

**NUTRIÇÃO MINERAL DE FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.),  
EM DOIS SOLOS SUJEITOS À COMPACTAÇÃO**

**ODO M. A. S. P. R. B. PRIMAVESI**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DE MELLO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

**PIRACICABA**  
Estado de São Paulo - Brasil  
Novembro - 1983

Aos meus pais

Artur (in memoriam) e

Ana Maria

que mostraram a importância e as belezas  
da pesquisa agrícola multidisciplinar,  
complexa, porém gratificante,

À esposa

Ana Cândida

que sempre incentivou, auxiliando na escolha  
de soluções para os problemas,

e à minha filha

Camila

que estimula os esforços na procura de  
caminhos para garantir a produção de  
alimentos necessários à sua sobrevivência,

D E D I C O.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais:

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade oferecida, através de uma Bolsa de Estudo.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello, ESALQ, pela orientação e revisão do texto.

Ao Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos, ESALQ, pelo estímulo inicial, sugestões, e a permissão do uso de seu laboratório de Física do Solo.

Ao Dr. Takashi Muraoka, CENA, por sugestões, revisão do texto, auxílio material e pessoal no preparo de extratos e análises de planta.

Ao Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi, CENA, por sugestões, revisão do texto e empréstimo de material e seu laboratório de Física de Solos.

Ao Prof. Dr. Toshiaki Kinjo, ESALQ, pelas sugestões, na área de química do solo e revisão do texto.

Sinceros agradecimentos ainda:

Aos setores de obras, parques e jardins, carpintaria, oficina, veículos da ESALQ, pelo auxílio material.

Às firmas Caterpillar Brasil S/A, Repir Com. Ind. Equipamentos Hidráulicos Ltda. e Hima S/A Com. Ind., pelo fornecimento de vasos metálicos.

Ao Laboratório de Análises Químicas do Solo, do Centro de Estudos de Solos, ESALQ, na pessoa do Sr. Vinício Ferraz.

Ao Laboratório de Análises Químicas do Solo, do Deptº de Química, ESALQ.

Ao Laboratório de Radioquímica e Química Analítica, CENA, na pessoa do Dr. Francisco Krug e Srtª Iolanda Aparecida Rufini, pelas análises de plantas.

Ao Departamento de Estatística e Computação, CENA, na pessoa do Dr. Ricardo Sgrillo, pela cessão do computador e programa para a realização das análises estatísticas.

Ao Dr. Eduardo A. Bulisani, IAC, pelo auxílio na seleção de cultivares e fornecimento de sementes.



Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Eloy Antonio Pauletto, UFPEL, pela realização das análises granulométricas.

Ao Prof. Dr. Sylvio Arzolla, ESALQ, pelos contatos estabelecidos para a obtenção de materiais.

Ao Prof. Dr. Henrique Paulo Haag, ESALQ, por sugestões e fornecimento de material e verbas.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Siu Mui Tsai Saito, CENA, pela inoculação e peletização das sementes.

Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Bernardo Yasuhiro Ide, Centro de Tecnologia Copersucar, pela cessão do penetrógrafo de cone.

À Srt<sup>a</sup> Marilena Aparecida Bassi e Sandra Teresa Pereira, do Laboratório de Fertilidade de Solos, CENA.

Ao Sr. Antonio Benedito Fernandes, pelo auxílio burocrático.

Ao estudante Carlos Alberto Veríssimo, pelo auxílio no preparo do solo e dos vasos.

E a todos àqueles que ajudaram a viabilizar este trabalho,

Muito obrigado.

## ÍNDICE

	Página.
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Experimentos em casa-de-vegetação.....	23
3.1.1. Delineamento estatístico.....	23
3.1.2. Cultivares de feijoeiro.....	24
3.1.3. Inoculação.....	24
3.1.4. Solos.....	24
3.1.5. Adubação.....	25
3.1.6. Água.....	26
3.1.7. Porosidade (Compactação).....	26
3.1.8. Vasos.....	27
3.1.9. Temperatura ambiente.....	28
3.1.10. Plantio.....	29
3.1.11. Colheita.....	29
3.2. Determinações analíticas.....	30
3.2.1. Físicas.....	30
3.2.2. Químicas.....	32
3.3. Análises estatísticas.....	33

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1. Solos.....	34
4.1.1. Características químicas.....	34
4.1.2. Propriedades físicas.....	37
4.2. Produção de matéria seca.....	41
4.2.1. Temperatura.....	42
4.2.2. Água.....	45
4.2.3. Solo.....	46
4.2.4. Cultivar.....	46
4.2.5. Adubação.....	50
4.2.6. Compactação.....	50
4.3. Extração de nutrientes.....	53
4.3.1. Macronutrientes na parte aérea.....	56
4.3.2. Macronutrientes no sistema radicular.....	56
4.3.3. Micronutrientes na parte aérea.....	60
4.3.4. Micronutrientes no sistema radicular.....	61
4.3.5. Geral.....	62
5. CONCLUSÕES.....	64
6. LITERATURA CITADA.....	68
7. APÊNDICE.....	90

NUTRIÇÃO MINERAL DE FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)  
EM DOIS SOLOS SUJEITOS À COMPACTAÇÃO

ODO M.A.S.P.R.B. PRIMAVESI

Orientador: Dr. FRANCISCO DE ASSIS

FERRAZ DE MELLO

RESUMO

O presente trabalho teve como finalidade o estudo de alguns aspectos da nutrição mineral de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da porosidade de dois solos [Latosolo Roxo, série Iracema (LR), um Haplacrox orthico, e Podzólico Vermelho-Amarelo, var. Piracicaba (PVp), um Typustalf ochrutico], sem e com adubo, principalmente referentes à variação porcentual da acumulação de nutrientes pela parte aérea e radicular, procurando determinar a porosidade mais adequada dos solos para a máxima produção de matéria seca.

Os experimentos foram realizados em vasos sem dreno, em casa-de-vegetação.

Os níveis de compactação (3) foram uniformizados para resistências à penetração de 0-8,8-17,6 kg/cm<sup>2</sup>.

A adubação procurou atingir uma saturação em

bases de 80% da CTC pH 7, com uma relação Ca:Mg:K de 9:3:1, e manter os níveis de fósforo disponível acima de 15 ppm (extração com  $H_2SO_4$  0,05N). Foram aplicados ainda 40 kg N/ha e 20 kg de sulfato de zinco/ha. Foram instaladas parcelas sem e com adubo, com 2 cultivares. Procurou manter-se o nível de água a uma tensão de 10 a 30 mbares.

O delineamento experimental foi um fatorial  $3 \times 2 \times 2$ , com blocos ao acaso, constituindo cada solo um experimento.

A interpretação dos dados foi realizada com material colhido no final do ciclo, separando-se as raízes do solo por lavagem.

A redução da porosidade produziu variações significativas de matéria seca nas parcelas com adubo no LR e sem e com adubo no PVp. No LR com adubo a redução da macroporosidade de 20,13 para 11,33%, melhor tratamento, aumentou a matéria seca em 25,4%, caindo posteriormente em 8,8% com macroporosidade de 8,88%. No PVp sem adubo a redução dos macroporos de 9,15 para 5,84 e posteriormente 3,34% reduziu a produção de matéria seca em respectivamente 8,1 e 9,8%.

Verificou-se que deve ser considerado juntamente à % de macroporos o valor da condutividade hidráulica saturada ( $K_0$ ), que no melhor tratamento foi de 8 cm/h.

Embora tenha ocorrida certa especificidade para cultivares e solo, verificou-se, de uma maneira geral, aumentos mais frequentes na acumulação, pela parte aérea, de Mg (até 17,7%) >

Ca (até 14,7%), Fe (até 16%) > Cu (até 50%) e eventuais de N > P > K e Z > B > Mn. Bem como reduções mais freqüentes de K (até 25,9%), Mn (até 28,5%) > B (até 38%) e eventuais de N > P > Ca > Mg e Zn > Cu > Fe. No sistema radicular ocorreram aumentos de extração mais freqüentes de Mg (até 48,7%) > N (até 43,9%) e de Fe (até 1%) > B (até 70,6%) e eventuais de P > Ca = K e Zn = Mn; bem como reduções mais freqüentes de K (até 48%) = Ca (até 43,9%) e Cu (até 28,7%) > Zn (até 25%) > Mn (até 28,4%) e eventuais de P > N > Mg e B = Fe.

A proporção Ca:Mg:K no complexo de troca parece afetar diretamente o comportamento desses elementos na extração, devido a efeitos de concentração. As variações de micronutrientes na parte aérea parecem estar relacionados indiretamente (através do metabolismo vegetal) com o P, e na da Fe e Mn diretamente com a variação do Ca.

O comportamento das características químicas do solo, de fertilidade e nutrição mineral de plantas estão claramente relacionados com as propriedades físicas do solo.

MINERAL NUTRITION OF COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)  
CROPPED IN TWO SOILS SUBJECT TO COMPACTION

Author: ODO M.A.S.P.R.B. PRIMAVESI

Adviser: Dr. FRANCISCO DE ASSIS

FERRAZ DE MELLO

SUMMARY

This work was carried out at the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, Brazil. The experiments were aimed at data on the percentual variation of nutrient extraction by bean (*Phaseolus vulgaris* L.), affected by the reduction of the aeration porosity of an orthic Haplacrox (LR) and an ochrultic Typustalf (PVp), without and with fertilizer application, and to search for the best aeration porosity for the maximum production of dry matter.

The trials were conducted in the greenhouse in bottom-sealed pots. Three compaction levels were uniformized to a penetration resistance of 0-8.8-17.6 kg/cm<sup>2</sup>. Fertilizer were applied to get 80% cation saturation, with Ca:Mg:K relation of 9:3:1, and to mantain the phosphorus level above 15 ppm (extraction with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05N). Forty kg N/ha, as urea, and 20 kg ZnSO<sub>4</sub> /ha were also applied. Two cultivars were used. The water level

was maintained between tensions of 10 to 30 mbars.

The plants were harvested at the end of the vegetative period, and the roots washed out from the soil.

The reduction of the aeration porosity caused significant variations on the dry matter production of the fertilized pots of LR and both of PVp. On the fertilized LR the reduction of the aeration porosity from 20.13% to 11.33% (best treatment) increased the dry matter in 25.4%, which fell to 8.8% with a porosity of 8.88%. On PVp without fertilizer the reduction of the aeration porosity from 9.15 to 5.84% and 3.34% decreased the dry matter in respectively 8.1 and 9.8%.

Data showed that it is necessary to consider the aeration porosity conjoined with the saturated hydraulic conductivity ( $K_0$ ), which was 8 cm/h at the best treatment.

Despite of the varietal, soil and fertilizer responses, it was possible to verify a frequent increase, in the aerial part of the plants, with reduction of the aeration porosity, of Mg (up to 17.7%) > Ca (up to 14.7%), Fe (up to 16%) > Cu (up to 50%) and eventual increase of N > P > K and Zn > B > Mn. And frequent decreases of the accumulation of K (up to 25.9%), Mn (up to 28.5%) > B (up to 38%) and eventual reduction of N > P > Ca > Mg and Zn > Cu > Fe. The roots increased more frequently the accumulation of Mg (up to 48.7%) > N (up to 43.9%) and Fe (up to 1%) > B (up to 70.6%) and eventually P > Ca = K and Zn = Mn. And decreased more frequently the K (up to 48%) = Ca (up to 43.9%) and Cu (up to 28.7%) > Zn (up to 25%) > Mn (up to 28.4%), and



eventually the  $P > N > Mg$  and  $B = Fe$ .

The Ca:Mg:K relation on the CEC seems to affect directly their behavior on absorption, because of concentration effect. The variations of micronutrients on the aerial part seems to be related indirectly to P, and at the root Fe and Mn directly with Ca.

The behavior of the soil chemistry, fertility and mineral plant nutrition are clearly related to the physical properties of the soil.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a ampliação da fronteira agrícola a regiões com solos de baixa fertilidade natural, e o esgotamento dos solos outrora férteis e com bom estado de agregação, torna-se cada vez mais importante a observância de seu estado físico, no tocante à sua porosidade, para garantir uma produção agrícola econômica.

Isso porque todos os processos químicos, físicos e biológicos vitais para o desenvolvimento vegetal ocorrem a nível de poros (BAVER *et alii*, 1972), devendo os solos de uma maneira geral apresentar 50% de poros totais, com 33% de microporos e 17% de macroporos (KIEHL, 1979). Assim diversos autores relatam sobre prejuízos na produção vegetal quando ocorre redução da macroporosidade, representada pelo aumento da densidade do solo, ou compactação, ou adensamento, ou aumento na resistência à penetração radicular. O prejuízo

maior não reside somente no menor desenvolvimento radicular, mas principalmente no pior arejamento do solo, no fornecimento reduzido de água às plantas, e, conseqüentemente, no pior aproveitamento dos nutrientes existentes ou aplicados, e nestas condições adversas, em que pode ocorrer redução do pH, no possível aparecimento ou intensificação de presença de elementos tóxicos como o alumínio trocável (Watts *et alii*, 1973, citados por PRIMAVESI, 1980).

Verificou-se que em solos com macroporosidade reduzida, a solução geralmente não é aplicar fertilizantes ou irrigar, pois o arejamento sendo deficitário provoca a restrição radicular ativa.

A cultura do feijoeiro no Brasil é de suma importância social, por se tratar da fonte primária de proteína para a maioria da população. Mas sua produtividade média gira em torno dos 600 kg/ha, quando sabemos que seu potencial genético de produção está ao redor de 4.200 kg/ha, para as cultivares mais produtivas.

A cultura do feijoeiro, tendo sua área ampliada ou sendo deslocada pelas culturas de exportação (EMBRAPA, 1981), anteriormente restrita às áreas novas e de boa fertilidade natural, geralmente em consórcio com a cultura do milho, evolui atualmente como cultura solteira, e em áreas com solos pobres e ácidos.

O presente trabalho procurou verificar quanto o fator porosidade realmente afeta a produtividade. Abrangeu diferentes solos e condições de fertilidade natural e corrigida, para encontrar subsídios práticos à tentativa de aumentar a eficiência de exploração do potencial genético de produção atualmente existente, de modo a procurar evitar a defasagem de aproximadamente Cr\$ 340.000.000.000,00, considerando pelo menos a diferença entre a média nacional e 30% (1.260 kg/ha) do potencial genético existente, uma área plantada de 5.412 mil ha (águas + seca) (SÃO PAULO, 1981), e o preço mínimo aproximado de Cr\$ 6.000,00/saco de 60 kg.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Uma planta para chegar à produção, iniciando por sua fase-semente, é influenciada simultaneamente (numa relativa ordem decrescente de importância) pelos seguintes fatores físicos e químicos no solo, adequados para a espécie e o cultivar: oxigênio (aeração), calor (temperatura), água (umidade), pH, resistência mecânica do solo (penetrabilidade) e os nutrientes minerais (MARCOS, 1982, comunicação particular).

Estes fatores químicos e físicos são influenciados pelas propriedades físicas do solo, comportamento sobre os quais se baseia sua utilização racional (MARCOS, 1979), podendo ser destacado o volume poroso, lugar comum a todos os fenômenos físicos, químicos e biológicos (BAVER *et alii*, 1972), vitais para o bom desenvolvimento vegetal.

O volume poroso geralmente é representado pelo

parâmetro densidade do solo, que aumenta através do adensamento ou da compactação, com redução invariável dos poros de arejamento, pois a estrutura do solo é modificada ou destruída (WATSON Jr. *et alii*, 1951). A densidade do solo é variável com cada solo em função de sua morfologia, textura, estrutura, tipo de argila, etc. (SILVA *et alii*, 1977).

A redução da produtividade de muitas culturas e a resposta insuficiente de muitos solos agrícolas a fertilizantes minerais podem ser atribuídos à compactação do solo e aos efeitos sobre a drenagem (e disponibilidade de água) e a aeração (WATSON Jr. *et alii*, 1951; McKEE e LANGILLE, 1967), bem como a redução ou impedimento do desenvolvimento do sistema radicular (DAY e HOLMGREEN, 1952; PHILLIPS e KIRKHAM, 1962; WITSELL e HOBBS, 1965; GROHMANN e QUEIROZ NETO, 1966; LOWRY *et alii*, 1970; BAVER *et alii*, 1972; CASTILLO, 1982).

Assim, por exemplo, a compactação do solo reduziu o crescimento radicular e da parte aérea de ervilha, com efeito depressivo sobre a absorção de Ca, K, Mg e Mn e não significativo sobre B, Fe e P. O aumento da resistência do solo por redução de umidade, estava associado com uma redução de 50% no crescimento radicular e 21% na absorção de K (CASTILLO, 1982). Embora existam vários autores que informam sobre aumentos de produção com a compactação, como ROSENBERG e WILLITS (1962), que verificaram benefícios em certos casos especiais e até certos níveis de compactação.

A compactação dos solos agrícolas pode ocorrer

geralmente pelo tráfego de máquinas, aplicando pressão sobre os mesmos ou desfazendo os agregados estruturais (FLOCKER *et alii*, 1960); VOMOCIL e FLOCKER, 1965; PEARSON, 1966; DAVIES *et alii*, 1973; VIEIRA, 1978; VOORHEES *et alii*, 1978; PAUL e DE VRIES, 1979), o que também pode ocorrer com o tempo de uso associado ao manejo intensivo do solo (MANNERING *et alii*, 1966; KOSHI e FRYREAR, 1973; LAL, 1976; SOUZA, 1976; CASSEL *et alii*, 1978; MACHADO e BRUM, 1978; KEMPER e DERPSCH, 1979; FRANÇA da SILVA, 1980) e o não retorno de material orgânico (HOBBS e BROWN, 1965; JUO e LAL, 1977; HAMBLIN e DAVIES, 1977; POTTKER, 1977). No tocante aos efeitos deletérios ligados à ausência de material orgânico também estão os solos que tiveram sua superfície raspada por lâmina ou levada por erosão laminar ou sulco, geralmente apresentando-se mais adensados. BRUCE (1955) informa que a compactabilidade do solo diminui com a adição de matéria orgânica, calcário e fosfato de rocha, sendo que o cultivo intensivo a aumenta. E a umidade necessária para a compactação máxima aumenta com o melhoramento das condições físicas do solo.

A densidade do solo é um parâmetro muito utilizado para caracterizar também a compactação, devendo ser relacionada com textura e densidade de partícula, estando correlacionada com a taxa de difusão de oxigênio (aeração) e disponibilidade de oxigênio, condutividade hidráulica e disponibilidade de água, e com a resistência à penetração das raízes (MIRREH e KETCHESON, 1972; GUMBS e WARKENTIN, 1972; HEMSATH e

MAZURAK, 1974; VIEIRA, 1978).

As raízes são o órgão vegetal, geralmente responsável pela absorção de oxigênio, água e nutrientes necessários para a exploração adequada do potencial genético de produção de uma cultura (PRIMAVESI, 1980; PRIMAVESI e HELLER, 1982), sendo o peso ou volume radicular proporcional à produção de grãos (PHILLIPS e KIRKHAM, 1962; Charreau, 1971, citado por SANCHEZ, 1977).

Em geral as raízes de plantas crescendo em solo compactado, deixam de alongar normalmente, mas crescem no sentido radial, causando muitas vezes aumentos de sua espessura, provocando uma redução na área superficial do sistema radicular (TROUSE Jr. e HUMBERT, 1961; PEARSON, 1966; CHENG *et alii*, 1971; KULKARNI e SAVANT, 1977).

VEIHMEYER e HENDRICKSON (1948) encontraram valores críticos para a penetração radicular do girassol entre 1,7 e 1,8 g/cm<sup>3</sup> em solo arenoso, 1,6 g/cm<sup>3</sup> em limoso e 1,5 g/cm<sup>3</sup> em argiloso. Acima de 1,9 g/cm<sup>3</sup> não houve penetração do sistema radicular. Em 1957, WIERSUM verificou que a penetração radicular é prevenida pela densidade do solo acima de 1,8 g/cm<sup>3</sup>. O limite para solo arenoso é 1,75 e para argiloso está entre 1,46 e 1,63 g/cm<sup>3</sup>. BERTRAND e KOHNKE (1957) observaram que as raízes não penetravam o solo com uma densidade de 1,5 g/cm<sup>3</sup>, mas abundaram a uma densidade de solo de 1,2 g/cm<sup>3</sup>. Em 1961, ZIMMERMANN e KARDOS verificaram impedimento ao desenvolvimento radicular da soja à densidade de 1,6 g/cm<sup>3</sup> e uma



total limitação ao crescimento a  $1,8 \text{ g/cm}^3$ . GROHMANN e QUEIROZ NETO (1966) observaram que não houve desenvolvimento radicular de arroz quando a densidade do solo era  $1,42 \text{ (LR)}$  e  $1,38 \text{ (PVA)} \text{ g/cm}^3$ , assinalando a rigidez dos poros como fator responsável. SHARMA e SINGH (1969) encontraram a densidade aparente de  $1,8 \text{ g/cm}^3$  como impedimento máximo para milho. VOORHEES *et alii* (1971) verificaram o mesmo para cevada. KAR e VARADE (1972) e HEMSATH e MAZURAK (1974) encontraram redução no comprimento das raízes com densidade acima de  $1,6$  e  $1,0 \text{ g/cm}^3$  respectivamente.

Para penetrar a massa do solo, as raízes devem exercer uma pressão de crescimento superior à resistência que o solo oferece. E as variáveis que normalmente atuam na penetração das raízes, são a pressão de crescimento da raiz, o meio ambiente na zona radicular (relação ar-água, temperatura) e a resistência do solo (TAYLOR e GARDNER, 1963).

A magnitude com que a raiz se estende através do solo é bastante variável com as espécies vegetais (VIEIRA, 1978). Segundo Pfeffer (1893), citado por WIERSUM (1957), a faixa de pressão das raízes axiais vai de 5 a 24 atm, confirmado por WHITE (1975) que verificou poderem as raízes pivotantes exercer pressões de crescimento entre 7 e 25 bares e as laterais entre 4 e 7 bares. TAYLOR e RATLIFF (1969) determinaram a pressão de crescimento radicular axial de algodoeiro, ervilha e amendoim como sendo uma variação de 6 a 16, 6 a 26 e 5 a 22 bares respectivamente.

As camadas compactadas, como na sub-superfície, são caracterizadas por uma certa condição de rigidez dos poros, devida ao aumento da densidade do solo (WIERSUM, 1957) e à tensão de umidade. WIERSUM (1957) ainda verificou a habilidade das raízes em penetrar poros de vários diâmetros, sempre maiores que o diâmetro das raízes mais finas, ocorrendo diferença entre as espécies na habilidade em penetrar poros pequenos (como 90 a 150 micra), sendo o diâmetro de 200 a 500 micra penetrado pelas raízes de todas as espécies.

AUBERTIN e KARDOS (1965) verificaram que as raízes geralmente não crescem através dos poros existentes, mas criam seu próprio caminho, deslocando as partículas sólidas do solo. GILL e MILLER (1956) observaram que a rigidez dos poros promove restrição ao crescimento radicular, e que as raízes exercem pressão para afastar as partículas sólidas, quando a plasticidade e densidade do solo permitirem. Assim, TAYLOR (1974) verificou igual crescimento das raízes em poros de 46 e 278 micra em sistema não rígido, enquanto em sistema rígido e crescimento radicular foi afetado em qualquer diâmetro de poros menores que 412 micra.

