio além de estar diretamente relacionada com o seu teor no solo, também esta relacionada com a relação Ca/K existente na solução do solo (ALBAREDA, 1958 b.). Da mesma forma, essas observações são válidas para a absorção de magnésio pelas plantas (SOARES, 1975).

Desta maneira, o antagonismo iônico entre o potássio e os cátions cálcio e magnésio é, antes de tudo, resultado de uma competição iônica na solução do solo, segundo observou Arnold citado por MALAVOLTA (1976).

Assim, há de se convir, que a quantidade absoluta de potássio presente no solo, com frequência não é tão importante para nutrição das plantas quanto a proporção do mesmo em relação a quantidade e natureza dos outros cátions do complexo, em particular o cálcio e o magnésio.

BEAR e PRINCE (1945), LUCAS e SCARSETH (1947), WOODBRIDGE (1955), demonstraram que, de modo geral, o aumento no teor de um cátion na planta geralmente reduz o teor de um ou mais cátions. Depreende-se portanto, que essa ação antagônica entre os cátions nutrientes, não está ainda muito nítida, pois, de modo geral, tanto o potássio pode deprimir a absorção de cálcio e/ou magnésio, como estes também podem deprimir a absorção do primeiro cátion pelas plantas.

Parece que o antagonismo entre os cátions potássio-cálcio é mais intenso do que a ação antagônica entre potássio-magnésio, observação essa reforçada por pesquisadores como MEDVEDEVA (1968), KHAN e HANSON (1957), WELTE e WERNER (1963) e PATHAK e KABRA (1972), os quais encontraram, em seus estudos,

evidências bastante claras da ocorrência de antagonismo entre esses cátions, mas que não foi corroborada pelas observações - de ALBAREDA (1958 a) que observou ser a ação antagônica cálcio-potássio mais intensa que a ação potássio-cálcio. Mas KAHO, citado por ALBAREDA (1958 a), reforça a primeira observação , fundamentando-se na capacidade de penetração dos cátions nas raízes, os quais seguem a relação $K > Na > Mg > Ca$. Assim, a combinação de dois ions deve alcançar uma ação antagônica, tanto maior quanto mais separado estiverem os ions entre si, o que reforça a teoria de que o antagonismo entre potássio-cálcio é mais intenso do que entre potássio-magnésio.

COLLANDER (1941), em estudos com soluções nutritivas, nas quais cultivou vinte diferentes espécies de plantas, observou, de modo geral, que o aumento na concentração de potássio na solução afetou, embora pouco, a absorção do cálcio.

YORK et alii (1953), LANGHLIN (1969) e MARKLAND (1969) demonstraram que a adição excessiva de potássio apresentou um efeito negativo sobre a absorção de cálcio e magnésio em plantas de alfafa.

MARTIN et alii (1953), em estudos com "seedlings" de citrus, observaram que havia maior influência do potássio - sobre a absorção do cálcio do que sobre a do magnésio.

BARROWS e DROSDOFF (1958) observaram que adição de quantidades elevadas de potássio provocou aumento no teor do elemento nas folhas de Tunge (árvore originária da China) e que este efeito foi maior em presença de baixos níveis de cálcio e magnésio. Quando doses altas de cálcio, magnésio e potássio foram aplicadas conjuntamente, o teor de potássio nas folhas foi reduzido. Os autores observaram ainda que essa redução foi pequena quando apenas o cálcio foi aplicado associado com alto nível de potássio. Quando foram aplicados baixos níveis de cálcio, associados a altos níveis de magnésio e potássio, esta redução foi bem mais intensa. Efeito semelhante foi observado quando o magnésio foi aplicado isoladamente ou a

companhado do cálcio.

OMAR e KOBBIJA (1966), empregando diferentes concentrações de potássio (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 e.mg/l) e de magnésio (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 e.mg/l) em cultura de alfafa, observaram que a absorção de magnésio foi reduzida quando se aumentavam as concentrações de potássio na solução nutritiva, enquanto que a absorção de potássio pouco foi afetada pela presença do magnésio, até mesmo nos maiores níveis estudados.

BRADAWY e BUSSLER (1968), bem como PANDEI (1972) observaram que altos níveis de potássio reduziram a absorção de cálcio e magnésio em plantas de aveia, feijão e girassol.

SOARES (1975), estudando o efeito da relação Ca/Mg sobre vários níveis de potássio no solo em, centeio cultivado em dois solos Latossolos, sob condições de casa de vegetação, observou um efeito antagônico, bem caracterizado, do potássio na absorção do cálcio e do magnésio, sendo em média esse efeito bem maior sobre a absorção do cálcio do que sobre a do magnésio.

Todavia, van ITALLIE (1938 e 1948) observou, em seus estudos sobre o equilíbrio entre cátions em gramíneas, não haver qualquer influência na absorção de potássio quando se adicionava cálcio ao solo e concluiu que a absorção de potássio é dependente da concentração do cátion no solo.

Por outro lado, está sobejamente demonstrado, por inúmeros trabalhos de pesquisa (ROBBIN 1937, RALEIGH e CHUCKA 1944, GERALDSON 1957, MAYNARD et alii 1957, FASSBENDER e LAROCHE 1968 e MALAVOLTA et alii 1975, que a ocorrência da podridão apical no fruto do tomateiro está relacionada com a deficiência nutricional de cálcio, que alguns evidenciam como resultado da baixa disponibilidade do cálcio na solução do solo ou mais provavelmente devido ao desequilíbrio deste com outros cátions no solo, em particular ao cátion potássio.

WADDINGTON et alii (1972), estudando o efeito de

fontes e níveis de potássio sobre os níveis de nutrientes e de desenvolvimento de gramínea (Agrostis palustris Huds), observaram - que o potássio provocou um decréscimo na absorção do cálcio e do magnésio, embora não tivessem observado influência alguma sobre a produção.

NWOBOSHI (1973), promovendo estudos com potássio sobre o desenvolvimento e composição química de "seedlings" de teca cultivadas em solução nutritiva com suporte em areia, observou grandes incrementos sobre a produção de matéria seca, enquanto que o efeito negativo do aumento do potássio na solução sobre a absorção de magnésio foi maior do que sobre a absorção de cálcio, embora ambos os cátions nutrientes tenham sofrido o efeito do antagonismo com o potássio. O autor estimou ainda o teor de K em torno de 1% como o limite em "seedlings" de teca, em que pese novos estudos como o ponto crítico entre a ocorrência do sinergismo ou o antagonismo iônico.

LIANS e TANAKA (1972), em estudos com arroz, observaram que a absorção de potássio foi reduzida quando o teor cálcio era alto e o K apresentava-se com teores baixos no solo.

URIYO (1973), estudando o efeito do potássio sobre a cultura da batata cultivada em um solo oxisol da Tanzânia, observou a ocorrência de incremento na produção de tubérculos, porém apesar de o teor de K no mesmo ter aumentado, não foi observado haver nenhum efeito significativo sobre a absorção do cálcio e do magnésio, em que pese o fato de os teores desses elementos terem decrescido com o aumento do nível de K adicionado ao solo.

TEWARI et alii (1971), em estudos sobre a influência da interrelação entre os cátions potássio, cálcio e magnésio, no desenvolvimento de plantas de ervilha cultivadas em solução nutritiva, e também em mistura de areia e argila, com as relações de Ca/Mg iguais a: 0,25; 0,5; 1; 2; 4 e 8 e as de Mg/K iguais a: 0,25; 0,5; 1; 2 e 4, verificaram a existência

cia de uma estreita relação entre esses cátions na planta em função das suas relações em solução. A medida que a relação Ca/Mg aumentava, ocorria um decréscimo nos teores de magnésio e potássio absorvidos pelas plantas, quer sob as condições de solução nutritiva, quer sob as condições de mistura de areia e argila. Observações semelhantes foram obtidas para a relação Mg/K em ambas as condições de cultivo.

SOARES (1975), em estudos sobre a influência do equilíbrio iônico, entre os cátions potássio, cálcio e magnésio da solução do solo, no desenvolvimento de plantas de centeio, cultivadas em dois solos Latossolos com as relações Ca/Mg iguais a: 20; 10; 5; 2,5; 1,25; 0,65; 0,35 e 0,17, sob dois níveis de potássio trocável no solo (0,12 e 0,24 e.mg.K⁺/100g TFSA), verificou, à semelhança de TEWARI et alii (1971), a existência de estreita relação entre esses cátions nutrientes na planta em função das suas relações na solução do solo. As mesmas observações quanto ao incremento na relação Ca/Mg sobre a absorção de potássio podem ser anotadas, porém, neste trabalho, foi observado ainda que o aumento no teor de potássio no solo provocou também uma inibição significativa na absorção de cálcio e magnésio pelas plantas de centeio. Foram observadas ainda que as melhores produções de matéria seca de centeio e a maior absorção de potássio pelas plantas ocorreram dentro das relações Ca/Mg de 2,5 e 1,25.

LUTZ e JONES (1975) estudaram o efeito da aplicação da calagem e fertilizantes sobre a produção e a composição química da soja, e observaram que o teor de potássio nas folhas aumentaram com o aumento no nível de potássio adicionado ao solo.

SMITH (1975), em estudos sobre a fertilização potássica em cultivo de alfafa, observou que a porcentagem de potássio na planta aumentou com cada incremento da adição do fertilizante, durante cada ano, para cada colheita efetuada.

Todavia, BOWER e PIERRE (1944) e ANDERSON e MARTIN (1971) observaram que a absorção de potássio pelas plantas foi bastante deprimida pelo aumento da concentração do cálcio e/ou magnésio na solução do solo. Observações estas reforçadas pe los estudos efetuados por BRADAWY e BUSSLER (1968) em cultivo com aveia.

Em estudos com citrus cultivados em solução nutritiva, MELLO et alii (1966) notaram que o potássio apresentou a ção antagônica com o cálcio, e que o magnésio teve efeito semelhante quando em presença de níveis altos de potássio. Observações semelhantes quanto ao efeito do magnésio foram feitas por WILD et alii (1969).

MEDVEDEVA (1968 a e b), realizando estudos sobre nutrição potássica de plantas em solução nutritiva, notou que as quantidades de potássio absorvidas foram bastante reduzidas devido a níveis altos de cálcio.

MIYASAKA et alii (1964), MIYASAKA e SILVA (1966) , MASCARENHAS e MIYASAKA (1968), MASCARENHAS et alii (1969), promovendo trabalhos sobre a fertilização da soja em solos do Estadado de São Paulo, observaram que as respostas da cultura aos fertilizantes potássicos variam muito com o tipo de solo estudado, enquanto que a resposta à aplicação de calcário dolomítico e adubação fosfatada sempre são benéficas.

van RAIJ e MASCARENHAS (1976), promovendo estudos de calibração de potássio em solos cultivados com soja, observaram que, em média nos 33 ensaios de adubação potássica, ocorreram aumentos de produção até quando o nível de potássio no solo foi de 0,40 e.mg.K⁺/100 TFSE, acima do qual sempre ocorria decréscimo de produção.

Por sua vez, BRAGA et alii (1976), em estudos de adubação mineral em soja, variedade Santa Rosa, cultivada em solos Latossolos, observaram que o potássio trocável correlacionou-se positiva e significativamente com a produção de grãos de

soja, o mesmo ocorrendo com os níveis de Ca e Mg trocáveis.

WATANABE et alii (1971), promovendo estudos sobre o efeito do balanço iônico no desenvolvimento de cinco espécies de plantas cultivadas em quatro solos, sob condições de casa de vegetação, observaram um grande efeito dos solos quando comparavam a relação K/Ca em plantas de cevada e sorgo com as produções de matéria seca obtidas em todos os solos estudados. À medida que a relação K/Ca nas plantas aumentavam, maiores produções de matéria seca foram obtidas, sendo que as observações sobre os solos variaram quando se variaram as plantas cultivadas.

TERMAN (1977) observou significativas respostas à aplicação de potássio em cultura de soja, o teor de K na parte aérea e nos grãos de soja aumentando com o aumento do nível de K no solo. Observou ainda, que aos setenta e cinco dias, a aplicação de potássio já apresentou pequena inibição na absorção de magnésio por plantas de soja, enquanto que a absorção de K e Ca permaneceram em aumento. E que as produções máximas de matéria seca e a absorção de K, Ca e Mg ocorreram aos 118 dias após a germinação, dados esses que discordam em parte daqueles obtidos por MASCARENHAS (1973) que, em estudos com soja, observou, durante o desenvolvimento da mesma, ocorrer um intenso acúmulo de matéria seca próximo a 80 dias após a germinação, quando então esse acúmulo passa a ser sensivelmente menor. Observou, ainda, por comparação das curvas de acúmulo de nutrientes com a curva de acúmulo de matéria seca, que elas são em grande parte paralelas até um máximo de 80 dias, modificando a partir de então a composição química e o grau de modificação varia entre os nutrientes estudados. A maior intensidade de absorção de macronutrientes ocorreu durante o período entre 60 e 80 dias.

Todavia, sob certas condições o cálcio e/ou o magnésio pode interagir positivamente com o potássio, afetando de maneira positiva a absorção do mesmo pelas plantas, como pode ser comprovado por VIETS (1944) em estudos com o cultivo de ce

vada em solução nutritiva. OVERSTREET et alii (1952), por sua vez, mostraram que o efeito estimulante do cálcio sobre a absorção de potássio, é observado quando o mesmo está em baixas concentrações, mas, com o aumento gradativo na concentração do cálcio, esse efeito diminui até o momento em que ocorre um efeito antagônico entre esses cátions a níveis mais altos de cálcio e conseqüente redução na absorção de potássio. Em 1965, Resnik, citado por MALAVOLTA (1970), confirmou esses resultados mostrando que o efeito do cálcio, aumentando ou diminuindo a absorção de potássio, estava na dependência da relação Ca/K na solução e sempre que esta relação foi alta ocorreu antagonismo entre os cátions cálcio e potássio e a absorção deste último diminuiu. As observações acima também foram obtidas por MENGEL e AKSAY (1954) e MENGEL (1963), em estudos com solução nutritiva, onde observaram que o cálcio pode não apresentar nenhum efeito, como também pode estimular a absorção de potássio pela planta. CHAMEL (1969) também observou a mesma influência em abóboreira cultivada em casa de vegetação, o mesmo não ocorrendo com alface nas mesmas condições.

Em estudos com algodão, FUZZATO e FERRAZ (1967) - verificaram que a relação entre teores trocáveis de cálcio e potássio no solo mostrou-se como principal fator para explicar os efeitos provocados pela adubação potássica. Para valores de Ca/K acima de 20, houve aumentos consideráveis na produção em decorrência da aplicação de potássio e estes aumentos foram tanto maiores quanto maior o valor dessa relação. Todavia, valores abaixo de 10 estavam associados a respostas insignificantes ou frequentemente negativas da adubação potássica.

ALBAREDA et alii (1958 a, b e c), em uma série de estudos, primeiramente com solução nutritiva e depois em solos com problema de fertilidade, onde cultivaram plantas de trigo numa tentativa de encontrar qual a melhor proporção entre os cátions na obtenção de um bom desenvolvimento da planta, observaram que as melhores plantas foram obtidas em soluções

cujas relações entre Ca/K foram de 1:4, 1:1, 2:1, 4:1, 8:1, embora o limite de desenvolvimento razoável da planta de trigo tenha variado em uma gama na ordem de 1:16 a 32:1. Os autores observaram ainda que a absorção do cálcio relacionou-se diretamente com a relação Ca/K existente na solução nutritiva, enquanto que a absorção de potássio foi reduzida pelo aumento no valor da relação Ca/K. Observações muito semelhantes foram obtidas em estudos com solos.

3.2. Intensidade ou Relação de Atividade do ion potássio.

A concentração é considerada o fator mais importante para a absorção pela planta: quanto mais alta, maior a intensidade. O conteúdo de potássio disponível indica quanto potássio pode ser absorvido e até onde é possível restaurar o reservatório da solução do solo diminuído pelo poder de extração das plantas, elevando-o a um nível satisfatório (MALAVOLTA, 1976).

Tem sido sugerido o uso da relação entre as atividades do potássio para a do cálcio ou do cálcio + magnésio como um parâmetro de intensidade em lugar da atividade absoluta de potássio na solução do solo, isto porque o cálcio e o magnésio são os dois ions contrários mais importantes no processo de troca e na absorção do potássio (BECKETT, 1971).

A absorção do potássio depende diretamente de sua concentração e, de modo indireto, da concentração do cálcio e/ou do magnésio, uma vez que o parâmetro intensidade é o que define, num instante dado, a disponibilidade do elemento para a planta, sendo tal parâmetro igual ao quociente da atividade do potássio pela raiz quadrada da soma das atividades dos dois cátions bivalentes. Segue-se portanto, que uma baixa relação de atividade do ion potássio (AR_K) no meio, deve determinar, como regra, menor absorção de potássio, resultando daí um abaixamento no teor de potássio na matéria seca, aumentando o teor dos outros dois elementos. E reciprocamente, como demonstrou

LOUÉ (1963), o aumento no fornecimento de potássio para o milho, fazendo crescer no meio a relação em questão, causou aumento nos teores foliares de potássio e diminuição nos de cálcio e magnésio, o que foi acompanhado por um incremento na colheita.

O conceito de potencial potássio-cálcio, introduzido por WOODRUFF (1955 a), definido como uma relação entre as atividades do ion potássio e do ion cálcio de uma solução do solo em equilíbrio com a fase sólida, obtida com uma solução 0,01 M de cloreto de cálcio, representando a energia livre de troca do cálcio pelo potássio, caracterizando o estado do potássio no solo, desde que o cálcio fosse o ion trocável dominante e o potássio adsorvido a fonte principal deste elemento, é considerado como um importante parâmetro relacionado com a disponibilidade de potássio para as plantas.

Desta forma, a energia de troca entre potássio e cálcio é estritamente um índice de intensidade, e são muitos os pesquisadores, SHEFFER e ULRICH (1962), BECKETT (1964 a,b), BECKETT e CRAIG (1964), TINKER (1964 a,b), que tem sugerido a relação entre a atividade de potássio e a atividade de cálcio mais magnésio ou o seu logaritmo, de acordo com WOODRUFF (1955) e ARNOLD (1960), seja relacionada ao potássio trocável para se obter um quadro mais claro sobre a dinâmica da disponibilidade do potássio nos solos.

A distribuição do potássio entre adsorvido no solo e na solução do solo é função das espécies e quantidade do cátion complementar. Na maioria dos solos cultivados, o cálcio é o cátion predominante no complexo de troca, daí a razão de se estudar o equilíbrio cálcio/potássio (FASSBENDER , 1972); entretanto, baseado nas propriedades semelhantes de troca dos ions cálcio e magnésio, e em razão da facilidade nas análises químicas, é comum usar a determinação de cálcio mais magnésio em lugar de somente cálcio.

MIRANDA (1972), em solo tropical umido cultivada

dos com cacau, observou que a calagem contribuiu para diminuir a relação de atividade do potássio, mas as adubações potássicas aumentaram o valor dessa relação.

TINKER (1964 a,b) determinou os potenciais de potássio e verificou que os mesmos funcionaram bem em solos neutros; observou ainda alta associação entre esses valores e a colheita de palma africana adubada com potássio, bem como com a quantidade absorvida de potássio. Observações semelhantes - também foram obtidas por MacLEAN (1960) e por Laroche e - Fassbender citado por FASSBENDER (1972).

BARROW (1966) e BARROW et alii (1965), utilizando o trevo subterrâneo como planta indicadora, obtiveram correlação positiva e significativa entre o potencial de potássio e a produção no primeiro corte, não sendo significativa essa correlação nos demais cortes; observaram ainda que a fertilização potássica aumentou a relação de atividade do ion potássio.

Segundo MARSHALL e BARBER (1950) as atividades dos ions cálcio e potássio estão correlacionadas com as quantidades absorvidas pelo vegetal. ARNOLD (1962) encontrou correlação positiva entre a diferença de energia livre de troca de potássio e de cálcio mais magnésio com a quantidade absorvida pe lo vegetal.

ACQUAYE et alii (1967), em solos de Ghana, verificaram haver correlação significativa entre o potencial de potássio e o potássio absorvido. Observação semelhante foi feita por ARNOLD et alii (1968) em estudos com batata. Por sua vez LE ROUX e SUMMER (1968), trabalhando com solos da África do Sul, encontraram correlação significativa entre o potencial de potássio e a produção de forrageiras.

Todavia, NASH (1971), trabalhando em solos norte americanos, verificou uma baixa associação entre a relação de atividade do potássio e a absorção de potássio pelas plan

tas. Enquanto que GAMA (1966 e 1967), em estudos com trevo e trigo cultivados em casa de vegetação, não obteve nenhuma correlação significativa entre esses parâmetros.

Entretanto, HANSEN (1972), em estudos sobre a relação entre a composição química de soluções isoladas do solo e a absorção de cátions pelas plantas, observou que as relações $K/Ca+Mg$ e Ca/Mg na planta estavam estreitamente correlacionadas com a relação de atividade correspondente.

Mac KAY e DE LONG (1955), em estudos sobre o equilíbrio de trocas em suspensão de solo como um possível indicador da disponibilidade do potássio, observaram correlação significativa entre o potássio trocável com o teor de K nas folhas.

HOVLAND e CALDWELL (1960), em estudos sobre a interrelação entre os cátions cálcio, magnésio e potássio, observaram não haver correlação entre o teor de magnésio na planta com o potencial de potássio, mas obteve correlação deste com o teor de cálcio na planta.

Alguns autores, em seus estudos, estabeleceram níveis críticos para os potenciais de potássio em relação a vários solos e plantas. Desta forma BRAGA (1972), em estudos - com vinte e um solos de Minas Gerais, observou os valores de 1,64 a 2,714 para os potenciais daqueles solos e encontrou o valor de 2,039 como o nível crítico do potencial de potássio.

Também MOSS e COULTER (1964) verificaram que a intensidade do potássio no solos pode ser utilizado para predizier a resposta à adubação potássica e estabeleceram, em seus estudos, os níveis críticos do potencial de potássio no solo em torno do valor 2,3 para a cultura da bananeira e de 2,8 para a cultura do cacau.

4. MATERIAIS e MÉTODOS

A parte experimental constou de um ensaio realizado em casa de vegetação, em vasos de barro pintados internamente com tinta neutrol, contendo 1,5 kg de terra, passada em peneira de 2 mm, sendo utilizada como planta teste a soja, - (Glycine max (L.) Merrill), variedade Santa Rosa.

4.1. Localização do ensaio

O ensaio foi instalado e conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciências do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, UNESP., São Paulo.

4.2. Solos

Foram utilizadas amostras superficiais de dois solos da região de Botucatu, classificados, segundo a COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (1960), como pertencentes às unidades de mapeamento Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa (LEa) e Latosol

Roxo (LR), ambos de baixa fertilidade e com acidez alta, coletados na Estação Experimental "Presidente Médici" da UNESP, Campus de Botucatu, já há algum tempo sem cultivo, representando respectivamente cerca de 4,5% e 14,0% da área do Estado de São Paulo.

4.2.1. Amostragem e análises químicas dos Solos.

Nos locais de onde se coletaram os solos para a experimentação em vasos, foram também coletadas amostras com postas de solos, conforme descrito em CATANI et alii (1955), para a determinação de: a) valor pH determinado em um potenciômetro METROHN, com eletrodo de vidro, empregando-se a relação 1: 2,5 (pH em água); b) matéria orgânica, pelo método de Walkley & Black modificado, descrito em MALAVOLTA e COURY (1954); c) hidrogênio, alumínio, potássio, cálcio e magnésio trocáveis e o fósforo solúvel em H_2SO_4 0,05N, conforme os métodos descritos em CATANI e JACINTHO (1974); d) capacidade de troca catiônica, calculada pela soma de bases trocáveis mais o teor de hidrogênio e alumínio trocáveis. (TABELA 1).

Determinaram-se ainda os teores de cálcio, magnésio e potássio extraídos com solução 0,05N em HNO_3 , (TABELA 2), cujos resultados serviram de base para os cálculos das quantidades de carbonato de cálcio, óxido de magnésio e cloreto de potássio, todas drogas pró-análise, adicionadas aos solos, para elevar os teores de cálcio, magnésio e potássio aos níveis desejados no experimento (TABELA 3).

4.2.2. Análise física e mineralógica.

As análises físicas do solo, e as análises qualitativa e quantitativa da fração argila do solo LEa, foram determinadas por GALHEGO (1973) e a análise física do solo e a análise qualitativa da fração argila do solo LR, por GALHEGO et alii (1977), sendo que a análise quantitativa da fração argila do solo LR, foi por nós processada, através da análise -

Tabela 1. Algumas características químicas e mecânicas dos solos estudados (profundidade 0-20 cm).

S O L O S	pH em H ₂ O	M.O. %	e.mg./100g TFSA(a)							
			H ⁺	Al ³⁺	PO ₄ ³⁻ (b)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC(c)	V%(d)
Latosol Roxo(LR)	4,50	2,79	6,72	1,52	0,017	0,05	0,45	0,10	8,84	7,0
Latosol Vermelho - Escuro- fase arenosa (LEa)	4,60	1,86	5,12	1,36	0,061	0,04	0,35	0,04	6,91	6,0

S O L O S	Argila	Limo	Areia Total
Latosol Roxo (LR)	49,0	22,3	28,7
Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa (LEa)	18,2	3,3	78,5

- a - Terra Fina Seca ao Ar
- b - Extraído com solução 0,05N de H₂SO₄
- c - Capacidade de troca de cations, calculada
- d - Porcentagem de saturação em bases

Tabela 2. Teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ trocáveis extraídos com solução 0,05N de HNO_3 , - nos dois solos em estudo.

e.mg/100 g de Terra Fina Seca ao Ar.			
S O L O S	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
Latosol Roxo (LR)	0,90	0,02	0,03
Latosol Vermelho Escuro-fase aré nosa (LEa)	0,03	0,01	0,01

Tabela 3. Quantidade em gramas de Cloreto de Potássio, Carbonato de Cálcio e Óxido de Magnésio, adicionadas nos solos, Latosol Roxo (LR) e Latosol Vermelho Escuro -fase arenosa (LEa).

Níveis da	Níveis de	L R						LEa					
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CaCO ₃	MgO	KCl	e.mg./100g solo	g/vaso	e.mg/100g solo	g/vaso	mg/vaso	mg/vaso
5/1	K O	4,6	0,9	0,10	3,4	0,28	78,38	0,0	0,01	0,10	2,67	0,21	100,78
	K 1												
	K 2			0,20			190,36		0,20				212,75
	K 3			0,40			414,31		0,40				436,70
10/1	K O	5,0	0,5	0,10	3,72	0,15	78,38	0,0	0,01	0,10	2,93	0,12	100,78
	K 1												
	K 2			0,20			190,36		0,20				212,75
	K 3			0,40			414,31		0,40				436,70

térmica diferencial, utilizando-se um método semelhante ao descrito por DIXON (1966). A fração argila foi diluída a 20% com óxido de alumínio previamente calcinado a 950° C. Os valores estimados para esses minerais foram obtidos por comparação com curvas térmicas diferenciais de caulinita da Geórgia, U.S.A. e gibbsita do Estado de Minas Gerais, ambas saturadas com magnésio.

Deste modo, a análise térmica diferencial realizada nas frações argilas das amostras dos solos LEa e LR, revelaram a caulinita como o mineral de argila dominante, seguida pela gibbsita, ambas totalizando quase 80% das frações argilas de ambos os solos, que é evidenciado pelos dados que se seguem

SOLOS	CAULINITA %	GIBBSITA %
LEa	70,5	6,0
LR	65,6	21,9

O difratograma da fração argila da amostra do solo LEa, tratada com potássio, magnésio e magnésio-glicerol, acusou também a ocorrência marcante e generalizada de caulinita na amostra com picos correspondentes a espaçamentos basais de 7,2Å e 3,6Å (primeira e segunda ordem) características desse mineral, e de gibbsita com picos correspondentes a 4,8Å e 4,3Å.

Quanto ao LR, a caulinita também é o mineral de ocorrência mais acentuada, acompanhada pela gibbsita, ambas com picos bem característicos. Picos pequenos e nítidos, relativos ao espaçamento basal 14Å aparecem nas amostras potássio e magnésio, que se contraem em forma de banda a cerca de 12Å, após o aquecimento a 550°C, não se expandindo no tratamento com glicerol. O diagnóstico para este caso é a presença de vermiculita e/ou minerais interestratificados.

4.3. Delimitação experimental

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial 4 x 2 (4 níveis de K e 2 níveis rel. Ca/Mg) envolvendo oito tratamentos com tres repetições.

A Tabela 4 mostra os níveis de K, Ca, Mg, N e P, valores da relação Ca/Mg e teor de K⁺ trocável a serem alcançadas nos solos em estudo.

4.4. Instalação e condução do ensaio

Foram colocados 1,5 kg de terra em cada vaso, a adicionando-se, em seguida o cloreto de potássio, o carbonato de cálcio e o óxido de magnésio, homogeneizando-se muito bem o material, para neutralizar todo o alumínio trocável, elevar o pH a valores entre 5,5 e 6,0 e principalmente para atingir os níveis de potássio e as relações Ca/Mg contidas na Tabela 4.

Após a aplicação dos elementos, seguiu-se um pe ríodo de incubação de 40 dias, durante o qual a terra foi man tida úmida, sendo a irrigação feita com água desmineralizada, em quantidade suficiente para manter o teor de umidade em tor no de 75% da capacidade de campo.

Após o período de incubação, foram coletadas a mostras de terra dos vasos para análises químicas. Em seguida adicionou-se o fertilizante fosfato de diamônio em doses equi valentes a 500 mg/vaso e 250 mg/vaso do adubo, respectivamente, para os solos LR e LEa, em todos os tratamentos.