TAYLOR (1974) assinala que para valores não críticos da densidade aparente a dificuldade mecânica da penetração radicular reside no aumento da tensão de água. TAYLOR e GARDNER (1963) concluíram que a resistência do solo teve correlação linear maior com a penetração radicular, que com a densidade do solo, e o teor de umidade. Setenta por cento das

raízes penetraram o solo com resistência de  $10 \times 10^6$  dinas /  $\text{cm}^2$  ( $=10,1 \text{ kg/cm}^2$ ), mas somente 30% com  $20 \times 10^6$  dinas/ $\text{cm}^2$ . O aumento da resistência também reduz a taxa de crescimento radicular, de modo que numa resistência de  $23,4 \times 10^6$  dinas /  $\text{cm}^2$  ( $=23,8 \text{ kg/cm}^2$ ) requer 2 dias mais para crescer 2,5 cm que num solo com resistência de  $13 \times 10^6$  dinas/ $\text{cm}^2$ . Verificaram também uma ausência de crescimento radicular com uma umidade de 1/3 bar e  $29,6 \text{ kg/cm}^2$  de resistência. O conceito de resistência é válido somente quando o espaço poroso é pequeno ou ausente para a penetração normal das raízes.

PEARSON (1966) verificou que a resistência real exercida pelo solo à penetração radicular geralmente é menor que a resistência medida pelo penetrômetro, já que as raízes procuram os espaços de maior fraqueza durante o seu crescimento. TAYLOR *et alii* (1966) obtiveram total impedimento à penetração da raiz pivotante com resistência de solo superior a 25 bares. TAYLOR e RATLIFF (1969) obtiveram um decréscimo na taxa de alongação radicular de amendoim e algodoeiro em 50%, com resistências superiores a 7,2 e 19,1 bares respectivamente. YANG (1970) verificou uma compactidade crítica para cana-de-açúcar de 20-25  $\text{kg/cm}^2$  em solos desde arenosos a argilosos. REUMERINK (1973) observou uma compactidade crítica de 30  $\text{kg/cm}^2$  para aspargo em solo de textura barro-arenosa. HEMSATH e MAZURAK (1974) determinaram a resistência de 20  $\text{kg/cm}^2$  como sendo crítica para a penetração de raízes de sorgo. TAYLOR (1974) verificou que a resistência de 0-15-30 ba-

res permitiam uma taxa de alongação de raízes de amendoim de 4,7-1,5-0,8 mm/h.

É difícil determinar a importância da resistência mecânica do solo devido à similaridade estreita entre excesso de água e aeração deficiente, embora a opinião seja de que a redução da porosidade e a rigidez de poros são os fatores mais importantes para o desenvolvimento do sistema radicular. Mas credita-se à quantidade de O<sub>2</sub> no solo a habilidade das raízes em superar a resistência mecânica (WIERSUM, 1957).

Quanto à interação entre resistência à penetração e sucção matricial, MIRREH e KETCHESON (1973), verificaram que em baixos níveis de resistência do solo (inferiores a 10 bares), as raízes eram normais, independentemente do potencial matricial aplicado (-1 a -8 bares). Em níveis elevados de resistência (superiores a 10 bares) e baixo potencial matricial, as raízes eram curtas, grossas e torcidas. Porém a deformação radicular também ocorre com teores de O<sub>2</sub> abaixo de 10% (GILL e MILLER, 1956; EAVIS, 1972).

DASBERG e MENDEL (1971) verificaram que o efeito negativo da redução de umidade não seria tanto a maior tensão existente, mas a menor condutividade hidráulica e reposição de água, já que numa areia fina a redução de umidade de 26 para 16% reduziu a condutividade hidráulica de 100 para 5 cm/s. BELTRAME *et alii* (1981) observaram que ocorre uma redução gradual na condutividade hidráulica com o aumento da den-

sidade do solo, sendo os reflexos da compactação sobre a condutividade maiores em um solo argiloso que arenoso. Em camadas compactadas sub-superficiais reduzem em até 1/5 o valor da condutividade hidráulica, provocando escorrimento e encharcamento.

SILVA *et alii* (1977) informam que para uma densidade do solo entre 1,0 e 1,1 g/cm<sup>3</sup> correspondeu uma condutividade hidráulica acima de 2,5 cm/h, indicativo de inexistência de impedimento físico ao desenvolvimento de plântulas de cacau.

LOWRY *et alii* (1970) acreditam que a redução de produção de algodoeiro, crescendo em solos mais adensados, é ocasionado pela restrição do suprimento de água devido a um volume radicular reduzido. A mesma causa é levantada para a má produção de aveia (SHUURMAN e BOER, 1974).

BENNET e DOSS (1960) observaram que o desenvolvimento em profundidade do sistema radicular varia na razão inversa da água no solo, desde que a água esteja acima das condições mínimas para o crescimento. COGO e GUERRA (1978) citam a tensão de 0,1 atm como ideal para os melhores rendimentos de sorgo em diferentes solos. Para feijoeiro MENEZES e PINTO (1967) observaram como sendo a capacidade de campo a umidade melhor para as melhores produções. FREIRE *et alii* (1980) anotaram que a produção máxima de matéria seca de milho ocorreu com uma média de 73% do volume total de poros preenchido com água.

TAYLOR e GARDNER (1963) por sua vez verificaram que a penetração de raízes de algodoeiro em solos compactados, em que o arejamento não é limitante, depende da tensão de umidade, sendo menor quanto maior a tensão, principalmente devido ao aumento da resistência do solo (mais seco). EAVIS (1972) verificou que somente com potenciais maiores que  $-3,5$  bares de tensão houve redução de crescimento radicular.

PHILLIPS e KIRKHAM (1962) observaram que a alongação de raízes de milho decrescia com o aumento da densidade do solo, numa faixa de  $0,94$  a  $1,30$  g/cm<sup>3</sup> e tensões de umidade de  $0,01$  a  $0,1$  atm. Sendo que na tensão de  $0,1$  atm o crescimento estava correlacionado somente com a densidade, já que o arejamento não era fator limitante. A  $0,01$  atm estava correlacionado com o impedimento mecânico e o arejamento.

ROWE e BEARDSSELL (1973) informam que quando o teor de água excede a capacidade de campo, ocorre a redução do teor de oxigênio do solo e aumenta o teor de CO<sub>2</sub>, ocorrendo mudanças no potencial redox e no pH do solo, com formação de substâncias tóxicas como nitritos, sulfeto de hidrogênio, etileno e outros que inibem o desenvolvimento radicular. KRAMER (1975) também informa que o excesso de água, deslocando o ar do espaço poroso não capilar, produz uma deficiência de oxigênio, que provoca a morte de muitas raízes, podendo aparecer muitas raízes adventícias. LABANAUSKAS *et alii* (1968) além de verificarem a redução e morte de raízes, observaram uma redução na concentração de N, P, K, Ca, Mg e B (e aumento

de Fe e Na) nas gemas e K, Mg, Na e Cl nas raízes de abacateiro, sendo que a mortalidade máxima das raízes foi obtido com irrigação e presença de lençol freático elevado. SOJKA e STOLZY (1981) informam que a redução da taxa de difusão de oxigênio está relacionada com o fechamento dos estômatos, mesmo em presença de água, principalmente a temperaturas mais elevadas, podendo provocar a queimadura das folhas por falta de refrigeração através da transpiração, e podendo ocorrer também a redução da fotossíntese. Isso devido à redução da disponibilidade de CO<sub>2</sub>, levando à falta de açúcares e com isso à redução de absorção de nutrientes e água pela planta (NELSON, 1976).

BERGMANN (1981) num apanhado geral informa que em solos mal arejados, principalmente solos pesados, mal agregados e úmidos, por exemplo durante períodos chuvosos, pode ocorrer: perda de N por desnitrificação intensa (conforme Weller, 1971); redução da absorção iônica, quando em combinação com enriquecimento de bicarbonato (com CO<sub>2</sub>), na seguinte ordem decrescente: K, N, P, Mg, Ca (conforme Mengel, 1969); redução do transporte iônico das raízes às gemas; acúmulo de sulfatos (quando aplicado material orgânico rico em enxofre como esterco de aves), formando sulfetos de metais pesados fora e dentro das raízes, podendo reduzir a absorção de Fe, Mn, Cu e Zn; acúmulo de ácidos inorgânicos, álcoois e mercaptanos que afetam negativamente o metabolismo vegetal e com isso a absorção de água e nutrientes; redução do metabolismo do ATP

e energético, com redução da absorção de água e nutrientes; aumento da excreção de aminoácidos, açúcares, ácidos orgânicos e minerais pelas raízes, o que pode intensificar a desnitrificação bacteriana no solo; redução da síntese de citoquinina e giberelina, e com isso afetar a economia de reguladores de crescimento e o metabolismo correlato; amarelecimento e murchamento das plantas apesar do fornecimento de água e nutrientes. TAYLOR (1949) já informava que o efeito negativo da aeração deficiente sobre o metabolismo vegetal resulta da redução de minerais para formas tóxicas, da matéria orgânica a álcoois, aldeídos ou metano, e a falta de oxigênio para a respiração. RUSSELL e RUSSELL (1964) alertam que na ausência de quantidades suficientes de  $O_2$ , predominam as reações anaeróbias com a formação de compostos reduzidos, influenciando na disponibilidade de nutrientes e no pH do solo. Assim a compactação, reduzindo a difusão de  $O_2$ , favorece a redução do pH, através do  $CO_2$  dissociado (RUSSELL, 1963).

VEIHMEYER e HENDRICKSON (1948), verificando que as raízes penetravam solos saturados não compactados, donde o ar havia sido expelido, concluíram que a não penetração de solos compactados era devido ao tamanho de poros e não tanto à falta de  $O_2$ , como também acreditam ZIMMERMANN e KARDOS (1961). Porém, TAYLOR (1974) observou que ao baixar o teor de oxigênio no meio da rizosfera de 21 para 3%, a pressão de crescimento da raiz foi reduzida de 11 para 5 bares, sendo este potencial de pressão originário da pressão osmótica das células



radiculares em alongação (TAYLOR e RATLIFF, 1969). Talvez esta pressão seja suficiente em solos não compactados. Vários autores atribuem a diminuição da alongação radicular à má aeração (GILL e MILLER, 1956; BERTRAND e KOHNKE, 1957; BARLEY, 1970; BAVER *et alii*, 1972; SILVA *et alii*, 1977).

O excesso de água pode originar de uma má drenagem devida a uma compactação do solo (WATSON *et alii*, 1951). MARCOS e FREIRE (1980) verificaram que o aumento do grau de agregação dos solos resulta num equilíbrio ar-água mais favorável ao desenvolvimento vegetal, sendo que um solo com agregados pequenos retêm mais água numa mesma tensão, reduzindo o arejamento. GRABLE e SIEMER (1968) observaram que o efeito maior da compactação é a redução da porosidade de arejamento, responsável pela drenagem e o arejamento, aumentando a umidade às custas do ar (PARISH, 1971).

Através das modificações na estrutura do solo ocorre influência sobre a difusão de oxigênio, afetando o desenvolvimento radicular (DAY e HOLMGREEN, 1952). WIERSUM (1960) notou que não há alongação radicular quando a taxa de difusão de oxigênio está abaixo de um certo mínimo. BERTRAND e KOHNKE (1957) estabeleceram uma correlação estreita entre a taxa de difusão de oxigênio e o crescimento de milho em um solo compactado, concluindo que a restrição ao desenvolvimento radicular é devida principalmente ao arejamento.

A raiz em fase de crescimento necessita de um fornecimento constante de oxigênio, dependendo seu crescimen-

to da quantidade de O<sub>2</sub> disponível, e que vai depender do ritmo de difusão de oxigênio no solo (RDO). A concentração de O<sub>2</sub> no solo tem como limite crítico 10 a 15% (GINGRICH e RUSSELL, 1956; GILL e MILLER, 1956; TAYLOR *et alii*, 1967; GRABLE e SIEMMER, 1968). O RDO vai ser influenciado pelo grau de umidade do solo e da espessura da película de água que envolve a raiz. Os limites críticos para o RDO variam de 18 a  $100 \times 10^{-8}$  g/cm<sup>2</sup>/min (HANKS e THORP, 1956; DANIELSON e RUSSELL, 1957; STOLZY *et alii*, 1961; TAYLOR *et alii*, 1967; GAVANDE, 1969; DASBERG e MENDEL, 1971). BERTRAND e KOHNKE (1957) verificaram que a difusão de O<sub>2</sub> foi menor em solos mais densos, sendo que a umidade mais elevada intensificava os efeitos restritivos tanto sobre a difusão como sobre o crescimento radicular. SCOTT e ERICKSON (1964) informam que a densidade do solo e a falta de oxigênio aparecem como fatores físicos de redução de crescimento radicular, variando sua importância com a espécie vegetal, como no caso da alfafa que penetra solos adensados quando contiverem oxigênio, o que o tomateiro e a beterraba não mais conseguem. WILLIAMSON (1964) observou que sob condições de arejamento extremamente pobre ocorreu redução de produção de 25 a 75%, dependendo da espécie vegetal. MENGEL e KIRKBY (1978) informam que quando a pressão parcial de O<sub>2</sub> cai de 0,21 para 0,005 bares, a absorção de P e K cai para 1/3.

RUSSELL e RUSSELL (1964) anotaram que a composição do ar do solo a 15 cm é de 0,25% CO<sub>2</sub> e 20,6% O<sub>2</sub>, sendo que o oxigênio influi diretamente na atividade respiratória

das raízes. RUSSELL (1952) já havia verificado que o desenvolvimento radicular de muitas espécies é inibido quando a concentração de  $O_2$  está abaixo de 10%, desde que a temperatura não exceda  $30^{\circ}C$ . Porém, ainda mantém um crescimento pequeno com 0,5%  $O_2$  desde que o  $CO_2$  não exceda 30-50% e que esta deficiência seja mantida só por pequenos períodos. GILL e MILLER (1956) observaram que o crescimento radicular cessa praticamente por impedimento mecânico quando a concentração de oxigênio é baixa. Assim, 15 psi ( $1 \text{ kg/cm}^2$ ) reduzem o crescimento radicular em 71% com 1% de  $O_2$ , cessando o crescimento com 30 psi. O nível ótimo de  $O_2$  parece estar acima de 10%. BARLEY (1970) constatou que a uma dada concentração de oxigênio, a elongação radicular decresce logaritmicamente com o aumento da pressão (impedimento mecânico). Com 4 atm de pressão a concentração de  $O_2$  não mais influi, somente o impedimento mecânico. A baixas pressões a porcentagem de  $O_2$  é decisiva ao crescimento radicular. TACKETT e PEARSON (1964) mostram que a baixas densidades o crescimento radicular aumenta rapidamente com o aumento da porcentagem de  $O_2$  até 10% ( $1,3$  a  $1,6 \text{ g/cm}^3$ ), em densidades mais elevadas ( $1,7 \text{ g/cm}^3$ ) até 20%, e em densidade de  $1,9 \text{ g/cm}^3$  não há mais resposta à porcentagem de  $O_2$ . Isso porque o aumento da densidade promove o aumento de tensão de água, ocorrendo maior resistência do solo, sendo que em baixa densidade as limitações à elongação são mal arejamento ou falta de água (EAVIS, 1972).

EAVIS (1972) encontrou 30-22-11% de poros de

arejamento em solo barro-arenoso com densidade de 1,1-1,4-1,6 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. GARDNER e DANIELSON (1964) obtiveram uma correlação de 0,998 entre a penetração radicular de algodoeiro e a porcentagem de poros de arejamento. Kopecky (1919) citado por HENIN *et alii* (1972) apresenta valores de macroporosidade entre 6 e 20% necessários para assegurar um crescimento normal de algumas culturas. LAWTON (1945) obteve uma redução de 65% no crescimento radicular de milho quando compactou o solo para reduzir a porosidade de aeração de 37 para 1%. Segundo BAVER *et alii* (1972) os poros de arejamento abaixo de 10% são insuficientes à expansão radicular. Um equilíbrio entre macro e microporos terá arejamento suficiente, permeabilidade e propriedades de retenção de água adequados. Existe uma forte evidência que suporta o conceito de que a aeração é o fator principal para o desenvolvimento radicular. KIEHL (1979) cita que o equilíbrio ideal entre poros é 1/3 para macroporos e 2/3 para microporos, com uma porosidade total do solo em torno de 50%.

Como já foi visto anteriormente, a compactação do solo ou a redução do volume de solo explorado pelas raízes devido às camadas compactadas sub-superficiais, promovem uma redução na disponibilidade e absorção de água e nutrientes para as plantas (LABANAUSKAS *et alii*, 1968; LOWRY *et alii*, 1970; CASTILLO, 1982). Alguns autores conseguiram contornar o problema com o emprego de fertilizantes (PHILLIPS e KIRKHAM, 1962) e fertilizantes e água (WITTSELL e HOBBS, 1965). Porém, a ab-

sorção de íons é praticamente uma função linear do teor de umidade, até o ponto em que ocorre limitação da taxa de difusão de  $O_2$  (com teores abaixo de 10%) (DANIELSON e RUSSELL, 1957). Assim são relatados resultados negativos da adubação em solos adensados e com umidade, em comparação a solos mais soltos (BERTRAND e KOHNKE, 1957), parecendo ser a deficiência de aeração tanto mais limitante para o desenvolvimento das plantas quanto mais elevado for o teor de sais solúveis no solo (MARCOS e FREIRE, 1980).

Em solos pobres e ácidos como nas regiões de cerrado, a correção e adubação do subsolo estimula o crescimento radicular em profundidade, o que é importante principalmente em períodos secos (BANDY, 1980; LOBATO, 1980; Anônimo, 1982). Porém para vencer períodos secos é importante que as camadas mais profundas (45 cm) não contenham somente água e nutrientes, mas também que não existam barreiras físicas, além das químicas (Al), para o desenvolvimento radicular (BERGMANN, 1981), barreiras físicas estas que provocam uma situação séria quando a cultura depende de água do subsolo para completar seu ciclo natural de crescimento (NYE e TINKER, 1977). STONE (1982) informa que com o afrouxamento do solo até 90 cm, aumentando os macroporos, permitiu a duplicação do volume radicular, aumentando a extração de água abaixo de 30 cm, reduzindo o stress hídrico.

No tocante à cultura do feijoeiro, sabe-se que é uma cultura que propicia grandes perdas de água e terra por

erosão (BERTONI *et alii*, 1972). Apresenta as melhores produções com umidade em torno da capacidade de campo (MENEZES e PINTO, 1967), e que tem a penetração e distribuição de seu sistema radicular afetada por uma aeração deficiente, ocorrendo boa correlação entre aeração do solo e produção de matéria seca (DASBERG e BAKKER, 1970). Legarda (1972), citado por COLMENARES e BLASCO (1974) informa que o espaço macroporoso adequado para o feijoeiro deve ser superior a 20%. ROVIRA (1975) verificou que a uma macroporosidade em torno e abaixo de 7,4% ocorre impedimento ao desenvolvimento mais profundo das raízes de feijoeiro, obtendo bom crescimento com macroporosidade em torno de 14,4%. GOEPFERT e FREIRE (1973) já haviam constatado que a calagem e a aeração do solo aumentava o peso de matéria seca e o teor de N nas plantas de feijoeiro, e STONE (1982) obteve aumentos de 28 a 55% na produção de grãos de feijão com o afrouxamento e ampliação da macroporosidade do solo até 90 cm.

Em 1962, ROSENBERG e WILLITS já haviam verificado que em solo arenoso a compactação de uma densidade de 1,3 para 1,55 g/cm<sup>3</sup> melhorou a produção do feijoeiro, devido à maior disponibilidade de água, sendo porém afetada seriamente com densidades maiores (1,6 g/cm<sup>3</sup>). Em areia barrenta (densidade de 1,31 g/cm<sup>3</sup>) a compactação aumentou a produção até a densidade de 1,49 g/cm<sup>3</sup>, caindo drasticamente em densidades maiores (1,6 g/cm<sup>3</sup>). Em solo limo argiloso, com densidade inicial de 1,07 g/cm<sup>3</sup>, a compactação piorou a produção com o aumento gradual da densidade, devido a problemas com a difu-

são de  $O_2$ . Verificaram uma correlação estreita entre produção de feijoeiro e a condutividade hidráulica em solos arenosos e a taxa de difusão de  $O_2$  em solos argilosos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os presentes experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação e laboratórios do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP (lat.  $22^{\circ}42'30''9.S$ , long.  $47^{\circ}38'00''8.WG$ , altitude 580 m, orientação SW-NE).

#### 3.1. EXPERIMENTOS EM CASA-DE-VEGETAÇÃO

##### 3.1.1. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Foram realizados 4 experimentos num esquema fatorial de  $3 \times 2 \times 2$ , em blocos ao acaso. Sendo um experimento para cada tipo de amostra de terra com 3 níveis de compactação, 2 cultivares e 2 níveis de adubação e 4 repetições.



### 3.1.2. CULTIVARES DE FEIJOEIRO

Foram utilizadas o cultivar Aroana-80 (S), de produtividade elevada e sensível ao alumínio e falta de P, e o cultivar Rico-Pardo 896 (T), de produtividade média e tolerante ao Al e baixo teor de P no solo (BULISANI, 1982, comunicação particular; MIRANDA e LOBATO, 1978). Peso de 100 sementes de 18,6 g e 25,8 g para T e S, respectivamente.

### 3.1.3. INOCULAÇÃO

Foi realizada peletização de sementes com carbonato de cálcio e goma arábica, e uma mistura de estirpes de *Rhizobium phaseoli*: C-05-CENA (Piracicaba, SP), C-40-CIAT (CIAT-255, da Colômbia), C-88-IPAGRO (SEMIA-487, de Porto Alegre, RS), e deixadas secar à sombra (dia 22/12/1982).

### 3.1.4. SOLOS

Foram utilizadas amostras de terra de 2 solos distintos: Latossolo Roxo, Série Iracema (LR) e Podzólico Vermelho-Amarelo, var. Piracicaba (PV), horizontes  $A_1/A_p$  e  $B_2$ , num total de 4 amostras de terra diferentes. Segundo RANZANI *et alii* (1966) foram classificados respectivamente em Hapla-

crox orthico e Typustalf ochrultico.

A terra seca ao ar foi passada por peneira de malha de 2 mm.

### 3.1.5. ADUBAÇÃO

O experimento constou de parcelas sem (sem) e com adubo+corretivo (com).

3.1.5.1. **Cátions:** a partir dos dados de análise química (Tabela 7) foi feito um cálculo para a saturação da CTC, pH 7, em 80% com bases (JENNY e AYERS, 1939; CHU e TURK, 1949; ALLAWAY, 1950; KINJO, 1967), procurando manter uma relação Ca:Mg:K de 9:3:1 (máximo de 25:5:1).