Logo em seguida à adubação, foi semeada a soja, variedade Santa Rosa, utilizando-se 6 sementes por vaso. De quatro a seis dias após a germinação, procedeu-se ao des baste deixando-se 2 plantas por vaso, após o que, em períodos de 18 dias, foram tomadas as alturas das plantas. Foram efetuadas quatro medidas de altura e em seguida à ult ima, setenta e dois dias após a germinação, as plantas foram cortadas bem rente à superfície da terra. O material obtido foi lavado com solu ção de detergente Exctran 0,1%, seguida de lavagem com ág ua destilada e deionizada, seco em estufa a 50°C até peso constan

Tabela 4. Níveis de K, Ca, Mg, N e P, valores da relação Ca/Mg e teor de K⁺ trocável a serem alcançadas nas terras em estudo

NÍVEIS DOS ELEMENTOS						
Ca	Mg	K	N	P	Relação Ca/K	e.mg.K ⁺ /100 g de TFSA a serem alcançados por incubação
Ca ₁		K 0	N 1	P 1	5/1	original
		K 1	N 1	P 1		0,10
	Mg ₁	K 2	N 1	P 1		0,20
		K 3	N 1	P 1		0,40
Ca ₂		K 0	N 1	P 1	10/1	original
		K 1	N 1	P 1		0,10
	Mg ₁	K 2	N 1	P 1		0,20
		K 3	N 1	P 1		0,40

te e em seguida pesado, moído em moinho tipo Wiley e preparado para a análise química.

Durante todo o desenvolvimento do ensaio utilizou-se água desmineralizada para a irrigação das plantas.

4.5. Determinações em Laboratório

4.5.1. Análises químicas dos solos

Em amostras de solo coletadas imediatamente antes do plantio e da adubação nitrogenada e fosfatada foram determinados os teores trocáveis de potássio, cálcio e magnésio, empregando-se como solução extratora uma solução 0,05N de HNO_3 . Na determinação do cálcio e do magnésio foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica PERKIN ELMER, modelo 303 e para o potássio o fotômetro de chama Coleman, modelo 21.

4.5.2. Determinação da relação de atividade para o ion potássio nos solos dos ensaios.

As determinações analíticas, empregadas na avaliação da relação de atividade, foram feitas segundo a técnica de van RAIJ citada por SOARES (1975), que consiste no seguinte: foram tomadas cinco gramas de terra seca em estufa a 55°C , coletadas imediatamente após o período de incubação, equilibradas com 50 ml de solução 10^{-2}M de cloreto de cálcio, através de agitação durante quinze minutos em agitador horizontal, após o que procedeu-se a filtração através de papel de filtro Whatman nº 40, analisando-se neste extrato, o cálcio, o magnésio e o potássio, em um espectrofotômetro de absorção atômica PERKIN ELMER, modelo 503. Com os dados obtidos calculou-se a intensidade ou relação de atividade para o ion potássio em função dos ions cálcio e magnésio, segundo DAVIDESCU et alii (1966).

Os coeficientes de atividade foram calculados de acordo com a segunda aproximação da equação de Debye e Huckel, juntamente com as atividades dos cátions, segundo DAVIDESCU e

BORLAN (1968), através das equações que se seguem:

a) O coeficiente de atividade f , para o ion cálcio (I), para o ion magnésio (II) e para o ion potássico (III).

$$10g f_{Ca} = - \frac{4,0 \cdot 0,508 \cdot (u)^{1/2}}{1 + 1,312 \cdot (u)^{1/2}} \quad (I)$$

$$10g f_{Mg} = - \frac{4,0 \cdot 0,508 \cdot (u)^{1/2}}{1 + 2,628 \cdot (u)^{1/2}} \quad (II)$$

$$10g f_K = - \frac{0,508 \cdot (u)^{1/2}}{1 + 1,5(u)^{1/2}} \quad (III)$$

b) A força iônica u é calculada pela equação:

$$u = \frac{1}{2} \sum m_i \cdot Z_i^2$$

onde m_i é a concentração molar do ion, e Z_i é a valência des se ion.

c) A atividade de um ion é dada pela fórmula:

$$a = f \cdot m$$

onde f é o coeficiente de atividade e m é a concentração molar.

d) A relação de atividade para o potássio (RA_K) é dada pela fórmula:

$$RA_K = \frac{a_K}{\sqrt{a_{(Ca + Mg)}}}$$

onde a_K , $a_{(Ca + Mg)}$ são respectivamente as atividades do

ion potássio e do cálcio mais magnésio.

4.5.3. Análises químicas do material vegetal.

As determinações analíticas de cálcio, magnésio e potássio nas plantas de soja foram feitas segundo a técnica de LEGGETT e WESTERMANN (1973).

Nessas análises adotou-se o seguinte procedimento: agitaram-se 0,100 g de material vegetal, seco e finamente moído, com 25 ml de ácido tricloroacético a 2%. Em seguida levou-se ao banho-maria durante 1 hora com agitação a cada 15 minutos; filtrou-se através de papel de filtro Whatman nº 50. Diluiu-se vinte vezes os extratos, com solução de lantânio a 0,1% para análise de cálcio, magnésio e potássio, com leituras no espectrofotômetro de absorção atômica, PERKIN ELMER, modelo 503.

4.6. Análise estatística

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do computador IBM 1130.

Foi realizada a análise de variância dos dados de: desenvolvimento da soja medida em quatro estádios; produção de matéria seca; concentração de potássio, cálcio e magnésio na planta; teores de cálcio e magnésio trocáveis e potássio disponível do solo e relação de atividade para o ion potássio, seguindo o esquema:

<u>Causa de variação</u>	<u>G.L.</u>
Níveis de potássio (A)	3
Níveis de Ca/Mg (B)	1
Interação A . B	3
Resíduo	16
Total	23

A comparação entre as médias foi feita pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foram estabelecidas equações de regressão linear, quadrática e cúbica entre os valores de níveis de potássio no solo versus todos os parâmetros anteriormente citados, utilizando o método de regressão múltipla tipo Step-Wise; além disso foram realizadas correlações entre os valores da relação de atividade (RA_K) versus produção de matéria seca; RA_K versus concentração de potássio na planta e RA_K versus teor de K disponível extraído em solução 0,05N de ácido nítrico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efeitos dos tratamentos sobre a altura das plantas.

O desenvolvimento da soja cultivada nos solos Latosol Roxo (LR) e Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa (LE), são apresentados na TABELA 5 e 6.

Para a soja cultivada no solo LR, o valor de F na análise da variância (TABELA 7), evidenciou não haver qualquer efeito significativo da adubação potássica e da relação Ca/Mg do solo sobre o desenvolvimento da soja.

Todavia, quanto à soja cultivada no solo LE, observou-se, através do valor de F (TABELA 7), que o aumento no valor da relação Ca/Mg no solo não influenciou beneficemente e tampouco depressivamente o desenvolvimento, exceção feita aos dados obtidos para a altura da planta, medida no 3º estágio de desenvolvimento, onde aquele valor de F evidenciou efeito individual depressivo deste parâmetro sobre a altura da planta, porém, quando se efetuou a comparação entre as médias (TABELA 6), através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, fi

Tabela 5. Desenvolvimento médio (cm) da soja, cultivada no solo Latosol Roxo, medidos em quatro épocas com intervalo de 15 dias.

Níveis da Ca/Mg	Níveis de K	Desenvolvimento médio expresso em centímetros							
		Época 1		Época 2		Época 3		Época 4	
		m	M	m	M	m	M	m	M
Latosol Roxo									
Ca ₁ /Mg ₁	K O	16,67	16,42	19,50	19,92	26,83	26,58	36,67	35,67
	K 1	18,00	17,58	20,67	20,67	28,33	28,25	39,33	38,92
	K 2	18,33	18,00	21,50	21,25	29,67	29,00	40,00	39,42
	K 3	17,00	17,00	20,33	20,50	28,00	27,83	38,33	38,00
Ca ₂ /Mg ₁	K O	16,17		20,33		26,33		34,67	
	K 1	17,17		20,67		28,17		38,50	
	K 2	17,67		21,00		28,33		38,83	
	K 3	17,00		20,67		27,67		37,67	
Δ (5%)		2,433	1,72	3,084	2,180	3,289	2,326	6,535	4,621
c.v. %		6,03		6,40		5,03		7,35	

m = média das repetições

M = média das relações Ca/Mg dentro dos níveis de K

Δ = valor de delta do Tukey para as médias ao nível de 5% de probabilidade

c.v. = coeficiente de variação.

Tabela 6. Desenvolvimento médio (cm) da soja, cultivada no solo Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa, medidos em quatro épocas com intervalo de 15 dias.

Níveis da Ca/Mg	Níveis de K	Desenvolvimento médio expresso em centímetros							
		Época 1		Época 2		Época 3		Época 4	
		m	M	m	M	m	M	m	M
Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa									
Ca ₁ /Mg ₁	K O	15,33	14,75	17,83	17,33	24,33	23,00	32,67	30,92
	K 1	15,67	15,08	18,67	18,00	25,50	24,50	33,00	32,00
	K 2	16,17	16,42	19,00	19,17	26,33	26,17	34,33	35,08
	K 3	15,33	14,92	18,00	17,67	24,67	23,50	33,17	31,75
Ca ₂ /Mg ₁	K O	14,17		16,83		21,67		29,17	
	K 1	14,50		17,33		23,50		31,00	
	K 2	16,67		19,33		26,00		35,83	
	K 3	14,50		17,33		22,33		30,33	
△ (5%)		1,848	1,307	2,410	1,704	2,883	2,039	6,728	4,758
c.v. %		5,16		5,71		5,07		8,87	

m = média das repetições

M = média das relações Ca/Mg dentro dos níveis de K

△ = valor de delta do Tukey para as médias ao nível de 5% de probabilidade

c.v. = coeficiente de variação

Tabela 7. Valores de F, na análise da variância dos resultados obtidos para: o desenvolvimento (cm) F (D₁), F (D₂), F (D₃), F (D₄), da soja cultivada nos solos - Latosol Roxo e Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa.

Fonte de Variação	G.L.	F (D ₁)	F (D ₂)	F (D ₃)	F (D ₄)
Latosol Roxo					
Níveis de K	3	2,64	1,10	3,10	2,12
Relação Ca/Mg	1	1,38	0,09	1,03	1,04
Interação K x Ca x Mg	3	0,17	0,27	0,20	0,06
Resíduo	16				
Total	23				
Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa					
Níveis de K	3	5,57 ^{a/}	3,59 ^{a/}	7,69 ^{a/}	2,40
Relação Ca/Mg	1	4,26	2,50	13,26 ^{a/}	2,11
Interação K x Ca x Mg	3	1,51	0,73	1,05	0,89
Resíduo	16				
Total	23				

^{a/} significativo ao nível de 5% de probabilidade

D₁ - época 1 do desenvolvimento da soja
D₂ - época 2 do desenvolvimento da soja
D₃ - época 3 do desenvolvimento da soja
D₄ - época 4 do desenvolvimento da soja

cou evidenciado que também neste estágio do desenvolvimento da planta, não houve influência significativa da relação Ca/Mg do solo sobre a altura da planta.

Portanto, esses dados vêm indicar, nas condições deste trabalho, que em ambos os solos, o desenvolvimento da soja não sofreu influências benéficas ou depressivas do aumento no valor da relação Ca/Mg do solo.

Verificou-se, pelo valor de F (TABELA 7) que o aumento no nível de potássio no solo, influenciou benéfica e significativamente a altura da planta, e através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, evidenciou-se, pela comparação das médias (TABELA 6), que aquela influência benéfica da adubação potássica somente ocorreu até o nível 2 daquela adubação, ocorrendo acima desses valores, no mais alto nível empregado, influência significativamente depressiva da adubação potássica sobre a altura das plantas de soja durante todo o desenvolvimento da mesma, exceção feita ao 4º estágio de crescimento, quando nenhuma influência, benéfica ou depressiva, da adubação potássica sobre o crescimento daquelas plantas, foi observada, apesar desses dados evidenciarem uma aparente ocorrência daqueles efeitos.

Esses dados indicam, que os efeitos benéficos e depressivos, da adubação potássica foi diferente em função do grau de desenvolvimento das plantas e também quanto ao tipo de solo em que as mesmas se desenvolveram.

A equação de regressão cúbica (TABELA 20) entre os níveis de adubação potássica e os dados de altura das plantas de soja nos tres primeiros estádios de crescimento, conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade. E pelos valores dos coeficientes de determinação (R^2) ficou evidenciado que apenas 39,1%; 34,2% e 41,1% da variação total dos dados de alturas das plantas para os 1º, 2º e 3º estágios de crescimento, respectivamente, são explicados pela regressão utilizada.

5.2. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca e nos teores de K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de soja.

A produção de matéria seca e a concentração de K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de soja deste trabalho, são apresentados nas TABELAS 8 e 9.

5.2.1. Produção de matéria seca.

Considerando-se o ensaio como um todo, em média, a produção de matéria seca de soja, foi beneficiada pela adubação potássica (TABELAS 8 e 9).

De maneira geral, a produção de matéria seca acompanhou bem proximamente o desenvolvimento em altura das plantas, e deveria portanto ser bem natural que as considerações feitas sobre os efeitos dos tratamentos na altura das plantas poderiam ser agora repetidas, porém, aquelas observações foram bem modificadas quando se enfocou aqueles efeitos sobre a produção da matéria seca da soja. Assim é que, o teste de significância realizado para os dados obtidos com a soja cultivada no LR (TABELA 10), mostrou que a adubação potássica e a relação Ca/Mg do solo, apresentaram individualmente, influências significativas sobre a produção de matéria seca. Deste modo, observou-se pelos resultados obtidos com os aumentos no nível de potássio e no valor da relação Ca/Mg do solo (TABELA 8), que a adubação potássica apresentou incrementos significativos sobre a produção de matéria seca até o nível 2 daquela adubação, deprimindo em nível mais elevado aquela produção, sendo o ponto de máximo efeito benéfico quando este solo apresentou-se com teor de potássio de 0,24 e.mg./100 g TFSA (FIGURA 9), tendo acima desse valor, deprimido a produção de matéria seca, observações essas que vêm, em parte, confirmar as observações de van RAIJ e MASCARENHAS (1976).

Todavia, contrariando as observações feitas no

Tabela 8. Produção de matéria seca (g) e concentração (%) de Ca, Mg e K na parte aérea, das plantas de soja colhidas aos 72 dias após a germinação no Latosol Roxo.

Níveis da Ca/Mg	Níveis de K	Peso de matéria seca (g)		Concentração (%) de nutrientes na parte aérea					
		m	M	Cálcio		Magnésio		Potássio	
		m	M	m	M	m	M	m	M
Ca ₁ /Mg ₁	K O	8,04	7,80	1,61	1,72	0,29	0,28	0,58	0,63
	K 1	9,91	8,29	1,63	1,76	0,28	0,27	0,76	0,80
	K 2	10,80	10,35	1,81	2,01	0,26	0,25	0,91	0,98
	K 3	9,35	8,90	1,13	1,24	0,26	0,27	1,34	1,33
Ca ₂ /Mg ₁	K O	7,57		1,83		0,27		0,67	
	K 1	8,67		1,89		0,26		0,84	
	K 2	9,90		2,21		0,24		1,05	
	K 3	8,45		1,35		0,27		1,32	
Δ (5%)		0,832	0,588	0,268	0,189	0,052	0,037	0,112	0,079
c.v.%		3,92		6,82		8,39		5,13	

m = média das repetições

M = média das relações Ca/Mg dentro dos níveis de K

Δ = valor de delta do Tukey para as médias ao nível de 5% de probabilidade

c.v. = coeficiente de variação

Tabela 9. Produção de matéria seca (g) e concentração (%) de Ca, Mg e K na parte aérea, das plantas de soja colhidas aos 72 dias após a germinação no Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa.

Níveis da Ca/Mg	Níveis de K	Peso de matéria seca (g)		Concentração (%) de nutrientes na parte aérea					
		m	M	Cálcio		Magnésio		Potássio	
		m	M	m	M	m	M	m	M
Ca ₁ /Mg ₁	K O	4,34	4,32	1,23	1,29	0,30	0,28	0,50	0,53
	K 1	5,63	5,33	1,32	1,44	0,31	0,29	0,89	0,92
	K 2	7,33	6,93	1,69	1,92	0,32	0,32	1,03	1,13
	K 3	5,48	5,34	0,87	0,97	0,31	0,28	1,40	1,39
Ca ₂ /Mg ₁	K O	4,30		1,35		0,27		0,57	
	K 1	5,03		1,55		0,28		0,94	
	K 2	6,53		2,16		0,31		1,22	
	K 3	5,20		1,07		0,25		1,37	
Δ (5%)		0,730	0,516	0,419	0,296	0,053	0,037	0,117	0,083
c.v. %		5,69		12,76		7,81		5,07	

m = média das repetições
M = média das relações Ca/Mg dentro dos níveis de K
Δ = valor de delta do Tukey para as médias ao nível de 5% de probabilidade
c.v. = coeficiente de variação

Tabela 10. Valores de F, na análise de variância dos resultados obtidos para: Matéria seca (M.S.); concentração (%) de K, Ca e Mg na planta, em ambos os solos.

Fonte de Variação	G.L.	F.(M.S.)	F (% K)	F (% Ca)	F (% Mg)
Latosol Roxo					
Níveis de K	3	52,24 ^{a/}	232,83 ^{a/}	46,44 ^{a/}	2,70
Relação Ca/Mg	1	36,40 ^{a/}	13,65 ^{a/}	34,69 ^{a/}	2,16
Interação K x Ca x Mg	3	1,17	2,79	0,82	0,60
Resíduo	16				
Total	23				
Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa					
Níveis de K	3	71,59 ^{a/}	306,23 ^{a/}	29,43 ^{a/}	3,58 ^{a/}
Relação Ca/Mg	1	11,37 ^{a/}	11,97 ^{a/}	12,14 ^{a/}	10,06 ^{a/}
Interação K x Ca x Mg	3	1,74	4,68 ^{a/}	0,97	1,55
Resíduo	16				
Total	23				

^{a/} significativo ao nível de 5% de probabilidade

enfoque sobre o crescimento das plantas de soja, evidenciou-se aqui, a influência depressiva, em média, do aumento no valor da relação Ca/Mg do solo sobre a produção de matéria seca da soja cultivada neste solo, observações essas que não concordam em parte com as citações de MIYASAKA et alii (1964) e MASCA RENHAS et alii (1969).

A equação de regressão quadrática (TABELA 19), estabelecida entre os níveis de potássio no solo e os dados de produção de matéria seca, conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação (R^2) indicou que 73,7% da variação total dos dados de produção de matéria seca de soja, são explicadas pela regressão utilizada, evidenciando assim que, a medida que se aumentou a adubação potássica, efeitos benéficos desta adubação sobre aquela produção ocorreram, até o nível 2 daquela adubação, atingindo um ponto de máximo efeito benéfico quando aquela adubação correspondeu no solo a um valor de 0,24 e.mg.K por 100 g TFS, e efeitos depressivos com níveis mais elevados do que esse.

O efeito individual dos parâmetros, adubação potássica e relação Ca/Mg do solo, na produção de matéria seca da soja cultivada no solo LE, à semelhança das observações tecidas quando a soja foi cultivada no solo LR, poderiam ser entendidas à estas condições, como pode ser verificado pelo valor de F contidos na TABELA 10; todavia, apesar desse valor ser significativo, a sua utilização ficou comprometida, pois a comparação entre as médias (TABELA 9), evidenciou que, em média, o aumento no valor da relação Ca/Mg do solo não influenciou benéfica ou depressivamente a produção da matéria seca. Mas, - por outro lado, ficou evidenciado, pelos dados da mesma tabela, que a adubação potássica apresentou incrementos significativos sobre a produção da matéria seca, influenciando a mesma até o nível 2 daquela adubação, quando então influenciou depressivamente a produção de matéria seca, em nível mais elevado daquela adubação, confirmando assim esses resultados, em parte as

citações de MIYASAKA e SILVA (1966), MASCARENHAS e MIYASAKA (1968) e van RAIJ e MASCARENHAS (1976).

Esses dados, obtidos em ambos os solos, mostraram novamente, que o efeito dos parâmetros estudados neste trabalho, foram diferentes em função do tipo de solo que serve de suporte às plantas, assim é que efeitos significativos do potássio sobre a produção de matéria seca da soja, foram observados em ambos os solos, mas a influência da relação Ca/Mg do solo, somente foi observada no solo LR, apesar de ambos, serem solos geologicamente semelhantes.

Os dados da TABELA 20, mostraram que a equação de regressão cúbica entre os níveis de potássio no solo e os dados de produção de matéria seca da soja cultivada no solo LE, conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação (R^2) indicou que 83,2% da variação total dos dados de produção de matéria seca, são explicadas por aquela equação, mostrando dessa maneira, que a medida em que o nível de potássio no solo aumenta, os efeitos benéficos dessa adubação ocorrem até um ponto de máxima (FIGURA 10) equivalente a 0,26 e.mg.K⁺/100 g TFSA, acima do qual, efeitos depressivos daquela adubação potássica sobre a produção da matéria seca passou a ocorrer.

5.2.2. Concentração de potássio na parte aérea.

O teor de potássio em plantas de soja, relacionou-se estreitamente com o teor do cátion no solo, o que pode ser constatado pelos dados das TABELAS 8 e 9, à exemplo dos obtidos por BARROWS e DROSDOFF (1958) e SOARES (1975).

Para a soja cultivada no solo LR, em média, o aumento no valor da relação Ca/Mg não apresentou efeito sobre o teor de potássio em plantas de soja, quando se comparou as médias (TABELA 8), através do teste de Tukey, apesar dos valores de F na análise da variância (TABELA 10) terem indicado efeitos individuais de ambos os parâmetros, adubação potássica

ca e relação Ca/Mg do solo, sobre o teor de potássio nas plantas. Em parte essa observação vem se anexar às citações de MENGEL e AKSAY (1954) e MENGEL (1963).

Esses dados, evidenciaram, portanto, que nas condições deste trabalho, não houve influência do aumento na relação Ca/Mg sobre o aproveitamento do potássio pelas plantas de soja cultivadas no solo LR, observação essa, que de modo geral, não confirmou as citações de BADRAWY e BUSSLER (1968), de ANDERSON e MARTIN (1971) e as de SOARES (1975), os quais em estudos semelhantes, observaram influência significativa daquela relação no solo sobre o aproveitamento do potássio pelas plantas.

Entretanto, observou-se ainda pelos dados da TABELA 8, a influência benéfica a níveis de incrementos significativos, da adubação potássica sobre a concentração do potássio nas plantas de soja, reforçando ainda mais a literatura (van ITALLIE, 1938; SMITH, 1975; SOARES, 1975 e TERMAN, 1977), a qual de modo geral, evidencia o estreito relacionamento entre os níveis de potássio no solo com a concentração desse cátion nutriente nas plantas.

Em reforço da última observação, verificou-se que a equação de regressão linear (TABELA 19), estabelecida entre os níveis de potássio no solo e os dados do teor de potássio em plantas de soja, conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação (R^2) indicou o bom ajustamento da equação utilizada, pois 83,2% da variação total dos dados da concentração do elemento na planta são explicadas por aquela equação, mostrando assim que, à medida em que o nível do potássio no solo aumentou, maior foi o teor de potássio encontrado na planta.

Na TABELA 9 estão apresentados os resultados obtidos quando a soja foi cultivada no solo LE, e pelos dados da TABELA 10, verificou-se que houve interação significativa entre a adubação potássica com os valores da relação Ca/Mg. E o valor de F, decorrente do desmembramento dos componentes daque

la interação (TABELA 11), indicou ocorrer efeito benéfico significativo, da adubação potássica sobre a concentração daquele cátion dentro de um mesmo valor da relação Ca/Mg, observação essa que estão em acordo com as citações de LOUÉ (1963), de LUTZ e JONES (1975) e com as de TERMAN (1977). Todavia, verificou-se ainda, que ao contrário do obtido por BOWER e PIERRE (1944), MEDVEDEVA (1968 a), por TEWARI et alii (1971) e por SOARES (1975), a concentração de potássio na planta, incrementou-se a níveis significativos em função do valor da relação Ca/Mg, pois o teor de potássio na mesma, aumentou com o aumento no valor daquela relação.

Ficou evidenciado ainda, através dos dados da TABELA 11, que a influência benéfica da relação Ca/Mg, foi diferente em função do nível de potássio no solo. Assim, de modo geral, nos tratamentos onde a soja foi cultivada dentro da menor relação Ca/Mg, aquela influência foi menos intensa do que quando a mesma foi cultivada dentro da maior relação Ca/Mg.

No geral, os dados evidenciaram a influência da adubação potássica e da relação Ca/Mg sobre o aproveitamento do potássio pelas plantas e os reflexos diretos do potássio e do cálcio no teor de potássio na planta.

Observou-se também, que em ambos os solos, maiores absorções do cátion, foram observadas com o maior nível da adubação potássica aplicada dentro da menor relação Ca/Mg estudada.

Devido, a ocorrência da interação significativa entre os parâmetros, adubação potássica e relação Ca/Mg, quando a soja foi cultivada no solo LE, estabeleceu-se uma equação de regressão cúbica para o teor de potássio nas plantas, desenvolvidas dentro da relação 5/1 em Ca/Mg e uma equação de regressão quadrática para a concentração de potássio nas plantas desenvolvidas dentro da maior relação em Ca/Mg no solo em estudo. E através dos dados da TABELA 20, verificou-se, que sob ambas as condições, as equações conduziram a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade. E pelos

Tabela 11. Valores de F, obtidos com o desdobramento dos componentes de 19 e 29 grau da análise da variância para os resultados de: concentração (%) de K na planta cultivada no solo Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa.

Fonte de Variação	G L	F (% K)
Níveis K d. Rel. 5/1	3	163,15 ^a / ₃
Níveis K d. Rel. 10/1	3	147,76 ^a / ₃
Níveis da Rel. d. K O	1	2,88
Níveis da Rel. d. K 1	1	1,47
Níveis da Rel. d. K 2	1	21,28 ^a / ₃
Níveis da Rel. d. K 3	1	0,36

^a/ significativo ao nível de 5% de probabilidade

valores dos coeficientes de determinação (R^2), evidenciou-se - que 98,7% e 97,9%, respectivamente dentro das condições da relação em Ca/Mg de 5/1 e 10/1, da variação total dos dados de concentração de potássio na planta, são explicadas pelas regressões utilizadas.

Observando-se os resultados obtidos para a produção de matéria seca e os teores de potássio na planta (TABELA 8), verificou-se que o aumento na relação Ca/Mg do solo, influenciou depressivamente a produção de matéria seca da soja cultivada no solo LR; todavia, aquele parâmetro, contrariando em parte as citações de SOARES (1975), influenciou benéficamente a absorção do potássio. Entretanto essas influências não foram constatadas quando a soja foi cultivada no solo LE (TABELA 9), evidenciando, deste modo, que o grau de influência dos parâmetros estudados, variou em função do tipo de solo em que se promoveu o estudo.

5.2.3. Concentração de cálcio na parte aérea.

À semelhança do potássio, o teor de cálcio na planta, em média, relacionou-se estreitamente com o teor de cálcio no solo, como pode ser observado pelos dados contidos - nas TABELAS 8 e 9, onde se encontram apresentadas as concentrações desse cátion nutriente na parte aérea das plantas de soja cultivadas em ambos os solos.

Sob as condições de cultivo da soja no solo LR, ficou evidenciado, através do valor de F na análise da variância (TABELA 10), que houve influência individual e significativa das variáveis estudadas sobre o teor de cálcio nas plantas. E pelos dados da TABELA 8, por comparação das médias (teste de Tukey), verificou-se que, em média, a concentração do cálcio na planta incrementou-se a níveis significativos com o aumento no valor da relação Ca/Mg, evidenciando, deste modo, que o teor desse elemento na planta relacionou-se estreitamente com o nível desse cátion nutriente no solo, observação essa que vem se

anexar as citações de van ITALLIE (1948), as de WADDINGTON - et alii (1972) e com as de SOARES (1975).

Todavia, verificou-se que a adubação potássica promoveu incrementos significativos na absorção do cálcio pelas plantas de soja, apresentando dessa forma um efeito sinérgico sobre a absorção daquele cátion, e conforme pode-se observar (TABELA 8), o sinergismo ocorreu até o nível 2 da adubação potássica, sendo que, em nível superior a este, cessou aquele efeito para ocorrer influência depressiva da adubação potássica sobre a absorção do cálcio, caracterizando assim um antagonismo entre ambos os cátions. Deste modo, os dados evidenciam que, em níveis baixos de potássio no solo, há influência benéfica do mesmo na absorção do cálcio pelas plantas e em níveis elevados passa a ocorrer influência depressiva do mesmo sobre a absorção do cálcio, observações essas que vêm de acordo com as citações de BEAR e PRINCE (1945), com as de LUCAS e SCARSETH (1947) e com as de WOODBRIDGE (1955).

A equação de regressão cúbica (TABELA 19), entre os níveis de potássio no solo e os dados de concentração de cálcio na planta de soja, conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação (R^2) indicou o bom ajustamento da equação de regressão utilizada, pois, 71,6% da variação total dos dados da concentração daquele elemento na parte aérea da soja, são explicadas por aquela equação, mostrando assim, que à medida em que o nível de potássio no solo aumentou, evidenciou-se o efeito sinérgico do potássio sobre o cálcio até o nível 2 da adubação potássica, com ponto de máximo sinergismo (FIGURA 14) quando o solo apresentou-se com $0,23 \text{ e.mg.K}^+ / 100 \text{ g TFSA}$ e em níveis mais elevados, evidenciou-se o efeito antagônico entre ambos os cátions, de tal maneira, que menores concentrações de cálcio na parte aérea de plantas de soja, foram observadas em presença do maior nível de adubação potássica aplicada.

Quanto ao efeito dos tratamentos no teor de cálcio em plantas de soja cultivada no solo LE (TABELA 9), as mes

mas observações, relativas ao efeito do potássio, feitas para o primeiro solo, podem ser estendidas para esta unidade de mapeamento, pois, também nestas condições, observou-se o incremento a níveis significativo do mesmo na absorção do cálcio até o nível 2 da adubação potássica, seguido da ocorrência de influência depressiva quando o potássio foi aplicado em alta dose. Evidenciando-se assim, também aqui, a ocorrência do sinergismo seguido do antagonismo entre ambos os cátions, potássio e cálcio.

Entretanto, apesar da análise da variância (TABELA 10), ter evidenciado influência individualmente significativa da relação Ca/Mg no teor de cálcio na parte aérea de plantas de soja, a comparação das médias, através do teste de Tukey, ao contrário das influências ocorridas nas condições de cultivo da soja no solo LR, não evidenciou influência significativa daquele parâmetro sobre a concentração do cálcio na planta.

Todavia, os dados da TABELA 20, mostraram que a equação de regressão cúbica entre os níveis de potássio no solo e os dados de concentração de cálcio em plantas de soja, conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade, e o coeficiente de determinação (R^2) mostrou que 73% da variação total dos dados de teor de cálcio na planta, são explicadas por aquela equação, evidenciando assim, que à medida em que o nível de potássio no solo aumentou, apresentou influência sinérgica sobre o cálcio até o nível 2 da adubação potássica, com ponto de máximo sinergismo (FIGURA 15) quando o solo apresentou-se com 0,25 e.mg.K⁺/100 g TFSA e em níveis mais elevados, evidenciou-se, o efeito antagônico entre ambos os cátions, de maneira que, menores concentrações de cálcio na planta, foram observadas em presença do maior nível da adubação potássica adicionada.

Esses dados evidenciaram, que o efeito sinérgico e antagônico entre os cátions potássio e cálcio, foram iguais em função do tipo de solo utilizado, mas a influência da rela

ção Ca/Mg do solo sobre a absorção do cálcio por plantas de soja, foi diferente em função do tipo de solo utilizado. Assim é, que nas condições da soja cultivada no solo LR, observou-se incrementos a níveis significativos na absorção do cálcio, em função do aumento no valor daquela relação, ao passo que, nas condições de cultivo da soja no solo LE, aquela relação não influenciou a absorção daquele cátion por plantas de soja, quando se comparou as médias através do teste de Tukey.

5.2.4. Concentração de magnésio na parte aérea.

O teor de magnésio na parte aérea de plantas de soja cultivada no solo LR, não foi influenciado (TABELA 10) significativamente pela adubação potássica e tampouco pelo aumento no valor da relação Ca/Mg do solo.

Todavia, a análise da variância (TABELA 10), mostrou a influência individualmente significativa da relação Ca/Mg e da adubação potássica sobre a absorção do magnésio pela soja cultivada no solo LE; entretanto, o teste de Tukey evidenciou, pela comparação entre as médias (TABELA 9), não haver nenhuma influência na absorção do magnésio pela soja, em função do valor da relação Ca/Mg do solo. Mas, ficou bem evidenciado que a absorção daquele cátion nutriente foi beneficamente influenciada pelo incremento, até o nível 2, na adubação potássica, tendo em nível mais elevado, deprimido a absorção do magnésio pela soja.

Esses dados, à exemplo do observado na absorção do cálcio sob a influência do potássio, evidenciaram a ação sinérgica desse cátion, em baixos níveis, na absorção do magnésio e da ação antagônica do potássio, em altos níveis, na absorção do magnésio pela planta de soja.

Os dados, evidenciaram também, que os efeitos sinérgico e antagônico, entre os cátions potássio e magnésio, foram diferentes em função do tipo de solo utilizado, e que a relação Ca/Mg do solo não influenciou a absorção do magnésio

por planta de soja, em nenhuma das condições de cultivo (solo LR e LE).

Todavia, os dados da TABELA 20, mostraram que a equação de regressão cúbica entre os níveis de potássio no solo e os dados de concentração de magnésio em plantas de soja, conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade, porém, o coeficiente de determinação (R^2) evidenciou que apenas 25,8% da variação total são explicadas pela equação utilizada, mas apesar desse baixo índice, a FIGURA 17 elaborada através daquela equação, mostrou que, à medida em que o nível de potássio no solo aumentou, a influência sinérgica desse cátion na absorção do magnésio foi observada até o nível 2 daquela adubação, com ponto de máximo sinergismo quando o solo apresentou-se com 0,26 e.mg- K^+ /100 g TFSA e em níveis mais elevados, evidenciou-se o efeito antagônico entre ambos os cátions, de maneira tal, que menores teores de magnésio na planta, foram observadas em presença do maior nível da adubação potássica empregada neste trabalho.

Do exposto, ficou evidenciado, que a absorção do potássio, do cálcio e do magnésio pela planta, está diretamente relacionado às suas concentrações no solo e também está estreitamente ligada às relações entre esses elementos no solo, como também pode ser influenciada pelo tipo de solo que serve de suporte às plantas, pois, a absorção do potássio pela planta de soja, dependeu, à semelhança do que foi verificado por outros autores (van ITALLIE, 1938; BARROWS e DROSDOFF, 1958; SMITH, 1975; SOARES, 1975 e TERMAN, 1977), de sua concentração em ambos os solos utilizados, mas, não foi no presente trabalho, influenciado pelo teor do cálcio e do magnésio do solo, à semelhança dos resultados obtidos por van ITALLIE, 1938 e 1948), MENGEL e AKSAY (1954) e MENGEL (1963).

Todavia, observou-se, através dos resultados obtidos neste trabalho, que o potássio apresentou-se com efeitos marcantes sobre a absorção do cálcio e do magnésio por plantas de soja, com a constatação dos efeitos, sinérgico e antagônico,

entre esses cátions, à exemplo do registrado pela literatura - sobre o assunto.

Evidenciou-se, neste trabalho, que o efeito do potássio sobre o cálcio e/ou o magnésio são mais marcantes do que os efeitos destes dois cátions sobre o primeiro, e que a influência do potássio é maior sobre o cálcio do que sobre o magnésio. Essas observações não vem de acordo com as obtidas por ALBAREDA (1958 a) que observou em seus estudos, ser a influência cálcio-potássio mais intensa do que a ação potássio-cálcio, todavia as observações obtidas neste trabalho, estão de acordo com a teoria de KAHN, citado pelo próprio ALBAREDA (1958 a), que reforçando as observações aqui obtidas, fundamentam-se na capacidade de penetração dos cátions nas raízes, os quais seguem a relação $K > Na > Mg > Ca$, o que acarretaria como consequência que a combinação entre dois cátions, deve alcançar uma ação antagônica tanto maior quanto mais separado estiverem ambos os ions entre si.

De modo geral, convem ressaltar, que no aspecto restrito das interferências mútuas entre potássio, cálcio e magnésio, no equilíbrio iônico no solo e seus efeitos sobre suas absorções pela planta, pode-se visualizar que o fenômeno não foi apenas uma questão de suas concentrações no solo e tampouco somente sobre suas interrelações dentro do solo, mas foi também uma questão do tipo do solo empregado, a julgar-se pelos resultados obtidos neste trabalho.

5.3. Efeito dos tratamentos na relação de atividade para o ion potássio e nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e no teor de potássio disponível.

Para facilidade de exposição, expressou-se aqui, a relação de atividade para o ion potássio, o cálcio e o magnésio trocáveis e o potássio disponível por: RA_K , Cat, Mgt e Kex.

5.3.1. Efeito dos tratamentos na relação de atividade para o ion potássio (RA_K)

A determinação da RA_K , foi baseada no potássio solúvel extraído com uma solução 0,01 M de cloreto de cálcio e é expressa neste trabalho pelo quociente da atividade do potássio pela raiz quadrada da soma das atividades dos cátions cálcio e magnésio.

Através dos dados inseridos na TABELA 12 e 13 onde são apresentados os resultados da RA_K obtidos em ambos os solos (LR e LE), verifica-se que os valores de RA_K no solo LR variaram de $0,59 \times 10^{-2}$ a $6,91 \times 10^{-2}$ em presença da relação 5/1 em Ca/Mg e de $0,61 \times 10^{-2}$ a $6,40 \times 10^{-2}$ dentro da relação 10/1 em Ca/Mg. E no solo LE os valores de RA_K variaram de $0,55 \times 10^{-2}$ a $7,31 \times 10^{-2}$ e de $0,69 \times 10^{-2}$ a $6,93 \times 10^{-2}$, respectivamente em presença da relação 5/1 e 10/1 em Ca/Mg.

Observou-se, que apesar dos valores de F na análise da variância dos dados obtidos com o solo LR (TABELA 14), haverem demonstrado a influência individual da adubação potássica e relação Ca/Mg do solo, a comparação das médias (TABELA 12), através do teste de Tukey, indicou que em média, a relação Ca/Mg do solo não afetou significativamente a RA_K , resultados esses que discordam em parte dos obtidos por SOARES (1975). Todavia, ficou bem evidenciado que a adubação potássica promoveu incrementos significativos sobre a RA_K , sendo os maiores valores obtidos com os níveis mais altos de potássio e este efeito foi observado dentro de ambos os valores da relação Ca/Mg. Esses resultados vem se anexar aos obtidos por MARSHALL e BARBER (1950), DAVIDESCU et alii (1966 a), BECKETT (1971), - MIRANDA (1972) e SOARES (1975).

A equação de regressão linear (TABELA 19) entre os níveis de potássio no solo e os dados da RA_K , conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação (R^2) indicou o bom ajustamento da equação de regressão utilizada, pois, 98,8% da varia

Tabela 12. Concentração dos cátions Ca, Mg e K ($\text{mol/l} \times 10^{-3}$) e a relação de atividade ($\text{mol/l} \times 10^{-2}$) para o ion potássio (RA_K) em relação aos ions cálcio e magnésio no solo Latosol Roxo, após a incubação.

Latosol Roxo						
Níveis da Ca/Mg	Níveis de K	concentração ($\text{ml/l} \times 10^{-3}$)			RA_K	
		Cca	Cmg	Ck	m	M
Ca ₁ /Mg ₁	K 0	1,15	2,00	0,30	0,59	0,60
	K 1	1,10	1,94	1,05	2,09	1,97
	K 2	1,55	2,22	1,97	3,52	3,52
	K 3	1,65	2,17	3,83	6,91	6,65
Ca ₂ /Mg ₁	K 0	2,30	1,42	0,33	0,61	
	K 1	2,77	1,39	1,07	1,85	
	K 2	3,00	1,33	2,07	3,52	
	K 3	3,05	1,47	3,82	6,40	
	Δ (5%)				0,496	0,351
	c.v. %					6,66

m = média das repetições

M = média das relações Ca/Mg dentro dos níveis de K

Δ = valor de delta do Tukey para as médias, a o nível de 5% de probabilidade.

c.v. = coeficiente de variação

Cca = concentração de cálcio

Cmg = concentração de magnésio

Ck = concentração de potássio

Tabela 13. Concentração dos cátions Ca, Mg e K ($\text{mol/l} \times 10^{-3}$) e a relação de atividade ($\text{mol/l} \times 10^{-2}$) para o ion potássio (RA_K) em relação aos ions cálcio e magnésio no solo Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa , após a incubação.

Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa						
Níveis da Ca/Mg	Níveis de K	concentração ($\text{mol/l} \times 10^{-2}$)			RA_K	
		Cca	Cmg	Ck	m	M
Ca_1/Mg_1	K 0	0,27	1,83	0,23	0,55	0,62
	K 1	0,80	1,92	0,99	2,08	2,19
	K 2	0,90	1,92	1,93	4,01	4,19
	K 3	1,40	2,05	3,87	7,31	7,12
Ca_2/Mg_1	K 0	0,70	1,06	0,27	0,69	
	K 1	0,90	1,14	0,95	2,31	
	K 2	1,20	1,30	1,98	4,38	
	K 3	2,65	1,28	3,87	6,93	
Δ (5%)					0,489	0,345
c.v. %					5,91	

m = média das repetições
 M = média das relações Ca/Mg dentro dos níveis de K
 Δ = valor de delta do Tukey para as médias ao nível de 5% de probabilidade
 c.v. = coeficiente de variação
 Cca = concentração de cálcio
 Cmg = concentração de magnésio
 Ck = concentração de potássio

ção total dos dados da RA_K são explicadas por aquela equação, evidenciando assim, que a medida em que o nível do potássio no solo aumentou, maior foi o valor da RA_K obtida.

Entretanto, o valor de F no desdobramento dos componentes da interação K x Ca/Mg (TABELA 15), para os resultados da RA_K obtidos no solo LE (TABELA 13), indicou haver incrementos a níveis significativos no valor da RA_K em função do aumento no nível do potássio no solo, dentro de um mesmo valor da relação Ca/Mg, e à semelhança dos resultados obtidos no solo LR, esse efeito foi observado dentro de ambos os valores daquela relação. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por MARSHALL e BARBER (1950), DAVIDESCU et alii (1966 a), BECKETT (1971), MIRANDA (1972) e SOARES (1975). Todavia, quanto a influência da relação Ca/Mg sobre os valores obtidos para a RA_K , as mesmas observações feitas no solo LR, aqui podem ser estendidas, pois apesar do valor de F ter sido significativo, a comparação entre as médias, através do teste de Tukey, evidenciou não haver influência significativa daquela relação sobre RA_K .

Em razão, da interação significativa entre os parâmetros, adubação potássica e relação Ca/Mg do solo, estabeleceu-se uma equação de regressão linear para o valor da RA_K correspondente ao valor da relação 5/1 em Ca/Mg e uma equação de regressão cúbica para a RA_K correspondente ao maior valor da relação Ca/Mg. E pelos dados da TABELA 20, verificou-se que, em ambos os casos, as equações conduziram a valores de "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade e os valores dos coeficientes de determinação (R^2), indicaram que 98,7% e 97,9%, respectivamente para os valores das relações 5/1 e 10/1 em Ca/Mg, da variação total dos dados da RA_K neste solo, são explicadas pelas regressões utilizadas.

Na TABELA 21, são apresentados os valores do coeficiente de correlação r e os valores do teste "t" ao nível de 5% de probabilidade, obtidos entre os valores da RA_K e os dados da produção de matéria seca, RA_K e os dados das concen

Tabela 14. Valores de F na análise da variância dos dados obtidos para a relação de atividade do ion potássio, nos solos LR e LEa.

Fonte de Variação	G.L.	F (RA _K)	
		LR	LEa
Níveis de K	3	898,93 ^{a/}	1078,28 ^{a/}
Relação Ca/Mg	1	4,51 ^{a/}	1,06
K x Ca x Mg	3	2,06	3,69 ^{a/}
Resíduo	16		
Total	23		

^{a/} significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 15. Valores de F, obtidos com o desdobramento dos componentes de 1º e 2º grau da análise da variância para os resultados da relação de atividade do ion potássio correspondente ao solo LEa.

Fonte de Variação	G.L.	F (RA _K)
Níveis de K d. Rel. 5/1	3	583,02 ^{a/}
Níveis de K d. Rel. 10/1	3	498,96 ^{a/}
Níveis da Rel. d. K 0	1	0,66
Níveis da Rel. d. K 1	1	1,74
Níveis da Rel. d. K 2	1	4,71 ^{a/}
Níveis da Rel. d. K 3	1	5,03 ^{a/}

^{a/} significativo ao nível de 5% de probabilidade

trações de potássio na planta e RA_K e os dados de teor de potássio disponível extraído com solução 0,05 N de ácido nítrico (Kex), de ambos os solos utilizados neste trabalho.

Pelos dados da TABELA 21, à exemplo do observado por SOARES (1975), verifica-se que os valores de RA_K , foram altamente correlacionados com o teor de Kex em ambos os solos, a julgar-se pelos altos coeficientes de correlação obtidos entre esses parâmetros ($r = 0,991$ para ambos os solos). Verifica-se, ainda, que os valores de RA_K apresentaram altos coeficientes de correlação ($r = 0,970$ e $0,951$) com a concentração de potássio na parte aérea de plantas de soja, resultados esses que vem se anexar aos obtidos por Mac LEAN (1960), ARNOLD (1962), TINKER (1964 a e b), ACQUAYE et alii (1967), ARNOLD et alii (1968) e Laroche e Fassbender citado por FASSBENDER (1972). Todavia, correlação significativa entre os valores de RA_K e produção de matéria seca, somente foi observado no solo LE, à exemplo de SOARES (1975) em estudo semelhante e dentro da mesma unidade de mapeamento, e esses resultados estão ainda em acordo com os obtidos por TINKER (1964 a, b), BARROW et alii (1965), BARROW (1966), Le ROUX e SUMMER (1968) e em parte pelos obtidos por GAMA (1966, 1967) e NASH (1971).

Para finalizar, sabe-se, através de literatura, que a absorção do potássio depende de sua concentração e, de modo indireto, da concentração do cálcio e/ou do magnésio, e uma vez que o parâmetro intensidade é o que define num instante dado a disponibilidade do elemento para a planta, e sendo tal parâmetro igual ao quociente da atividade do potássio pela raiz quadrada da soma das atividades de ambos os cátions bivalentes, o cálcio e o magnésio (DAVIDESCU e BORLAN, 1968), segue-se portanto, à exemplo dos dados obtidos neste trabalho, que baixas relações de atividade do ion potássio no meio, determinará menor absorção de potássio, resultando daí, um menor teor de potássio na matéria seca e conseqüentemente, aumentará o teor dos outros dois elementos, e reciprocamente, à exemplo dos dados obtidos por LOUË (1963), os dados das TABELAS 8 e 9,

evidenciaram que o aumento no fornecimento de potássio para a soja, promoveu um incremento no valor da RA_K no meio, e incrementou a níveis significativos o teor de potássio em plantas de soja, com conseqüente diminuição nos teores de cálcio e magnésio, e estes efeitos foram acompanhados, em presença do nível mais alto da adubação potássica, por um decréscimo significativo na produção de matéria seca da soja cultivada em ambos os solos.

5.3.2. Teores de cálcio e magnésio trocáveis e potássio disponível no solo.

O valor de F na análise da variância (TABELA 16), mostrou que, em ambos os solos, a relação Ca/Mg não influenciou o teor de K_{ex} , mas este foi significamente influenciado pela adição de potássio ao meio, como pode ser comprovado pelos dados das TABELAS 16 e 17. Todavia, evidenciou-se, através do valor de F, não haver influência a níveis significativos do incremento na adubação potássica sobre o teor do cálcio e do magnésio em ambos os solos.

Fato interessante a se ressaltar, todavia, é que apesar da análise da variância (TABELA 18), não se observou, em média, incrementos significativos no teor de Ca_t do solo em função do aumento no valor da relação Ca/Mg, quando se comparou as médias através do teste Tukey.

Quanto ao teor de Mg_t , como era de se esperar, em média, em ambos os solos, aquele elemento sofreu uma redução em seu teor no solo, em função do aumento no valor da relação Ca/Mg (TABELA 16 e 17).

A equação de regressão linear (TABELA 19 e 20) entre os níveis da adubação potássica e os dados de potássio disponível, em ambos os solos, conduziu a valores do teste "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade. E através, dos coeficientes de determinação (R^2), verificou-se, que 98,8% e 99,4%, respectivamente solo LR e LE, da variação total dos da

dos de potássio disponível no solo, são explicadas pelas regressões utilizadas, evidenciando esses dados que, à medida em que o nível da adubação potássica aumentou, o teor de potássio disponível no solo se elevou.

Tabela 16. Teores médios de cálcio, magnésio e potássio trocáveis extraídos em solução 0,05N de HNO₃, valores pH, determinados no solo Latosol Roxo após a incubação.

Níveis de Ca/Mg	Níveis de K	pH em água	e.mg./100 g TFSA					
			Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺	
			m	M	m	M	m	M
Ca ₁ /Mg ₁	K 0	5,67	4,83	5,08	0,97	0,77	0,03	0,03
	K 1	5,73	4,57	4,93	0,93	0,75	0,10	0,10
	K 2	5,73	4,63	4,85	0,93	0,73	0,20	0,20
	K 3	5,73	4,63	4,78	0,93	0,72	0,39	0,39
Ca ₂ /Mg ₁	K 0	5,70	5,33		0,57		0,04	
	K 1	5,76	5,30		0,57		0,10	
	K 2	5,70	5,07		0,53		0,20	
	K 3	5,60	4,93		0,50		0,40	
Δ (5%)			0,569	0,402	0,126	0,089	0,041	0,029
c.v.%			4,95		7,28		9,79	

m = média das repetições

M = média da relação Ca/Mg dentro do nível de potássio

Δ = valor de delta do Tukey para as médias ao nível de 5% de probabilidade

c.v. = coeficiente de variação

Tabela 17. Teores médios de cálcio, magnésio, potássio trocáveis, extraídos em solução 0,05N de HNO₃, valores pH, determinados no solo Latosol Vermelho Escuro-fa se arenosa após a incubação.

Níveis de Ca/Mg	Níveis de K	pH em água	e.mg./100 g TFSA					
			Ca		Mg		K	
			m	M	m	M	m	M
Ca ₁ /Mg ₁	K 0	6,00	3,50	3,83	0,73	0,58	0,02	0,02
	K 1	5,97	3,63	3,88	0,76	0,60	0,10	0,10
	K 2	5,93	3,57	3,88	0,73	0,60	0,20	0,20
	K 3	5,77	3,50	3,68	0,73	0,60	0,40	0,40
Ca ₂ /Mg ₁	K 0	5,90	4,07		0,43		0,03	
	K 1	5,90	4,13		0,43		0,10	
	K 2	5,93	4,20		0,47		0,20	
	K 3	5,77	3,87		0,40		0,39	
△ (5%)			0,599	0,424	0,126	0,089	0,027	0,019
c.v. %			6,71	9,19				6,56

m = média das repetições
M = média da relação Ca/Mg dentro do nível de potássio
△ = valor de delta do Tukey para as médias ao nível de 5% de probabilidade
c.v. = coeficiente de variação

Tabela 18. Valores de F, na análise da variância dos resultados obtidos para: Teores - médios de cálcio (FCa), magnésio (FMg) e potássio (F K) trocáveis, extraídos em solução 0,05N de HNO₃, determinados nos solos Latosol Roxo e Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa.

Fonte de Variação	G.L.	F (K)	F (Mg)	F (K)
Latosol Roxo				
Níveis de K	3	1,69	0,95	450,7 ^a /
Relação Ca/Mg	1	24,51 ^a /	329,14 ^a /	0,05
Interação K x Ca x Mg	3	0,83	0,38	0,08
Resíduo	16			
Total	23			
Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa				
Níveis de K	3	0,81	0,52	1121,99 ^a /
Relação Ca/Mg	1	22,03 ^a /	195,57 ^a /	0,26
Interação K x Ca x Mg	3	0,27	0,52	0,26
Resíduo	16			
Total	23			

^a/ = significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 19. Equações de regressão linear, quadrática e cúbica, valores do teste "t" e coeficiente de determinação (R²) para as diferentes regressões utilizadas aos dados de: concentração (%) de Ca, Mg e K em plantas de soja, teores (e.mg./100 g TFSA) de Ca e Mg trocáveis e K disponível, produção de matéria seca, desenvolvimento da soja em seus diferentes estádios e relação de atividade para o ion potássio (RA_K), para o solo Latosol Roxo.

Variável Y	Equação de regressão			Teste "t"			R ²
	Y = A + Bx + Cx ² + Dx ³	tB	tC	tD			
(5/1 + 10/1)	Y = 1,67 + 18,70x ² - 53,42x ³	-	3,61	-4,31	0,716		
% Ca na planta	Y = 0,29 - 0,28x + 1,30x ³	-2,86	-	2,56	0,284		
% Mg na planta	Y = 0,60 + 1,86x	19,28	-	-	0,944		
% K na planta	Y = 0,24 + 16,15x	43,56	-	-	0,988		
RA _K	Y = 4,91	-	-	-	-		
Ca trocável	Y = 0,74	-	-	-	-		
Mg trocável	Y = 0,0068 + 0,96x	41,87	-	-	0,988		
K disponível	Y = 7,00 + 28,82x - 60,18x ²	7,64	-7,28	-	0,737		
Matéria seca	Y = 17,25	-	-	-	-		
Altura da soja E1	Y = 20,58	-	-	-	-		
Altura da soja E2	Y = 27,92	-	-	-	-		
Altura da soja E3	Y = 38,00	-	-	-	-		
Altura da soja E4							

a/ Os valores de "t" são todos significativos ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 20. Equações de regressão linear, quadrática e cúbica, valores do teste "t" e coeficiente de determinação (R²) para as diferentes regressões utilizadas aos dados de: concentração (%) de Ca, Mg e K em plantas de soja, teores (e.mg./100 g TFSA) de Ca e Mg trocáveis e K disponível, produção de matéria seca, desenvolvimento da soja em seus diferentes estádios e relação de atividade para o ion potássio (RA_K), para o solo Latosol Vermelho Escuro-fa se arenosa.

Variável Y	Equação de regressão			Teste "t"			R ²
	Y = A + Bx + Cx ² + Dx ³	tB	tC	tD			
% Ca na planta	Y = 1,25 + 34,47x ² - 90,48x ³	-	5,70	-6,24	0,730		
% Mg na planta	Y = 0,28 + 1,76x ² - 4,49x ³	-	2,35	-2,49	0,258		
% K na planta (5/1)	Y = 0,43 + 7,13x - 29,36x ² + 43,97x ³	6,87	-3,99	3,52	0,987		
% K na planta (10/1)	Y = 0,52 + 4,91x - 6,94x ²	12,27	-7,63	-	0,979		
RA _K (5/1)	Y = 0,40 + 17,40x	64,11	-	-	0,998		
RA _K (10/1)	Y = 0,43 + 20,40x - 25,80x ³	13,85	-	-3,21	0,990		
Ca trocável	Y = 3,82	-	-	-	-		
Mg trocável	Y = 0,59	-	-	-	-		
K disponível	Y = 0,0087 + 0,97x	61,58	-	-	0,994		
Altura da soja E1	Y = 14,62 + 84,45x ² - 206,46x ³	-	3,58	-3,65	0,391		
Altura da soja E2	Y = 17,32 + 90,00x ² - 219,62x ³	-	3,24	-3,29	0,342		
Altura da soja E3	Y = 23,13 + 153,70x ² - 378,53x ³	-	3,68	-3,78	0,411		
Altura da soja E4	Y = 32,44	-	-	-	-		
Matéria seca	Y = 4,01 + 17,15x - 86,09x ³	10,18	-	-9,37	0,832		

a/ Os valores de "t" são todos significativos ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 21. Coeficientes de correlação r e teste t, entre os valores da Relação de Atividade para o ion potássio (RA_K) versus produção de matéria seca; RA_K versus % de K na planta e RA_K versus o teor de K extraído em HNO_3 0,05N (K ex), nos solos LR e LEa.

	Matéria Seca		% K na planta		K _{ex}	
	LR	LEa	LR	LEa	LR	LEa
Coeficiente de correlação (r)	0,970	0,951	0,991	0,991	0,316	0,403
Teste t de r	18,75 ^{a/}	14,55 ^{a/}	35,44 ^{a/}	34,91 ^{a/}	1,56	2,07 ^{a/}

a/ Representa valores de "t" significativos ao nível de 5% de probabilidade

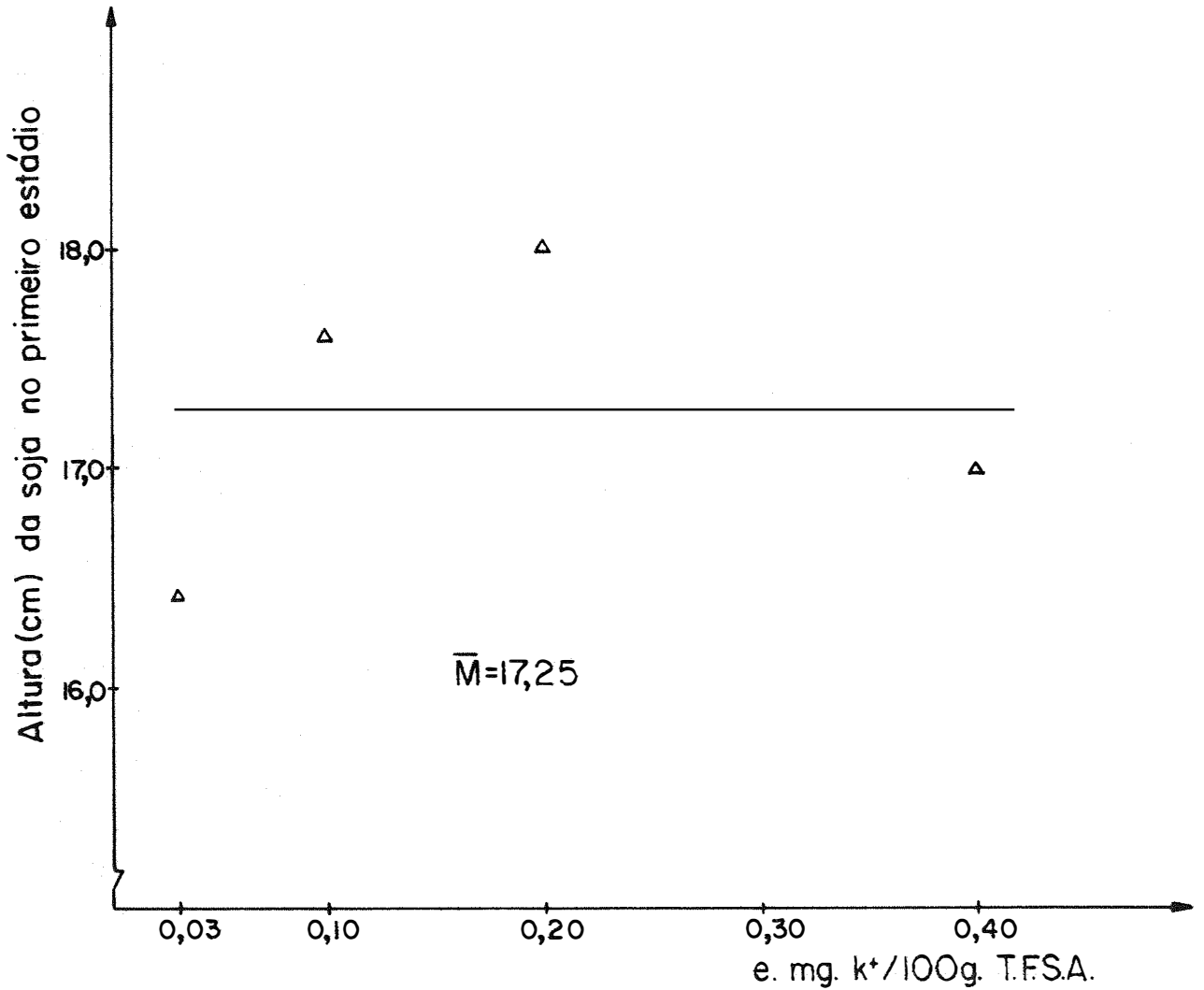


Figura I - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas de soja, medida no primeiro estágio de desenvolvimento, solo LR.