3.1.5.2. **Fósforo:** as doses de P foram calculadas a partir de dados de incubação de amostras de terra com doses crescentes de superfosfato triplo por 4 dias à capacidade de campo, procurando ficar com o P-extraível pelo método do  $H_2SO_4$  0,05N acima de  $15 \mu g/cm^3$  de terra (RAIJ *et alii*, 1982).

3.1.5.3. **Nitrogênio:** foi fornecido na forma de uréia dissolvida em água, na base de 40 kg/ha, sendo 1/3 no plantio e 2/3 aos 24 dias após a emergência (MEIRELLES *et alii*, 1980; KIEHL *et alii*, 1982).

3.1.5.4. **Micronutrientes:** Foi fornecido o zinco na forma de sulfato de zinco, à base de 20 kg/ha.

Procurou-se diminuir ao máximo as diferenças de fornecimento de cátions e fósforo pelos solos, para melhor avaliar o efeito da compactação.

### 3.1.6. ÁGUA

Procurou manter-se uma disponibilidade de água numa faixa de tensão de 0,1 a 0,33 atm (MENEZES e PINTO, 1967). Foi fornecida água destilada por infiltração.

O processo usado foi o da pesagem do vaso, após calcular a necessidade de água. Usou-se microtensiômetros (capacidade para 100 mBares), da Soil Moisture Equipment Corp., Stª Helena, California, USA, com as cápsulas porosas a 7-8 cm da superfície do solo.

### 3.1.7. POROSIDADE (COMPACTAÇÃO)

Inicialmente foi determinada a umidade ideal para a compactabilidade máxima da amostra de solo de estrutura deformada, e posteriormente determinado o número de pancadas para atingir a resistência de penetração desejada (BRUCE, 1955; CINTRA, 1980).

Optou-se pela uniformização da resistência à penetração como parâmetro relacionado à porosidade, em lugar da densidade do solo, ou condutividade hidráulica, ou a própria porosidade.

Assim procurou-se alcançar os níveis 0-125-250 psi de resistência (0-8,8-17,6 kg/cm<sup>2</sup>), sendo o nível 0 equivalente ao tratamento sem compactação. A resistência foi determinada através do uso de penetrôgrafo de cone, da ASTRO Máquinas e Equipamentos Ltda., São Paulo, SP, com área seccional de 0,385 cm<sup>2</sup> (Tabela 10).

O compactador constou de um eixo metálico oco, preso à uma base de madeira, e no qual corria um peso (Figura 1), tendo a base e o peso (polia) um diâmetro 3 mm menor que o do vaso. O peso do compactador era 5.657 g, que caía de uma altura de 80 cm.

### 3.1.8. VASOS

Constaram de recipientes metálicos cilíndricos de 16,5 cm  $\phi$ , e 18 cm de altura, sem drenos. Foram pintados com Neutrol do lado interno e externo, recebendo mais uma pintura de tinta látex branca do lado externo.

Foram preenchidos com terra até 3 cm abaixo da borda superior do vaso, sendo esta coberta com uma camada de 1 cm de sílica para uniformizar os efeitos de cor do solo so-

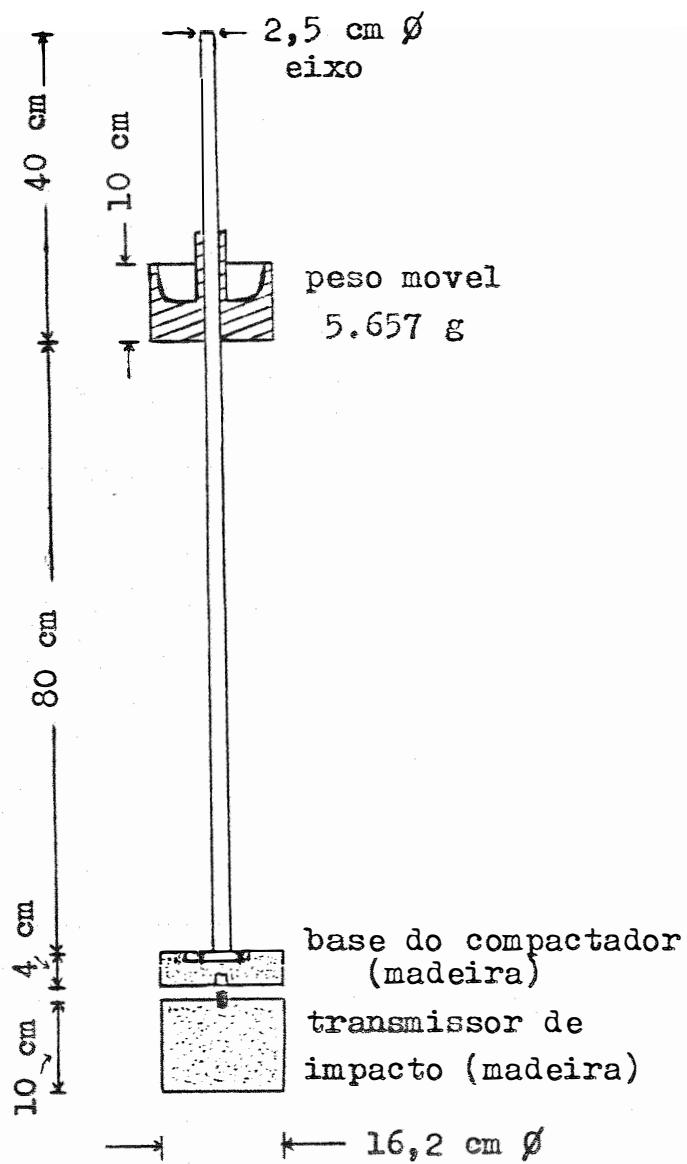


Figura 1 - Esquema do aparelho compactador.

bre a absorção de calor, bem como reduzir a evaporação, o aprecimento de ervas daninhas, e para reduzir encrostamento devido à irrigação. O espaçamento foi de 25 x 40 cm. Os 3 cm superiores eram de terra solta, para facilitar a germinação das sementes. Baseou-se em volume de solo e não em peso.

### 3.1.9. TEMPERATURA AMBIENTE

Devido à época de instalação do experimento providenciou-se a cobertura da casa-de-vegetação com folhas de palmeira, a fim de produzir uma meia sombra e manter a temperatura abaixo de 35°C, mantendo inclusive o lanternin e janelas abertas, nas horas mais quentes do dia. Foi instalado um termômetro de máxima e mínima.

### 3.1.10. PLANTIO

Foi realizado a 23/12/1982, com sementes colocadas a 2 cm de profundidade, sendo 5 sementes/vaso, posteriormente raleadas para 3 plantas/vaso (repetição).

Emergência ocorreu a 27/12/82.

### 3.1.11. COLHEITA

Resultados em Tabela 67. Foi realizada 1ª co-

lheita na florada (somente parte aérea) e 2ª no final do ciclo (parte área e raiz).

As raízes foram extraídas do solo por lavagem em água corrente, e posteriormente lavadas em água destilada.

As partes vegetais colhidas foram colocadas em sacos de papel, secadas em estufa à 60°C com ventilação, e moídas em moinho de martelo.

## 3.2. DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS

### 3.2.1. FÍSICAS

3.2.1.1. Análise granulométrica: pelo método da pipeta (KILMER e ALEXANDER, 1949) e com dispersão das amostras feita segundo PAULETTO (1978).

3.2.1.2. Densidade de partículas: pelo método do picnômetro (KIEHL, 1979).

3.2.1.3. Densidade do solo ( $d_s$ ), macro ( $E'$ ) e microporos e poros totais (SCARDUA, 1972): usando o método do anel volumétrico:  $d_s = M/V$ .

Para a determinação da porosidade foram retiradas as amostras de solo dos vasos, com os anéis volumétricos (4

repetições) a 5-7 cm de profundidade e após trimagem e envolvimento com papel alumínio levadas ao laboratório onde foram colocadas para saturação, com elevação lenta e progressiva do nível de água até aproximadamente 3 mm abaixo da borda superior do anel volumétrico com a amostra.

As amostras saturadas tiveram seu peso determinado. Após nova saturação foram colocadas sobre placas de Richards com capacidade de 1 bar de pressão, dentro de panela de presção (RICHARDS e FIREMAN, 1943; RICHARDS, 1947) com manômetro de água adaptado para permitir leitura de baixas pressões. Foi regulada para presção de 1 coluna de água de 60 cm (0,06 atm). Foram determinados os pesos das amostras. A seguir foram secadas em estufa à 105°C, esfriadas em dessecador, e pesadas. A partir destes dados foram obtidas as diferentes porosidades.

. Porosidade total calculada ( $E_{calc.}$ ) =  $(1 - ds/dp) \cdot 100$

. Porosidade total determinada ( $E_{det.}$ ) =  $U\%_{saturação} \times ds$

. Microporos =  $U\%_{0,06 atm} \times ds$

. Macroporos ( $E'$ ) =  $E_{calc.} - \text{microporos}$

. Poros bloqueados (PB) =  $E_{calc.} - E_{det.}$  São considerados macroporos, porém sem atividade temporária.

3.2.1.4. **Condutividade hidráulica:** amostras de terra compactadas foram coletadas dos vasos com amostrador manual, tendo na base um anel volumétrico com 4,8 cm  $\phi$  e 3 cm al



tura (54,29 cm<sup>3</sup>), com bordas da base em bisel. Após trimagem, as amostras foram envolvidas em papel alumínio e levadas ao laboratório, onde foi determinada a condutividade hidráulica saturada em permeâmetro de carga constante, utilizando a fórmula (KLUTE, 1965):

$$K_0 \text{ (cm/s)} = \frac{Q \text{ (ml)}}{A \text{ (cm}^2\text{)} \cdot t \text{ (s)}} \cdot \frac{L \text{ (cm)}}{\Delta H \text{ (cm)}}$$

### 3.2.2. QUÍMICAS

#### 3.2.2.1. Do solo (CATANI e JACINTHO, 1974)

Foi determinado o C%, pelo método de oxidação do bicromato de K e titulação do excesso por iodo.

O pH-água pelo potenciômetro, numa relação solo:água de 1:2,5.

Fósforo por extração com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05N e leitura em fotocolorímetro.

Ca, Mg trocáveis pela extração com KCl 1N, e titulação em EDTA.

K trocável: fotometria de chama, após extração com ácido nítrico 0,05N.

Al+H, extração com acetado de cálcio 1N, pH 7, e titulação potenciométrica.

Foram realizadas análises antes da instalação do experimento e após a colheita (Tabelas 5 e 6).

### 3.2.2.2. Da planta

#### A) Digestão (SARRUGE e HAAG, 1974):

- . N: digestão com ácido sulfúrico conc.
- . P, K, Ca, Mg, Zn, B, Cu, Fe, Mn; Al, Na: digestão nítrico-perclórica.

#### B) Determinação:

- . N: método microkjeldahl (SARRUGE e HAAG, 1974)
- . K: espectrometria de chama por emissão atômica, em fotômetro de chama B-262-Micronal, em fluxo contínuo.
- . P, Ca, Mg, Zn, B, Cu, Fe, Mn, Al, Na: análise por emissão com plasma induzido de argônio, em aparelho Jarrell Ash, modelo 975, Atom comp. (RUTLEDGE e McCLURG, 1980).

Foram analisadas a parte aérea das 1ª e 2ª colheitas e a parte radicular, do material disponível.

### 3.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram feitas segundo PIMENTEL GOMES (1973), empregando-se teste F e teste Tukey para matéria seca e acúmulo de nutrientes pela parte aérea da 2ª colheita, das 2 cultivares, no horizonte A do LR e PVA.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. SOLOS

#### 4.1.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Tabelas 5 e 6 trazem os dados de análise química dos solos antes e após a colheita, sem e com adubo, com indicação inclusive da saturação em bases (da CTC pH 7) e a relação Ca:Mg:K.

Embora não tenha sido alcançada a saturação do complexo de troca em 80% com bases, como inicialmente desejado, a saturação passou de 56,4 para 65,5% no LR-A<sub>1</sub>, de 33,6 para 52,9% no LR-B<sub>2</sub>, de 53,1 para 68,4% no PV -A<sub>p</sub>, e de 25,8 para 62,2% no PV -B<sub>2</sub>. Em vista disso, já considerando que as análises químicas foram realizadas após colheita de uma cultu-

ra, procedeu-se a um exame mais detido dos dados e material e métodos, verificando-se que houve:

- a) uso inadequado de íons acompanhantes para os cátions adubados, de modo que não pode ocorrer liberação de cargas negativas suficientes para a saturação desejada com Ca, Mg e K. Em lugar de  $MgSO_4$  e KCl deveriam ter sido utilizados MgO e KOH. Isso explica em parte a não neutralização total do Al no PV -B<sub>2</sub>, e a não elevação da V% para 80%.
- b) falta de neutralização da acidez dos adubos ( $MgSO_4$  e uréia), o que deve ter motivado a não elevação do pH (ocorrendo mesmo sua redução), como no caso claro do PV -B<sub>2</sub>. O  $SO_4^{2-}$  foi usado como fonte de S.

Como, porém, foi alcançada aproximadamente a % de saturação em bases e a relação Ca:Mg:K de 9:3:1 desejada para todos os solos, nas parcelas com adubo, os experimentos não ficaram invalidados para fins de uniformização das características químicas, e com isso possibilitar a melhor avaliação das propriedades físicas, com níveis crescentes de compactação.

Observa-se uma tendência de redução da V% com o aumento da compactação para as parcelas sem adubo do horizonte A de LR e PVA. Para as parcelas com adubo somente o ho

rizonte A<sub>1</sub> do LR mostrou tendência de redução. Este efeito po de ser devido, em parte, a absorção pelas plantas, conforme indica a variação da relação Ca:Mg:K, principalmente no LR-A<sub>1</sub>. Deve ser considerado, porém, que no PV o acúmulo de MS foi decrescente com o aumento da compactação, embora também houvesse ocorrido maior acúmulo de Ca e Mg em relação ao K na MS (Tabela 1 e Figuras 3 e 4).

Verifica-se a elevação da CTC efetiva nas parcelas com adubo, o que é esperado, mas também da CTC pH 7, em todos os solos, o que talvez seja explicado pelo aumento da % de matéria orgânica (mais cargas negativas disponíveis) e sais (como KCl e MgSO<sub>4</sub>) presentes na solução do solo, provavelmente devido à não participação no complexo de troca por deficiência na neutralização do Al ou de H, como discutido anteriormente, ocorrendo um efeito de salinização com adubo (KINJO, 1983, comunicação particular).

Nas parcelas adubadas, os níveis de Ca não atingiram aos desejados, explicado em parte pela absorção vegetal (análise química feita após a colheita), sendo em relação ao desejável (Tabela 5 e 6): 5,38/6,21-3,12/3,79 e 3,39/4,08 - 5,78/6,88 emg/100 g TFSA nos LR-A e B, e PV -A e B respectivamente. Para Mg os resultados foram: 2,38 / 2,07 - 0,94/1,26 e 1,61/1,36 - 2,58/2,29 emg/100, respectivamente, verificando-se níveis acima do desejado. Para K foram: 0,53/0,69-0,26/0,42 e 0,20/0,45 - 0,59/0,76 emg/100 g, ficando abaixo em todos os solos. Para P: 0,16/0,24 - 0,16/0,15 e 0,11/0,16 -

- 0,35/0,27 emg/100 g, ficando abaixo nos horizontes A e ficando bem acima no horizonte B<sub>2</sub> do PV.

Quanto ao comportamento dos elementos em função do aumento da compactação verifica-se tendência de:

- a) **redução:** de P nas parcelas com adubo nas 4 amostras de terra; de Ca nas parcelas sem adubo de LR-A<sub>1</sub>, PV -A<sub>p</sub>, e parcelas com adubo de LR-A<sub>1</sub>, LR-B<sub>2</sub> e PV -B<sub>2</sub>; de Mg no LR-A<sub>1</sub> e PV -A<sub>p</sub> e na parcela sem adubo do PV -B<sub>2</sub>; de K somente na parcela com adubo de LR-A<sub>1</sub>.
- b) **aumento:** de Ca na parcela com adubo do PV -A<sub>p</sub> e sem adubo do PV -B<sub>2</sub>; de Mg no LR-B<sub>2</sub> e parcela com adubo do PV -B<sub>2</sub>; de K nas parcelas sem adubo do LR-A<sub>1</sub> e nas parcelas com adubo de LR-B<sub>2</sub>, PV -A<sub>p</sub> e PV -B<sub>2</sub>.

#### 4.1.2. PROPRIEDADES FÍSICAS

Na Tabela 8 encontra-se o resultado das análises granulométricas e U% das 4 amostras da terra, verificando-se diferenças marcantes entre as amostras, com variação no teor de argila total e natural (dispersível em água) nos horizontes B do LR e PV. Bem como a variação da fração areia de 18,66 a 37,68%. O teor maior de limo foi encontrado no PV, principalmente horizonte A<sub>p</sub>. É interessante notar que os teores de areia do LR-A<sub>1</sub> são similares ao do PV -B<sub>2</sub>, ficando as-

sim uma soma de argila+limo similar para estes 2 solos, sendo porém que LR-A<sub>1</sub> e PV -B<sub>2</sub> apresentam respectivamente 27,33 e 18,53% de argila flocculada ou agregada, não dispersa em água naturalmente, já que apresentam argila natural, respectivamente de 35,47 e 25,79%.

Tabela 9 apresenta as densidades de partícula ( $d_p$ ), densidades de solo ( $d_s$ ) e condutividade hidráulica saturada ( $K_0$ ). Verifica-se que as densidades de solo obtidas no experimento variaram de 1,10 no LR-B<sub>2</sub> a 1,63 no PV -A<sub>p</sub>. As densidades de solos naturais situam-se entre os níveis 1 e 2 de compactação no PV, entre o nível 0 e 1 no LR-A<sub>1</sub> e menor que do nível 0 no LR-B<sub>2</sub>.

A condutividade hidráulica obtida foi a máxima de 38,7 cm/h no LR-B<sub>2</sub> e mínima de 0,003 cm/h no PV -B<sub>2</sub>.

As Tabelas 11 a 14 mostram as distribuições de poros para os solos, representadas na Figura 2, que também traz a representação da  $K_0$ . Verifica-se que o LR-B<sub>2</sub> apresenta a maior macroporosidade, seguida do PV -B<sub>2</sub>, LR-A<sub>1</sub> e PV -A<sub>p</sub>, ou seja para o nível 0 de compactação respectivamente 29,43 - 21,34 - 20,13 - 9,15%, com  $K_0$  respectivos de 38,7 - 15,6 - 25,9 - 2,6 cm/h, uma porosidade total calculada respectiva de 63,78 - 52,27 - 60,23 - 45,16%, e densidade de solo respectiva de 1,10 - 1,27 - 1,14 - 1,42 g/cm<sup>3</sup>. Pode-se observar que não deve existir correlação entre densidade do solo e macroporosidade ou porosidade total, nem entre  $K_0$  e macroporosidade. Quando se considera a macroporosidade efetiva (total - PB), res-

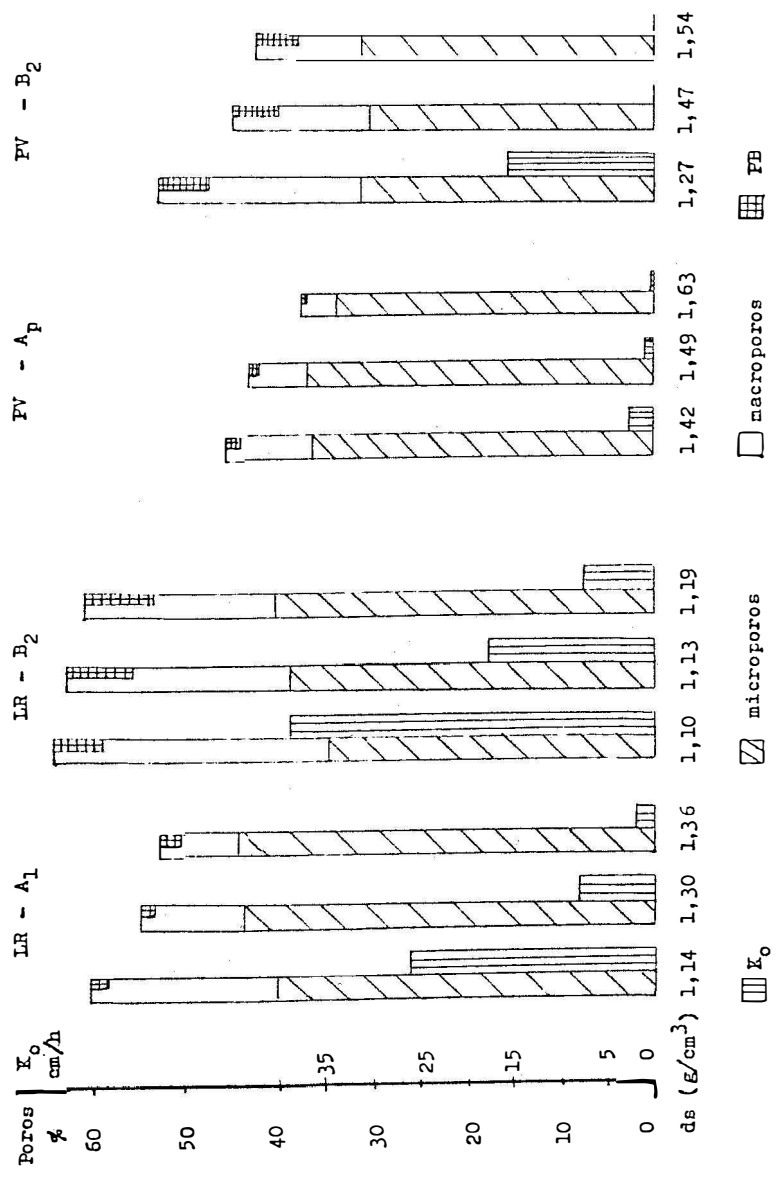


Figura 2 - Distribuição de poros, condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ) e densidade do solo, em LR e PV, horizontes A e B, em função da redução de macroporosidade.



pectivamente de 24,10 - 15,79 - 18,41 - 7,66%, parece que se aproxima mais à uma correlação com a  $K_0$ , com exceção para os níveis de maior densidade do PV-B<sub>2</sub>.

Comparando a distribuição de poros no LR-A<sub>1</sub> e PV-B<sub>2</sub>, observa-se que apresentam uma macroporosidade efetiva similar para os 3 níveis de compactação, podendo a diferença da  $K_0$  ser devida à diferença na porosidade total, já que  $K_0$  depende do volume poroso preenchido por água. Uma outra possibilidade para explicar esta queda brusca na  $K_0$  a densidades maiores é algum efeito relacionado com a argila natural e a superfície específica, que é de aproximadamente 224 e 95 m<sup>2</sup>/g para PV-B<sub>2</sub> e LR-A<sub>1</sub> respectivamente, aliados ao estado e grau de agregação da amostra de solo, afetando assim a dimensão, a continuidade dos poros e a uniformidade de distribuição dos poros por tamanho. A curva característica refletindo a distribuição de poros por tamanho provavelmente poderia indicar alguma causa que esteja prejudicando o movimento de água no PV-B<sub>2</sub>.

Os poros bloqueados aparecem em maior % no horizonte B que A, talvez devido ao maior teor de argila natural existente.