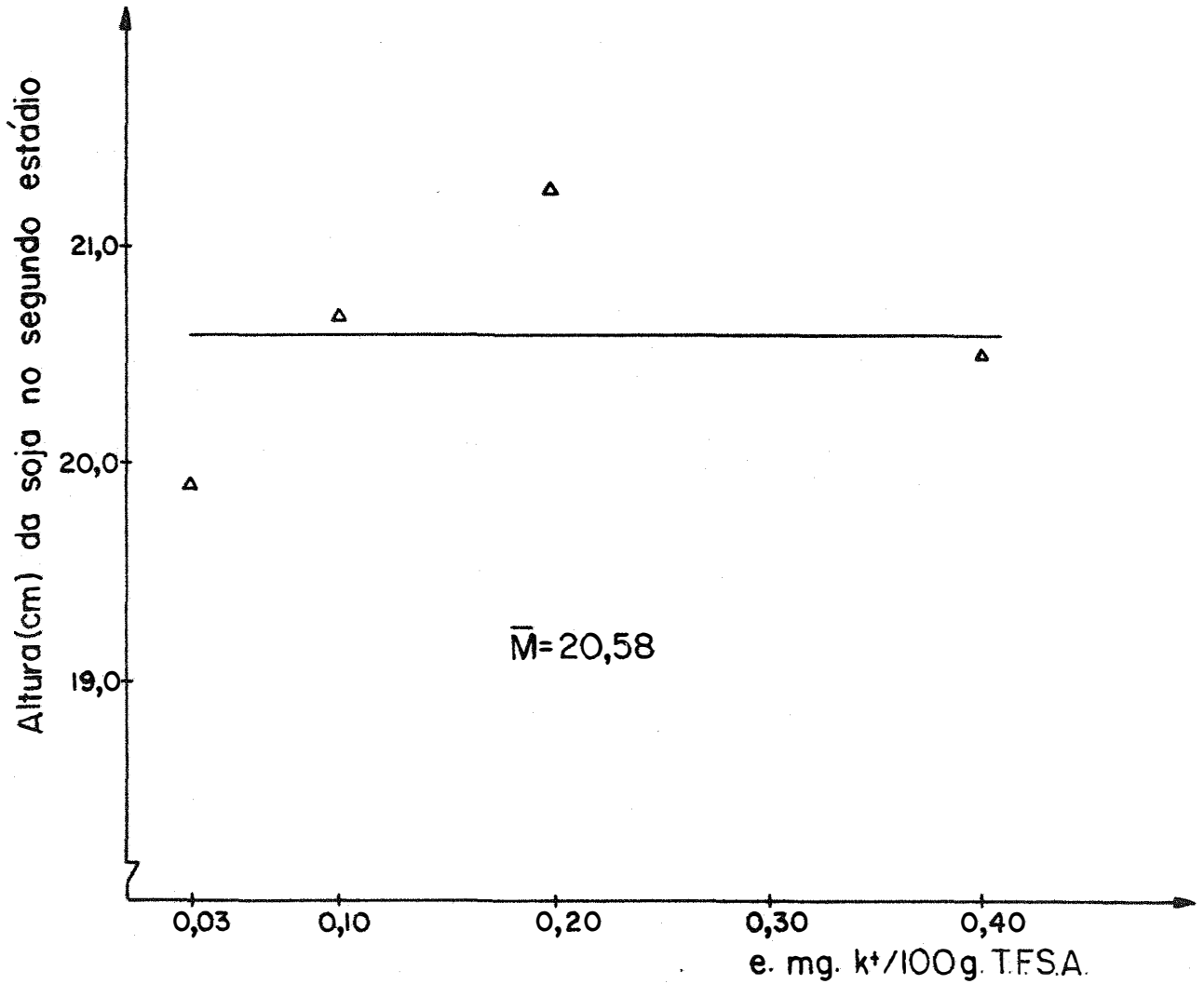


Figura 2 -Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas de soja, medidas no segundo estágio de desenvolvimento, solo LR.

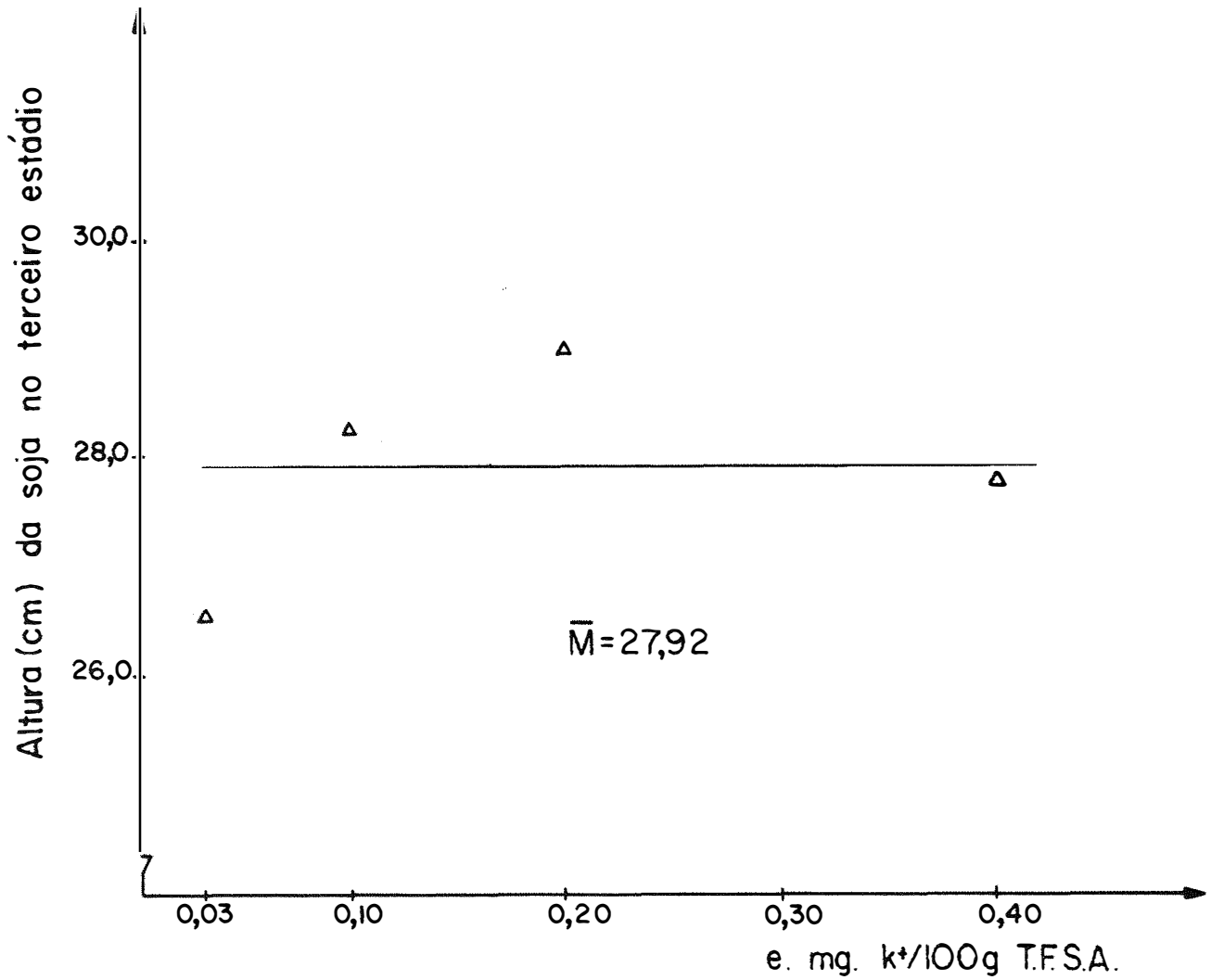


Figura 3-Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas de soja, medidas no terceiro estágio de desenvolvimento, solo LR.

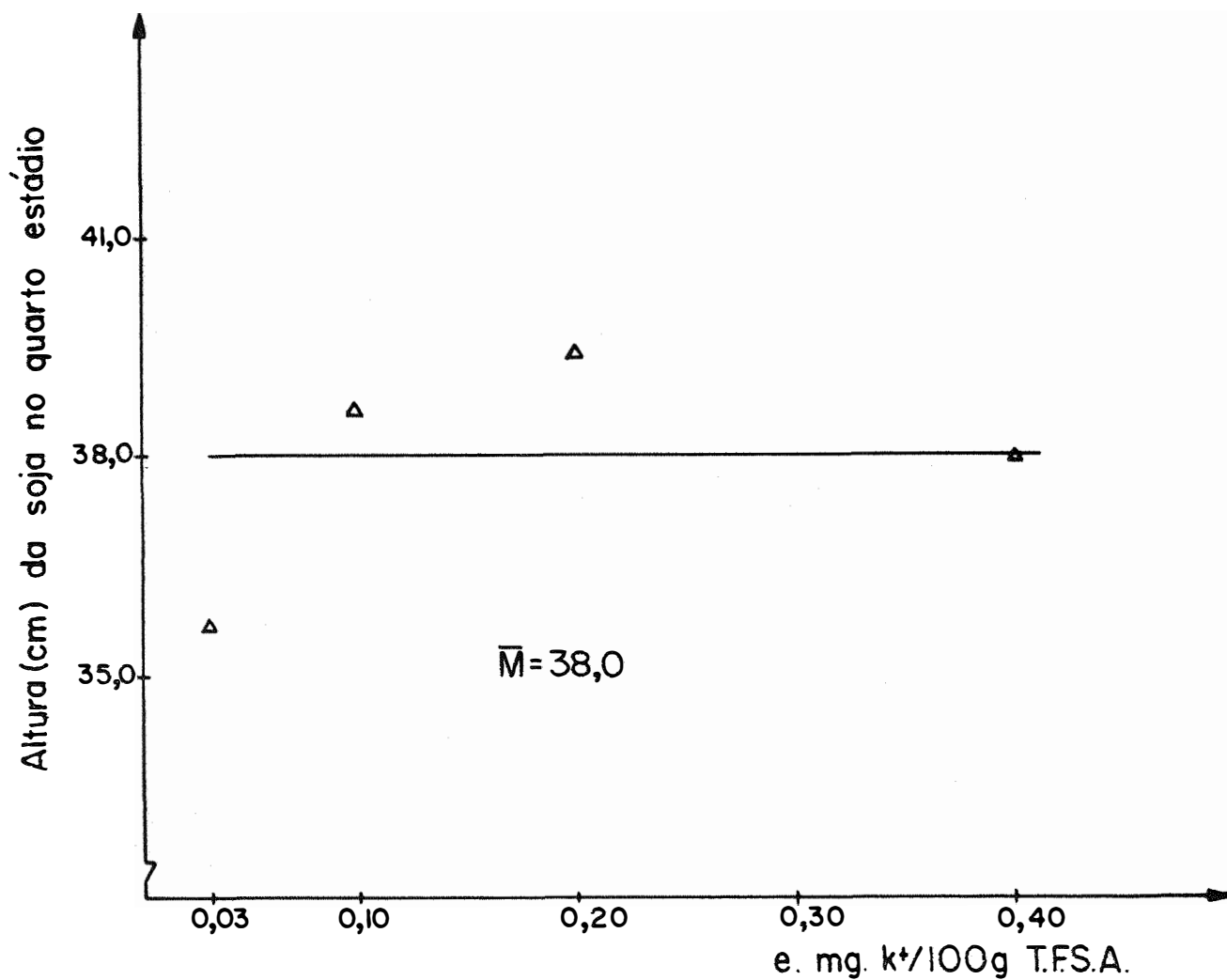


Figura 4 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas de soja medidas no quarto estágio de desenvolvimento, solo LR.

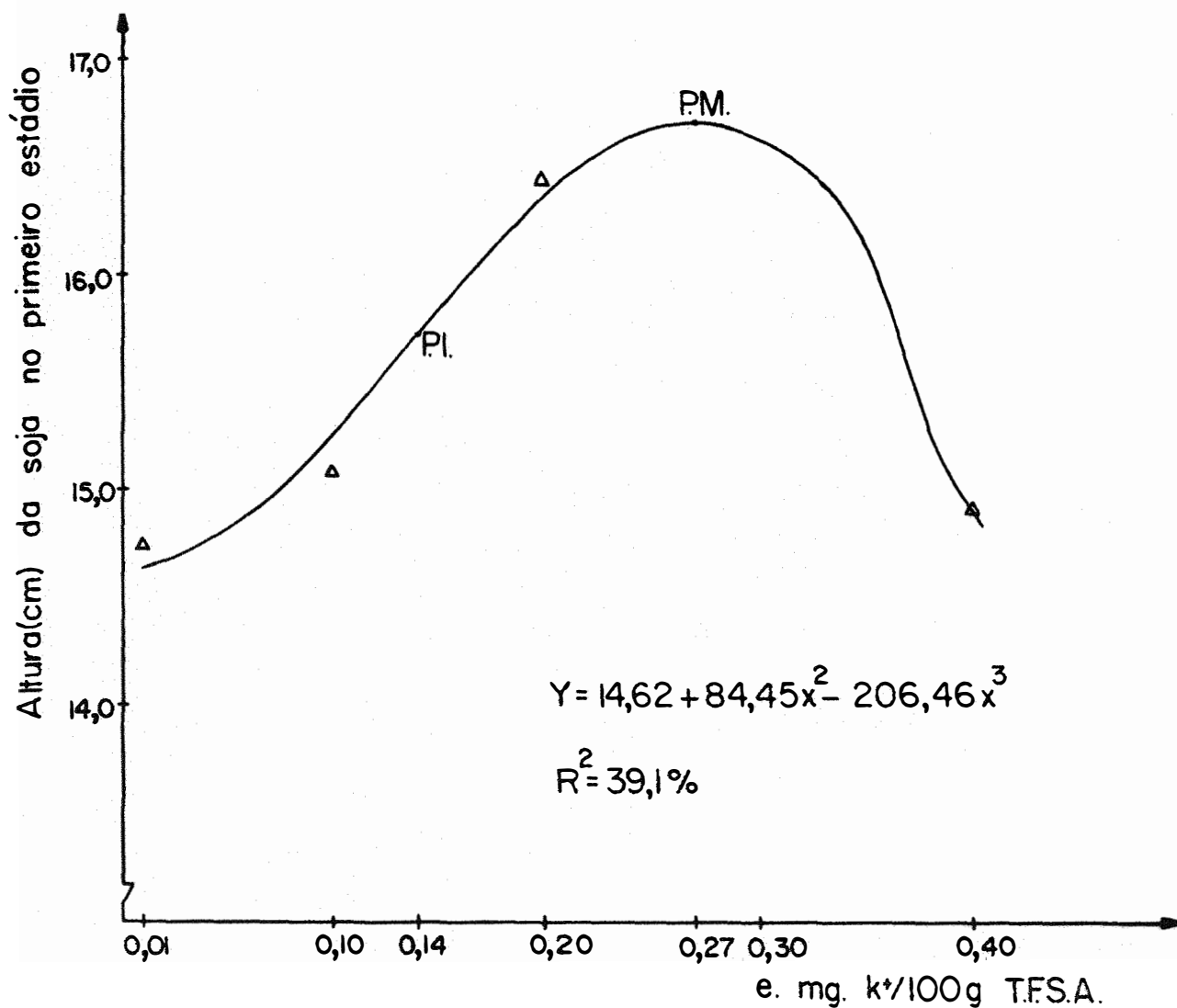


Figura 5 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas de soja medidas no primeiro estágio de desenvolvimento, solo L.E.

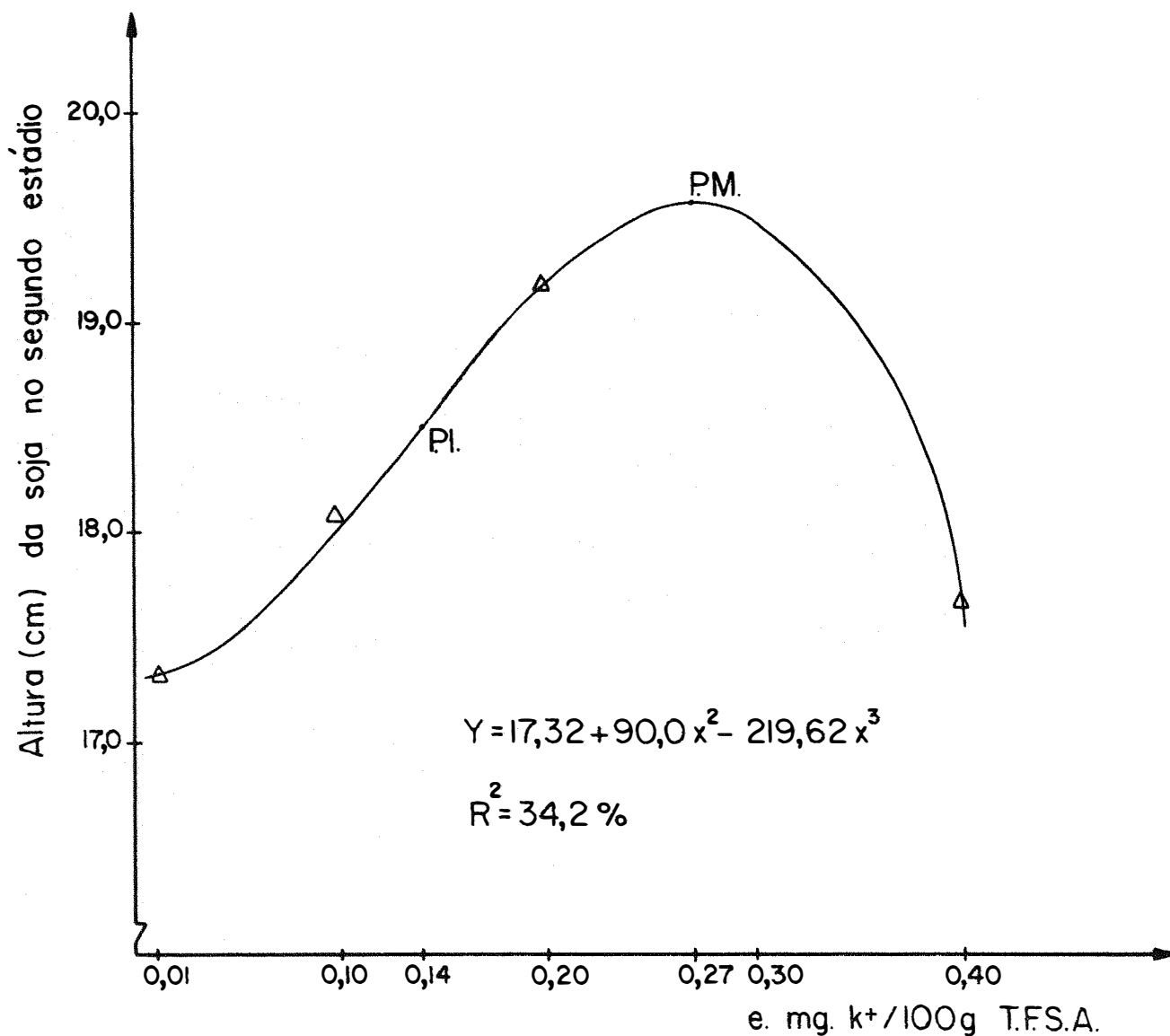


Figura 6 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas de soja medidas no segundo estágio de desenvolvimento, solo LE.

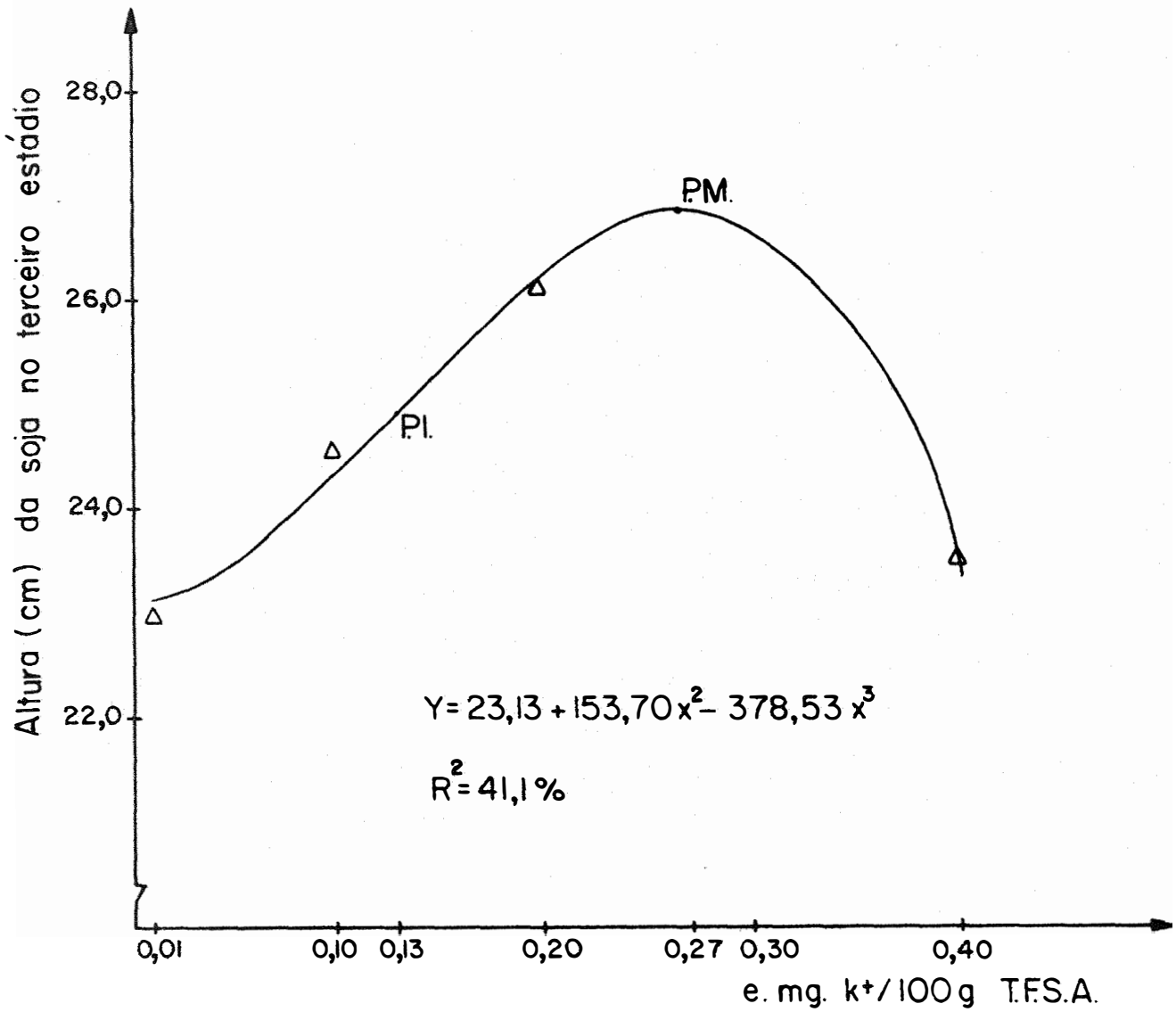


Figura 7 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura da plantas de soja medidas no terceiro estágio de desenvolvimento, solo L.E.

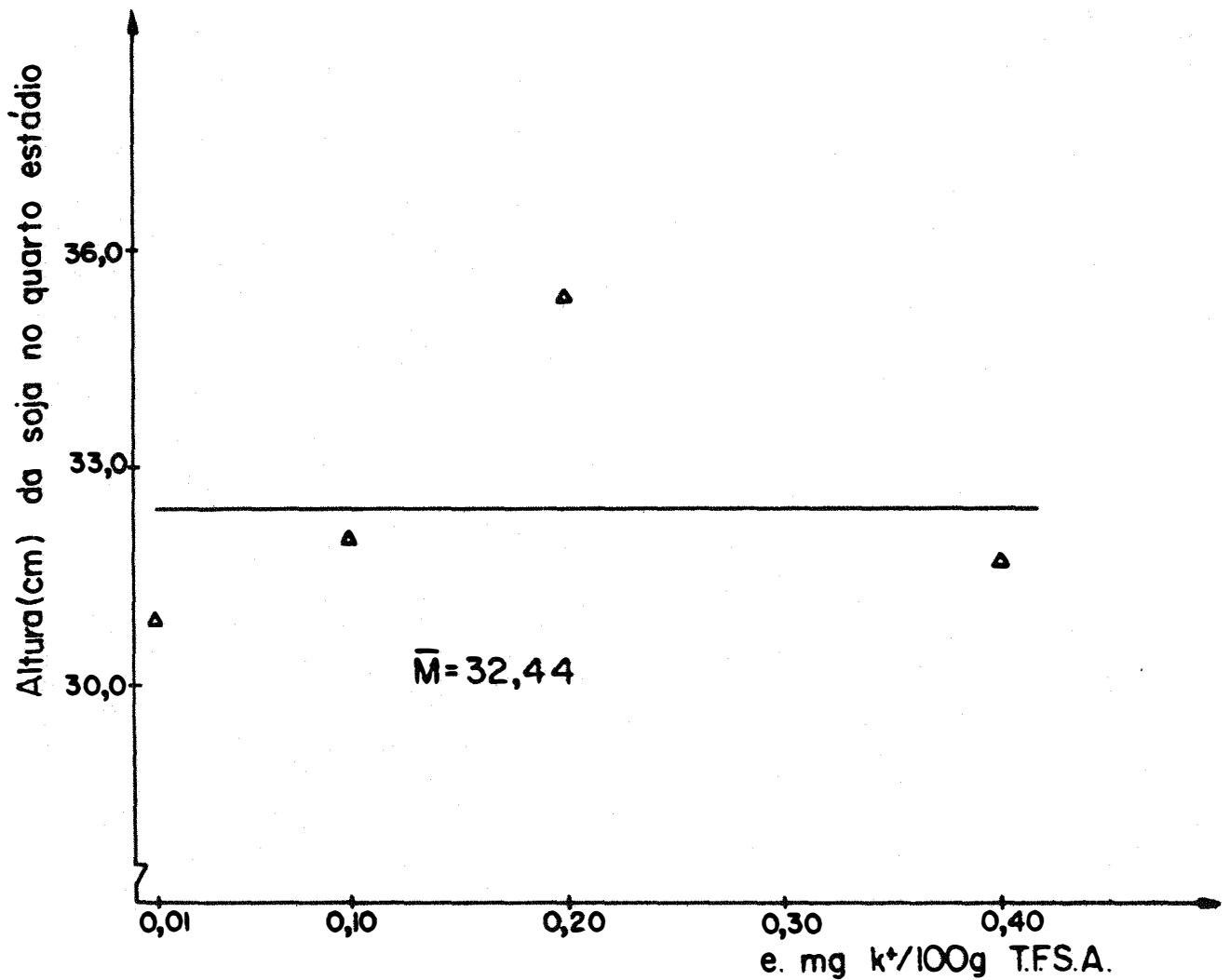


Figura 8 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus altura das plantas de soja medidas no quarto estágio de desenvolvimento, solo L.E.

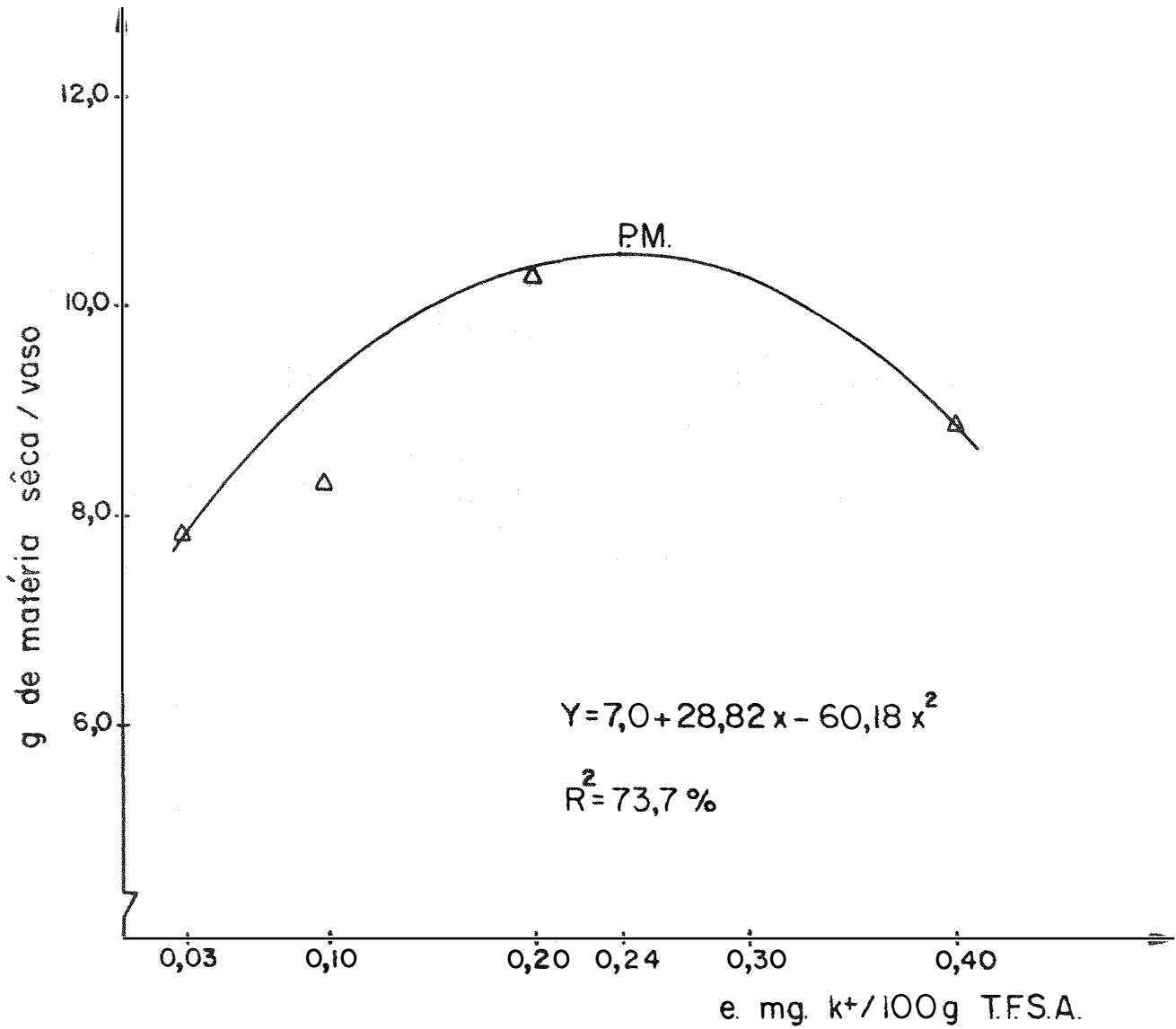


Figura 9 - Regressão quadrática para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus produção de matéria seca da soja cultivada no solo LR.

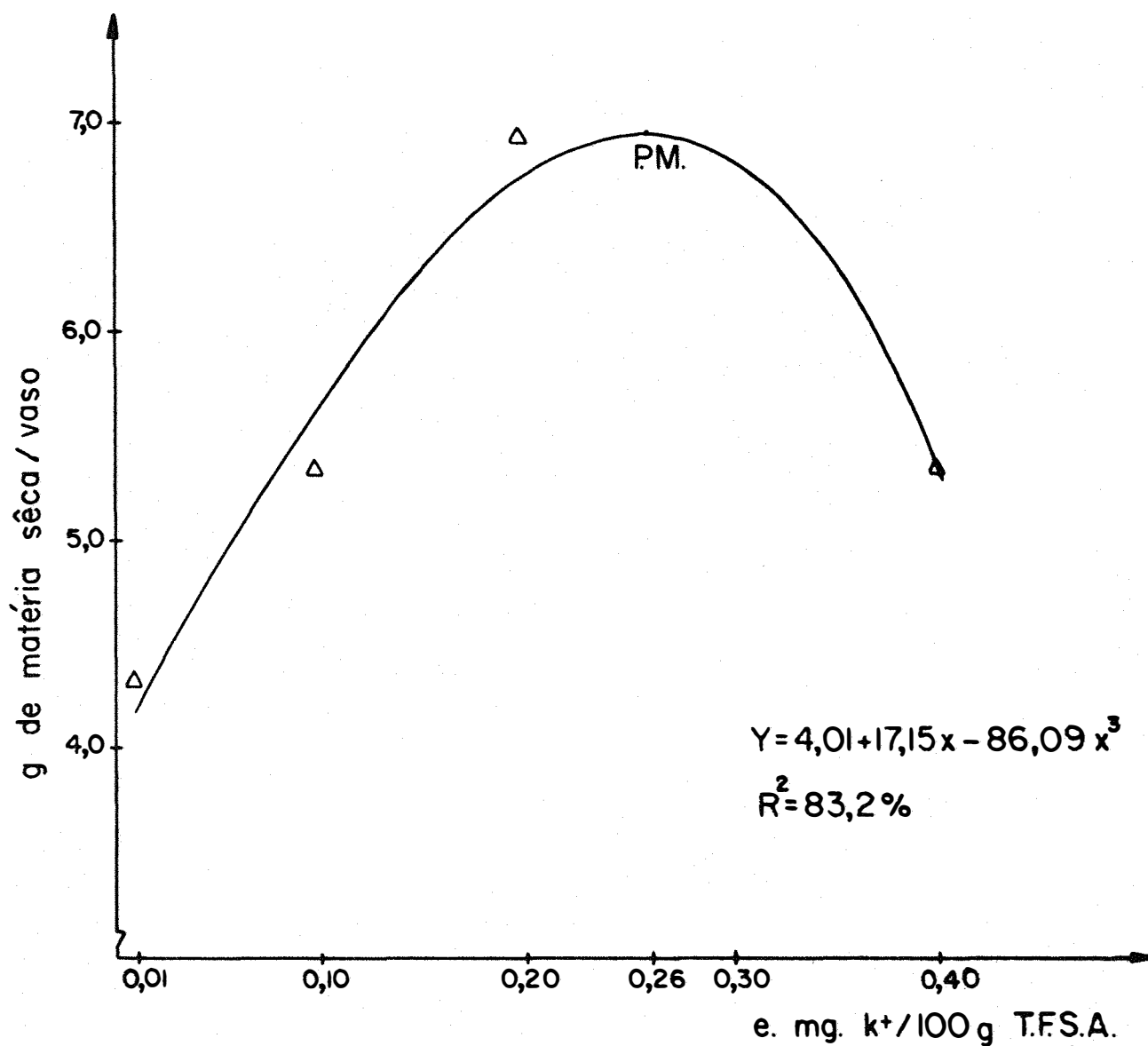


Figura 10 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus produção de matéria seca da soja cultivada no solo LE.

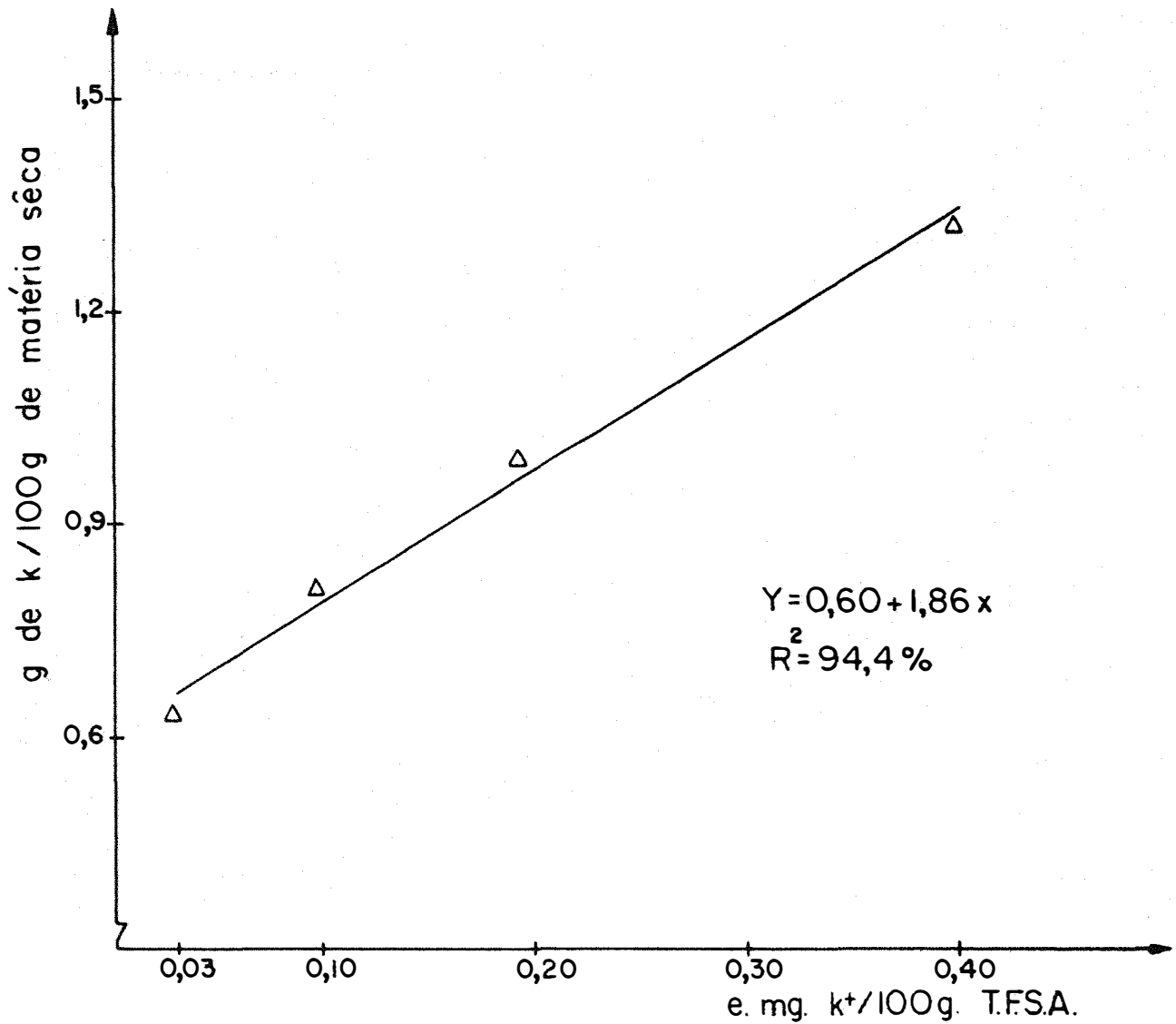


Figura II - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus concentração de potássio em planta de soja cultivada no solo LR.

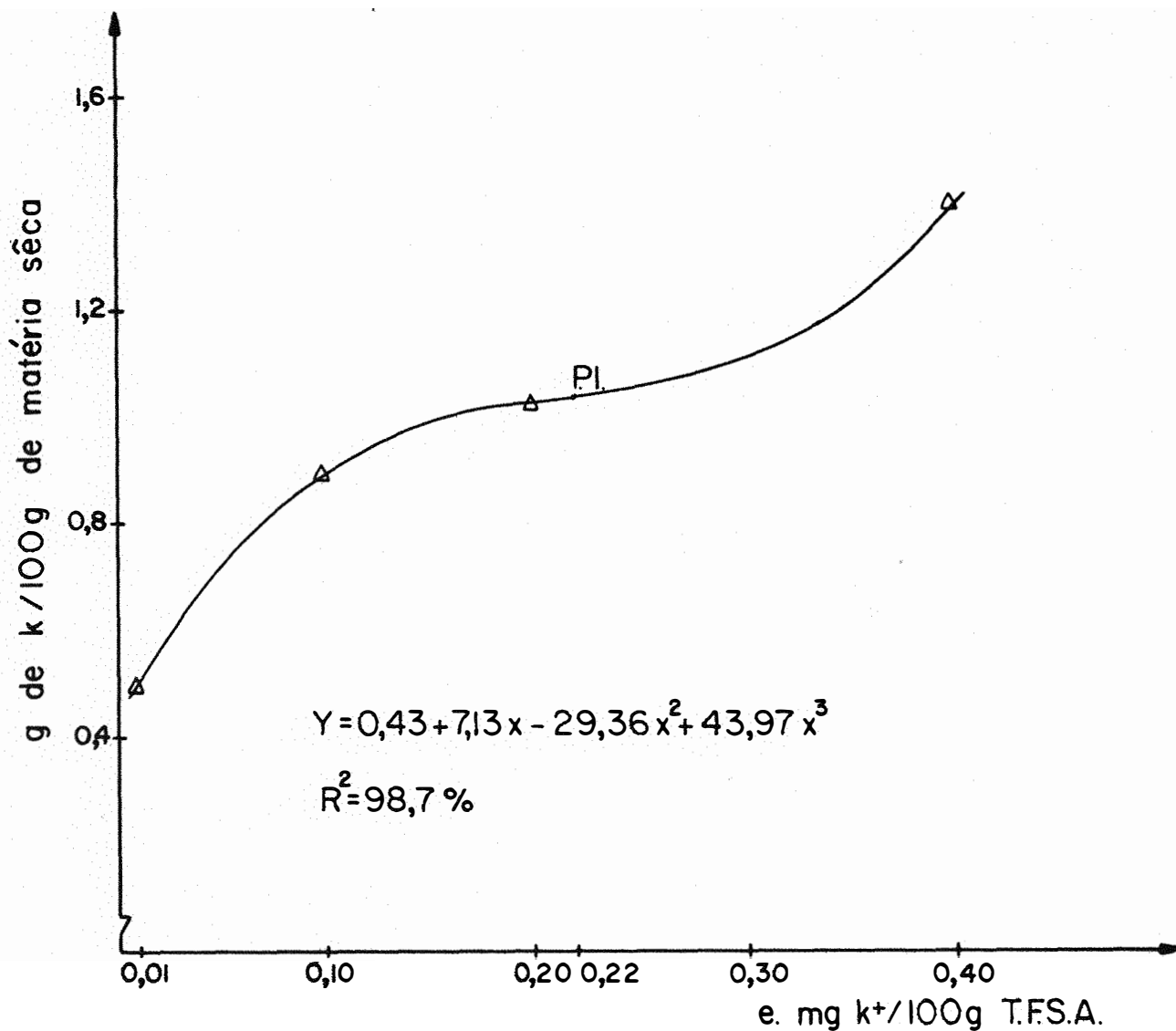


Figura 12 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus concentração de potássio na planta, solo LE.

Relação Ca/Mg: 5/1

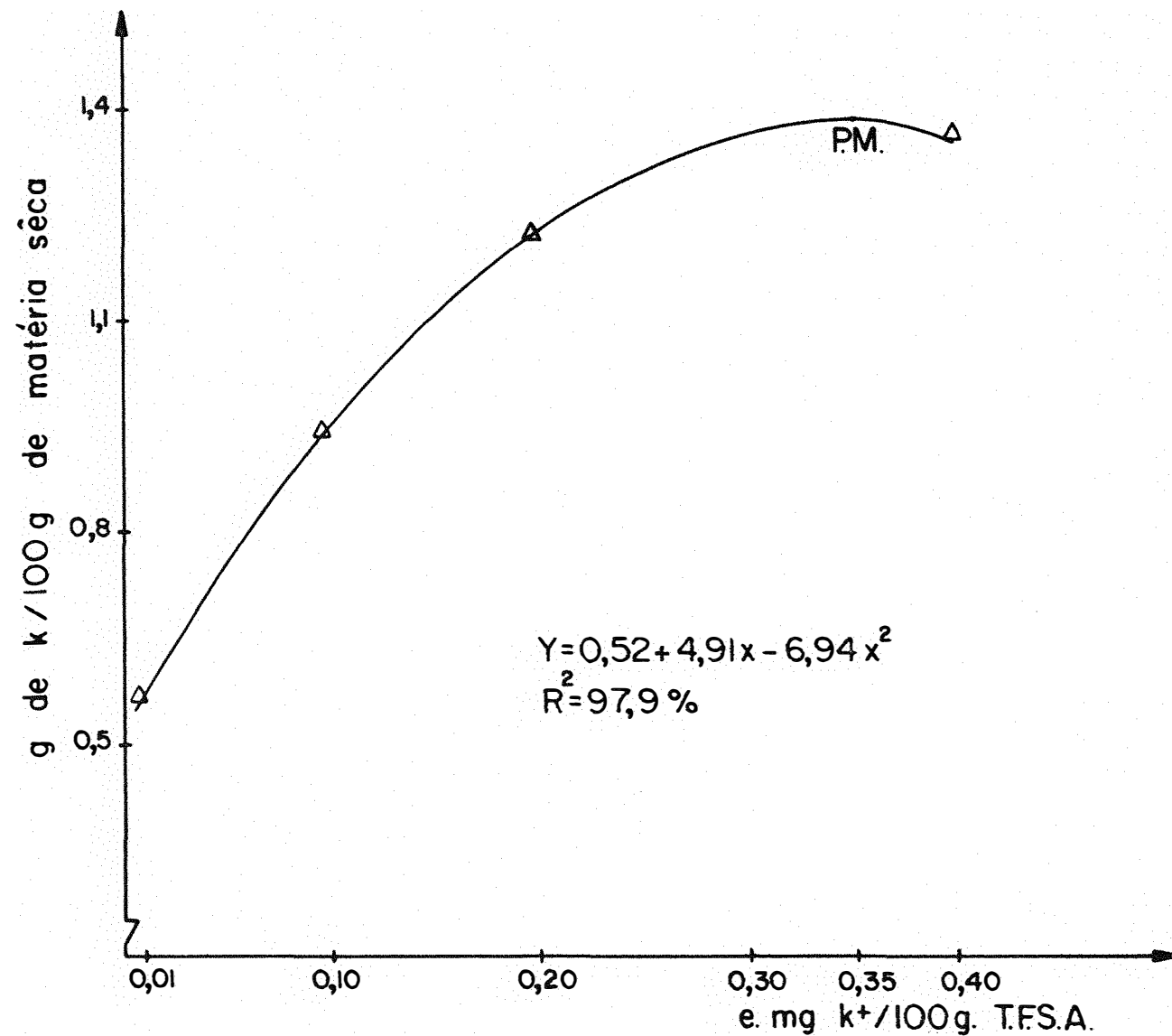


Figura 13 - Regressão quadrática para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus concentração de potássio em planta de soja cultivada no solo LE.
Relação Ca / Mg : 10 / 1

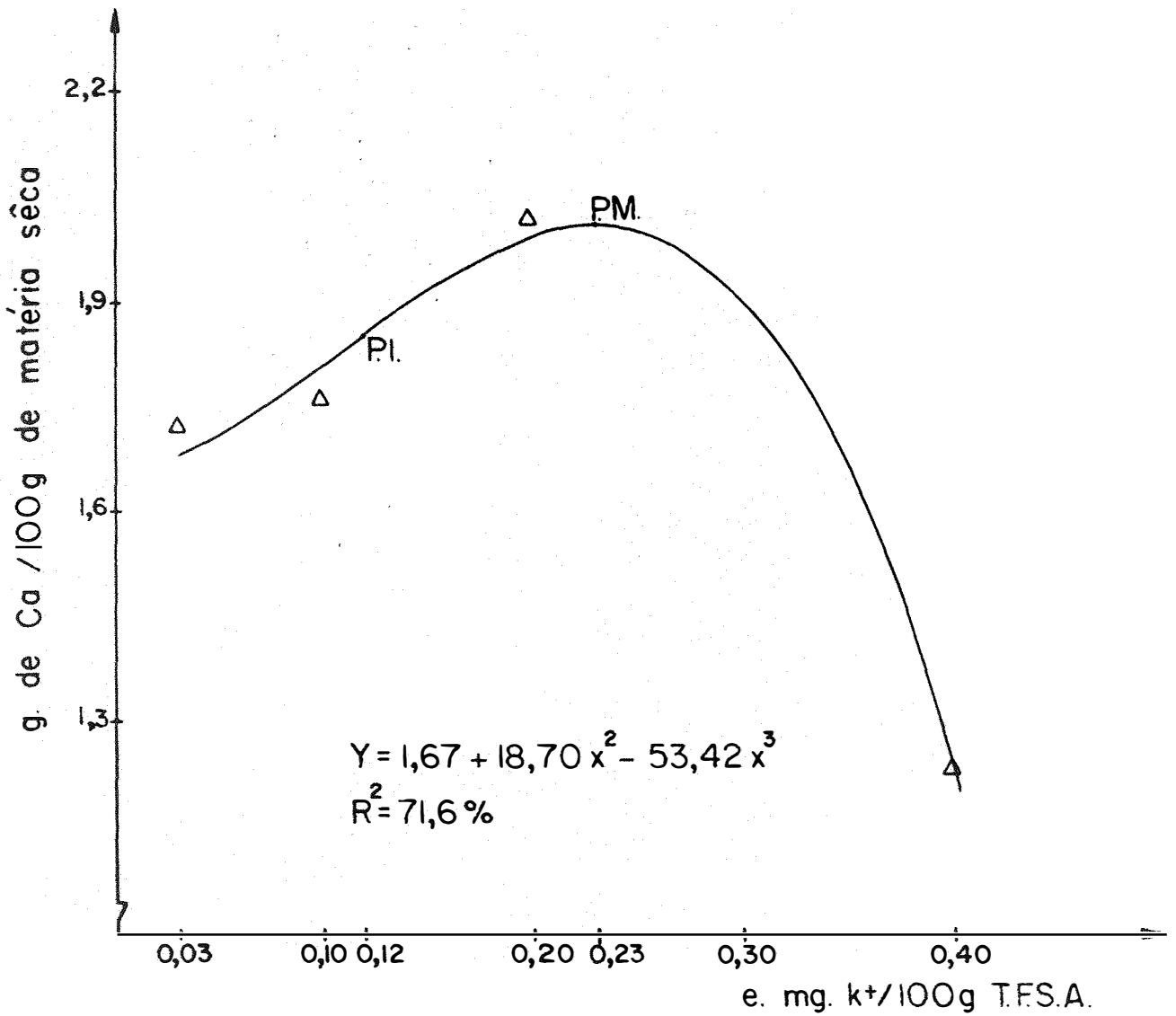


Figura 14 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus concentração de cálcio em plantas de soja cultivadas no solo L.R.

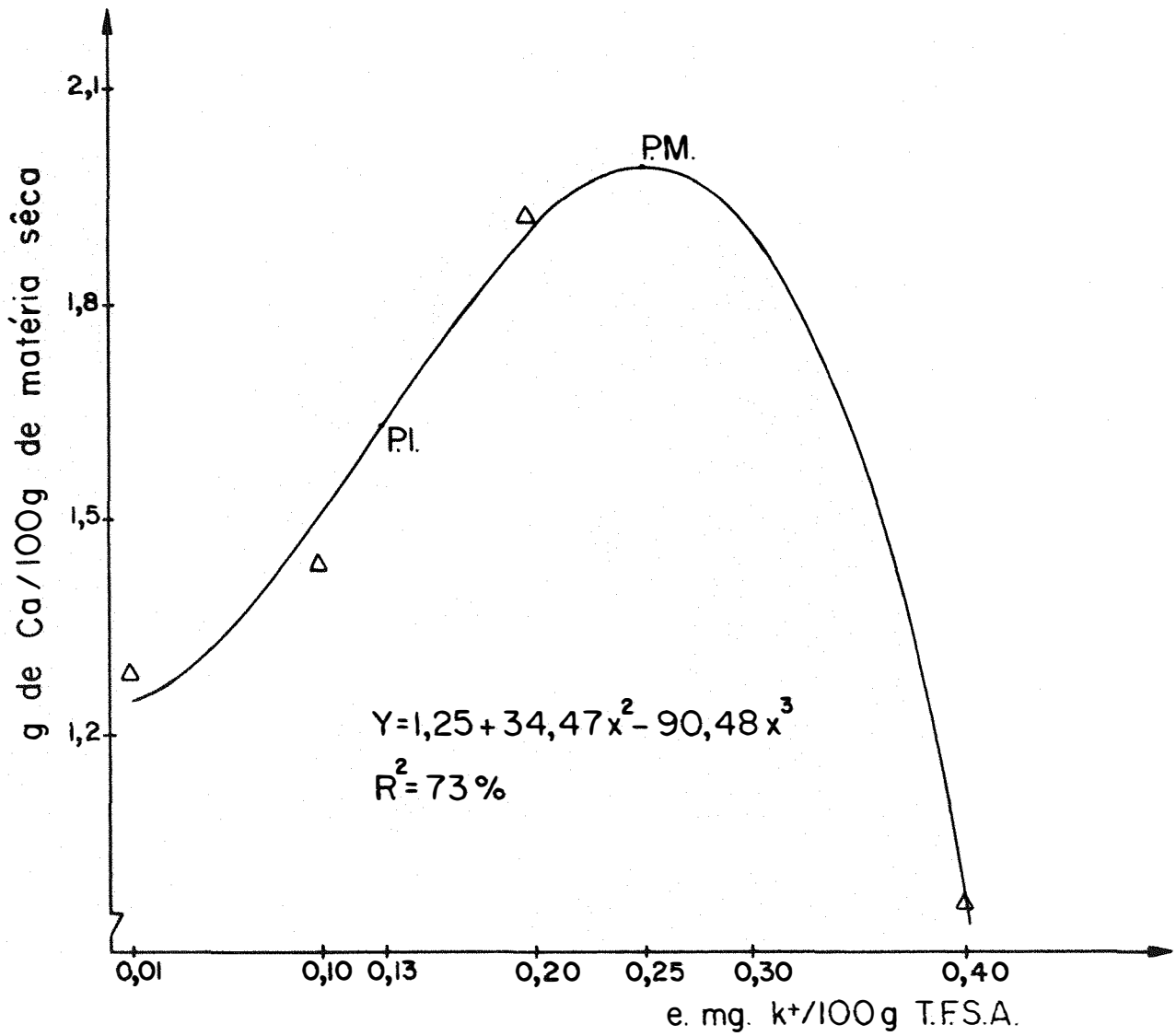


Figura 15 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus concentração de cálcio em plantas de soja cultivada em solo LE.

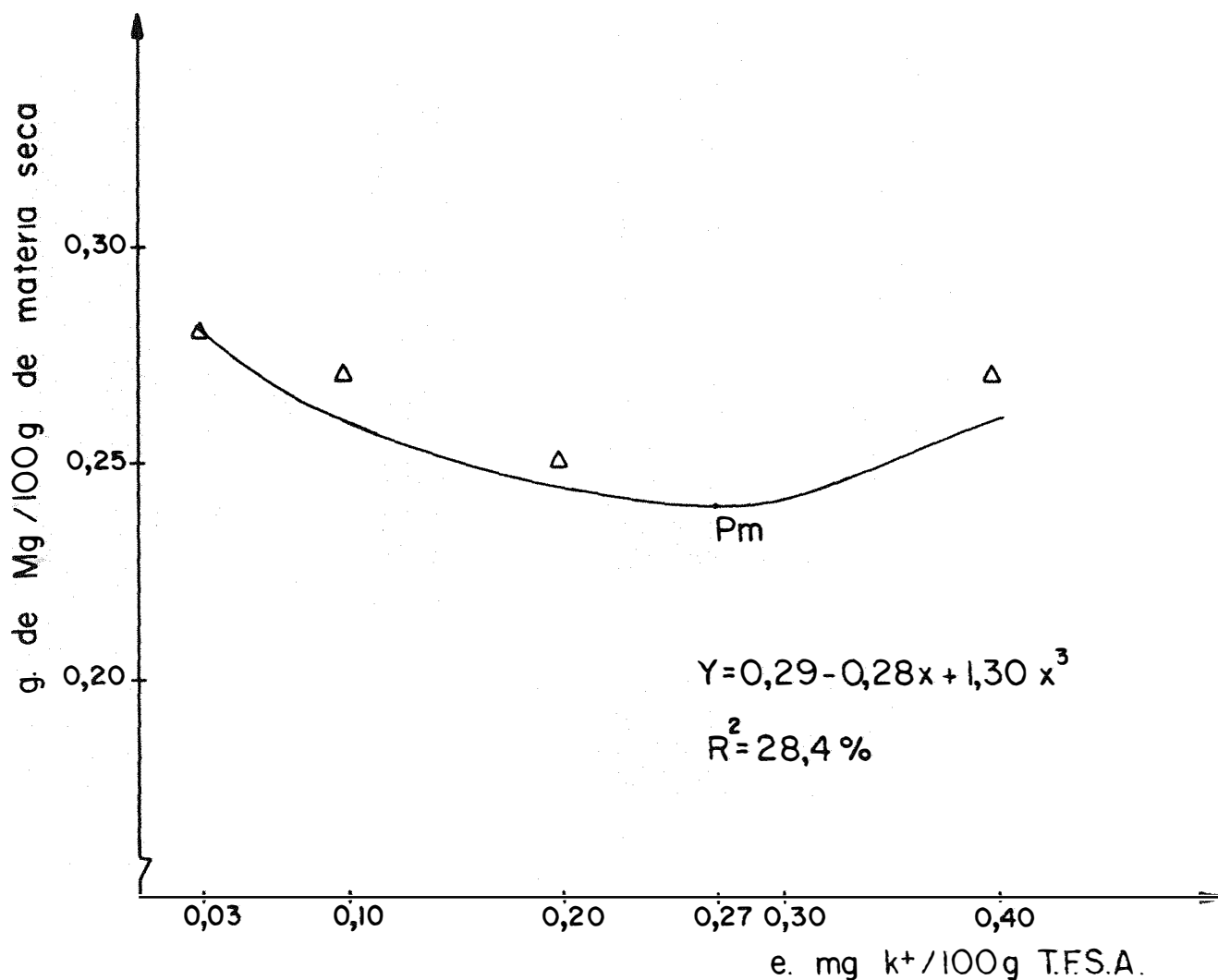


Figura 16 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus concentração de magnésio em planta de soja cultivada no solo LR.