Verifica-se ainda que com o aumento da densidade (maior compactação) ocorre uma redução nítida dos macroporos (ou poros de arejamento), mas não uma elevação da % de microporos (poros de armazenamento de água), embora ocorra uma tendência mais acentuada no LR, que no PV.

Considerando o teor de argila bem mais elevado no LR que no PV , ao mesmo tempo em que ocorre uma % maior de macroporos no LR, isso deixa supor que seu estado de agregação também seja maior, além de um grau de agregação mais elevado, que no PV -B<sub>2</sub>.

No tocante ao método de padronização de algum parâmetro para facilitar comparação entre solos, que no caso foi o da resistência do solo à penetração, mediante uso de penetrômetro (ou penetrômetro), verificou-se não ser este muito adequado. Isso porque a resistência varia sensivelmente com a umidade da amostra conforme pode ser visto na Tabela 10, comparando a resistência inicial e a resistência à umidade correspondente a tensões entre 10-20 mbares. Parece que o melhor seria utilizar a propriedade macroporosidade aliada ao parâmetro K<sub>0</sub>, ou mesmo só a curva característica (BELTRAME *et alii*, 1981), como itens de padronização e referência.

## 4.2. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

Neste item verificaram-se diferentes fatores influenciando, como vistos a seguir:

#### 4.2.1. TEMPERATURA

Apesar de todas as precauções para reduzir a temperatura ambiente, mantendo-a abaixo dos 35°C para a máxima, ocorreram 17 dias com máxima abaixo de 35°C, 22 dias com máxima entre 35-39°C e 22 dias com máxima de 40°C acima (até 43°C), sendo que do dia 05/02/83 em diante ocorreram 17 dias com temperaturas de 40°C a mais. A mínima variava entre 18-24°C.

Devido a este problema, já que o feijoeiro é considerado planta de clima temperado, verificou-se regressão de crescimento (Figuras 3 e 4, com a produção de matéria seca maior, principalmente de Rico Pardo, na 1ª colheita que na final, nas parcelas sem adubo), talvez devido à maior respiração que a fotossíntese, o que obrigou a uma antecipação da colheita em no mínimo 15 dias (Tabela 67) das parcelas com terra dos horizontes A tanto do LR como do PV. As parcelas do horizonte B<sub>2</sub> apresentaram outro tipo de problema para antecipar colheita, aliado ao da temperatura (no LR-B<sub>2</sub> sem adubo), discutido mais adiante.

Para evitar isso realmente deve-se plantar o feijoeiro em casa-de-vegetação a partir dos meses de junho-agosto, para fugir aos dias quentes.

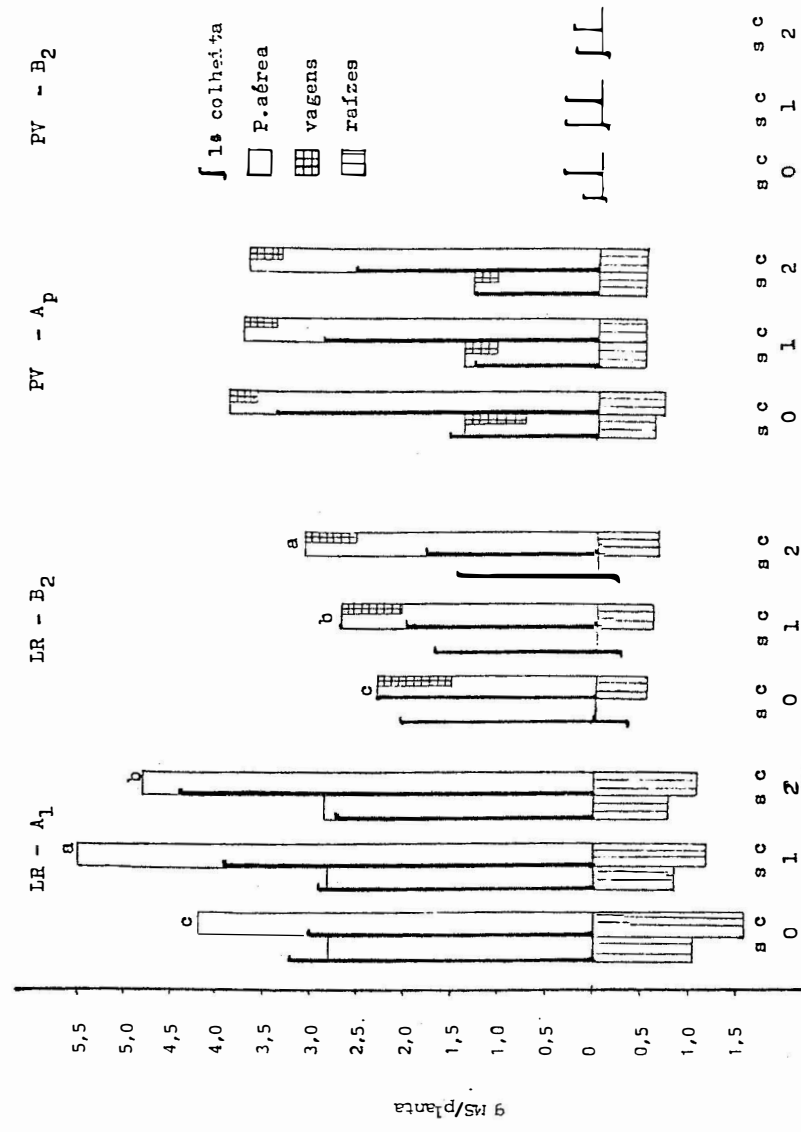


Figura 3 - Acúmulo de MS (g/planta) pelas raízes e parte aérea de feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de macroporosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes diferem significativamente entre si).

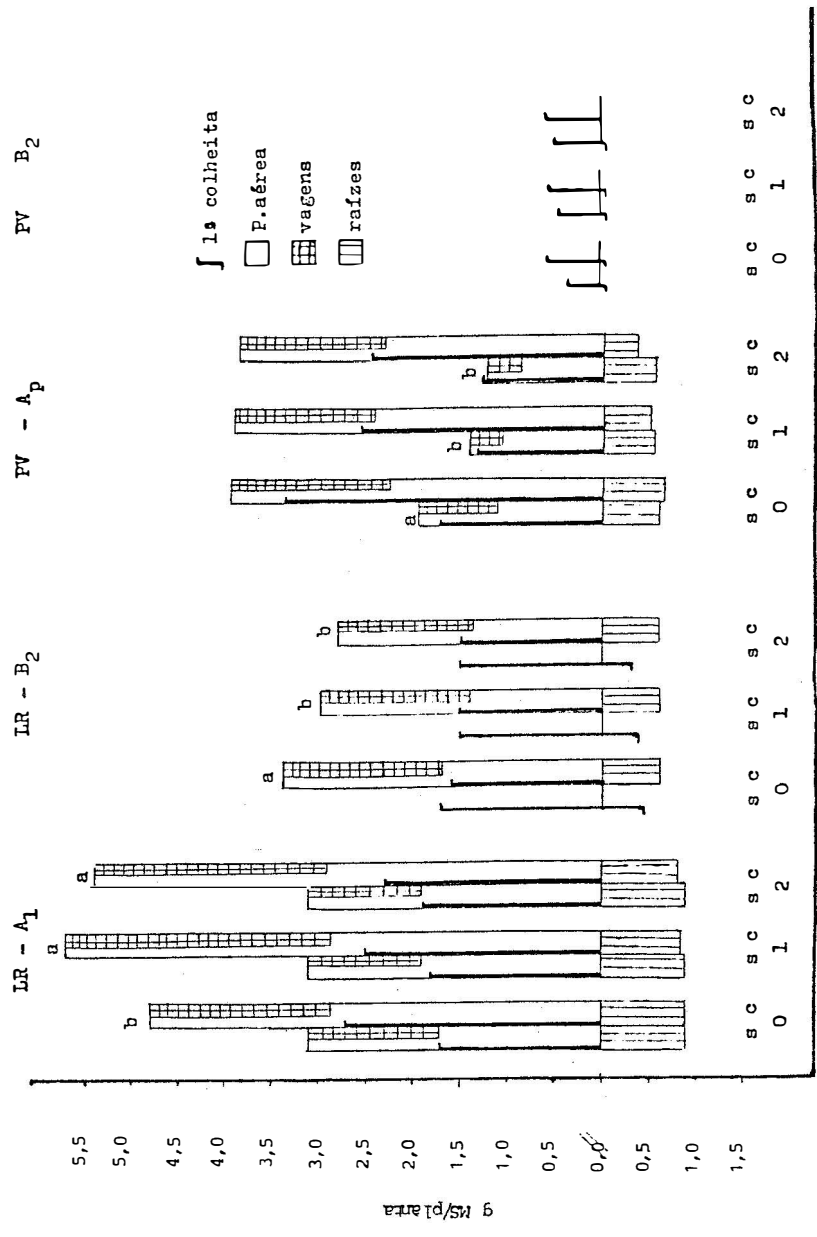


Figura 4 - Acúmulo de MS (g/planta) pelas raízes e parte aérea de feijoeiro Ardana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de maturidade, sen e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

#### 4.2.2. ÁGUA

O controle de água teve problemas inicialmente, pois foi baseado exclusivamente na indicação de microtensiômetros, cujas cápsulas porosas foram colocadas 7-8 cm abaixo da superfície. Considerando-se que havia uma camada de 3 cm de terra solta na superfície da terra compactada, com diferença de  $K_0$  entre as camadas, o provável acúmulo inicial das raízes na superfície (na camada mais solta), e a cobertura do solo com sílica, que impedia a observação visual do grau de umidade do solo, verificou-se problemas de encharcamento no início do experimento. O tensiômetro acusava falta de água, e as plantas chegaram a mostrar sinais de murchamento, mas já talvez devido à falta de oxigênio (SOJKA e STOLZY, 1981), em presença de excesso de água na zona radicular, conforme verificado posteriormente pelo tato. Colocando as cápsulas porosas na interface das 2 camadas de solo o problema parece ter sido contornado. Mas preferiu-se continuar a irrigação pelo método da pesagem dos vasos.

Devido a não se ter tomado precauções mais rigorosas quanto ao controle de água, foi abandonada a idéia de manter o nível numa faixa de tensão de 10 a 30 mBares, irrigando-se os vasos até esta faixa, quando as plantas mostravam os primeiros sinais de murcha. Assim, de acordo com a nebulosidade do dia procedia-se à irrigação a cada dia ou cada 2 dias.

Quanto à camada de sílica, verificou-se que de veria apresentar uma espessura de 2 cm e não 1 cm, pois ocorreram casos de exposição de terra e encrostamento.

### 4.2.3. SOLO

Nas Tabelas 15 a 18 são apresentadas as produções de MS nos diferentes solos e tratamentos, melhor visualizadas nas Figuras 3 e 4.

Com os experimentos com terra de horizonte B<sub>2</sub> do PV e LR provocaram definhamento precoce de tratamentos, com perda praticamente total do experimento PV-B<sub>2</sub>, decidiu-se discutir mais amiúde os experimentos com horizonte A, embora sejam apresentado os resultados levantados para os 2 experimentos falhados.

Observa-se a produção de MS em ordem decrescente no LR-A<sub>1</sub>, PV-A<sub>p</sub>, LR-B<sub>2</sub> e PV-B<sub>2</sub>.

O LR-B<sub>2</sub> apresentou problemas devido provavelmente ao excesso de macroporos para o feijoeiro, que parece estar em torno de 11% (melhor tratamento), com provável problema no fornecimento de água e nutrientes (fluxo de massa e difusão), embora não pudessem ser observados sinais de murchamento preferencial. Notava-se murchamento mais amiúde das plantas no LR-A<sub>1</sub> nível 0 de compactação. Houve ausência de florada e antecipação de colheita nas parcelas sem adubo (Tabela 67).

O PV -B<sub>2</sub> apresentou problemas que parecem estar relacionados com a baixa K<sub>0</sub>, com prováveis problemas de encharcamento. E mesmo que este solo apresentasse macroporosidade semelhante ao do LR-A<sub>1</sub>, existe um fator que afeta a K<sub>0</sub>, e que afeta significativamente a produção de matéria seca. Realmente também ocorreu elevado teor de Al trocável nas parcelas sem e com adubo, que porém não explica o problema sozinho. Verificou-se no crescimento inicial das plantinhas de feijoeiro que o cultivar Aroana (sensível ao Al) apresentava sinais de toxidez de Al nas parcelas sem adubo (7 emg Al/100 g), mas não nas com adubo (3 emg Al/100 g), e que a Rico Pardo (tolerante ao Al) não mostrava sinais em nenhum dos casos. Curiosamente, consultando os teores de Al extraídos pelos feijoeiros no PV -B<sub>2</sub> (Figura 26) são menores que os extraídos pelas raízes no LR - A<sub>1</sub>, sendo porém bem maiores considerando a parte aérea, surpreendendo ainda o fato de ocorrer aumento no acúmulo de Al pela parte aérea nas parcelas com adubo em relação às sem adubo, independente do cultivar. O experimento necessitou ser colhido 15 dias após o plantio, para não ser perdido todo o material.

Assim, devido a este fator solo, que não foi possível detectar claramente, e que atua sobre a K<sub>0</sub>, diferenciando o comportamento da macroporosidade no horizontes B<sub>2</sub> de cidiu-se apresentar os resultados parciais dos horizontes B<sub>2</sub>, mas não discuti-los.

Na Tabela 68 pode-se visualizar a avaliação es



tatística das diferenças entre o comportamento dos horizontes A dos solos LR e PV sobre os diferentes tratamentos na produção de matéria seca. Observa-se que o LR, em relação ao PV, a apresenta diferenças não significativas para a interação cultivar x compactação e cultivar x compactação x adubo, além do efeito da compactação dentro das parcelas sem adubo. Já o PV a apresenta diferenças menos significativas que LR entre o comportamento dos cultivares e a interação adubo x compactação, bem como o comportamento da compactação dentro do cultivar Rico Pardo, da compactação dentro das parcelas adubadas, bem como dos cultivares dentro dos níveis de compactação 1 e 2.

Para o LR-A<sub>1</sub> a produção máxima de matéria seca nas parcelas adubadas foi, média dos 2 cultivares, de 5,61 g/planta contra 3,91 g/planta no PV-Ap, considerando a parte aérea, e uma produção mínima de respectivamente 2,93 e 1,24 g/planta nas parcelas sem adubo.

#### 4.2.4. CULTIVAR

Pela Tabela 68 verifica-se que ocorre uma diferença estatisticamente significativa entre o comportamento dos cultivares, a 1% no LR e 5% no PV, principalmente no tratamento níveis de compactação, com destaque para o cultivar Rico Pardo, no PV. Esse efeito pode ser visualizado nas Figuras 3 e 4.

Os dois cultivares reagiram significativamente à adubação.

Pode ser observado que ocorreram diferenças morfológicas dos cultivares, sendo o Rico Pardo (mais tolerante ao Al e baixo teor de P) de comportamento volúvel, e o Aroana (mais sensível ao Al e falta de P) de porte arbustivo baixo.

O cultivar Aroana parece ser mais precoce que o Rico Pardo, devido a anotação de florescimento mais cedo que no Rico Pardo (Tabela 67) e a produção de vagens (Figuras 3 e 4) mais precoce.

Outro fato observado é que o Aroana parecia sentir a falta de água mais cedo que o Rico Pardo, talvez devido à sua precocidade, e metabolismo mais intenso. Em Tabela 67 a notou-se o gasto de água pelos 2 cultivares, verificando-se que ocorre um maior gasto total de água por vaso pelo Aroana de 3,8 a 4,5% a mais nas parcelas sem adubo e de 1,6 a 1,1% nas parcelas com adubo, respectivamente no LR e PV, devendo - se esta queda ao fato do Aroana aumentar menos o gasto de água que Rico Pardo quando passa das parcelas sem adubo para as adubadas, ou seja, respectivamente 26,9 e 29,7% a mais no LR e 54,6 e 59,8% no PV. Este aumento maior no PV deve-se provavelmente à maior resposta à adubação no acúmulo de matéria seca.

#### 4.2.5. ADUBAÇÃO

Observadas as figuras 3 e 4, ou tabelas 15 a 18, verifica-se que a adubação promoveu aumentos de 71,8 e 167,2% em LR e PV, respectivamente, considerando a parte aérea das 2 cultivares, no final do ciclo, nos 3 níveis de compactação. Essa resposta encontraria explicação no aumento da saturação em bases, respectivamente de 10,7 e 19,9%, bem como na elevação do P disponível em 90,5 e 450,0% (Tabelas 5 e 6).

Assim, a análise estatística acusa diferenças significativas para todos os tratamentos envolvendo adubação (Tabela 68).

#### 4.2.6. COMPACTAÇÃO

A Tabela 68 informa que ocorreram diferenças altamente significativas entre os níveis de compactação no LR e PV. Porém, as diferenças entre os níveis de compactação foram mais significativas nas parcelas adubadas, no LR para os cultivares Rico Pardo e Aroana, e nas parcelas sem adubo no PV para Aroana.

Observando as Figuras 3 e 4, pode-se verificar que para as parcelas adubadas, no LR, a melhor produção de matéria seca foi obtida no nível 1 de compactação, que apresenta uma macro porosidade de 11,3% (efetiva de 9,83%) e uma  $K_0$  de 8,0 cm/h. Isso significa que porosidades maiores ou menores exercem e-

feito negativo sobre a produção. Isso também foi verificado para certos casos por ROSENBERG e WILLITS (1962). No PVA ocorre uma tendência decrescente de produção de MS com o aumento da compactação, já a partir do nível 0 (zero), que apresentou uma macroporosidade efetiva de 7,66% (total de 9,15%), e uma  $K_0$  de 2,6 cm/h. Aproximadamente estes dados coincidem com os obtidos por ROVIRA (1975) para feijoeiro, que verificou ser a macroporosidade de 7,4% restritiva ao desenvolvimento radicular, ocorrendo crescimento normal numa macroporosidade de 14,4%. Considerando a densidade do solo, GROHMANN e QUEIROZ NETO (1966) já haviam verificado restrição de crescimento radicular de arroz a uma densidade de solo no PV de 1,38 g/cm<sup>3</sup>, sendo que neste trabalho o nível 0 de compactação para PV já apresentou 1,42 g/cm<sup>3</sup>. Para LR verificaram uma densidade de solo crítica de 1,42 g/cm<sup>3</sup>, não verificada nestes experimentos, pois o máximo atingido foi 1,36 g/cm<sup>3</sup>, correspondendo a uma macroporosidade de 8,88% (efetiva de 6,49%), mas já com efeito negativo sobre o acúmulo de matéria seca.

Esses dados sugerem que a produção poderia ser elevada no PV com trabalhos de aumento de macroporosidade e  $K_0$ , aproximando-os ao dos encontrados para LR-A<sub>1</sub>, que devem estar próximos ao ideal.

No tocante à variação de produção de matéria seca da parte aérea entre os níveis 1 e 2 do LR; 0 e 2 do PV, foram respectivamente para parcelas sem e com adubo de +2,2%/

-12,5%, -8,4%/-4,6% para Rico Pardo e +0,3%/-39,2%, -5,1%/-2,3% para Aroana. Para o volume radicular obteve-se respectivamente -5,9/-6,0, -16,7/-28,6% para Rico Pardo e 0,0/-5,8, -8,3/-46,2% para Aroana, verificando-se maiores variações nas parcelas com adubo, para a parte aérea em LR e raízes em PV.

O aumento de produção no LR-A<sub>1</sub> do nível 0 ao 1 de compactação seria explicado por um melhor suprimento de água e nutrientes à planta, melhorando as condições de fluxo de massa e difusão. Não deveria haver problemas como restrição ao crescimento radicular ou falta de O<sub>2</sub>.

A redução da produção de matéria seca no LR-A<sub>1</sub>, nível 1 a 2 de compactação, e PV-Ap nos 3 níveis, pode ser creditada principalmente ao problema de equilíbrio água/ar (O<sub>2</sub>), com deficiência crescente no suprimento de oxigênio. Somente em níveis muito elevados de compactação pode ser considerado também o problema da resistência ao crescimento radicular, como pode ter ocorrido no PV, nos níveis 1 e/ou 2 de compactação, o que é sugerido por observações de BERTRAND e KOHNKE (1957), AUBERTIN e KARDOS (1965), GROHMANN e QUEIROZ NETO (1966), LABANAUSKAS *et alii* (1968), DASBERG e BAKKER (1970), ROVIRA (1975), NELSON (1976). Cabe anotar ainda que no PV foram verificadas queimadura de folhas, nas altas temperaturas, e que podem estar relacionadas com o mal suprimento de oxigênio (SOJKA e STOLZY, 1981), que parece ser tanto mais limitante quanto maior o teor de sais na solução do solo (MARCOS e FREIRE, 1980).

### 4.3. EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES

As Tabelas 19 a 66 trazem os teores de elementos na matéria seca, inclusive de Al e Na, para os 2 cultivares, nas 4 terras diferentes, e em todos os tratamentos.

Já as Figuras 5 a 28 apresentam os teores extraídos desses elementos pela matéria seca produzida, parte aérea e radicular. As Tabelas 70 e 71, condensam os valores extraídos no LR e PV, horizonte A.

A análise estatística (Tabelas 68 e 69) verifica que em geral ocorrem diferenças significativas entre médias de tratamentos a nível de 1% e em menor proporção 5%, para:

- a) os tratamentos sem e com adubo.
- b) de adubo dentro dos 2 cultivares.
- c) de adubo dentro de cada nível de compactação.

Ocorrem diferenças não significativas entre as médias, embora possam ocorrer tendências nítidas para:

- a) a diferença entre o comportamento de cultivares para P e K no PV e K e Cu no LR.
- b) níveis de compactação para P e Ca (PV) e K (LR).
- c) interação cultivar x adubo, para P, K, Zn, Cu (PV) e K, B (LR).
- d) a interação cultivar x compactação, para B (LR e PV).

- e) cultivares dentro de tratamentos sem adubo, para N, P, K (LR e PV) e Zn, B, Cu (PV).
- f) cultivares dentro de tratamentos com adubo, para K, Ca, Mn (LR) e P, K, Zn (PV).
- g) níveis de compactação dentro d cultivar Rico Pardo, para N, K, B (LR) e P, Ca (PV).
- h) níveis de compactação dentro da cultivar Aroana, K, Zn (LR) e P, Ca, Mg, Cu (PV).
- i) cultivares dentro de compactação 0, para N, P, K, Cu (LR) e P, Zn, Mn (PV).
- j) cultivares dentro de compactação 1, para P, K, Cu (LR) e N, P, K, Zn, Cu (PV).
- k) cultivares dentro de compactação 2, para P, Ca, Cu (LR) e N, P, K, Zn (PV).
- l) níveis de compactação dentro de parcelas sem adubo, para N, K, Ca, Zn (LR) e Ca, Mg, Mn (PV).
- m) níveis de compactação dentro de parcelas com adubo, para Fe (LR) e P (PV).

O coeficiente de variação foi de 4,0 a 8,9% para macronutrientes e de 4,1 a 11,4% para micronutrientes. A análise foi realizada para a parte aérea, embora também sejam apresentados os dados para raízes. Nas figuras, letras não comuns entre as médias expressam diferenças significativas, geralmente ao nível de 1%.