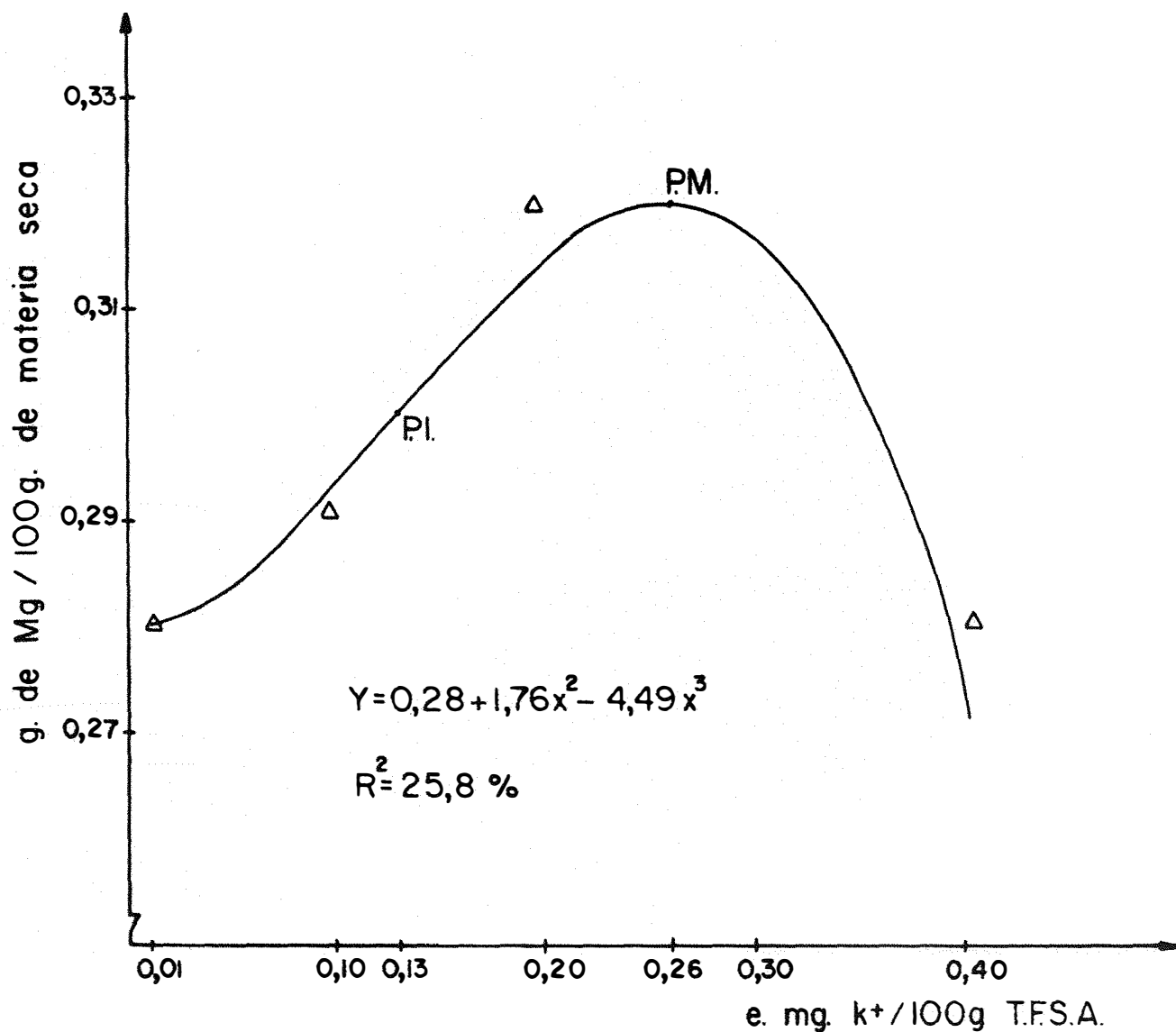


Figura 17 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus concentração de magnésio em plantas de soja cultivadas no solo LE.

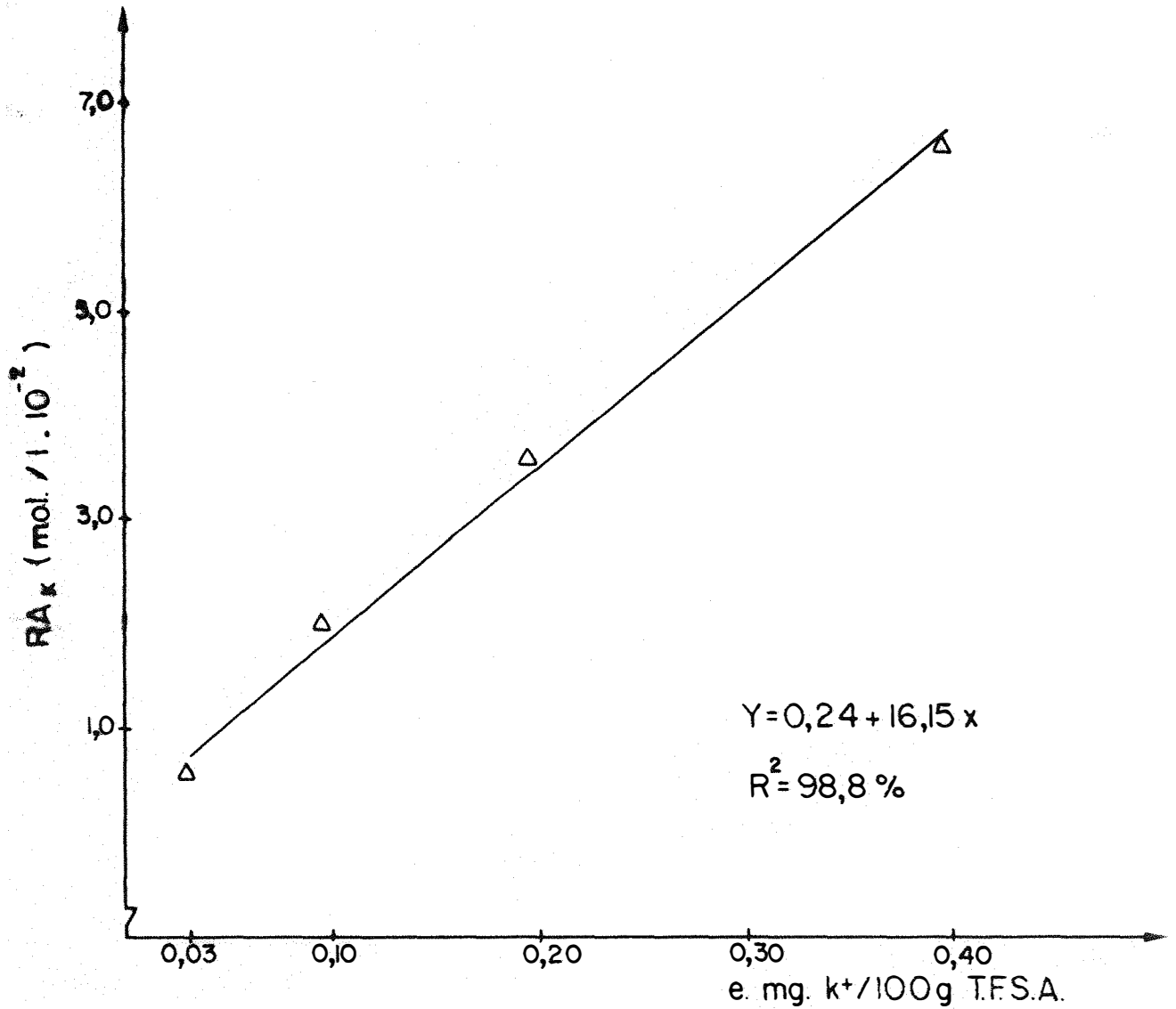


Figura 18 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus relação de atividade para o íon potássio (RA_K), solo LR.

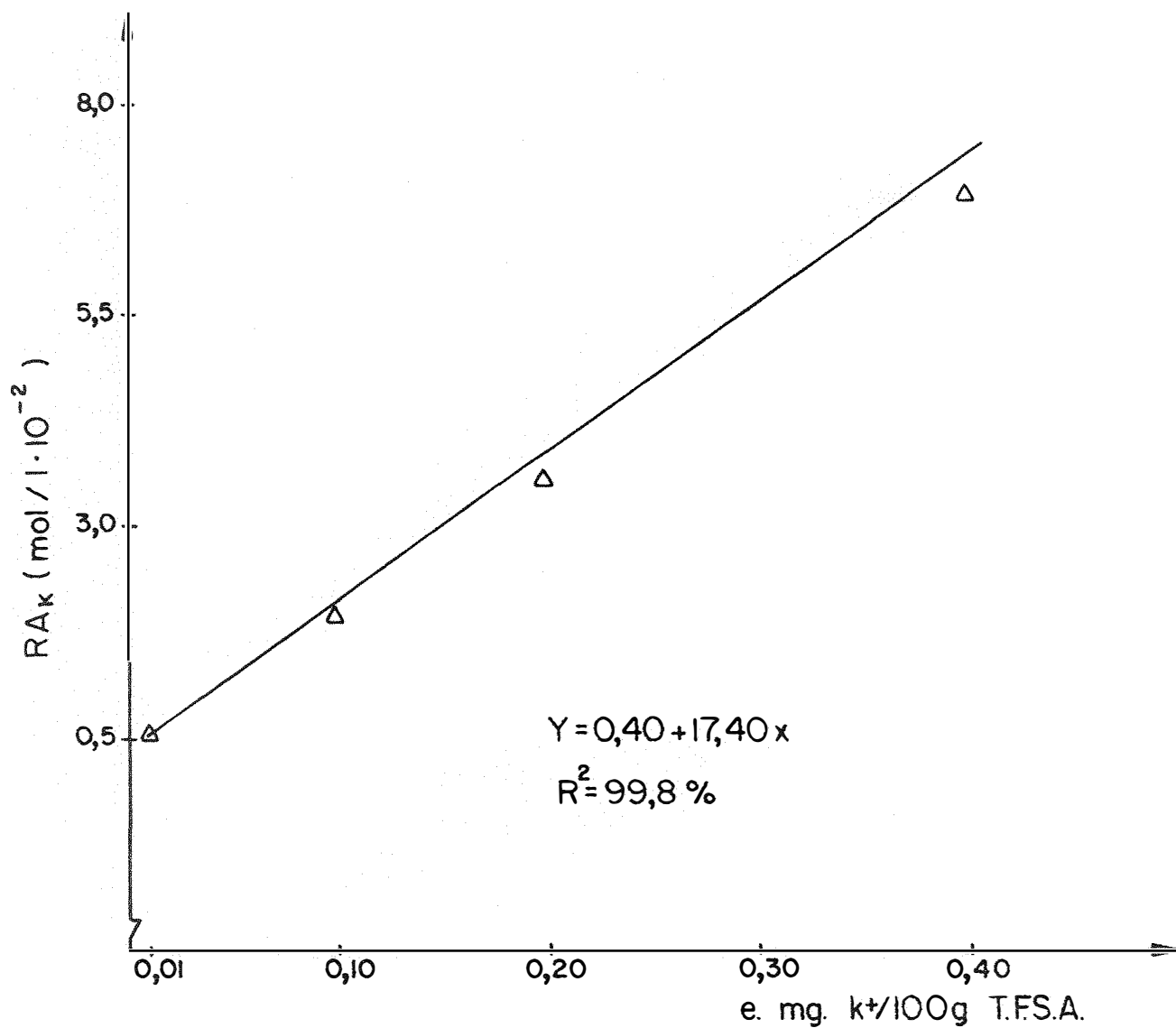


Figura 19 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus relação de atividade para o íon potássio, solo LE.

Relação Ca/Mg: 5/1.

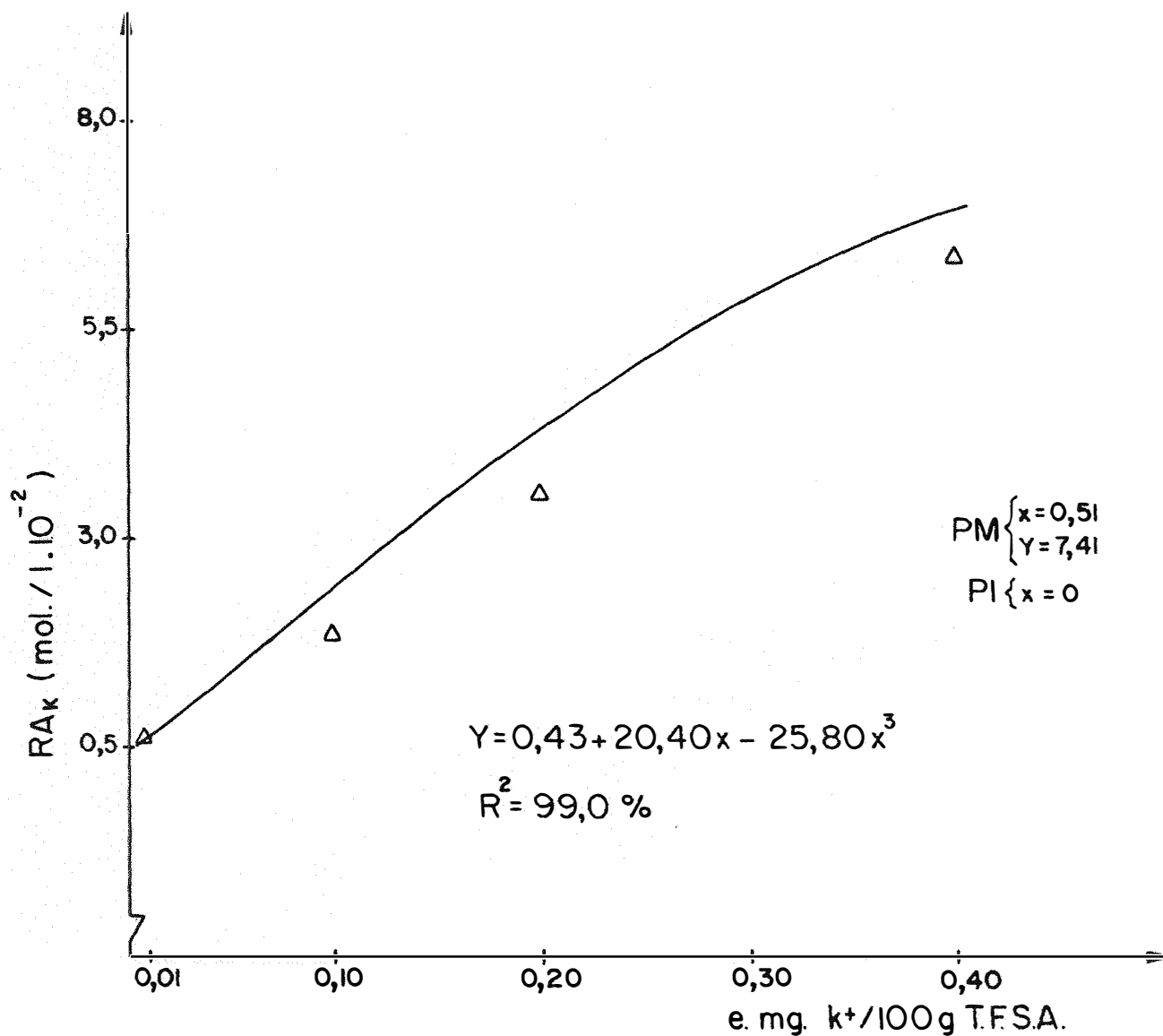


Figura 20 - Regressão cúbica para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus relação de atividade para o íon potássio (RA_K), solo LE.

Relação Ca / Mg : 10 / 1

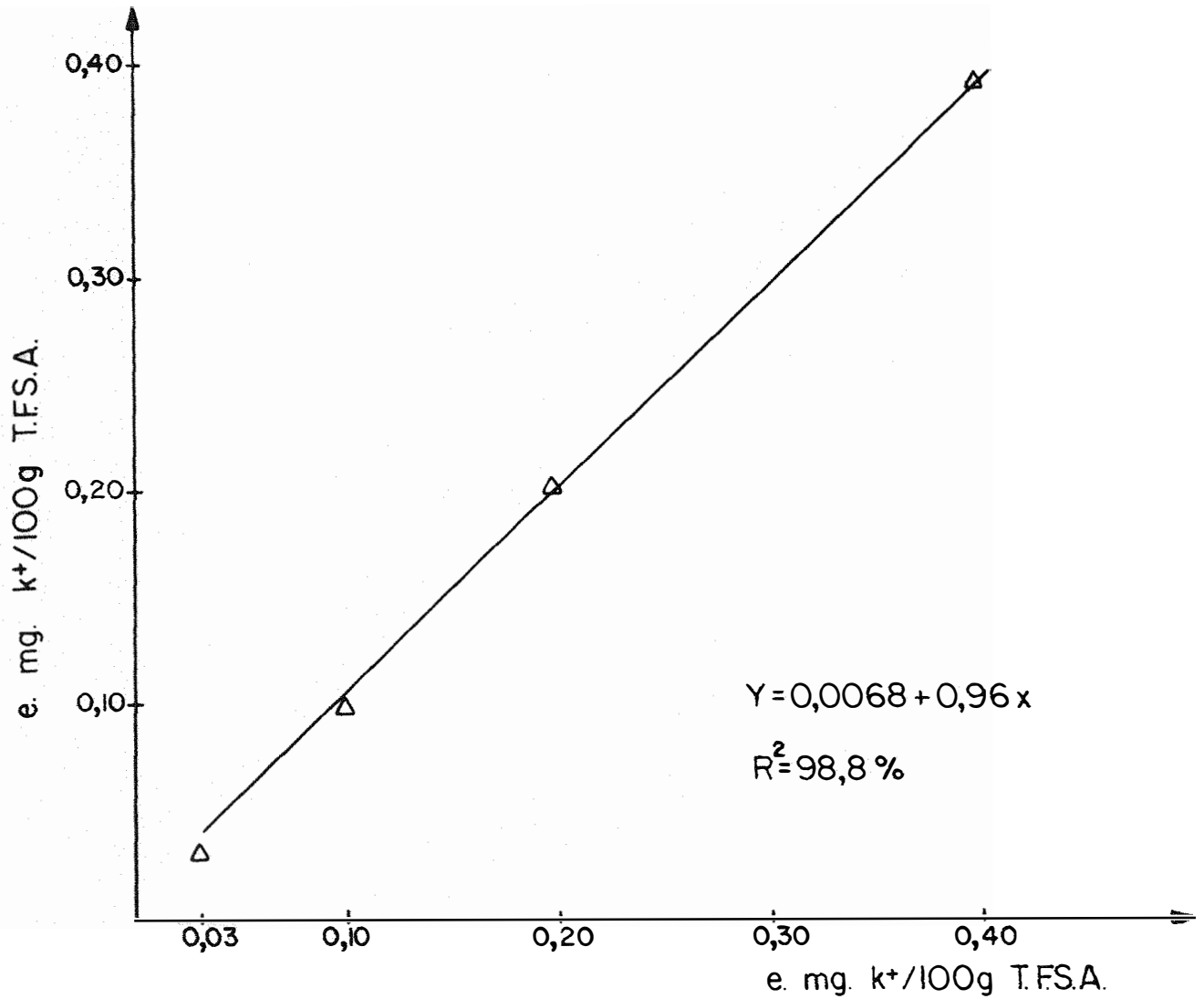


Figura 21- Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus potássio disponível do solo LR, extraído com solução 0,05N de ácido nítrico.

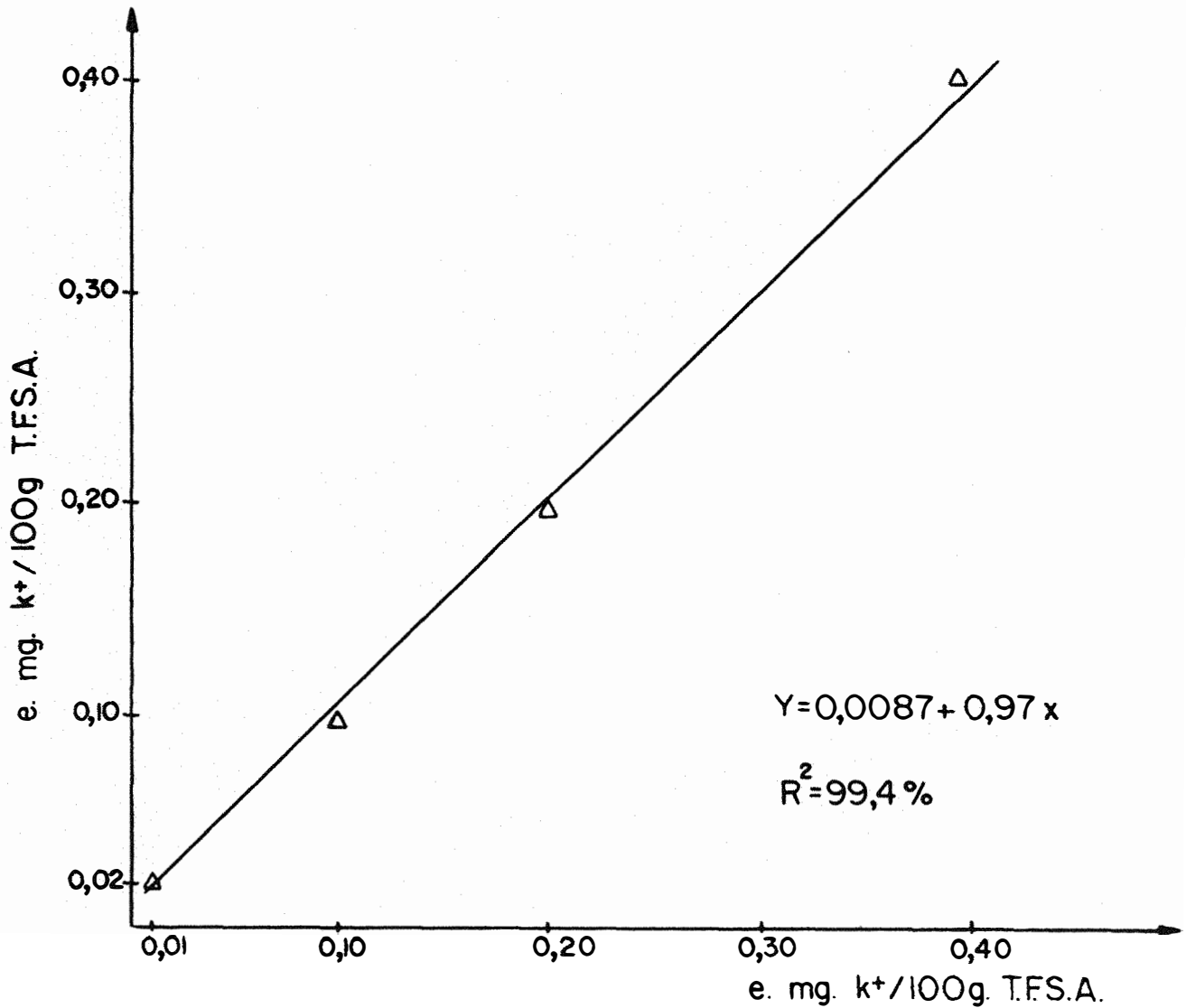


Figura22 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus potássio disponível do solo LE, extraído com solução 0,05N de ácido nítrico.

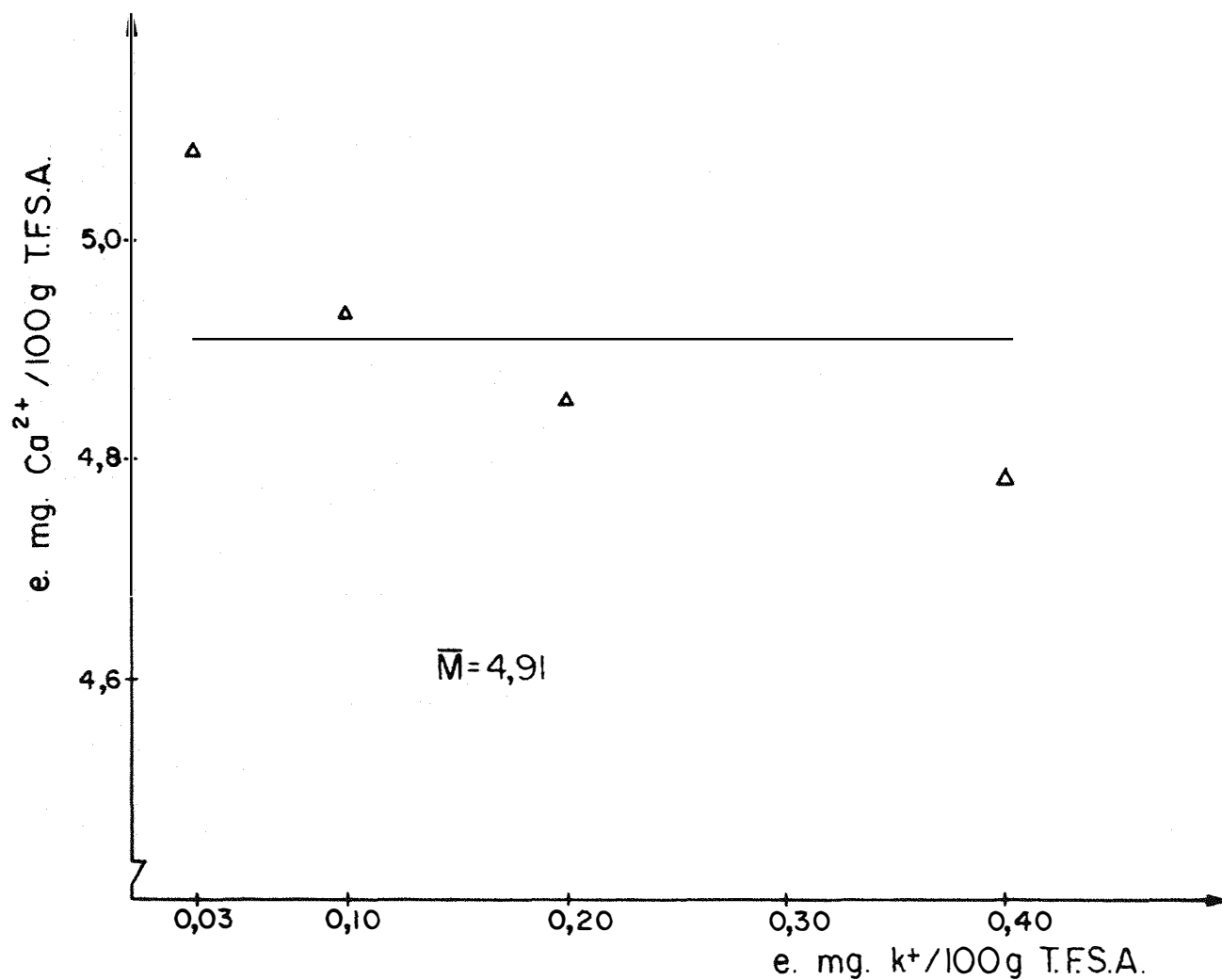


Figura 23 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus cálcio trocável do solo LR, extraído com solução 0,05N de ácido nítrico.

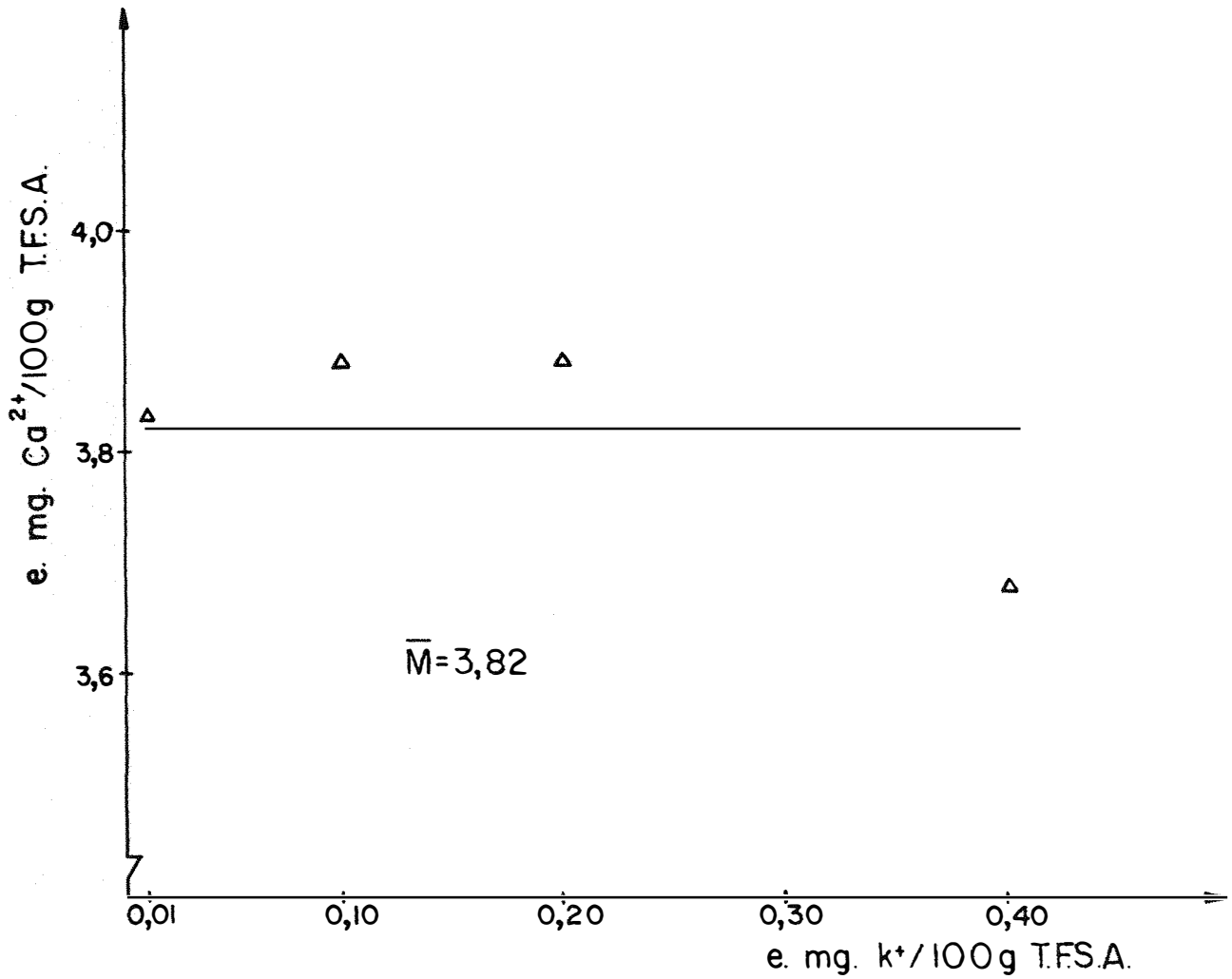


Figura24 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus cálcio trocável do solo LE, extraído com solução 0,05N de ácido nítrico.

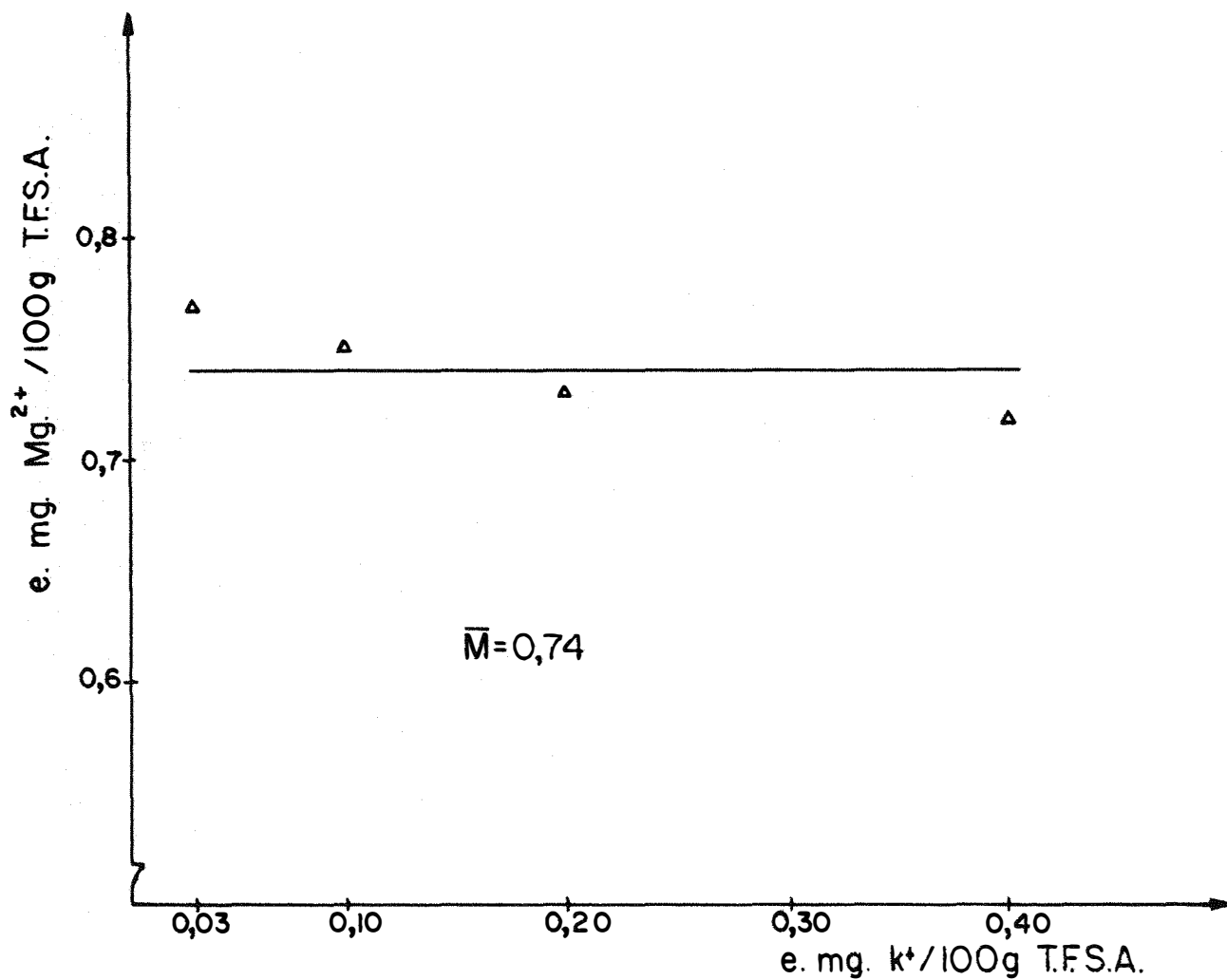


Figura 25 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus magnésio trocável do solo LR, extraído com solução 0,05 N de ácido nítrico.

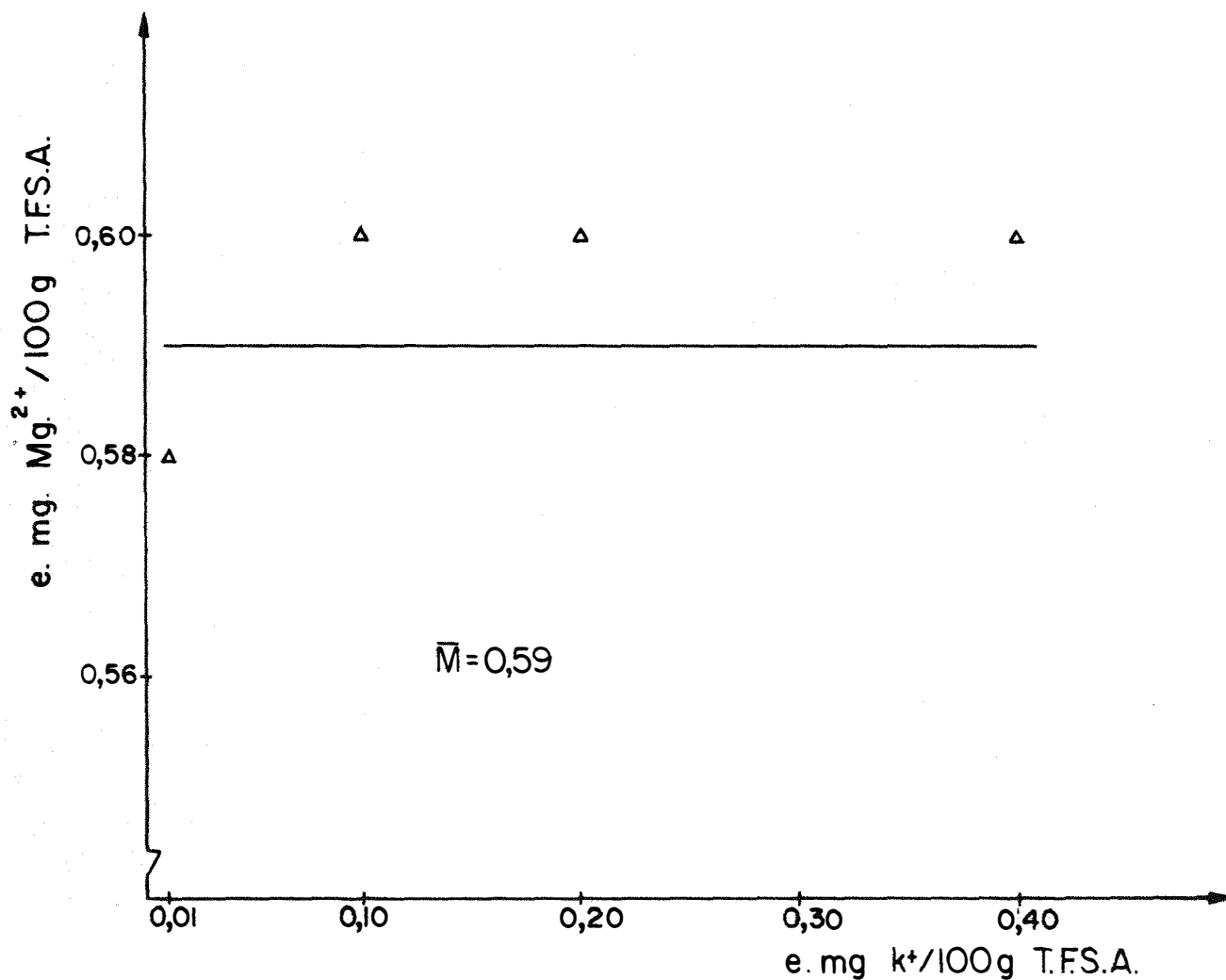


Figura 26 - Regressão linear para ajustamento aos dados de níveis de potássio no solo versus magnésio trocável do solo LE, extraído com solução 0,05 N de ácido nítrico.

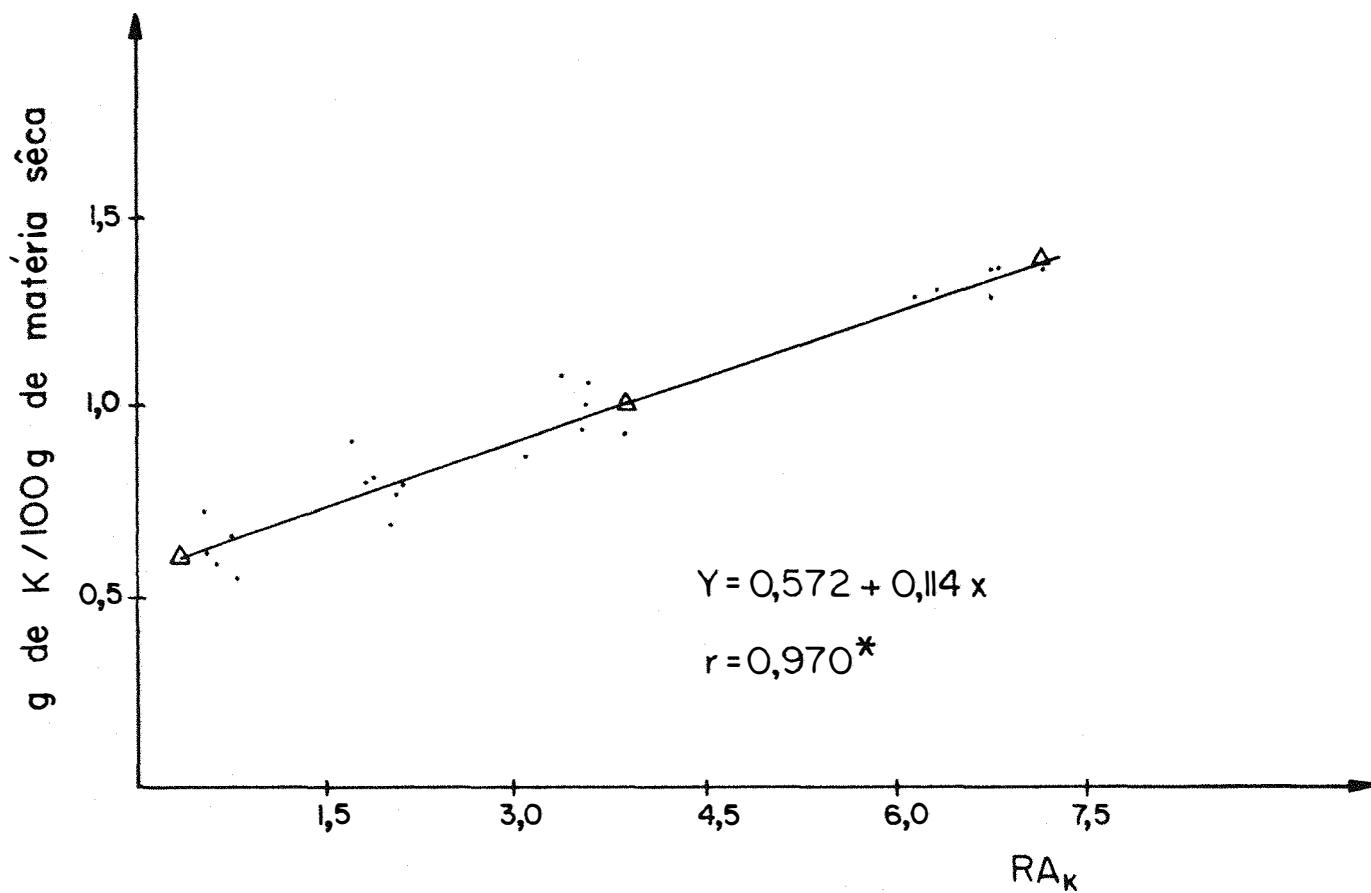


Figura 27 - Correlação entre os dados da relação de atividade do potássio (RA_K) versus concentração de potássio em planta de soja cultivada no solo LR.

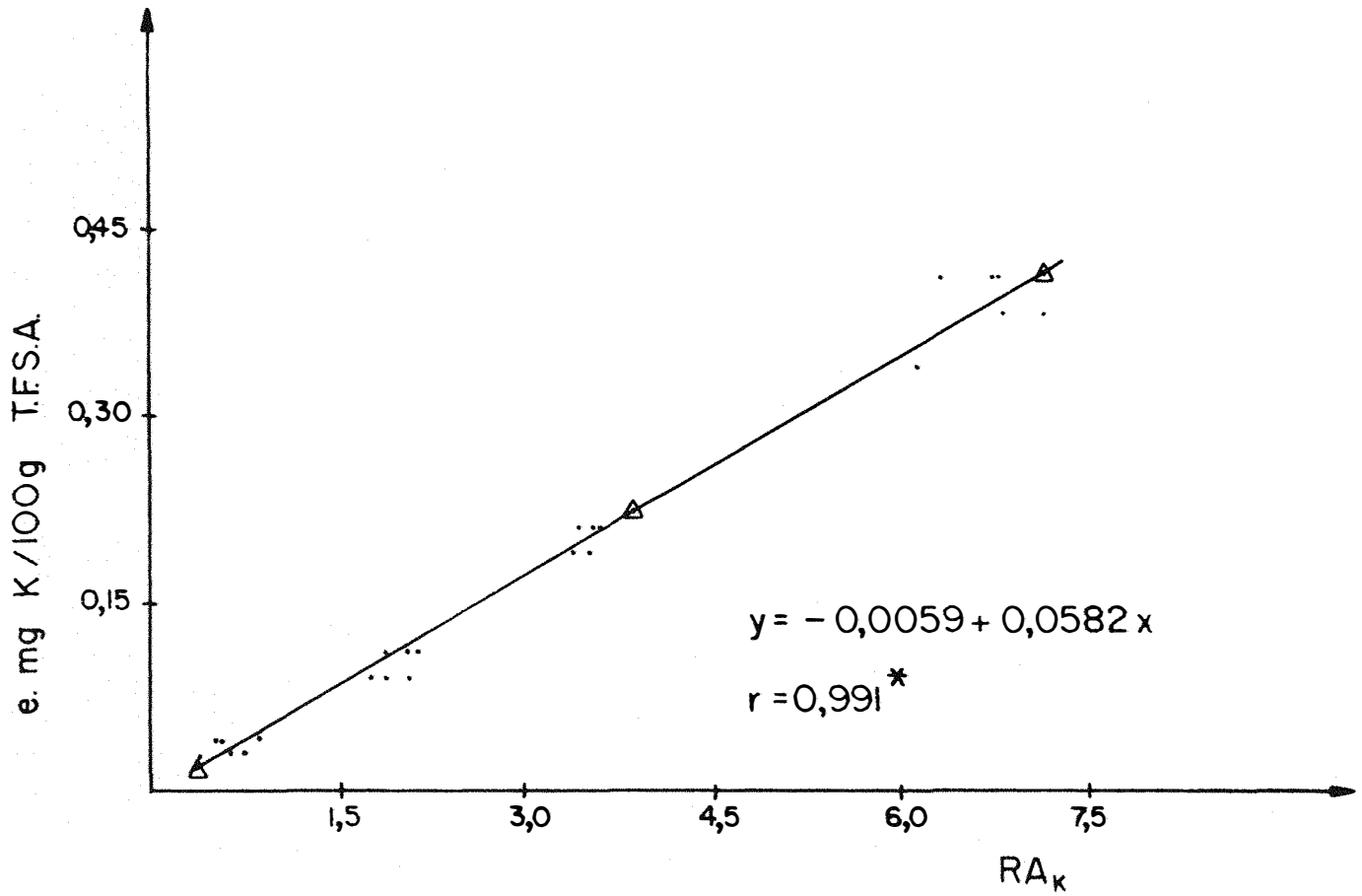


Figura 28 - Correlação entre os dados da relação de atividade do potássio (RA_K) versus teor de potássio extraído por uma solução 0,05N de ácido nítrico, solo LR.

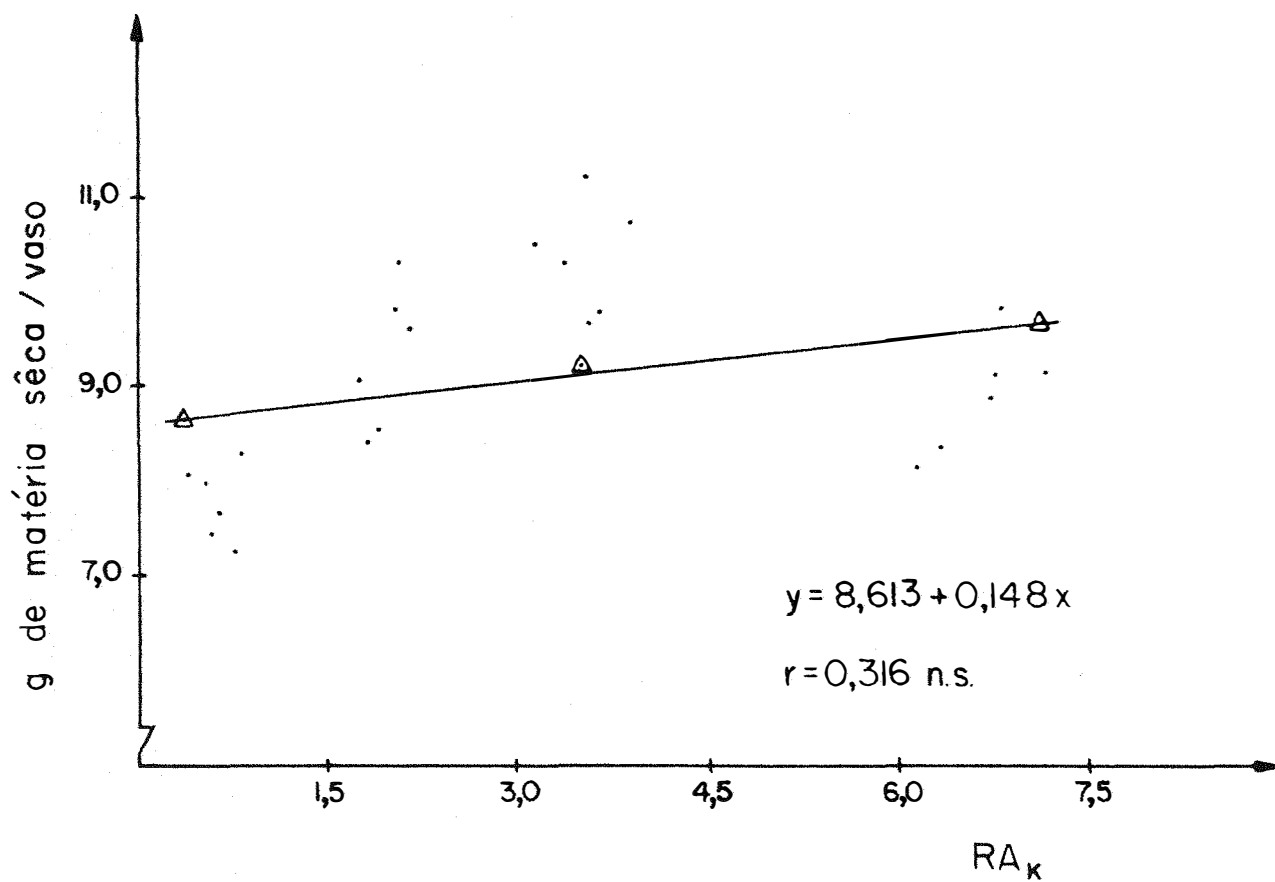


Figura 29 - Correlação entre os dados da relação de atividade do potássio (RA_K) versus produção de matéria seca da soja, no solo LR.

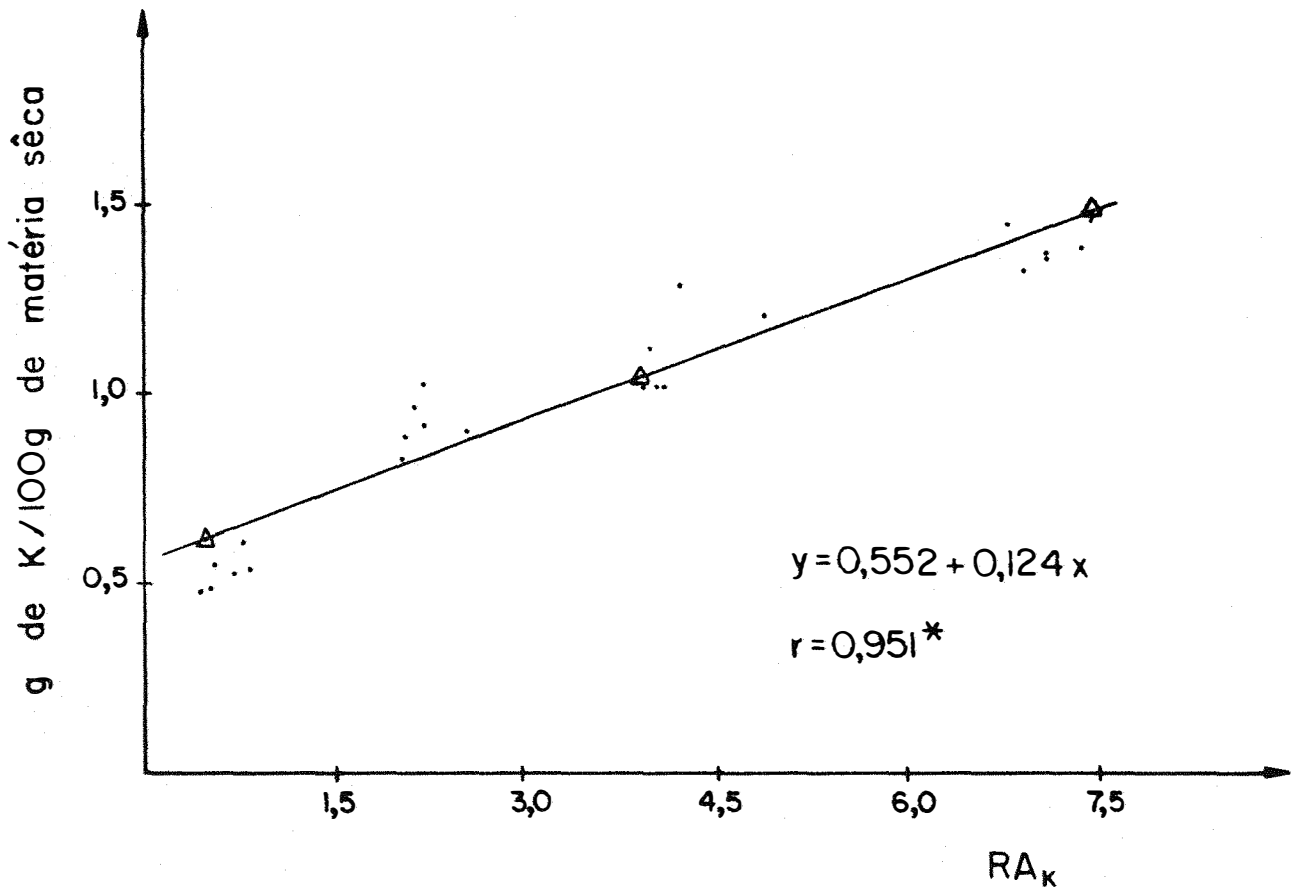


Figura 30 - Correlação entre os dados da relação de atividade do potássio (RA_K) versus concentração de potássio em planta de soja cultivada no solo LE.

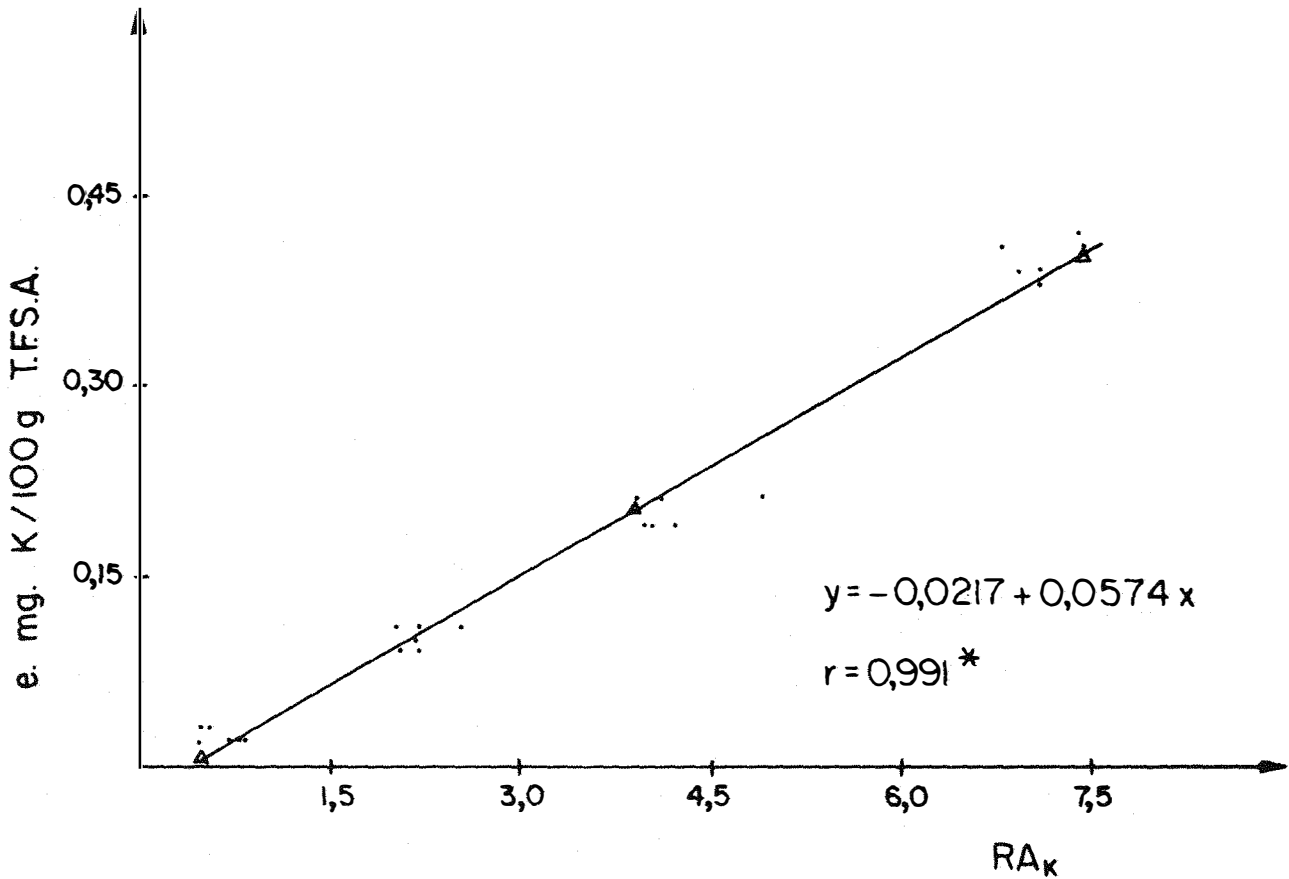


Figura 31- Correlação entre os dados da relação de atividade do potássio (RA_K) versus teor de potássio extraído por uma solução 0,05N de ácido nítrico, solo LE.

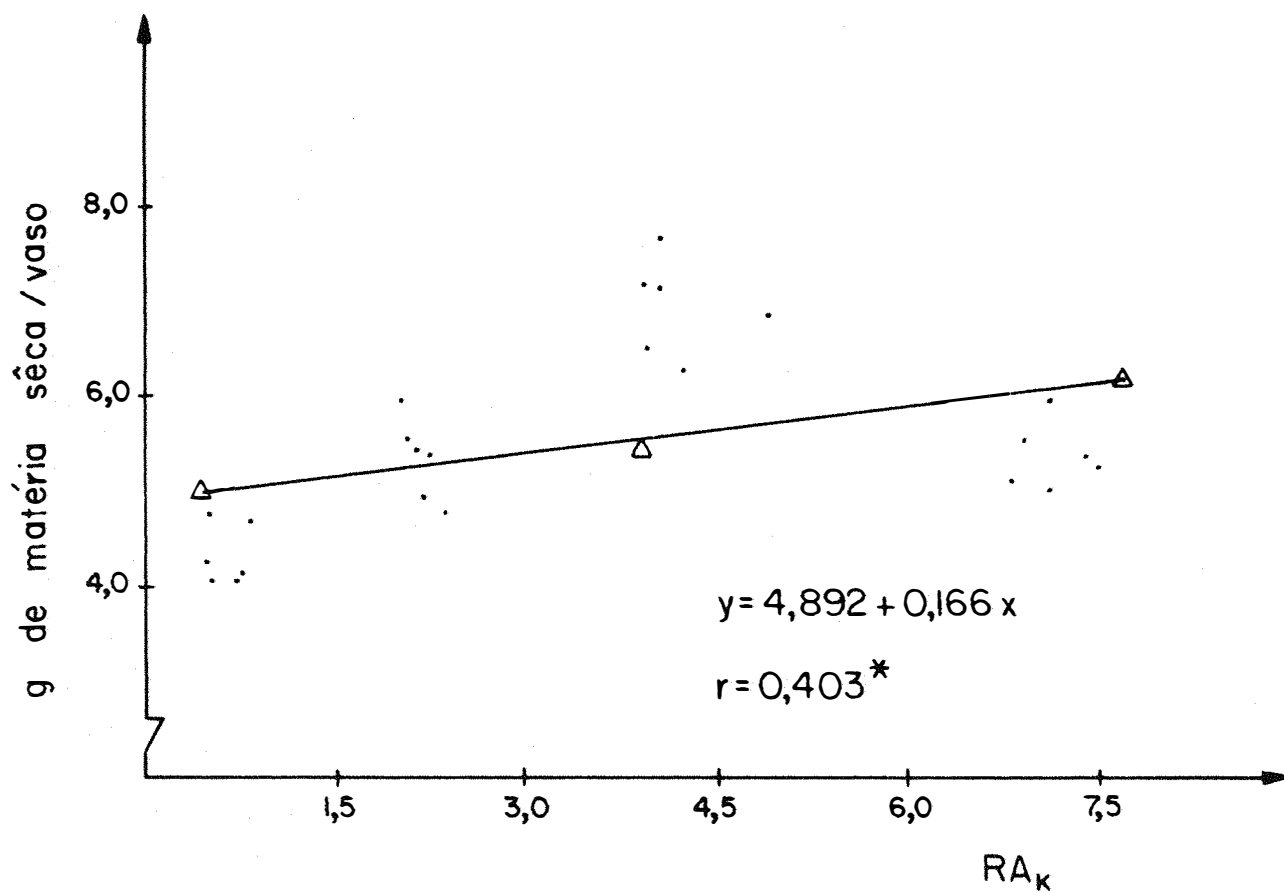


Figura 32 - Correlação entre os dados da relação de atividade do potássio (RA_K) versus produção de matéria seca da soja no solo LE.