Para melhor pode interpretar o comportamento dos nutrientes em cada tratamento, optou-se tomar em lugar

dos valores absolutos, as médias percentuais entre macronutrientes e entre micronutrientes, que além de reduzir possíveis efeitos de flutuações devido ao acúmulo maior ou menor de matéria seca, com efeitos de diluição ou concentração, permitem comparações mais objetivas entre os nutrientes, cultivares e solos. Assim as Tabelas 1 e 2 trazem estes valores percentuais, que podem ser comparadas com os valores absolutos nas Tabelas 70 e 71.

Tabela 3 apresenta a ordem decrescente de extração dos nutrientes, em função da redução da porosidade dos solos, notando-se para a parte aérea uma diferença varietal para o NPK, que para Rico Pardo e Aroana é respectivamente  $N > Ca > K > Mg > P$  e  $N > K > Ca > Mg > P$  nas parcelas sem adubo e  $K > N = Ca > Mg > P$  e  $K > N > Ca > Mg > P$  nas parcelas com adubo. Destaca-se a mudança de posição entre N e K nas parcelas sem e com adubo, para os 2 solos e cultivares, e a concentração maior de Ca que K no cultivar mais tolerante ao Al e baixo teor de P (Rico Pardo). Para micronutrientes a seqüência é praticamente a mesma para os 2 cultivares:  $Fe > Mn > Zn > B > Cu$ .

Para as raízes verifica-se a tendência do Mg ser o menos extraído pelos 2 cultivares no LR, exceto para os níveis de compactação 2 na qual o Aroana passa a extrair menos P, que é o elemento menos extraído no PV pelos 2 cultivares. No caso dos micronutrientes é curioso verificar a mudança de posição do Cu pelo B em relação à parte aérea, tomando a últi



ma posição nas raízes, permanecendo a seqüência  $Fe > Mn > Zn > Cu > B$ .

A Tabela 4 apresenta uma visão detalhada e geral do comportamento dos nutrientes extraídos porcentualmente (Tabela 72 para os valores absolutos). Verifica-se diferenças entre cultivares, entre solos e entre níveis de adubação.

Deixando de lado as diferenças entre cultivares, que ampliam em muito as especulações, concentrar-se-ão nas diferenças entre solos e a tendência geral.

#### 4.3.1. MACRONUTRIENTES NA PARTE AÉREA

Observa-se que com o aumento dos níveis de compactação, nas parcelas sem adubo ocorrem aumentos na extração de  $P = Ca = Mg$  (LR) e  $N = Ca = Mg$  (PV), e reduções de  $K > P$  (PV). Nas parcelas adubadas os aumentos foram para  $N = P = Mg$  (PV) e reduções para  $N > P$  (LR) e  $K$  (PV). Assim, em termos gerais de solo ter-se-ia um aumento freqüente de  $Mg > Ca$ , e eventual de  $N > P > K$ , e redução freqüente de  $K$ , e eventual de  $N > P > Ca > Mg$ .

Destaca-se a redução do  $K$  na parte aérea no caso geral e particular de solos, que talvez pudesse ser explicado pela manutenção do equilíbrio ânions/cátions, e ocorrência de maior extração de  $Mg$  e  $Ca$ . Modificações na difusão não explicariam o fenômeno, pois esta deveria ser melhor em solo

mais compactado, realmente até certo grau, a partir do qual também seria novamente prejudicada (BARBER, 1974).

Agora a explicação para o aumento do Mg, talvez estivesse no aumento do fluxo de massa, principal mecanismo de transporte para a superfície radicular (VARGAS *et alii*, 1983). Seria compreensível para o LR mas não para o PV, que já apresenta baixa  $K_0$  e produção de matéria seca em relação ao LR. Poderia porém ser explicado pelo efeito de concentração, visto que realmente o fenômeno ocorre com maior frequência nas parcelas sem adubo, em ambos os solos, e que apresentam uma relação Ca:Mg:K nas parcelas sem/com de 39:14:1 / 10 : :5:1 (LR) e 28:9:1/17:8:1 (PV), mais elevada no complexo de troca (fator quantidade) (Tabelas 5 e 6), e que garante a reposição, dispensando o fluxo de massa e a interceptação radicular, bastante atuantes para Ca, e fluxo de massa para Mg (quando em níveis médios a altos, já que em baixos é fornecido por difusão), em condições normais de solo. Deve ser lembrado que a interceptação radicular também deve ficar prejudicada pelo aumento da compactação, já que ocorre redução do sistema radicular. A estas tentativas de explicação pode ser acrescentado o fato de provavelmente ter ocorrido um aumento no teor de sais de Mg, por falha na saturação de bases, como anteriormente discutido. Pois normalmente o Ca e o Mg (íons complementares) tendem a aumentar a disponibilidade de K (JENNY e AYERS, 1939; CHU e TURK, 1949). Outra explicação plausível

é a sugerida por KULKARNI e SAVANT (1977), que verificaram ocorrer, com o aumento da densidade do solo, um aumento na capacidade de troca de cátions pelas raízes. E o feijoeiro, sendo uma dicotiledônea, tem preferência pela absorção de cátions bivalentes (Ca e Mg) em detrimento aos cátions monovalentes (K).

A maior tendência de acumulação de P nas parcelas sem adubo no LR e nas com adubo no PV não encontram explicação a primeira vista. Isso porque a maior absorção de P pode ocorrer após correção da acidez e sua maior disponibilidade (possível para o PV), através do maior desenvolvimento radicular (não ocorrido). Uma possibilidade seria o balanceamento entre ânions (não determinável por falta do S) para manter a relação ânions/cátions constante. Outra explicação seria através da atividade do Fe que parece correlacionar negativamente com o comportamento do P. No LR sem adubo, o pH provavelmente foi suficiente para evitar alguma reação indesejável do Fe-P, em virtude de níveis não muito baixos de P, como no PV. Já com a adubação, e a adição de sulfato de Mg, pode ter ocorrido maior ativação do Fe com redução no acúmulo do P. No PV, com pH mais baixo, o nível de P já era muito baixo para ter este comportamento nas parcelas sem adubo, sendo que a aplicação de adubos ácidos não mobilizaram o Fe suficiente (PV mais pobre que LR) para complexar com P a níveis indesejáveis. Porém o comportamento de Fe e P nas raízes não confirma esta suposição, pois parecem correlacionar positivamente.

No tocante ao comportamento do N, reduzindo seu

acúmulo no LR e aumentando no PV, realmente é difícil explicar para PV, visto que geralmente sua absorção é afetada pela aeração, indiretamente pelo efeito do O<sub>2</sub> sobre os microrganismos, e diretamente na respiração radicular (JAMISON e DOMBY, 1956). Ou ainda ocorre a desnitrificação e perda de N, em solo mal arejado. Seu acúmulo geralmente está relacionado com a produção de matéria seca. Poderia ser explicado por uma variação no fluxo de massa mais favorável (no PV) ou desfavorável (no LR) o que parece improvável. Ou uma melhor fixação biológica no PV, pela melhor nutrição da planta com Ca e Mg nas parcelas sem adubo e Mg, Ca ou P nas parcelas adubadas. Para poder afirmar que seja o efeito de algum micronutriente, falta a determinação do Mo, já que para os outros não se verifica tendência de correlação. E no tocante a algum equilíbrio entre ânions / cátions, falta a determinação do S. O teor de matéria orgânica também não explica. Nem o seu comportamento nas raízes.

Considerando o comportamento geral, observa-se aumentos de Mg e Ca de respectivamente até 17,7 e 14,7%, e reduções de K até 25,9%.

#### 4.3.2. MACRONUTRIENTES NO SISTEMA RADICULAR

Com o aumento dos níveis de compactação nota-se nas parcelas sem adubo aumentos de acúmulo de N = Mg > K

(LR) e  $P = Ca = Mg$  (PV) e reduções de Ca (LR) e  $N = K$  (PV). Nas parcelas com adubo os aumentos foram de  $P = Ca = Mg$  (LR) e  $N$  (PV) e reduções de  $P > K = Ca = Mg$  (PV). Em termos gerais de solo ocorreram aumentos freqüentes de  $Mg > N$  e eventuais de  $P > Ca = K$  e reduções freqüentes de  $K = Ca$  e eventuais de  $P > N > Mg$ .

Em termos gerais ocorreram aumentos de Mg e N respectivamente de até 48,7 e 43,9%, e reduções de K e Ca de respectivamente até 48,0 e 28,5%.

#### 4.3.3. MICRONUTRIENTES NA PARTE AÉREA

Verifica-se maior acumulação, nas parcelas sem adubo, de  $Zn = B = Cu$  (LR) e Fe (PV), e reduções de Fe (LR) e  $Zn = B = Cu = Mn$  (PV). Nas parcelas com adubo os aumentos foram para Fe (LR) e  $Zn = Cu > B$  (PV), e as reduções para  $Zn = B = Cu = Mn$  (LR).

Em termos gerais de solo os aumentos mais freqüentes foram de  $Fe > Cu$  e eventuais de  $Zn > B > Mn$  e as reduções mais freqüentes de  $Mn > B$  e eventuais de  $Zn > Cu > Fe$ .

Curiosa é a redução na extração do Fe no Latos solo roxo, talvez devido à maior absorção de P e Ca ou melhor principalmente devido ao P, pois no PV ocorre aumento de Fe para redução de P, embora também ocorra aumento de Ca. Poderia ser explicado pelos fatos trazidos no item relacionado anteriormente com o P.

A redução dos outros micronutrientes no PV,

talvez seja devido ao menor fator quantidade do solo. Nas parcelas com adubo, e também sem adubo, verifica-se que ocorre certa correlação positiva entre P e Zn, B, Cu, Mn. Assim a redução dos micronutrientes Zn, B, Cu, Mn no LR acompanham a redução do P, e o aumento no PV acompanha o aumento de P. Sabe-se que adubações foliares de P aumentam a excreção de carboidratos e reduz de aminoácidos pelas raízes (BALASUBRAMANIAN e RANGASWAMI, 1969) o que poderia modificar a atividade biológica na rizosfera e promover a quelação dos micronutrientes, que nesta forma seriam mais facilmente absorvidos pela planta. Deste modo parece que o P exerce papel importante no comportamento de todos os micronutrientes analisados, indiretamente através do metabolismo vegetal sobre Zn, B, Cu e Mn, e diretamente sobre o Fe (talvez a nível de xilema).

Verifica-se aumentos de Fe e Cu em respectivamente até 16,0 e 50,0%, e reduções de Mn e B de respectivamente até 28,5 e 38,0%.

#### 4.3.4. MICRONUTRIENTES NO SISTEMA RADICULAR

Nas parcelas sem adubo verifica-se aumentos de Fe > Mn (LR) e Fe (PV) e reduções de extração de Zn = B = Cu (LR) e Zn = B = Cu = Mn (PV), com o aumento da compactação.

Nas parcelas com adubo ocorreram aumentos de Zn (LR) e B > Mn (PV), e reduções de Mn > Cu (LR) e Cu > Zn = Fe (PV).

Em termos gerais de solo os aumentos mais frequentes são de  $Fe > B$ , e eventuais de  $Zn = Mn$ , e as reduções mais frequentes de  $Cu > Zn > Mn$  e eventuais de  $B = Fe$ .

Volta a predominar o aumento do Fe como na parte aérea. Mas aqui o P parece não exercer influência tão marcante como na parte aérea, nem sobre os outros micronutrientes. Neste caso parece haver maior influência do Ca, verificando-se aumentos de Fe com redução de Ca, em ambos os solos, principalmente PV. Para Mn parece também ocorrer este efeito do Ca. O acúmulo de Cu pareceu reduzir em todas as situações independente de qualquer outro elemento, com o aumento da compactação, embora predomine junto com o Fe na raiz em relação à parte aérea.

Porcentualmente foram verificados aumentos de Fe e B em respectivamente até 1,0 e 70,6%, e reduções de Cu, Zn e Mn em respectivamente 28,7-25,0-28,4%.

#### 4.3.5. GERAL

A literatura confirma a redução de K com o aumento da compactação (LABANAUSKAS *et alii*, 1968; Mengel, 1969, citado por BERGMANN, 1981; CASTILLO, 1982).

Mengel (1969), citado por BERGMANN (1981), cita a mesma seqüência de redução de absorção de nutrientes, devido a problemas de arejamento, que a encontrada nestes expe-

rimentos, qual seja  $K > N > P > Mg > Ca$ , sem destacar porém a maior freqüência para o K, e a redução eventual para os outros nutrientes.

LABANAUSKAS *et alii* (1968) encontraram ainda redução de B nas gemas de abacateiro, o que também pode ser confirmado por este experimento com feijoeiro, vindo porém o B após o Mn em freqüência. Porém, CASTILLO (1982) encontrou como sendo o Mn o micronutriente mais afetado pela compactação, na parte aérea de ervilha. BERGMANN (1981) ainda cita o Fe, Mn, Cu e Zn que podem ter absorção reduzida por aeração deficiente, o que este trabalho confirma para Mn na parte aérea e Cu, Zn e Mn nas raízes.

Um fato a ser anotado é que os 2 cultivares de feijoeiro apresentaram seu melhor aspecto visual no LR-A<sub>1</sub> com adubo (verde escuro), até a fase do florescimento, antes da seqüência dos dias com temperaturas acima de 40°C, sem apresentar qualquer presença de oídio ou ácaro, o que já não ocorria no PV-Ap (verde-amarelado). A partir dos dias quentes verificou-se ataque intenso de ácaros também no LR-A<sub>1</sub>. Deste modo as plantas (da 1ª colheita) no LR-A<sub>1</sub> com adubo e nível 1 de compactação, podem ser consideradas como padrão para o teor de nutrientes na matéria seca.



## 5. CONCLUSÕES

As conclusões mais importantes que podem ser tiradas destes experimentos são as seguintes:

1. A compactação reduz invariavelmente a macroporosidade e a condutividade hidráulica saturada, mas não eleva necessariamente a porcentagem de microporos.
2. Solos com mesma macroporosidade, com porosidade total pouco diferente, % de poros bloqueados bastante diferente talvez devido à grande diferença na % de argila natural, apresentam  $K_0$  significativamente diferentes, e com isso produção de matéria seca significativamente diferente, mesmo com condições similares na disponibilidade de nutrientes.
3. A produção de matéria seca parece estar relacionada com uma determinada % de macroporos acompanhada de uma certa  $K_0$ . Assim a

produção máxima (5,7 g/planta) foi obtida em um LR com 11,33% macroporos e uma  $K_0$  de 8,0 cm/h. Porém, % macroporos similares e  $K_0$  menores (11,07%/0,003 cm/h = 0,2 g) ou vice-versa (20,51%/7,4 cm/h = 2,8 g) ou ambos maiores (20,13%/25,9 cm/h = 4,8 g) ou menores (8,88%/1,9 cm/h = 5,4g) produziram menos matéria seca por planta, considerando-se características químicas similares para todos os casos, e o mesmo cultivar.

4. A compactação produziu variações significativas de matéria seca nas parcelas com adubo do LR e sem adubo do PV, sendo que nas parcelas com adubo ocorreram respostas divergentes devidas ao cultivar.
5. A adubação provocou uma troca na posição principal do N por K, na seqüência de acúmulo de nutrientes, em todos os solos e cultivares, que foi  $N > Ca > K > Mg > P$  para Rico Pardo e  $N > K > Ca > Mg > P$  para Aroana, sendo a seqüência para micronutrientes  $Fe > Mn > Zn > B > Cu$ , na parte aérea.
6. O aumento da compactação promoveu aumentos no acúmulo, pela parte aérea, de  $Mg = Ca > P = K$  no LR, de  $Mg > N = Ca$  no PV, e reduções de N no LR e  $K > P$  no PV. No sistema radicular ocorreram aumentos de  $Mg > N = P > K$  no LR, e reduções de  $P = K$  no PV.
7. No caso dos micronutrientes, o aumento da compactação promoveu aumentos de  $Fe = Cu$  no LR e Fe no PV, e reduções de

Mn no LR e  $Mn > B$  no PV, considerando a parte aérea. No sistema radicular foram observados aumentos de Fe no LR e B no PV, e reduções de  $Cu = B = Mn$  no LR e  $Cu > Zn$  no PV.

8. Em termos gerais, com a redução da porosidade, ocorreram aumentos freqüentes no acúmulo, pela parte aérea, de Mg (até 17,7%) > Ca (até 14,7%), Fe (até 16%) > Cu (até 50%) e eventuais de  $N > P > K$  e  $Zn > B > Mn$ . As reduções freqüentes foram de  $K$  (até 25,9%),  $Mn$  (até 28,5%) > B (até 38%) e eventuais de  $N > P > Ca > Mg$  e  $Zn > Cu > Fe$ .
9. Para o sistema radicular, em termos gerais, a compactação promoveu aumentos freqüentes no acúmulo de Mg (até 48,7%) > N (até 43,9%) e de Fe (até 1%) > B (até 70,6%), e eventuais de  $P > Ca = K$  e  $Zn = Mn$ . Bem como reduções freqüentes de  $K$  (até 48%) = Ca (até 43,9%) e  $Cu$  (até 28,7%) >  $Zn$  (até 25%) >  $Mn$  (até 28,4%), e eventuais de  $P > N > Mg$  e  $B = Fe$ .
10. Os aumentos de extração de Ca e Mg verificados na parte aérea são devidos provavelmente ao efeito de concentração, o que provoca a redução de K. As variações de micronutrientes na parte aérea parecem ser devidas indiretamente às variações do P (através do metabolismo vegetal), e no sistema radicular para Fe e Mn, devidas diretamente às variações do Ca.

11. Considerando níveis crescentes de compactação, verifica -  
-se que a relação Ca:Mg:K no complexo de troca parece afe  
tar o comportamento do Ca e Mg em relação ao K, no tocan-  
te ao acúmulo pela parte aérea.
  
12. A observância das propriedades físicas parece ser aconse-  
lhável para a interpretação objetiva de resultados obtidos  
em experimentos realizados na área da química do solo, feru  
tilidade do solo e nutrição mineral de plantas.

## 6. LITERATURA CITADA

ALLAWAY, W.H., 1950. Availability of replaceable calcium from different types of colloids as affected by degree of calcium saturation. Soil Sci. Baltimore, 59: 207-217.

ANÔNIMO, 1982. Feijão mais produtivo com nova técnica de adubação. Dir. Rural, São Paulo, 21(10): 22-27.

AUBERTIN, G.M. e L.T. KARDOS, 1965. Root growth through porous media under controlled conditions. I - Effect of pore size and rigidity. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 29(2): 290-293.

BALASUBRAMANIAN, A. e G. RANGASWAMI, 1969. Studies on the influence of foliar nutrient sprays on the root exudation pattern in four crop plants. Plant and Soil. The Hague, XXX(2): 210-220.

- BANDY, D.E., 1980. Deep lime experiment. In: NICHOLAIDES, J. J. e P.A. SANCHEZ, coord. Agronomic-Economic Research on soils of the tropics: 1978-1979 Report. Raleigh, North Carolina Sta. Univ./AID, p.127-137.
- BARBER, S.A., 1974. Influence of the plant root on ion movement in soil. In: CARSON, E.W., ed. The plant root and its environment. Charlottesville University Press of Virginia, cap. 18, p.525-564.
- BARLEY, K.P., 1962. The effects of mechanical stress on the growth of roots. J. Exp. Botany. Oxford, 13: 95-110.
- BAVER, L.D.; W.H. GARDNER e W.R. GARDNER, 1972. Soil Physics. 4ed., New York, John Wiley & Sons. 498p.
- BELTRAME, L.F.S.; L.A.P. GONDIM e J.C. TAYLOR, 1981. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 5(3): 145-149.
- BENNET, O. e B. DOSS, 1960. Effect of soil moisture level on root distribution of cool-season forrage species. Agron. J. Madison, 52(4): 204-207.
- BERGMANN, W., 1981. Agrochemische Aspekte der Wasser-und Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus dem Unterboden. Im Blickfeld. Linz, 57: 2-9.

BERTONI, J.; F.I. PASTANA; F. LOMBARDI NETO e R. BENATTI Jr.,  
1972. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação  
do solo no Instituto Agronômico. Campinas, IAC. 56p.  
[Circular nº 20].

BERTRAND, A.R. e H. KOHNKE, 1957. Subsoil conditions and their  
effect on oxygen supply and the growth of corn roots. Soil  
Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 21(2): 135-140.

BARLEY, K.P., 1970. The configuration of the root system in  
relation to nutrient uptake. Adv. in Agron. New York, 22:  
159-201.

BRUCE, R.R., 1955. An instrument for the determination of soil  
compactability. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 19(3):  
253-257.

CASSELL, D.K.; H.D. BROWEN e L.A. NELSON, 1978. An evaluation  
of mechanical impedance for three tillage treatments in  
Norfolk sandy loam. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, 42(1):  
116-120.

CASTILLO, S.R., 1982. Effects of applied mechanical stress on  
plant growth and nutrient uptake. Agron. J. Madison, 74(3):  
526-530.

CATANI, R.A. e A.O. JACINTHO, 1974. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Piracicaba, ESALQ/USP. 57p. [Bol. Téc. Cient. nº 37].

CHU, T.S. e L.M. TURK, 1949. Growth and nutrition of plants as affected by degree of base saturation of different types of clay minerals. Michigan, Michigan State Col., Agric. Exp. Sta. 47p. [Tech. Bull., 214].

CHENG, B.T.; S.J. BOURGET e G.J. OUELLETTE, 1971. Effect of some soil physical properties on growth and manganese, iron, aluminum and molybdenum content of oats. Can. J. Soil Sci. Ottawa, 51: 125-126.

CINTRA, F.L.D., 1980. Caracterização do impedimento mecânico em latossolos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 89p. [Tese de Mestrado].

COGO, N.P. e M. GUERRA, 1978. Água no solo e rendimento das culturas em experimentos em casa-de-vegetação. I - Sorgo (*Sorghum vulgare*), em solos vertissolo, latossolo roxo distrófico e podzólico vermelho-amarelo. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 2(1): 10-13.



COLMENARES, J.M. e M. BLASCO, 1974. Effect of different salts added to soil on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. Turrialba. Turrialba, 24(1): 38-46.

DANIELSON, R.E. e M.B. RUSSELL, 1957. Ion absorption by corn roots as influenced by moisture and aeration. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 21(1): 3-6.

✕ DASBERG, S. e J.W. BAKKER, 1970. Characterizing soil aeration under changing soil moisture conditions for bean growth. Agron. J. Madison, 62(6): 689-692.

DASBERG, S. e K. MENDEL, 1971. The effect of soil water and aeration on seed germination. J. Exp. Botany. Oxford, 22(73): 992-998.

DAVIES, D.B.; J.B. FINNEY e S.J. RICHARDSON, 1973. Relative effects of tractor weight and wheel-slip in causing soil compaction. J. Soil Sci. London, 24(3): 399-409.

DAY, P.R. e G.G. HOLMGREEN, 1952. Microscopic changes in soil structure during compression. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 16(1): 73-77.