6. CONCLUSÕES

1 - A altura da planta foi influenciada pela adubação potássica, mas este efeito não foi consistente durante o desenvolvimento e variou com o tipo de solo.

2 - A produção de matéria seca foi beneficiada pela adubação potássica em baixas doses e em altas doses foi deprimida.

3 - Os teores de potássio, cálcio e magnésio na planta, relacionaram-se diretamente com os seus níveis no solo.

4 - Houve efeitos, sinérgico, em baixos níveis de K no solo, e antagônico, em altos níveis de K no solo, bem caracterizado, na absorção do cálcio e do magnésio, e em média, esses efeitos foram maiores sobre a absorção do cálcio do que sobre a do magnésio.

5 - Ocorreu sinergismo, bem caracterizado, do

cálcio na absorção do potássio, mas o magnésio não influenciou a absorção desse cátion.

6 - Alta relação Ca/Mg no solo produziu efeito - depressivo, bem caracterizado, em ambos os solos, na produção de matéria seca. Todavia, os dados de concentração de nutrientes na planta evidenciaram a influência benéfica do cálcio na absorção do potássio.

7 - A adubação potássica aumentou consideravelmente os valores da RA_K e estes apresentaram-se estreitamente relacionados com o teor de K na planta e com o teor de K disponível, em ambos os solos. A RA_K correlacionou-se significativamente com a produção de matéria seca da soja cultivada no solo LE.

7. SUMMARY

The effect of potassium and potassium activity ratio on growth, on dry matter and on potassium, calcium and magnesium % in green parts, were studied through experiment in the greenhouse using pots, which were sown with soybean - (Glycine max (L.) Merrill) - Santa Rosa variety and two soils classified as Dark Red Latosol Sandy Phase (LE) and "Latosol Roxo" (LR).

The treatments were obtained adding potassium - chloride, calcium carbonate and magnesium oxide, in order to get four levels of soil potassium: inicial content; 0,10 ; 0,20 and 0,40 m.e.K⁺/100 g soil and two different Ca/Mg ratio: 5/1 and 10/1. All treatments received a basic application of diammonium phosphate: 500 mg/pot (soil LR) and 250 mg/pot - (soil LE).

Regression equations were stated between: level of soil potassium versus height of plant; level of soil - potassium versus dry matter yield; level of soil potassium

versus K%, Ca% and Mg% in plant; level of soil potassium -
versus K activity ratio and level of soil potassium versus -
available K and exchangeable Ca and Mg in soil (extraction -
solution: nitric acid 0,05 N).

Correlation coefficient were also given, between:
potassium activity ratio versus dry matter yield; potassium
activity ratio versus K% in plant; potassium activity ratio
versus available K in soil.

The potassium affected plant height on the four
development phases and was influenced by the two soils . The
development was no influence by the Ca/Mg ratio Low levels of
K affected dry matter yield positively and high levels of K
decreased it, in both soils. However, the larger Ca/Mg ratio
decreased dry matter production in soil LR, but without any
effect in soil LE.

There was synergism under low potassium levels
and antagonism in under high levels of potassium, considering
plant nutrient concentration.

The potassium activity ratio increased with K
fertilization and there was no influence of Ca/Mg relationship,
in both soils. Potassium content in plant and soil was -
correlated with potassium activity ratio. However, significant
correlation of potassium activity ratio with dry matter yield -
only occurred in soil LE.

8. LITERATURA CITADA

ACQUAYE, D.K. e A.J. Mac LEAN, 1966. Potassium potential of some selected soils. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 46: 177-184.

ACQUAYE, D.K., A.J. Mac LEAN e H.M. RICE, 1967. Potential and capacity of potassium in some representative soils of Ghana. Soil Sci., Baltimore, 103: 78-89.

ADDISCOTT, T. e O. TALIBUDEEN, 1969. The buffering capacity of potassium reserves in soils. Potash Rev., Berna, 4/45.

ALBAREDA, J.M., V. HERNANDO e M. del P. SANCHES CONDE, 1958 a. Interaction Ca/K en la absorcion de estos elementos por la planta de trigo. I. Influência del pH en el desarrollo de la planta de trigo. An. Edafol. Fisiol. Veg., Madrid, 17: 223-253.

ALBAREDA, J.M., V. HERNANDO e M. del P. SANCHES CONDE, 1958 b. Interaction Ca/K em la absorcion de estos elementos por la

- planta de trigo. II. Relaciones Ca/K utilizados y estudio de los resultados obtenidos. An. Edafol. Fisiol. Veg. Madrid , 17: 503-563.
- ALBAREDA, J.M., V. HERNANDO e M. del P. SANCHES CONDE, 1958 c. Interaction Ca/K en la absorcion de estos elementos por la planta de trigo. III. Influência de la relacion Ca/K en la asimilacion de los distintos elementos por la planta de trigo. An. Edafol. Fisiol. Veg., Madrid, 17: 898-934.
- ALBRECHT, A., 1943. Potassium in the soil colloid complex - and plant nutrition. Soil Sci., Baltimore, 55: 13-21.
- ANDERSON, C.A. e F.G. MARTIN. 1971. Effects of soil pH and calcium on the growth and mineral uptake of young citrus trees. Proc. Fla. St. Hort. Soc., Deland , 82: 7-12.
- ARNOLD, P.W., 1960. Potassium supplying power of some - British soil. Nature, London, 187: 436-437.
- ARNOLD, P.W., 1962. Soil potassium and its availability to plants. Outlook on Agric., Bracknell, 3: 263-267.
- ARNOLD, P.W., 1967. Magnesium and potassium supplying power of soils. "In": Soil Potassium and Magnesium. Min. of - Agr., Fisheries and Food, Tech. Bull. 14, Her Majestys - Stationery Office, Londres.
- ARNOLD, P.W. e B.M. CLOSE, 1961. Release of non-exchangeable potassium from some British soils cropped in the - glasshouse. J. Agric. Sci., London, 57: 295-304.
- ARNOLD, P.W., H. RUNEWY e F. HUNTER, 1968. Potassium status soil measurements and crop performance. 9th Inter. Congr. Soil Sci., Adelaide, Australia, 4 : 613-620.
- BARROWS, H.L., 1966. Nutrient potential and capacity. II. Relationships between potassium potential and buffering

- BARROWS, H.L. e M. DROSDOFF, 1958. Effect of nitrogen, potassium, calcium and magnesium on mineral composition of Lakeland Fine Sand in relation to mineral content of Tung leaves. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 22: 426-431.
- BARROWS, H.L., P.G. OZANNE e T.C. SHAW, 1965. Nutrient potential and capacity. I. The concepts of nutrient potential and their application to soil potassium and phosphorus. Aust. J. Agric. Reser., Melbourne, 16: 61-76.
- BEAR, F.E. e A.L. PRINCE, 1945. Cations equivalents consistency in alfafa. J. Am. Soc. Agron., Washington, 37: 217-222.
- BEAR, F.E., A.L. PRINCE e J.L. MALCOLM, 1944. The potassium supplying powers of 20 New Jersey soils. Soil Sci., Baltimore, 58: 139-149.
- BECKETT, P.H.T., 1964 a. Studies on soil potassium. I. Confirmation of the ratio law: measurements of potassium potential. J. Soil Sci., Oxford, 15: 1-8.
- BECKETT, P.H.T., 1964 b. Studies on soil potassium. II. The "immediate" Q/I relations of labile potassium in the soil. J. Soil Sci., Oxford, 15: 9-23.
- BECKETT, P.H.T., 1971. Potassium potentials-a review. Potash Rev., Berna, 5/30: 1-47.
- BECKETT, P.H.T. e J.B. CRAIG, 1964. The determination of potassium potentials. 8th Inter. Congr. Soil Sci., Bucarest, Romania, 1: 249-256.
- BISHOP, P.R.F., A.J. Mac LEAN e L.E. LUTWICK, 1954. Fertility studies on soil types. IV. Potassium supply and requirement as shown by greenhouse studies and laboratory test. Can. J. Agric. Sci., Ottawa, 34: 374-384.

- BOWER, C.A. e W.H. PIERRE, 1944. Potassium response of various crops on a high lime soil relation to their content of potassium, calcium, magnesium and sodium. J. Am. Soc. - Agron., Washington, 36: 608-614 .
- BRADAWY, R. e W. BUSSLER, 1968. Supply and absorption of cation in long term experiment with oats. Potash Rev., - Berna, 9/15, 9 p.
- BRAGA, J.M., 1972. Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos do Estado de Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 143 p. (Tese de Doutorado).
- BRAGA, J.M., R.A.R. FERRARI, C. SEDIYAMA e L.M. de OLIVEIRA , 1976. Resposta do cultivar de soja Santa Rosa à aplicação de P, K e calcário em latossolos do Triângulo Mineiro. II. Correlação com a análise química do solo. Anais do XV Congr. Bras. Ciên. Solo, Campinas, São Paulo.
- BROWN, B., 1928. The effect of different proportions of calcium nitrate and potassium di-hydrogen phosphate on the of wheat in sand cultures. Soil Sci., Baltimore, 26:441-446.
- CATANI, R.A., 1954. A determinação do potássio pelos métodos do cabaltohexanitrito e de fotometria de chama, sua aplicação no estudo do potássio nos solos do Estado de São Paulo, Piracicaba, ESALQ/USP, 145 p. (Tese para Cadeira).
- CATANI, R.A., J.R. GALLO e H. GARGANTINI, 1955. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações Gerais para fins de Fertilidade. Campinas, Instituto Agrônômico de São Paulo, Bolm. nº 69, 29 p.
- CATANI, R.A., e A.O. JACINTHO, 1974. Avaliação da fertilidade do solo. Métodos de Análise. Ed. Livrocerec Ltda., São Paulo, 61 p.

- CHAMEL, A. 1969. A study of some aspects of potassium uptake by leaves using the radioisotope ^{42}K . Potash Rev., Berna, 3/31, p. 16.
- COLLANDER, R., 1941. Selective absorption of cations by higher plants. Pl. Physiol., Kutztown, 16: 691-720.
- COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo, C.N.P.A., Rio de Janeiro, M.A., Bolm, nº 12.
- CRAHAM, E.R., e R.L. FOX, 1971. Tropical soil potassium as related to labile pool and calcium exchange equilibria - Soil Sci., Baltimore, 111: 318-322.
- CRISOSTOMO, L.A. e A.F. CASTRO, 1970. Poder de suprimento de potássio de solos da zona fisiografica de Baturité, Ceará, Brasil. Turrialba, Costa Rica, 20: 425-433.
- DATTA, N.P. e A.R. KALBANDES, 1967. Correlation of response in paddy with soil test for potassium in different Indian soils. J. Indian Soc. Soil Sci., New Delhi, 15: 1-6.
- DAVIDESCU, D. e Z. BORLAN, 1968. Interpretations thermodynamiques des factures chimique de la fertilité du sol. - Colloque Franco-Roumain, Redactia Revistelar Agricole, - Bucarest, 1: 25-47.
- DAVIDESCU, D., Z. BORLAN e C. BORDEIASU, 1967 a. Nutrient potentials and the chemical factors of soil fertility. Agrochimica, Pisa, 11: 53-64.
- DAVIDESCU, D., Z. BORLAN e C. BORDEIASU, 1967 b. Nutrient potentials and the chemical factors of soil fertility. II. Their utilization in some soil fertility studies Agrochimica, Pisa, 11: 194-199.
- DIXON, J.B., 1966. Quantitative analysis of kaulinite and

gibbsite in soils by differential thermal and selective -
dissolution methods. In: National conference of clays -
and clay minerals, New York. Proceedings Nat. Conf. clays
and clay minerals, New York, Pergamon Press, 1966, Xap. -
14: 83-89.

FASSBENDER, H.W., 1972. Equilibrios catiónicas y disponibi-
lidade de potásio em suelos de America Central. Turrialba,
Costa Rica, 22: 388-397.

FASSBENDER, H.W. e L.A. LAROCHE, 1968. The nutritive poten-
tial of soil and the proportions of K: Ca: Mg in tomato
plants. Pl. Soil, the Hague, 28: 431-441.

FERGUS, J.F., A.E. MARTIN, I.P. LITTLE e K.P. HAYDOCK, 1972 .
Studies on soil potassium. II. the Q/I relation and other
parameters compared with plant uptake of potassium. Aust.
J. Soil Res., Melbourne, 10: 95-111.

FREITAS, L.M.M. de, A.C. McCLUNG e F.P. GOMES, 1966. Deter-
minação das áreas deficientes em potássio para a cultura
do algodão. Fertilité, Paris, 26: 37-47.

FUZZATO, M.G. e C.A.M. FERRAZ, 1967. Correlação entre o e
feito da adubação no algodoeiro e análise química do solo.
Bragantia, Campinas, 26: 345-352.

GALHEGO, H.R., 1973. Contribuição ao estudo da genese de -
latossolos arenosos do município de Botucatu, São Paulo
Botucatu, FCMBB/UNESP, 85 p. (Tese de Doutorado).

GALHEGO, H.R., C.R. ESPINDOLA e V.A. VECHI, 1977. Caracteri-
zação da fração argila por raios X do Latossolo Roxo da Fa-
zenda Lageado. II. Unidade Tunel. Anais da VI Jorn. Cient.
Botucatu, Botucatu, p. 56-57.

GAMA, M.V., 1966. Potencial e capacidade de alguns solos em
relação ao potássio e sua variação com o cultivo. Agr.Luzit.

- Oeiras, Portugal, 28: 105-123.
- GAMA, M.V., 1967. Liberação e absorção de potássio nalguns solos. Agr. Luzit., Oeiras, Portugal, 29: 99-115.
- GERALDSON, C.M., 1957. Factors affecting calcium nutrition of celery, tomato and peppers. Proc. Soil Sci. Soc. Am., - Madison, 21: 621-625.
- HAGIN, J e M. BAZELET, 1964. Potassium status in some fertilised soils. Potash Rev., Berna, oct.
- HAGIN, J. e S. FEIGENBAUM, 1962. Estimation of available potassium reserves in the soil. Potassium Symp., Berna , 7: 219-222.
- HALSTEAD, R.L. e L.M. HEENEY, 1959. Exchangeable and water soluble potassium in soils and degree of saturation in relation on to tomato yields. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 39: 129-135.
- HALSTEAD, R.L., A.J. Mac LEAN e K.F. NIELSEN, 1958. Ca: Mg ratios in soil and the yield and composition of alfafa. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 38: 85-93.
- HANSEN, E.M., 1972. Studies on the chemical composition of isolated soil solution and the cation absorption by plants. Pl. Soil, The Hague, 37: 589-607.
- HOVLAND, D. e A.C. CALDWELL. 1960. Potassium and magnesium relationships in soils and plants. Soil Sci., Baltimore, - 89: 92-96.
- KAHN, J.S. e J.B. HANSON, 1957. The effect of calcium on potassium accumulation in corn and soybeans roots. Pl. Physiol., Kutztown, 32: 312-316.
- LANGHLIN, W.M., 1969. Nitrogen, phosphorus and potassium -

- influence yield and chemical composition of bluejoint fo
rage. Agron. J., Madison, 61: 961-964.
- LEGGETT, G.E. e D.T., WESTERMANN, 1973. Determination of
mineral elements in plant tissues using Trichloroacetic
acid extraction. J. Agric. Fd. Chem., Washington, 21: 65
-69.
- LE ROUX, J. e M.E. SUMMER, 1968 a. Labile potassium in soil.
I. Factors affecting quantity-intensity (Q/I) parameters.
Soil Sci., Baltimore, 106: 35-41.
- LE ROUX, J. e M.E. SUMMER, 1968 b. Labile potassium in -
soils. II. Effect of fertilization and nutrient uptake -
on the potassium status of soils. Soil Sci., Baltimore -
106: 331-337.
- LEVIN, I., A. DOVRAT e G. MOZES, 1969. Yield responses of
irrigated alfafa to available soil P and K levels. Israel
J. Agric. Res., Bet Dagan, 19: 25-32.
- LIANS, S. e A. TANAKA, 1972. Calcareous soils in Pingtung -
area (Taiwan) in relation to the growth of lawland rice .
Soil Sci. and Pl. Nutr., Tokyo, 18: 15-22.
- LOUÉ, A. 1963. A contribution to the study of inorganic nu
trition of maize, with special attention to potassium. Fer
tilité, Paris, 20: Nov. - Dez .
- LUCAS, R.E. e G.D. SCARSETH, 1947. Potassium, calcium and -
magnesium balance and reciprocal relationships in plants. -
J. Am. Soc. Agron., Washington, 39: 887-896.
- LUTZ, Jr. J.A., C.F. GENTER e G.W. HAWKINS, 1972. Effect of
soil pH on element concentration and uptake by maize. I.
P, K, Ca, Mg and Na. Agron. J., Madison, 64: 581-583.
- LUTZ, Jr. J.A. e G.D. JONES, 1975. Effect of irrigation, -

- lime and fertility treatments on the yield and chemical composition of soybeans. Agron. J., Madison, 67: 523-526.
- MacKAY, D.D. e W.A. DELONG, 1955. Coordinated soil plant analysis. III. Exchange equilibria in soil suspensions - as possible indicators of potassium availability. Can. J. Agric. Sci., Ottawa, 35: 181-187.
- Mac LEAN, A.J., 1960. Water soluble K, percent K-saturation and $pK - 1/2 (6a+Mg)$ as indices of management effects on K status of soils. 7th Inter. Congr. Soil Sci., Madison, 4: 86-91.
- Mac LEAN, A.J., L.E. LUDWICK e R.F. BISHOP, 1955. Fertility studies on soil types. Am. J. Agric. Sci., Canada, 35: 397-406.
- MALAVOLTA, E., 1970. Postilas do Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba, ESALQ/USP, 218 p.
- MALAVOLTA, E. 1976. Manual de Química Agrícola. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 528 p.
- MALAVOLTA, E., P.R.C. CASTRO, U.F. CRUZ e T. YAMADA, 1975. Calcium and its relationships to blossom-end rot in tomato. Soil Sci. and Pl. Anal., Tokyo, 6: 273-284.
- MALAVOLTA, E. e T. COURY, 1954. Postilas de práticas de Química Agrícola. Piracicaba, Centro Acad. "Luiz de Queiroz" 49 p .
- MARKLAND, F.E., 1969. Influence of nitrogen and potassium on growth chemical composition and anatomical structure of Agrostis palustris Huds. Diss. Abstr., Canada, 29(4459).
- MARTIN, J.P., R.B. HARDING e S. MURPHY, 1953. Effects of various soil exchangeable cations ratios on growth and chemical composition of citrus plants. Soil Sci., Baltimo-

re, 76: 285-295.

- MARSHALL, C.E. e S.A. BARBER, 1950. The calcium-potassium - relationship of clay minerals as revealed by activity - measurement. Proc. Soil. Sci. Soc. Am., Madison, 14: 86-88.
- MASCARENHAS, H.A.A., 1973. Acumulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos, durante o ciclo vegetativo da soja. O Agrônomo, Campinas, Bolm. Tec. nº 6 .
- MASCARENHAS, H.A.A. e S. MIYASAKA, 1968. Efeito de doses - crescentes de calcário, fósforo e potássio em solos Latossolo Roxo com vegetação de cerrado, recém desbravado, Bragantia, Campinas, 27: 279-289.
- MASCARENHAS, H.A.A., S. MIYASAKA, T. IGUE, E.S. FREIRE e G. - di SORDI, 1969. Resposta da soja à calagem e a adubações minerais com fósforo e potássio em solo Latossolo Roxo. Bragantia, Campinas, 28: XVII-XXI.
- MAYNARD, D.N., W.S. BARHAM e C.L. MacCOMBS, 1957. The effect of calcium nutrition of tomatoes as related the incidence - and severity of blossom-end rot. Proc. Amer. Soc. Hort. - Sci., St Joseph, 69: 318-322.
- MEDVEDEVA, O.P., 1968 a. Potential potassique et conditions de nutrition potassique des plantes. Agrokhimija, Moscow, 5: 39-44.
- MEDVEDEVA, O.P., 1968 b. Influence of calcium on potassium uptake by plants and the potassium potential of the soil. Sov. Soil. Sci., Madison, 8: 1120-1129.
- MELLO, F.A.F., H.P. HAAG, M.O.C. BRASIL SOBRINHO e H.W.S. MONTEIRO, 1966. A relação K/Mg em plantas jovens de laranja. Anais da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, São Paulo. 23: 95-107.

- MENGEL, K. 1963. Investigations concerning the K/Ca potential. Z. Pflanzenernähr, Düng, Bodenkunde, 103: 99-111.
- MENGEL, K. e T. AKSAY. 1954. The potassium concentration of the soil solution and its effect on the yield of Spring - Wheat. Soil Sci., Baltimore, 77: 419-426.
- MIRANDA, E.R., 1972. Relação quantidade/intensidade (Q/I) - de potássio em alguns solos da zona cacauieira do Brasil e de Costa Rica. Turrialba, IIICA, 50 p (Tese de M.S.).
- MIRANDA, E.R., K. IGUE e G. PAEZ. 1972. Efeito de cultivo - sucessivos na relação Q/I de potássio. Rev. Theobroma, Itabuna, 2 (4).
- MISCHAN, M.M., 1972. Análise econométrica de crescimento de gado bovino. Botucatu, FCMBB/UNESP, 141 p (Tese de Douto_o mento).
- MIYASAKA, S., E.S. FREIRE e H.A.A. MASCARENHAS, 1964. Efeito de N P K, do enxôfre e de micronutrientes em solos do Arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia, - Campinas, 23: 65-71.
- MIYASAKA, S. e J.G. da Silva, 1966. Ensaio preliminares de adubação mineral em Terra Roxa Misturada cultivada com so_o ja. Bragantia, Campinas, 19: 667-674.
- MOHR, W., 1959. Teor e fornecimento de potássio dos solos - do Rio Grande do Sul. Anais do VII Congr. Bras. Ciênc. So_o los, Piracicaba.
- MOSS, P. e J.K. COULTER, 1964. The potassium status of west Indian volcanic soils. J. Soil Sci., Oxford, 15:284-298.
- NASH, V.E., 1971. Potassium release characteristics of some soils of Mississippi Coastal plain as revealed by various - extracting agents. Soil Sci., Baltimore, 111: 313-317.

- NWOBOSHI, L. Ch., 1973. The effects of potassium on growth and nutrient composition of teak (*Tectona grandis*, L. f.) seedlings. 10th Collog. Inter. Potash Inst., Abidjan, - Republic of Ivory Coast. 1: 513-514.
- OLIVEIRA, V., A.E. LUDWICK e M.T. BEATTY, 1971. Potassium - removed from some southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extration methods. Proc. Soil Sci. Am., Madison, 35: 763-767.
- OMAR, M.A. e T. El KOBRIA, 1966. Some observations on the - interrelationships of potassium and magnesium. Soil Sci., Baltimore, 101: 437-440.
- OVERSTREET, R., L. JACOBSON e R. HANDLEY. 1952. The effect of calcium on the absorpction of potassium by barley roots. Pl. Physiol., Kutztown, 27: 583-590.
- PANDEI, M., 1972. Uptake and accumulation of K, Ca and Mg - by plants at increasing concentrations of one the cations in the medium. Soils Fertil., England, 35: (1425).
- PATHAK, A.N. e Y. KABRA, 1972. Antagonism between potassium, calcium and magnesium in several varieties of hybrid corn. Soils Fertil., England, 35 (3469).
- PEARSON, R. W., 1952. Potassium suppling power of eight - Alabama soils. Soil Sci., Baltimore 74: 301-309.
- PIERRE, W.H. e C.A. BOWER, 1943. Potassium absorpction by plants as affected by cationic relationships. Soil Sci. - Baltimore, 55: 23-26.
- PRATT, P.F., 1951. Potassium removal from Iowa soils by - greenhouse and laboratory procedures. Soil Sci., Baltimo- re, 72: 107-117.
- RALEIGH, S.M. e J.A. CHUCKA, 1944. Effect of nutrient ratio

and concentration and composition of tomato plants and on the occurrence of blossom-end rot of the fruit. Pl. Physiol., Kutztown 19: 671-676.

ROBBIN, W.R., 1937. Relation of nutrient salt concentration to growth of the tomato and to the incidence of blossom end rot of the fruit. Pl. Physiol., Kutztown, 12: 21-50.

ROUSE, R.D. e B.R. BERTRAMSON, 1949. Potassium availability in several Indian soils: its nature and method of evaluation. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 14: 113-123 .

SCHEFFER, F. e P. SCHACHTSCHABEL, 1966. Los elementos nutritivos para las plantas en el suelo: el potasio. Rev. de la Potassa, Berna, 4: 1-7.

SCHEFFER, F. e B. ULRICH, 1962. Consideration regarding the availability to plants of soil potassium. Potash Rev., - Berna, oct.

SCHOFIELD, R.K. e A.W. TAYLOR, 1955. The measurement of soil pH. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 31: 164-167.

SMITH, D. 1975. Effects of potassium top dressing a low fertility silt loam soil on alfalfa herbage yields and composition and on soil K values. Agron. J., Madison, 67: 60-64.

SOARES, E., 1975. Influência da relação entre teores trocáveis de cálcio e magnésio do solo na absorção de potássio pelo centeio (Secale cereale L.) . Piracicaba, ESALQ/USP, 73 p (Dissertação de Mestrado).

STEWART, E.H. e N.J. VOLK, 1946. Relation between potash in soils and that extracted by plants. Soil Sci., Baltimore, 61: 125-129.

STRASMAN, A., R. QUIDET, e R. BLANCHET, 1958. Dynamique du

- potassium et alimentation potassique des plants. Ann. -
Agro., Paris, 10: 635-658.
- SUTTON, P. e W.A. SEAY, 1958. Relationship between the -
potassium removed by millèt and red clover and K extracted
by 4 chemical methods. Proc. Soil. Sci. Soc. Am. Madison,
22: 110-115.
- TERMAN, G.L., 1977. Yields and nutrient accumulation by -
determinate soybean, as affected by applied nutrients. -
Agron. J., Madison, 69: 234-238.
- TEWARI, S.N., M.K. SINHA e S.C. MANDAL, 1971. Studies on -
the interrelationships among calcium, magnesium and -
potassium in plant nutrition. Inter. Syump. Soil Fertil.
Eval. Proc., New Dalhi, India, 1: 317-325.
- TINKER, P.B., 1964 a. Studies on soil potassium. III. -
Cation activity ratios in acid Nigerian soil. J. Soil Sci.,
Oxford, 15: 24-34.
- TINKER, P.B., 1964b. Studies on soil potassium. IV. Equili -
brium cation activity ratios and responses to potassium -
fertilizer of Nigeria oil palms. J. Soil Sci., Oxford ,
15; 35-41.
- THOMAS, G.W. e B.W. HIPPI, 1968. Soil factors affecting potas -
sium availability. In: KILMER, V.J., S.E. YOUNTS e N.C.
C. BRADY. The role of potassium in Agriculture, Madison,
Soil Sci. Soc. Am., cap. 13: 269-291.
- URIYO, A.P., 1973. Response of sweet potato (*Ipomea batata*)
to potassium fertilization on a Red Oxisoil in Tanzania. -
10th Collog. Inter, Potash Inst., Republic of Ivory Coast,
1: 495-498.
- van ITALLIE, th. B., 1938. Cation equilibria in plant in
relation to the soil. I. Soil Sci., Baltimore, 46:175-186.

- van TRALLIE, th. B., 1948. Cation equilibria in plant in relation to the soil. II. Soil Sci., Baltimore, 65: 393-416.
- van RAIJ, B. e H.A.A. MASCARENHAS, 1976. Calibração de potássio e fósforo em solos para soja. Anais do XV Congr. Bras. Ciên. Solo. Campinas, São Paulo.
- VIETS, F.G., 1944. Calcium and other polyvalent cation as accelerators of ion accumulation by excised barley roots. Pl. Physiol., Kutztown, 19: 466-480.
- WADDINGTON, D.V., E.L. MOBERG e J.M. DUICH, 1972. Effect of N source, K source, and K rate on soil nutrient levels and Bentgrass, Agrostis palustris Huds. Agron. J., Madison, 64: 562-566.
- WATANABE, F.S., S.R. OLSEN e C.U. COLE, 1971. Ionic balance and growth of five plant species in four soils. Agron. J., Madison, 63: 23-28.
- WELTE, E. e W. WERNER, 1963. Potassium-magnesium antagonism in soil and crops. J. Soil Fd. Agric., London, 14:180-186.
- WIKLANDER, L., 1954. Forms of potassium in the soil. - Potassium Symp., Berna, p .109-121.
- WILD, A., 1969. The potassium status of soils in the savannah zone of Nigeria. Expl. Agric., London, 7:257-270.
- WODBRIGDE, C.G., 1955. Magnesium deficiency in apple in British Columbia. Can. J. Agric. Sci., Ottawa, 35: 350-357.
- WOODRUFF, C.M., 1955 a. Ionic equilibria between clay and dilute salt solution. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 19: 36-40.
- WOODRUFF, C.M., 1955 b. The energies of replacement of calcium by potassium in soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am.,

Madison, 19: 167-171.

WOODRUFF, C.M. e J.L. McINTOSH, 1960. Testing soils for -
potassium. 7th Inter. Congr. Soil Sci., Madison, 4:80-85.

YORK, Jr. E.T., R. BRADFIELD e M. PEECH, 1953. Calcium -
interaction in soils and plant. II. Reciprocal relation-
ships between calcium and potassium in plants. Soil Sci.,
Baltimore, 76: 481-491.