EAVIS, B.W., 1972. Soil Physical conditions affecting seedling root growth. I - Mechanical impedance, aeration and moisture availability as influenced by bulk density and moisture levels in a sandy loam soil. Plant and Soil. The Hague, 36: 613-622.

EMBRAPA, 1981. Feijão: programa nacional de pesquisa. Brasília, Dep. Info. Doc. 117p.

FLOCKER, W.J.; H. TIMM e J.A. VOMOCIL, 1960. Effect of soil compaction on tomato and potato yields. Agron. J. Madison, 52: 345-348.

FRANÇA da SILVA, I., 1980. Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre as propriedades físicas de uma latossolo. Porto Alegre, UFRGS, 70p. [Tese de Mestrado].

FREIRE, J.C.; M.A.V. RIBEIRO; V.G. BAHIA; A.S. LOPES e L.H. de AQUINO, 1980. Resposta do milho cultivado em casa-de-vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). R. bras. Ci. solo. Campinas, 4(1): 5-8.

- GARDNER, H.R. e R.E. DANIELSON, 1964. Penetration of wax layers by cotton roots as affected by some soil physical conditions. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 28: 457-460.
- GAVANDE, S.A., 1969. Influencia de succión de suelo en la porosidade de aeración y en la difusión de oxígeno en el café cultivado en seis suelos de Costa Rica. Turrialba. Turrialba, 19(1): 39-48.
- GILL, W.R. e R.D. MILLER, 1956. A method for study of the influence of mechanical impedance and aeration on the growth of seedling roots. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 20(2): 154-157.
- GINGRICH, J.R. e M.B. RUSSELL, 1956. Effect of soil moisture tension and oxygen concentration on the growth of corn roots. Agron. J. Madison, 48: 517-520.
- GOEPFERT, C.F. e J.R.J. FREIRE, 1973. Influência da aeração do solo e da calagem sobre o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em três solos ácidos do Rio Grande do Sul. Agron. Sulriograndense. Porto Alegre, 9(2): 143-149.
- GRABLE, A.R. e E.G. SIEMER, 1968. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials, and elongation of corn roots. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 32: 180-186.

GROHMANN, F. e J.P. QUEIROZ NETO, 1966. Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. Bragantia. Campinas, 25(38): 421-432.

GROHMANN, F., 1972. Superfície específica do solo de unidades de mapeamento do Estado de São Paulo. II - Influência da matéria orgânica, dos óxidos de ferro livres e dos cátions trocáveis na superfície específica total do solo. Bragantia. Campinas, 31(14): 167-185.

GUMBS, F.A. e B.P. WARKENTIN, 1972. The effect of bulk density and initial water content on infiltration in clay soil samples. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 36: 720-724.

HAMBLIN, A.P. e D.B. DAVIES, 1977. Influence of organic matter on the physical properties of some East Anglian soils of high silt content. J. Soil Sci. London, 28: 11-22.

HANKS, R.J. e F.C. THORP, 1956. Seedling emergence of wheat as related to soil moisture content, bulk density, oxygen diffusion rate, and crust strenght. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 20: 307-310.

HEMSATH, D.L. e A.P. MAZURAK, 1974. Seedling growth of sorghum in clay mixtures at various compactions and water contents. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 38: 387-390.

HENIN, S.; R. GRASS e G. MONNIER, 1972. El perfil cultural: estado fisico del suelo y sus consecuencias agronomicas. Madrid, Ed. Mundi Prensa. 342p.

HOBBS, J.A. e P.L. BROWN, 1965. Effects of cropping and management on nitrogen and organic carbon contents of a Western Kansas soil. Kansas Tech. Bull., 144: 3-37.

JAMISON, W.C. e C.W. DOMBY, 1956. The effect of a dense soil layer and varying air-water relations on the growth, root development, and nutrient uptake of cotton in Commerce silt loam. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 20: 447-453.

JENNY, H. e A.D. AYERS, 1939. The influence of the degree of saturation of soil colloids on the nutrient intake by roots. Soil Sci. Baltimore, 48: 443-459.

JUO, A.S.R. e R. LAL, 1977. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in Western Nigeria. Plant and Soil. The Hague, 47: 567-584.

KAR, S. e S.B. VARADE, 1972. Influence of mechanical impedance on rice seedling root growth. Agron. J. Madison, 64: 80-81.

- KEMPER, B. e R. DERPSCH, 1979. Estudos sobre suscetibilidade dos solos à erosão e métodos de proteção do solo no Estado do Paraná. In: 17º Congr. Bras. Ci. Solo. Manaus, SBCS. Resumos.
- KIEHL, E.J., 1979. Manual de Edafologia. São Paulo, Ed. Agron. Ceres. 263p.
- KIEHL, J.C.; A. COBRA NETTO e R.I. SILVEIRA, 1982. Efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção de feijão em Alagoas. In: 15ª Reunião Bras. Fert. Solo. Campinas, SBCS-IAC, nº 42. [Resumos].
- KILMER, V.J. e L.T. ALEXANDER, 1949. Methods of making mechanical analysis of soils. Soil Sci. Baltimore, 68(1): 15-26.
- KINJO, T., 1967. Saturação em cálcio e capacidade de troca de cátions em relação ao crescimento de plantas. Piracicaba, ESALQ/USP. 75p. [Tese de Doutorado].
- KLUTE, A., 1965. "Laboratory Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturates Soil". In: BLACK, C.A. ed. Methods of Soil Analysis. Madison. American Society of Agronomy. 1965. p.210-211. [Agronomy, 9]
- KOSHI, P.T. e D.W. FRYREAR, 1973. Effect of tractor traffic, surface mulch, and seedbed configuration on soil properties. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 37: 758-762.

- KRAMER, P.J., 1975. Plant and soil water relationship: a modern synthesis. New Delhi, Tata McGraw-Hill Publ. Co. Ltd. 482p.
- KULKARNI, B.K. e N.K. SAVANT, 1977. Effect of compaction on root cation exchange capacity of crop plants. Plant and Soil. The Hague, 48: 269-278.
- LABANAUSKAS, C.K.; L.H. STOLZY; G.A. ZENTMYER e T.E. SZUSZKIEWICZ, 1968. Influence of soil oxygen and soil water on the accumulation of nutrients in avocado seedlings (*Persea americana* Mill.). Plant and Soil. The Hague, 29 (3): 391-406.
- LAL, R., 1976. No tillage on soil properties under differential crops in Western Nigeria. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, 40: 762-768.
- LAWTON, K., 1945. The influence of soil aeration on the growth and absorption of nutrients by corn plants. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 10: 263-268.
- LOBATO, E., 1980. Residual effects of P rate, placement and time of application. In: NICHOLAIDES, J.J. e P.A. SANCHEZ, coord. Agronomic-Economic Research on soils of the tropics: 1978-1979 Report. Raleigh, North Carolina State Univ.-AID, p.49-51.

LOWRY, F.E.; H.M. TAYLOR e M.G. HUCK, 1970. Growth rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil pans. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 34(2): 306-309.

MACHADO, J.A. e A.C.R. BRUM, 1978. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 2(1): 81-84.

MANNERING, J.V.; L.D. MEYER e C.B. JOHNSON, 1966. Infiltration and erosion as affected by minimum tillage for corn (*Zea mays* L.). Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 30: 101-105.

MARCOS, Z.Z., 1979. Ensaio sobre epistemologia pedológica. Piracicaba, ESALQ/USP, 119p. [Tese Livre-Docência].

MARCOS, Z.Z. e O. FREIRE, 1980. Efeito da agregação do solo sobre o desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.). Rev. de Agricultura. Piracicaba, 55(3): 139-152.

McKEE, G.W. e A.R. LANGILLE, 1967. Effect of soil pH, and fertility on growth, survival, and element content of Crownvetch (*Coronilla varia* L.). Agron. J. Madison, 59(6): 533-536.



- MEIRELLES, N.M.F.; P.L. LIBARDI e K. REICHARDT, 1980. Adsorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). R. bras. Ci. Solo. Campinas, 4(2): 83-88.
- MENEZES, D.M. e M. PINTO, 1967. Influência do fator hídrico no desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na baixada fluminense. Pesq. agroec. bras. Rio de Janeiro, 2: 383-388.
- MENGEL, K. e E.A. KIRKBY, 1978. Principles of Plant Nutrition. Worblaufen- Bern/ Switzerland, International Potash Institute. 593p.
- MIRANDA, L.N. de e E. LOBATO, 1978. Tolerância de variedades de feijão e trigo ao alumínio e à baixa disponibilidade de fósforo no solo. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 2(1): 44-50.
- MIRREH, H.F. e J.W. KETCHESON, 1972. Influence of soil bulk density and matric pressure on soil resistance to penetration. Can. J. Soil Sci. Ottawa, 52: 477-483.
- MIRREH, H.F. e J.W. KETCHESON, 1973. Influence of soil water matric potential and resistance to penetration on corn root elongation. Can. J. Soil Sci. Ottawa, 53: 383-388.
- NELSON, W.L., 1976. Soil compaction puts crops under great stress. Better Crops. Atlanta, 2: 3-4.
- NYE, P.H. e P.B. TINKER, 1977. Solute movement in the soil-root system. London, Blackwell Scient. Publ. 341p.

- PARISH, D.H., 1971. Soil conditions as they affect plant establishment, root development, and yield. In: BASSELMAN, J.A., ed. Compaction of Agricultural Soils. St. Joseph, Michigan, American Soc. Agric. Engineers (ASAE). p.277-291.
- PAUL, C.L. e J. DE VRIES, 1979. Effect of soil water status and strengt on trafficability. Can. J. Soil Sci. Ottawa, 59: 313-324.
- PAULETTO, E.A., 1978. Estudo sobre dispersão de amostra de terra. Piracicaba, ESALQ/USP, 68p. [Tese de Mestrado].
- PEARSON, R.W., 1966. Soil environment and root development. In: PIERRE, W.H.; D. KIRKHAM; S. PESEK e R. SHAW, eds. Plant environment and efficient water use. Madison, Amer. Soc. Agron., p.95-126.
- PHILLIPS, R.E. e D. KIRKHAM, 1962. Soil compaction in the field and corn growth. Agron. J. Madison, 54(1): 29-34.
- PIMENTEL GOMES, F., 1973. Curso de Estatística Experimental. 5ª ed., São Paulo, Nobel. 468p.

POTTKER, D., 1977. Efeitos do tipo de solo, tempo de cultivo e da calagem sobre a mineralização da matéria orgânica em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 128p. [Tese de Mestrado].

PRIMAVESI, A., 1980. O manejo ecológico do solo. São Paulo, Livr. Nobel. 541p.

PRIMAVESI, O. e E.A. HELLER, 1982. Fatores limitantes da produtividade agrícola e plantio direto. São Paulo, BASF Brasileira. 56p.

RAIJ, B. van; C.T. FEITOSA e Q.A.C. CARMELLO, 1982. A adubação fosfatada no Estado de São Paulo. In: OLIVEIRA, A.J. de, ed. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA/DID, p.103-136.

RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, CES/ESALQ/USP. 85p. [Mimeografado].

REUMERINK, A., 1973. Microstructure, soil strenght and root development of Asparragus on loamy sands in the Netherlands. Neth. J. Agric. Sci. Wageningen, 21(1): 24-43.

RICHARDS, L.A. e M. FIREMAN, 1943. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. Soil Sci. Baltimore, 56: 395-404.

RICHARDS, L.A., 1947. Pressure membrane apparatus, construction and use. Agric. Eng., 28: 451-454.

ROSENBERG, N.J. e N.A. WILLITS, 1962. Yield and physiological response of barley and beans grown in artificially compacted soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 26: 78-82.

ROVIRA, L.A.A., 1975. Estudo do sistema radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Carioca. Piracicaba, ESALQ/USP, 86p. [Tese de Doutorado].

ROWE, R. e D. BEARDSELL, 1973. Waterlogging of fruit trees. Hort. Abstr. East Mailing, 43(9): 533-548.

RUTLEDGE, B.E. e J.E. McCLURG, 1980. Plant tissue analysis by inductively coupled Argon Plasma Spectrometry. Jarrel Ash Plasma Newsletter. Waltham-USA, 3(3): 4-5.

RUSSELL, M.B., 1952. Soil aeration and plant growth. In: Soil physical conditions and plant growth. New York, Academic Press, p.253-291.

RUSSELL, E.W., 1963. Soil conditions and Plant growth. London, Longmans. 635p.

RUSSELL, J.E. e W.E. RUSSELL, 1964. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Trad. G. Gonzales y Gonzales. 8ed., Madrid, Aguilar. 775p.

SANCHEZ, P.A., 1977. Properties and management of soils in the tropics. New York, John Wiley & Sons. 618p.

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1981. Prognóstico 81/82. São Paulo, 10: 1-228.

SARRUGE, R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ/USP. 56p.

SCARDUA, R., 1972. Porosidade livre de água de dois solos do Município de Piracicaba, SP. Piracicaba, ESALQ/USP, 83p. [Tese de Mestrado].

SCHUURMAN, J. e J.H. de BOER, 1974. The effect of soil compaction at various depth on root and shoot growth of oats. Neth. J. Agric. Sci. Wageningen, 22(3): 133-142.

SCOTT, T.W. e A.E. ERICKSON, 1964. Effect of aeration and mechanical impedance on the root development of alfalfa, sugar beets and tomatoes. Agron. J. Madison, 58: 575-576.

- SHARMA, R.P. e A. SINGH, 1969. Effect of berseen (*T. alexandrinum* L.) on the growth of maize crop on artificially compacted soil. Plant and Soil. The Hague, 31(1): 11-21.
- SILVA, L.F. da; C.P. PEREIRA e A.A.O. de MELO, 1977. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento de plântulas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e na penetração das suas raízes. Rev. Theobroma. Itabuna, 7: 13-18.
- SOJKA, R.E. e L.H. STOLZY, 1981. Stomatal response to soil oxygen. Calif. Agric. Berkeley, 35(5-6): 18-19.
- SOUZA, L. da S., 1976. Caracterização física e fator erodibilidade em solos da unidade de mapeamento São Jerônimo (Paleudult), em diferentes sistemas de manejo. Porto Alegre, UFRGS, 113p. [Tese de Mestrado].
- STOLZY, L.H.; J. LETEY; T.E. SZUSZKIEWICZ e O.R. LUNT, 1961. Root growth and diffusion rates as functions of oxygen concentration. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 25: 463-467.
- STONE, D.A., 1982. The effects of subsoil loosening and deep incorporation of nutrients on yield of broad beans, cabbage, leek, potatoes and red beet. J. Agric. Sci. Cambridge, 98: 297-306.

TACKETT, J.L. e R.W. PEARSON, 1964. Effect of carbon dioxide on cotton seedling root penetration of compacted soil cores. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 28(6): 741-743.

TAYLOR, S.A., 1949. Oxygen diffusion in porous media as a measure of soil aeration. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 8: 55-61.

TAYLOR, H.M. e H.R. GARDNER, 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. Soil Sci. Baltimore, 96(3): 153-156.

TAYLOR, H.M.; G.M. ROBERSON e J.J. PARKER Jr., 1966. Soil strength-root penetration relations for medium-to coarse textured soil materials. Soil Sci. Baltimore, 102(1): 18-22.

TAYLOR, H.M.; G.M. ROBERSON e J.J. PARKER Jr., 1967. Cotton seedling taproot elongation as affected by soil strength changes by slurring and water extraction. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 31(5): 700-704.

TAYLOR, H.M. e L.F. RATLIFF, 1969. Root growth pressures of cotton, peas and peanuts. Agron. J. Madison, 61(3): 398-402.

- TAYLOR, H.M., 1974. Root behavior as affected by soil structure and strength. In: CARSON, E.W., ed. The plant root and its environment. Charlottesville, Univ. Press of Virginia. p.271-291.
- TROUSE Jr., A.C. e R.P. HUMBERT, 1961. Some effects of soil compaction on the development of sugar cane roots. Soil Sci. Baltimore, 91: 208-217.
- VARGAS, R.M.B.; E.J. MEURER e L. ANGHINONI, 1983. Mecanismos de suprimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio às raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul. Rev. bras. Ci. Solo. Campinas, 7:143-148.
- VEIHMEYER, F.J. e A.H. HENDRICKSON, 1948. Soil density and root penetration. Soil Sci. New Brunswick, 65(4): 487-493.
- VIEIRA, M.J., 1978. Propriedades físicas do solo que afetam a produtividade agrícola. In: IAPAR, ed. Manual Agropecuário para o Paraná. Londrina, 2: 37-44.
- VOMOCIL, J.A. e W.J. FLOCKER, 1965. Degradation of structure of yolo loam by compaction. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 29: 7-12.



- VOORHEES, W.B.; M. AMEMIYA; R.R. ALIMARAS e W.E. LARSON, 1971. Some effects of aggregate structure heterogeneity on root growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 35: 638-643.
- VOORHEES, W.B.; C.G. SENST e W.W. NELSON, 1978. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern corn belt. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, 42: 344-349.
- WATSON Jr., J.R.; H.B. MUSSER e C.D. JEFFRIES, 1951. Soil compaction determinations with a soil penetrometer as compared with the Geiger Counter X-ray Spectrometer. Agron. J. Madison, 43: 255-258.
- WHITE, E.M., 1975. Soil compaction and contraction around plant roots. Soil Sci. Baltimore, 119(6): 461-465.
- WIERSUM, L.K., 1957. The relationship of the size and structural rigidity of pores and their penetration by roots. Plant and Soil. The Hague, 9(1): 75-85.
- WIERSUM, L.K., 1960. Some experiences in soil aeration measurements and relationship to depth of rooting. Neth. J. Agric. Sci. The Hague, 8: 245-256.
- WILLIAMSON, R.E., 1964. The effect of root aeration on plant growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 28(1): 86-90.

WITTSELL, L.E. e J.A. HOBBS, 1965. Soil compaction effects on field plant growth. Agron. J. Madison, 57: 534-537.

YANG, C.L., 1970. Soil hardness in relation to root growth of sugarcane. Soils Fert. Taiwan. Taipei, 27: 18-29.

ZIMMERMANN, R.P. e L.T. KARDOS, 1961. Effects of bulk density on root growth. Soil Sci. New Brunswick, 91(3): 280-288.

## 7. APÊNDICE

Tabela 1 - Participação porcentual (%) dos nutrientes extraídos, na matéria seca do feijoeiro Rico Pardo.

Órgão	Solo	Adubo	Com- pacta- ção	N	P	K	Ca	Mg	(mg)	Zn	B	Cu	Fe	Mn	(µg)
PA	LR	sem	0	32,3	3,6	25,5	30,5	8,2	220	6,3	5,0	0,9	68,8	19,1	2718
			1	32,1	3,7	24,8	31,2	8,3	218	4,6	3,3	0,6	80,3	11,2	4035
			2	32,2	4,7	22,4	31,3	9,3	214	5,6	4,5	0,9	76,2	12,8	3095
		com	0	26,0	3,6	39,8	23,5	7,2	362	5,3	5,9	0,8	45,1	42,9	2945
			1	26,2	3,9	37,3	24,5	8,1	408	9,9	9,1	1,7	49,6	29,9	1981
			2	25,6	3,9	38,5	24,3	7,8	387	8,5	8,5	1,5	50,4	31,2	2127
	PV	sem	0	36,2	2,1	25,5	28,7	7,4	94	5,8	3,1	1,0	72,3	17,9	1454
			1	42,2	2,0	21,6	26,5	7,8	102	5,8	2,5	0,9	74,5	16,3	1635
			2	41,1	2,1	18,9	29,5	8,4	95	4,7	2,2	0,8	77,4	15,0	1676
		com	0	22,7	3,7	38,1	27,2	8,2	294	5,7	2,2	0,7	44,4	47,0	4373
			1	25,0	3,6	39,0	24,4	8,0	336	5,5	2,5	1,0	45,4	45,5	3822
			2	24,7	4,1	35,5	26,4	9,5	296	6,0	2,2	1,0	41,5	49,3	3357
raiz	LR	sem	0	54,5	4,7	5,8	31,1	3,9	51,4	0,40	0,07	0,28	98,02	1,23	24208
			1	41,6	4,4	8,3	41,6	4,2	48,1	0,50	0,07	0,36	98,02	1,01	15798
			2	50,0	5,6	8,3	30,6	5,6	36,0	0,40	0,06	0,34	98,18	1,02	15406
		com	0	44,6	4,9	29,1	17,5	3,9	103,1	0,49	0,04	0,27	97,12	2,09	35616
			1	43,8	5,2	26,9	19,8	4,2	70,7	0,60	0,04	0,31	97,87	1,18	22664
			2	52,4	5,8	14,0	22,7	5,2	57,3	0,68	0,05	0,31	97,83	1,13	21523
	PV	sem	0	43,9	4,4	14,6	29,3	7,8	20,5	2,16	0,27	1,10	92,90	3,60	3003
			1	39,2	5,9	13,1	32,7	9,2	15,3	1,67	0,20	0,88	94,71	2,54	3420
			2	34,2	6,2	13,7	34,2	11,6	14,6	1,81	0,23	0,79	94,24	2,93	2153
		com	0	41,7	6,6	13,9	31,3	6,6	28,6	2,48	0,12	0,69	91,43	5,27	4191
			1	51,0	5,4	10,2	27,2	6,1	29,4	1,78	0,19	0,56	88,63	8,83	4109
			2	60,0	4,5	7,5	22,5	5,6	26,7	2,16	0,15	0,67	89,07	7,96	2689

Tabela 2 - Participação porcentual (%) dos nutrientes extraídos, na matéria seca do feijoeiro Aroana.

Órgão	Solo	Adubo	Com- pacta- ção	N	P	K	Ca	Mg	(mg)	Zn	B	Cu	Fe	Mn	(µg)
PA	LR	sem	0	37,3	4,1	30,1	22,3	6,2	193	8,0	5,8	1,2	63,4	21,6	1588
			1	36,7	4,3	27,5	24,2	7,2	207	7,5	6,8	1,3	66,0	18,3	1723
			2	34,7	4,5	27,6	25,6	7,5	199	7,9	6,9	1,4	66,0	17,7	1586
		com	0	28,9	4,0	39,7	21,4	6,0	350	6,4	5,1	1,1	42,8	44,6	2729
			1	30,6	3,8	35,4	23,4	6,7	418	8,4	6,6	1,6	55,7	27,7	2379
			2	28,8	3,6	35,1	25,2	7,2	444	7,8	6,2	1,6	57,9	26,7	2503
	PV	sem	0	40,7	2,8	28,7	20,4	7,4	108	9,9	5,0	1,8	63,1	20,2	984
			1	46,7	2,2	25,6	20,0	5,6	90	9,4	4,3	1,7	68,0	16,6	870
			2	44,2	1,3	23,4	23,4	7,8	77	7,5	3,1	1,5	73,2	14,6	867
		com	0	27,7	4,0	43,1	19,0	6,2	274	6,3	1,6	0,9	45,7	45,6	3664
			1	28,2	3,6	41,3	20,7	6,2	305	6,6	1,7	1,2	51,8	38,8	3228
			2	28,5	4,4	38,3	21,5	7,3	274	6,8	1,7	1,3	47,6	42,6	3015
raiz	LR	sem	0	51,5	4,0	2,3	39,8	2,3	42,7	0,37	0,05	0,34	97,97	1,27	19361
			1	50,1	4,3	4,6	36,4	4,6	43,9	0,40	0,05	0,34	98,14	1,08	17545
			2	51,4	4,2	4,7	35,0	4,7	42,8	0,36	0,05	0,33	98,10	1,08	16892
		com	0	54,2	5,2	9,0	27,1	4,5	44,3	0,46	0,05	0,32	96,82	2,35	19042
			1	55,1	4,8	10,0	25,1	5,0	39,9	0,47	0,04	0,31	98,08	1,10	18589
			2	51,6	5,4	11,5	26,7	5,7	34,9	0,51	0,03	0,31	98,11	1,04	18014
	PV	sem	0	49,5	5,0	5,0	34,7	5,9	20,2	2,08	0,27	0,94	92,45	4,26	3709
			1	43,9	4,9	9,8	34,1	7,3	20,5	2,25	0,30	1,08	93,64	2,73	3332
			2	41,0	4,6	10,3	35,9	8,2	19,5	1,56	0,23	0,91	94,25	3,05	3841
		com	0	54,7	5,1	7,8	27,3	5,1	25,6	1,78	0,17	0,31	90,39	7,40	4151
			1	63,3	5,0	4,5	22,6	4,5	22,1	1,58	0,21	0,24	92,14	5,83	3806
			2	67,3	3,8	4,8	19,2	4,8	20,8	1,92	0,29	0,29	87,87	9,62	2391

Obs.: PA = parte aérea; mg = total de macronutrientes extraídos por planta; µg = total de micronutrientes extraídos por planta; LR = latossolo roxo; PV = podzólico vermelho-amarelo; sem/com = adubação; 0, 1, 2 = níveis de compactação.

Tabela 3 - Ordem decrescente de extração dos nutrientes, em função da redução da porosidade.

orgão	solo	adubo	Rico Pardo	Aroana
PA	IR	sem	N > Ca > K > Mg > P	N > K > Ca > Mg > P
		com	K > N > Ca > Mg > P	Mn > Fe > Zn > B > Cu (Fe > Mn > Zn > B > Cu)
raiz	PVA	sem	N > Ca > K > Mg > P	N > K > Ca > Mg > P
		com	K > Ca > N > Mg > P	K > N > Ca > Mg > P
raiz	IR	sem	N > Ca > K > P > Mg	N > Ca > P > K = Mg
		com	N > K > Ca > P > Mg (N > Ca > K > P > Mg)	(N > Ca > K = Mg > P) N > Ca > K > P > Mg
raiz	PVA	sem	N > Ca > K > Mg > P	N > Ca > Mg > K = P
		com	N > Ca > K > Mg > P	(N > Ca > K > Mg > P) N > Ca > K > Mg > P

OBS: PA - parte aérea. Na parte aérea predominam: N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, Mn, Na e nas raízes predominam Cu, Fe e Al.

A seqüência entre parentesis ( ) ocorre na maior redução de poros.

IR - latossolo roxo; PV - prodzolico vermelho anarelo.

Tabela 4 – Visão detalhada e geral do comportamento dos nutrientes extraídos percentualmente, em função da redução de porosidade.

		LR				PV			
		Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz
PA	T	sem N, P, Ca, Mg com K	K N, Ca, Mg	Zn, B, Cu, Mn Fe	Fe Zn, B, Cu, Mn	N, Ca, Mg N, P, Mg	K K, Ca	Fe Zn, Cu, Mn	Zn, B, Cu, Mn Fe
	S	sem P, K, Ca, Mg com Ca, Mg	N N, P, K	Zn, B, Cu Fe	Mn Zn, B, Mn	N, Ca, Mg N, P, Ca, Mg	P, K K	Fe Zn, B, Cu, Fe	Zn, B, Cu, Mn Mn
	Ra	sem N, P, Mg com N, P, Ca, Mg	Ca K	Fe, Mn Zn, B	Zn, B, Cu Fe, Mn	P, Ca, Mg N	N, K P, K, Ca, Mg	Fe B, Mn	Zn, B, Cu, Mn Zn, Cu, Fe
	S	sem N, K, Mg com P, K, Ca, Mg	P, Ca N	Fe Zn, Fe	Zn, Cu B, Mn	K, Ca, Mg N	N, P P, K, Ca, Mg	Fe Zn, B, Mn	Zn, B, Cu, Mn Cu, Fe
PA	sem com geral	P=Ca=Mg — Mg=Ca > P=K	— N > P N	Zn=B=Ca Fe Fe=Cu	Fe Zn=B=Cu=Mn Mn	N=Ca=Mg N=P=Mg Mg > N=Ca	K > P K K > P	Fe Zn=Cu > B Fe	Zn=B=Cu=Mn — Mn > B
Ra	sem com geral	N=Mg > K P=Ca=Mg Mg > N=P > K	Ca — —	Fe > Mn Zn Fe	Zn=B=Cu Mn > Cu Cu=B=Mn	P=Ca=Mg N —	N=K P > K=Ca=Mg P=K	Fe B > Mn B	Zn=B=Cu=Mn Cu > Zn=Fe Cu > Zn

Obs.: LR = latossolo roxo; PV = podzóllico vermelho-amarelo

PA = parte aérea; Ra = raízes; T = Rico Pardo; S = Arcana; sem/com. adubo; nutrientes entre parêntesis ( ) com tendência não frequente.

Comportamento obtido comparando nível 1 e 2 para LR e 0 e 2 para PV, níveis de melhor e pior produção de matéria seca, respectivamente.

Tabela 5 - Dados da análise química do solo LR. (2 repetições).

solo	pH H <sub>2</sub> O	C %	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	CTC		v %	relação Ca:Mg:K
									efetiva	pH 7		
-----mg/100g TFSA-----												
LR-A: (a)	6,0	1,12	0,11	5,08	1,12	0,12	0,14	4,75	6,46	11,21	56,4	42:9:1
0 s	5,4	1,86	0,07	4,66	1,62	0,12	0,10	4,90	6,50	11,40	56,1	39:14:1
c	5,5	2,03	0,16	5,38	2,38	0,53	0,10	4,27	8,39	12,66	65,5	10:5:1
1 s	5,5	1,83	0,07	4,62	1,51	0,13	0,10	4,86	6,36	11,22	55,8	36:12:1
c	5,5	1,64	0,12	4,92	1,95	0,50	0,08	4,68	7,45	12,13	60,8	10:4:1
2 s	5,5	2,61	0,07	4,64	1,32	0,14	0,10	4,95	6,20	11,15	54,7	33:9:1
c	5,6	1,80	0,12	4,76	2,02	0,49	0,09	4,52	7,36	11,88	58,1	10:4:1
LR-B <sub>2</sub> (a)	5,8	0,54	0,04	1,60	0,64	0,06	0,22	4,32	2,52	6,84	33,6	27:11:1
0 s	5,0	0,84	0,03	1,60	0,46	0,04	0,31	4,33	2,41	6,74	31,2	40:12:1
c	5,3	0,80	0,16	3,12	0,94	0,26	0,12	3,72	4,44	8,16	52,9	12:4:1
1 s	5,0	0,89	0,04	1,72	0,47	0,06	0,16	4,72	2,41	7,13	31,6	29:8:1
c	5,4	0,81	0,15	3,10	1,06	0,29	0,10	3,55	4,55	8,10	54,9	11:4:1
2 s	5,0	0,83	0,03	1,60	0,51	0,04	0,30	4,42	2,45	6,87	31,3	40:12:1
c	5,4	0,80	0,15	3,06	1,14	0,30	0,09	3,84	4,59	8,43	51,6	10:4:1

Tabela 6 - Dados da análise química do solo PV (2 repetições).

solo	pH H <sub>2</sub> O	C %	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	CTC		v %	relação Ca:Mg:K
									efetiva	pH 7		
-----mg/100g TFSA-----												
PV -A <sub>1</sub> (a)	5,5	0,44	0,02	3,20	0,64	0,07	0,58	2,88	4,49	7,37	53,1	46:9:1
0 s	5,1	0,48	0,02	2,80	0,88	0,10	0,48	2,24	4,26	6,50	58,2	28:9:1
c	5,0	0,62	0,11	3,39	1,61	0,20	0,17	2,23	5,37	7,60	68,4	17:8:1
1 s	4,9	0,60	0,02	2,78	0,90	0,11	0,52	2,24	4,31	6,55	57,9	25:8:1
c	4,9	0,60	0,12	3,51	1,55	0,25	0,17	2,15	5,48	7,63	69,6	14:6:1
2 s	5,0	0,51	0,02	2,70	0,82	0,10	0,52	2,28	4,14	6,42	56,4	27:8:1
c	4,9	0,56	0,10	3,45	1,43	0,25	0,22	2,10	5,35	7,45	68,9	14:6:1
PV -B <sub>2</sub> (a)	5,2	0,26	0,02	2,32	0,80	0,08	7,56	2,66	10,76	12,42	25,8	29:10:1
0 s	4,7	0,39	0,02	1,08	1,87	0,18	7,76	2,40	10,89	13,29	23,6	6:10:1
c	4,3	0,41	0,35	5,78	2,58	0,59	3,04	2,40	11,99	14,39	62,2	10:4:1
1 s	4,6	0,35	0,02	1,12	1,72	0,19	7,72	2,28	10,75	13,03	23,3	6:9:1
c	4,3	0,39	0,32	5,78	2,52	0,58	3,00	2,52	11,88	14,40	61,7	10:4:1
2 s	4,6	0,38	0,03	1,26	1,62	0,18	7,60	2,24	10,66	12,90	23,7	7:9:1
c	4,3	0,41	0,34	5,54	2,72	0,60	3,24	2,28	12,10	14,38	61,6	9:5:1

OBS: (a) - dados coletados antes da montagem do experimento.

0 - 1 - 2 - níveis de compactação.

s (sem) e c (com adubo), sendo coletados após a colheita.

Tabela 7 - Fertilizantes aplicados (kg/ha).

solo	g terra/vaso	CaCO <sub>3</sub>	MgSO <sub>4</sub>	KCl	Supertriplo	Uréia	ZnSO <sub>4</sub>
IR-A <sub>1</sub>	4.047	964	2.402	895	608	89	20
IR-B <sub>2</sub>	3.679	1.897	1.560	565	1.038	89	20
PV -Ap	4.746	796	1.820	598	333	89	20
PV -B <sub>2</sub>	4.194	4.316	3.758	1.068	1.078	89	20

OBS: A uréia (N) foi aplicada 1/3 no plantio e 2/3 trinta dias após.

Quanto à terra foi procurado uniformizar o volume e não o peso entre os tipos de solos.

O CaCO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub> e ZnSO<sub>4</sub> foram produtos p.a.

Tabela 8 - Análise granulométrica, U (%) e superfície específica.

Solo	Argila (%)	Argila natural (%)	Limo (%)	Areia total (%)	U % TFSA	U% amostra natural	Sup. espec. (a) (m <sup>2</sup> /g)
IR-A <sub>1</sub>	64,80	37,47	13,78	21,74	2,7	22,6	95,0
IR-B <sub>2</sub>	72,96	49,20	8,38	18,66	2,5	28,6	98,2
PV -Ap	15,44	0,00	46,88	37,68	1,2	16,6	155,0
PV -B <sub>2</sub>	44,32	25,79	33,37	22,31	4,4	24,1	224,0

OBS: (a) dado complementar informativo (superfície específica) de GROHMANN (1972).

Tabela 9 - Densidades de partícula e de solo, e condutividade hidráulica.

solo	dp g/cm <sup>3</sup>	ds (g/cm <sup>3</sup> )			K <sub>0</sub> (cm/h)					
		natural	TFSA	encharcado	vaso					
					0	1	2	0	1	2
IR-A <sub>1</sub>	2,86	1,21	1,10	1,15	1,14	1,30	1,36	25,943	8,024	1,853
IR-B <sub>2</sub>	3,03	1,09	1,00	1,19	1,10	1,13	1,19	38,721	17,295	7,412
PV -Ap	2,58	1,57	1,29	1,46	1,42	1,49	1,63	2,594	0,746	0,259
PV -B <sub>2</sub>	2,65	1,49	1,14	1,32	1,27	1,47	1,54	15,565	0,055	0,003

OBS: dp - densidade de partícula; ds - densidade do solo; natural - no campo; encharcado - sofreu encharcamento e secamento por 3 vezes; K<sub>0</sub> - condutividade hidráulica saturada; 0, 1 e 2 - níveis de compactação.



Tabela 10 - Energia aplicada na compactação, unidade, número de pancadas.

solo	nível de compactação	resistência inicial (psi)	número de pancadas	unidade de compactação	resistência (psi) à unidade entre 10-20 mbares
LR-A <sub>1</sub>	0	0	0	25%	
	1	125	12		100
	2	250	25		200
LR-B <sub>2</sub>	0	0	0	27%	
	1	125	5		60
	2	250	12		125
PV -A <sub>p</sub>	0	0	0	11%	
	1	125	6		50
	2	250	15		85
PV -B <sub>2</sub>	0	0	0	25%	
	1	125	10		100
	2	250	21		200

OBS: psi = lb/pol<sup>2</sup> = 0,070308 kg/cm<sup>2</sup>. Assim, 125 psi = 8,8 kg/cm<sup>2</sup> e 250 psi = 17,6 kg/cm<sup>2</sup>.

Resistência - oferecida pelo solo após passar a ter uma unidade entre 10-20 mbares de tensão  
 Unidade de compactação (U%) - como sendo a melhor para a máxima compactabilidade da amostra situada entre CC e PMP. Obtida após curva de compactação em diferentes unidades.

Tabela 11 - Distribuição de poros, no LR-A<sub>1</sub>, em função dos níveis de compactação.

Nível de compactação	ds g/cm <sup>3</sup>	E <sub>calc.</sub> %	E <sub>det.</sub> %	Microporos %	Macroporos %	PB %	Macroporos-PB %
0	1,13	60,49	58,32	41,45	19,04	2,17	16,87
	1,15	59,79	58,06	39,99	19,80	1,73	18,07
	1,13	60,49	58,87	39,52	20,97	1,62	19,35
	1,14	60,14	58,77	39,42	20,72	1,37	19,35
Média	1,14	60,23 a	58,51	40,10 b	20,13 a	1,72 ab	18,41
1	1,31	54,20	52,82	43,11	11,09	1,38	9,71
	1,30	54,55	52,60	43,04	11,51	1,95	9,56
	1,29	54,90	53,51	43,50	11,40	1,39	10,01
	1,28	55,24	53,95	43,92	11,32	1,29	10,03
Média	1,30	54,72 b	53,22	43,39 a	11,33 b	1,50 b	9,83
2	1,34	53,15	50,74	44,00	9,15	2,41	6,74
	1,37	52,10	50,08	43,30	8,80	2,02	6,78
	1,35	52,80	49,74	44,15	8,65	3,06	5,59
	1,36	52,45	50,40	43,54	8,91	2,05	6,86
Média	1,36	52,63 c	50,24	43,75 a	8,88 c	2,39 a	6,49

Tabela 12 - Distribuição de poros, no LR-B<sub>2</sub>, em função dos níveis de compactação.

Nível de compactação	ds g/cm <sup>3</sup>	E <sub>calc.</sub> %	E <sub>det.</sub> %	Microporos %	Macroporos %	PB %	Macroporos-PB %
0	1,09	64,03	58,99	35,54	28,48	5,04	23,44
	1,11	63,37	58,76	34,06	28,30	4,61	24,69
	1,10	63,70	57,74	33,36	30,33	5,96	24,37
	1,09	64,03	58,32	34,43	29,59	5,70	23,89
Média	1,10	63,78 a	58,45	34,35 b	29,43 a	5,33 b	24,10
	1,12	63,04	55,78	38,78	24,26	7,24	17,02
	1,12	63,04	55,79	39,62	23,42	7,25	16,17
	1,13	62,71	55,52	38,02	24,69	7,19	17,50
	1,14	62,38	55,38	38,71	23,67	7,00	16,67
Média	1,13	62,79 a	55,62	38,78 a	24,01 b	7,17 a	16,84
2	1,21	60,01	52,57	40,51	19,82	7,44	12,38
	1,20	60,40	52,35	39,47	20,64	8,05	12,59
	1,19	60,73	53,00	40,25	20,51	7,73	12,78
	1,17	61,39	53,56	40,26	21,06	7,83	13,23
Média	1,19	60,63 b	52,87	40,12 a	20,51 c	7,76 a	12,75

Tabela 13 - Distribuição de poros do PV -A<sub>p</sub>, em função dos níveis de compactação.

Nível de compactação	ds g/cm <sup>3</sup>	E <sub>calc.</sub> %	F <sub>det.</sub> %	Microporos %	Macroporos %	PB %	Macroporos-PB %
0	1,42	44,96	43,81	35,83	9,13	1,15	7,98
	1,40	45,74	44,04	35,83	9,91	1,70	8,21
	1,43	44,57	42,48	36,44	8,13	2,09	6,04
	1,41	45,35	44,33	39,52	9,43	1,02	8,41
Média	1,42	45,16 a	43,67	36,01 a	9,15 a	1,49 a	7,66
1	1,50	41,86	40,92	36,69	5,17	0,94	4,23
	1,49	42,25	41,30	36,32	5,93	0,95	4,98
	1,47	43,02	42,09	37,01	6,01	0,93	5,08
	1,49	42,25	41,17	36,02	6,23	1,08	5,15
Média	1,49	42,35 b	41,37	36,51 a	5,84 b	0,97 ab	4,86
2	1,64	36,43	35,87	33,45	2,98	0,56	2,42
	1,62	37,21	37,20	33,72	3,48	0,01	3,48
	1,62	37,21	36,96	33,09	4,12	0,25	3,87
	1,64	36,43	36,24	33,66	2,77	0,19	2,58
Média	1,63	36,82 c	36,57	33,48 b	3,34 c	0,25 b	3,09

Tabela 14 - Distribuição de poros do PV -B<sub>p</sub>, em função dos níveis de compactação.

Nível de compactação	ds g/cm <sup>3</sup>	E <sub>calc.</sub> %	F <sub>det.</sub> %	Microporos %	Macroporos %	PB %	Macroporos-PB %
0	1,25	52,83	47,34	30,68	22,15	5,49	16,67
	1,27	52,08	46,34	31,07	21,01	5,74	15,28
	1,28	51,70	46,16	30,74	20,96	5,54	15,43
	1,26	52,45	47,02	31,23	21,22	5,44	15,79
Média	1,27	52,27 a	46,72	30,93 a	21,34 a	5,55 a	15,79
1	1,46	44,91	39,72	30,17	14,74	5,19	9,55
	1,47	44,53	39,48	30,09	14,44	5,05	9,39
	1,48	44,15	39,34	30,65	13,50	4,81	8,69
	1,45	45,28	39,85	29,60	15,68	5,43	10,25
Média	1,47	44,72 b	39,60	30,13 b	14,59 b	5,12 a	9,47
2	1,56	41,13	36,86	30,53	10,60	4,27	6,33
	1,54	41,89	37,42	31,25	10,64	4,47	6,17
	1,53	42,26	37,42	30,87	11,39	4,84	6,55
	1,53	42,26	38,13	30,62	11,64	4,13	7,51
Média	1,54	41,89 c	37,46	30,82 ab	11,07 c	4,43 b	6,64

Obs.: ds = densidade do solo. E<sub>calc.</sub> = porosidade total calculada. F<sub>det.</sub> = porosidade total determinada.  
dp = densidade de partícula. PB = poros (macroporos) bloqueados.

Tabela 15 - Produção de MS de feijoeiro, em LR-A<sub>1</sub> (g/Vaso).

Nível de compactação	PA (1ª)				PA (2ª)				Raízes (2ª)				Vagens	
	Ts	Tc	Ss	Sc	Ts	Tc	Ss	Sc	Ts	Tc	Ss	Sc	Ss	Sc
0	3,59	2,72	1,52	3,12	5,42	8,52	6,35	9,30	1,81	3,39	1,56	1,83	3,10	4,33
	3,18	3,47	1,44	2,96	5,88	8,37	6,29	9,96	2,64	2,67	1,87	1,65	3,20	5,43
	2,90	3,06	1,80	2,51	5,17	8,17	6,21	9,84	1,80	2,91	1,60	2,02	3,18	3,34
	3,17	2,93	2,02	2,34	5,65	8,38	5,82	9,06	2,42	3,73	1,96	1,64	1,77	4,22
Média	3,21	3,05	1,70	2,73	5,53	8,36	6,17	9,54	2,17	3,18	1,75	1,78	2,81	4,33
1	2,77	3,64	1,91	2,67	5,29	11,21	6,39	11,73	1,39	2,14	2,14	1,76	2,12	5,92
	2,89	4,03	1,64	2,32	5,63	11,05	5,94	11,05	1,77	2,42	1,74	1,61	1,86	5,52
	3,01	3,58	1,60	2,58	5,80	10,71	5,98	10,96	1,46	2,25	1,73	1,50	2,60	5,46
	2,82	4,13	2,07	2,50	5,60	11,03	6,50	12,00	2,07	2,52	1,48	1,84	2,75	5,94
Média	2,87	3,85	1,81	2,52	5,58	11,00	6,20	11,44	1,67	2,33	1,77	1,68	2,43	5,71
2	2,91	4,10	1,89	2,16	5,26	10,01	5,81	10,57	1,38	2,07	1,56	1,67	2,17	4,64
	2,41	4,55	1,92	2,36	5,90	9,48	6,31	11,31	1,52	2,17	1,69	1,65	2,81	5,48
	2,87	4,88	2,06	2,48	5,76	9,69	6,23	10,85	1,78	2,58	1,90	1,79	1,97	5,37
	2,78	4,03	1,79	2,16	5,83	9,27	6,48	10,66	1,86	2,04	1,77	1,40	2,74	4,64
Média	2,74	4,39	1,90	2,29	5,69	9,61	6,21	10,85	1,64	2,21	1,73	1,63	2,42	5,04

Tabela 16 - Produção de MS de feijoeiro em LR-B<sub>1</sub> (g/vaso).

Nível de compactação	PA (1ª)				PA (2ª)				Raízes				Vagens	
	Ts	Tc	Ss	Sc	Ts	Tc	Ss	Sc	Ts	Tc	Ss	Sc	Ss	Sc
0	2,16	2,69	1,63	1,99	4,30		6,21		1,14	1,03	1,27	0,83	1,49	2,61
	1,92	2,10	1,79	1,66	4,44		7,21		1,06	1,23	1,44	1,73	-	3,26
	2,21	2,60	1,71	1,37	5,08		7,12		0,98	1,00	1,25	1,15	1,60	4,28
	2,04	1,88	1,70	1,27	4,69		6,64		1,02	1,07	1,26	1,18	-	3,80
Média	2,08	2,32	1,68	1,57	4,63		6,80		1,05	1,08	1,30	1,22	1,55	3,49
1	1,88	2,21	1,37	1,54	5,60		5,98		0,78	1,09	0,99	1,01	-	1,34
	1,54	1,91	1,60	1,62	5,42		6,19		0,65	1,05	0,84	1,35	0,52	1,49
	1,62	2,11	1,51	1,37	5,54		5,86		0,65	1,29	1,23	1,11	0,38	1,40
	1,90	1,69	1,62	1,50	5,16		6,07		0,88	1,33	1,14	1,30	0,66	-
Média	1,73	1,98	1,52	1,51	5,43		6,03		0,74	1,19	1,05	1,19	1,32	3,23
2	1,40	2,08	1,39	1,75	6,15		5,41		0,78	1,52	1,18	1,44	0,53	2,45
	1,53	1,58	1,33	1,59	6,72		5,53		0,65	1,17	0,89	1,15	0,92	3,56
	1,50	1,41	1,56	1,13	6,65		5,38		0,51	1,24	0,84	0,65	1,42	2,61
	1,46	2,16	1,61	1,29	6,32		5,89		0,58	1,13	0,94	1,38	1,54	3,05
Média	1,47	1,81	1,47	1,44	6,46		5,55		0,63	1,27	0,96	1,16	1,10	2,92

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada, 1 planta/vaso;  
 2ª = colheita final, 2 plantas/vaso. O peso das vagens está incluído em PA (2ª). T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/sem adubo

Tabela 17 - Produção de MS de feijoeiro em PV<sup>1</sup>-A<sub>p</sub> (g/vaso).

Nível de compactação	PA (1ª)						PA (2ª)						Raízes (2ª)						Vagens																																																													
	Ts		Tc		Ss		Sc		Ts		Tc		Ss		Sc		Ts		Tc		Ss		Sc																																																									
0	1,31	3,45	1,75	3,35	3,12	7,64	3,63	8,23	1,19	1,72	1,14	1,52	1,29	-	1,62	3,47	1,70	3,28	1,45	3,63	2,87	7,96	4,18	7,60	1,17	1,30	1,15	1,18	-	0,88	1,90	3,31	1,29	3,61	2,09	3,14	2,82	7,35	3,60	8,09	1,30	1,23	1,10	1,29	-	-	1,31	3,52	1,74	3,18	1,46	3,29	2,59	8,04	4,12	7,61	1,00	1,36	1,32	1,12	-	0,40	1,88	3,36	1,51	3,38	1,69	3,35	2,85	7,75	3,88	7,88	1,16	1,40	1,18	1,28	1,29	0,64	1,68	3,42
1	1,19	2,55	1,50	2,14	3,24	7,18	2,68	7,28	1,02	1,01	1,30	0,79	-	0,19	-	3,28	1,29	2,77	1,41	2,74	2,74	7,12	2,91	7,73	0,78	1,37	0,85	1,04	-	0,35	0,81	2,78	1,40	3,16	1,22	2,74	2,65	7,61	2,79	7,89	1,05	0,94	1,05	1,07	0,72	0,39	-	2,06	1,34	3,24	1,15	2,63	2,45	8,09	2,61	8,34	1,26	0,88	1,30	0,82	-	0,24	0,58	1,62	1,31	2,93	1,32	2,56	2,77	7,50	2,75	7,81	1,03	1,05	1,12	0,93	0,72	0,69	0,70	3,14
Média	1,26	2,44	1,18	2,57	2,17	7,75	2,55	7,90	0,90	1,03	1,31	0,77	-	0,31	0,76	3,04	1,29	2,54	1,31	2,39	2,80	7,32	2,14	7,59	0,89	0,76	1,05	0,60	-	1,19	0,65	3,79	1,12	2,51	1,27	2,27	2,66	7,38	2,19	7,46	0,85	0,91	1,02	0,54	-	-	0,54	3,05	1,40	2,55	1,20	2,54	2,82	7,10	2,54	7,81	0,67	0,73	1,07	0,85	0,54	0,62	-	2,43	1,27	2,51	1,24	2,44	2,61	7,39	2,36	7,69	0,83	0,86	1,11	0,69	0,54	0,71	0,65	3,08
2	1,27	2,51	1,24	2,44	2,61	7,39	2,36	7,69	0,83	0,86	1,11	0,69	0,54	0,71	0,65	3,08																																																																

Tabela 18 - Produção de MS de feijoeiro em PV<sup>1</sup>-B<sub>2</sub> (g/vaso).

Nível de compactação	PA (1ª)						PA (2ª)						Raízes (1ª)						Vagens																					
	Ts		Tc		Ss		Sc		Ts		Tc		Ss		Sc		Ts		Tc		Ss		Sc																	
0	0,24	0,33	0,36	0,77	0,16	0,09	0,18	0,18	0,18	0,39	0,30	0,55	0,17	0,17	0,26	0,17	0,24	0,22	0,36	0,28	0,19	0,09	0,20	0,19	0,24	0,48	0,39	0,57	0,20	0,05	0,32	0,21	0,23	0,36	0,35	0,54	0,18	0,10	0,24	0,19
Média	0,57	0,60	0,45	0,43	0,26	0,14	0,22	0,15	0,39	0,24	0,50	0,41	0,20	0,18	0,25	0,07	0,24	0,22	0,39	0,82	0,19	0,07	0,23	0,15	0,42	0,42	0,42	0,53	0,23	0,07	0,30	0,26	0,41	0,37	0,44	0,55	0,22	0,12	0,25	0,16
1	0,36	0,48	0,57	0,33	0,21	0,07	0,27	0,06	0,27	0,27	0,42	0,71	0,15	0,12	0,28	0,17	0,24	0,24	0,63	0,27	0,17	0,18	0,32	0,17	0,36	0,18	0,45	0,96	0,20	0,05	0,19	0,12	0,31	0,29	0,52	0,57	0,18	0,11	0,27	0,13
2	0,31	0,29	0,52	0,57	0,18	0,11	0,27	0,13																																

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita de 3 plantas/vaso na 2ª semana após plantio, devido à morte das plantas. T = Rico Tardo; S = Arbana. s/c = sem/sem adulto.

Tabela 19 - Teores de N (%) na MS de feijoeiro, em IR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes (a)			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	2,39	3,03	2,35	2,33	2,56	2,18	2,13	2,21	2,52	2,92	2,45	2,70
	2,59	2,63	2,67	2,43	2,50	2,28	2,13	1,95				
	2,99	2,79	2,42	2,60	2,67	2,39	2,53	2,03	2,63	2,90	2,50	2,75
	2,60	2,86	2,39	2,73	2,53	2,18	2,56	2,30				
Média	2,64	2,83	2,46	2,52	2,57	2,26	2,34	2,12	2,58	2,91	2,48	2,73
1	3,30	2,63	2,80	2,63	2,66	1,89	2,42	2,29	2,49	2,66	2,53	2,60
	2,77	2,53	2,94	2,72	2,69	2,06	2,56	2,21				
	2,55	2,66	2,96	2,69	2,32	1,95	2,50	2,16	2,32	2,62	2,50	2,57
	3,02	2,25	2,50	2,70	2,42	1,91	2,38	2,32				
Média	2,91	2,52	2,80	2,69	2,52	1,95	2,47	2,25	2,41	2,64	2,52	2,59
2	2,90	2,33	2,62	2,67	2,53	1,95	2,30	2,32	2,01	2,83	2,60	2,32
	3,12	2,42	2,52	2,55	2,22	2,28	2,25	2,39				
	2,89	1,93	2,52	2,38	2,49	1,99	2,30	2,45	2,49	2,65	2,52	2,19
	3,06	2,45	2,75	2,55	2,46	2,02	1,99	2,23				
Média	2,99	2,28	2,60	2,54	2,43	2,06	2,21	2,35	2,25	2,74	2,56	2,26

Tabela 20 - Teores de N (%) na MS de feijoeiro, em IR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	1,78	2,67	2,26	2,66	2,45			2,45	2,53	2,26	2,19	2,25
	2,12	2,89	1,79	2,97	2,45			2,26				
	1,79	2,83	1,88	2,80	2,28			2,21	2,32	2,25	2,30	2,33
	1,75	2,97	2,09	3,06	2,33			2,33				
Média	1,86	2,79	2,01	2,87	2,38			2,31	2,43	2,26	2,25	2,29
1	2,35	2,39	2,89	2,35	2,23			2,12	2,35	2,57	2,38	2,39
	2,59	2,58	2,07	2,33	2,19			2,06				
	2,49	2,44	2,14	2,39	2,43			2,15	2,53	2,61	2,65	2,38
	2,10	2,59	2,06	2,35	2,52			2,10				
Média	2,40	2,50	2,29	2,36	2,34			2,11	2,44	2,59	2,52	2,39
2	2,39	2,42	1,96	1,43	1,66			2,11	2,28	2,45	2,26	2,35
	2,22	2,49	1,98	1,88	1,59			1,98				
	2,28	2,46	1,99	2,05	1,82			2,23	2,50	2,45	2,36	2,32
	2,35	2,38	1,91	1,44	1,92			1,89				
Média	2,31	2,44	1,96	1,70	1,75			2,05	2,39	2,45	2,31	2,34

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 21 - Teores de N(%) na MS de feijoeiro, em PV -Ap.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	2,92	1,58	2,23	1,95	2,22	1,89	2,49	1,75	2,25	2,42	2,66	2,29
	2,53	1,79	2,38	1,82	2,32	1,54	2,12	1,96				
	3,26	1,56	2,02	2,15	2,43	1,96	2,35	1,95	2,56	2,37	2,62	2,08
	2,35	1,78	2,32	1,99	2,55	1,54	2,23	2,03				
Média	2,77	1,68	2,24	1,98	2,38	1,73	2,30	1,92	2,41	2,40	2,64	2,19
1	3,30	2,64	3,03	2,84	2,75	2,28	3,07	2,40	2,45	2,36	2,38	2,13
	3,20	2,20	3,20	2,40	3,06	2,33	2,92	2,27				
	2,90	2,19	3,43	2,42	3,16	2,25	3,12	2,35	2,66	2,22	2,46	2,96
	2,99	2,17	3,24	2,56	3,39	2,10	3,10	1,83				
Média	3,10	2,30	3,23	2,56	3,09	2,24	2,28	2,21	2,56	2,29	2,42	2,05
2	3,02	2,30	3,26	1,89	3,29	1,81	2,82	1,88	2,39	2,02	2,26	1,99
	3,23	2,02	2,65	1,99	2,94	2,06	3,30	2,13				
	3,17	2,16	2,72	2,03	2,93	1,99	3,04	2,06	2,25	2,50	2,45	2,08
	2,79	2,11	3,18	1,91	2,89	2,02	2,42	2,05				
Média	3,03	2,15	2,95	1,96	3,01	1,97	2,90	2,03	2,32	2,26	2,36	2,04

Tabela 22 - Teores de N(%) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	2,23	3,14	3,83	2,79					2,66	2,20	2,42	1,78
	2,83	3,44	3,98	3,00					2,49	1,85	2,49	1,82
Média	2,53	3,29	3,91	2,90					2,58	2,03	2,46	1,80
1	2,42	3,40	4,19	3,53					2,48	2,32	2,63	1,85
	3,20	3,95	3,53	3,36					2,69	1,82	2,49	2,13
Média	2,81	3,68	3,86	3,45					2,59	2,07	2,56	1,99
2	3,14	3,70	2,13	3,77					2,35	2,65	2,43	2,01
	3,29	4,14	2,87	3,68					2,49	2,35	2,43	1,72
Média	3,22	3,92	2,50	3,73					2,42	2,50	2,43	1,87

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/om adubo.  
(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 23 - Teores de P(i) na MS de feijoeiro, em LR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	0,18	0,26	0,23	0,25	0,32	0,29	0,22	0,33	0,21	0,32	0,18	0,27
	0,20	0,25	0,24	0,27	0,27	0,30	0,26	0,29				
	0,23	0,26	0,23	0,26	0,33	0,32	0,25	0,29	0,22	0,32	0,20	0,24
	0,19	0,26	0,22	0,28	0,28	0,29	0,29	0,31				
Média	0,20	0,26	0,23	0,27	0,30	0,30	0,26	0,31	0,22	0,32	0,19	0,26
1	0,23	0,23	0,26	0,26	0,32	0,27	0,28	0,26	0,23	0,32	0,23	0,23
	0,21	0,23	0,27	0,30	0,30	0,28	0,31	0,29				
	0,20	0,24	0,29	0,29	0,28	0,30	0,33	0,30	0,27	0,31	0,19	0,22
	0,20	0,23	0,25	0,27	0,30	0,31	0,28	0,26				
Média	0,21	0,23	0,27	0,28	0,30	0,29	0,30	0,28	0,25	0,32	0,21	0,23
2	0,16	0,22	0,21	0,25	0,38	0,29	0,32	0,31	0,24	0,31	0,20	0,25
	0,19	0,22	0,22	0,25	0,34	0,28	0,31	0,27				
	0,18	0,19	0,20	0,23	0,32	0,31	0,30	0,32	0,24	0,28	0,22	0,21
	0,19	0,24	0,23	0,25	0,33	0,32	0,29	0,30				
Média	0,18	0,22	0,22	0,25	0,34	0,30	0,31	0,30	0,24	0,30	0,21	0,23

Tabela 24 - Teores de P(%) na MS de feijoeiro, em LR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	0,11	0,17	0,14	0,13	0,35		0,26		0,15	0,23	0,15	0,22
	0,12	0,24	0,11	0,14	0,34		0,24					
	0,09	0,20	0,11	0,15	0,29		0,25		0,15	0,21	0,15	0,20
	0,11	0,22	0,13	0,15	0,32		0,25					
Média	0,11	0,21	0,12	0,14	0,33		0,25		0,15	0,22	0,15	0,21
1	0,13	0,17	-	0,23	0,26		0,32		0,14	0,29	0,15	0,25
	0,15	0,24	0,12	0,23	0,32		0,30					
	0,13	0,18	-	0,24	0,27		0,31		0,17	0,24	0,16	0,28
	0,12	0,26	0,14	0,23	0,30		0,30					
Média	0,13	0,21	0,13	0,23	0,29		0,31		0,16	0,27	0,16	0,27
2	0,14	0,19	0,14	0,18	0,27		0,26		0,15	0,27	0,16	0,23
	0,13	0,19	0,14	0,20	0,22		0,27					
	0,13	0,20	0,13	0,26	0,23		0,30		0,16	0,24	0,19	0,20
	0,14	0,17	0,13	0,23	0,26		0,24					
Média	0,14	0,19	0,14	0,22	0,25		0,27		0,16	0,26	0,18	0,22

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Arcena. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).



Tabela 25 - Teores de P(%) na MS do feijoeiro, em PV -Ap.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	0,13	0,26	0,11	0,23	0,15	0,29	0,17	0,24	0,16	0,28	0,16	0,21
	0,11	0,26	0,12	0,23	0,18	0,27	0,15	0,28				
	0,15	0,25	0,11	0,26	0,16	0,29	0,17	0,25	0,16	0,26	0,18	0,20
	0,12	0,27	0,12	0,24	0,18	0,28	0,16	0,32				
Média	0,13	0,26	0,12	0,24	0,17	0,28	0,16	0,27	0,16	0,27	0,17	0,21
1	0,15	0,29	0,12	0,30	0,14	0,34	0,15	0,31	0,15	0,29	0,18	0,24
	0,13	0,28	0,13	0,25	0,15	0,35	0,11	0,30				
	0,12	0,25	0,13	0,26	0,15	0,29	0,12	0,27	0,18	0,31	0,17	0,22
	0,12	0,25	0,13	0,26	0,16	0,28	0,17	0,27				
Média	0,13	0,27	0,13	0,27	0,15	0,32	0,14	0,29	0,17	0,30	0,14	0,23
2	0,14	0,31	0,13	0,26	0,16	0,30	0,08	0,25	0,17	0,24	0,15	0,22
	0,13	0,24	0,09	0,17	0,15	0,34	0,13	0,31				
	0,14	0,29	0,12	0,27	0,16	0,30	0,11	0,35	0,17	0,29	0,17	0,22
	0,11	0,25	0,12	0,26	0,14	0,34	0,11	0,30				
Média	0,13	0,27	0,12	0,27	0,15	0,32	0,11	0,30	0,17	0,27	0,16	0,22

Tabela 26 - Teores de P(%) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	0,31	-	0,37	0,25							0,24	
	0,25	0,33	0,33	0,29							0,20	
Média	0,28	0,33	0,35	0,27							0,22	
1	0,27	0,32	0,35	-							0,22	
	0,31	0,34	0,28	0,32							0,21	
Média	0,29	0,33	0,32	0,32							0,22	
2	0,32	0,30	0,17	-							0,24	
	0,33	-	0,22	0,28							0,22	
Média	0,33	0,30	0,20	0,28							0,23	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.  
(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 27 - Teores de K(%) na MS de feijoeiro, em IR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	1,64	2,83	2,38	3,13	2,05	3,35	1,74	3,00	0,25	1,93	0,14	0,59
	1,76	2,71	2,69	3,15	1,78	3,48	1,80	2,49				
	1,88	2,77	2,24	3,22	2,17	3,50	1,88	2,98	0,28	1,81	0,13	0,22
	1,75	2,79	2,17	3,27	2,06	3,42	2,09	3,22				
Média	1,76	2,78	2,37	3,19	2,02	3,44	1,88	2,90	0,27	1,87	0,14	0,41
1	2,04	2,79	2,38	3,06	2,01	2,55	1,82	2,57	0,40	1,74	0,21	0,62
	1,82	2,75	2,44	3,60	1,96	2,75	1,91	2,76				
	1,81	2,90	2,76	3,23	1,81	2,81	1,84	2,89	0,48	1,48	0,18	0,23
	1,90	2,66	2,32	3,52	1,99	2,91	1,82	2,17				
Média	1,90	2,78	2,48	3,35	1,94	2,76	1,85	2,60	0,44	1,61	0,20	0,43
2	1,94	2,54	2,15	3,12	1,87	2,75	1,94	3,03	0,34	0,74	0,13	0,29
	2,37	2,46	2,34	3,07	1,56	3,37	1,80	2,71				
	1,90	2,08	2,42	3,05	1,78	2,91	1,62	2,89	0,29	0,74	0,27	0,66
	2,00	2,57	2,21	3,17	1,62	3,40	1,59	2,88				
Média	2,05	2,41	2,28	3,10	1,71	3,11	1,79	2,88	0,32	0,74	0,20	0,48

Tabela 28 - Teores de K(%) na MS de feijoeiro, em LR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	1,28	2,05	2,05	2,71		3,15		2,94	0,80	0,44	0,69	0,70
	1,58	2,66	1,65	2,83		2,82		2,30				
	1,34	2,36	1,88	2,82		2,56		2,43	0,84	0,22	0,83	0,16
	1,42	2,69	1,87	3,52		2,70		2,74				
Média	1,41	2,44	1,86	2,97		2,81		2,60	0,82	0,33	0,76	0,43
1	1,81	2,83	-	3,40		3,36		2,79	0,53	0,58	0,65	0,33
	1,91	2,90	2,12	3,31		3,52		2,52				
	1,88	2,94	-	3,49		3,47		2,99	1,15	0,33	0,72	0,41
	1,58	3,02	1,97	3,42		3,77		2,82				
Média	1,80	2,92	2,05	3,41		3,53		2,78	0,84	0,46	0,69	0,37
2	1,58	2,52	1,77	2,57		2,71		2,21	0,61	0,52	0,40	0,15
	1,41	2,56	1,77	2,62		2,31		2,23				
	1,45	2,62	1,75	2,91		2,42		2,28	0,67	0,30	0,43	0,28
	1,55	2,28	1,70	2,26		2,51		2,18				
Média	1,50	2,50	1,75	2,69		2,49		2,23	0,64	0,41	0,42	0,22

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Arcoana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>1</sub>).

Tabela 29 - Teores de K(%) na MS de feijoeiro, em PV -Ap.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	1,57	2,99	1,40	2,92	1,57	3,09	1,63	2,54	0,37	0,62	0,26	0,26
	1,56	2,94	1,46	2,85	1,70	2,73	1,50	3,40				
	1,57	2,92	1,32	3,10	1,79	3,11	1,70	2,76	0,54	0,40	0,22	0,24
	1,30	3,08	1,54	2,93	1,80	2,64	1,56	3,25				
Média	1,50	2,98	1,43	2,95	1,72	2,89	1,60	2,99	0,46	0,51	0,24	0,25
1	1,41	3,26	1,67	3,10	1,49	3,53	1,81	3,41	0,46	0,56	0,38	0,27
	1,36	3,22	1,67	2,53	1,52	3,64	1,56	3,32				
	1,33	2,87	1,70	2,66	1,53	3,59	1,62	3,25	0,43	0,56	0,39	0,32
	1,36	2,87	1,79	3,02	1,78	3,24	1,81	2,95				
Média	1,37	3,06	1,71	2,83	1,58	3,50	1,70	3,23	0,45	0,56	0,39	0,30
2	1,01	2,73	1,54	2,28	1,43	2,68	1,46	2,66	0,47	0,62	0,29	0,26
	0,98	2,45	1,13	2,40	1,33	2,84	1,61	2,73				
	1,35	2,71	1,38	2,43	1,34	2,81	1,60	2,86	0,44	0,53	0,29	0,41
	0,98	2,64	1,79	2,38	1,29	2,98	1,52	2,66				
Média	1,08	2,63	1,46	2,37	1,35	2,83	1,55	2,74	0,45	0,58	0,29	0,34

Tabela 30 - Teores de K(%) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	1,79	-	1,91	3,04							1,57	
	2,58	3,44	2,10	3,56							2,00	
Média	2,19	3,44	2,01	3,30							1,79	
1	3,09	4,99	2,38	-							2,13	
	2,45	4,74	2,11	4,80							2,49	
Média	2,77	4,87	2,25	4,80							2,31	
2	2,51	4,43	1,73	-							2,13	
	2,31	-	2,25	4,01							2,15	
Média	2,41	4,43	1,99	4,01							2,14	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.  
(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B).

Tabela 31 - Teores de Ca (%) na MS de feijoeiro, em IR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	1,41	1,36	1,38	1,24	2,47	1,85	1,23	1,61	1,46	1,17	1,79	1,41
	1,54	1,32	1,41	1,30	2,37	2,13	1,32	1,44				
	1,56	1,34	1,33	1,31	2,52	2,18	1,42	1,49	1,53	1,12	2,07	1,30
	1,59	1,34	1,30	1,34	2,38	2,00	1,56	1,76				
Média	1,53	1,34	1,36	1,30	2,43	2,04	1,38	1,58	1,50	1,15	1,93	1,36
1	1,76	1,59	1,61	1,49	2,51	1,68	1,48	1,61	1,51	1,13	1,79	1,24
	1,62	1,46	1,49	1,78	2,32	1,86	1,81	1,90				
	1,62	1,51	1,69	1,47	2,48	1,95	1,68	1,92	1,44	1,21	1,76	1,17
	1,67	1,35	1,41	1,59	2,42	1,81	1,43	1,50				
Média	1,67	1,48	1,55	1,58	2,43	1,83	1,60	1,73	1,48	1,17	1,78	1,21
2	1,70	1,54	1,84	1,67	2,49	1,88	1,71	2,33	1,37	1,12	1,83	1,26
	1,84	1,51	1,82	1,67	2,31	1,98	1,60	1,94				
	1,79	1,41	1,78	1,57	2,31	1,96	1,69	1,95	1,42	1,21	1,67	1,12
	1,76	1,67	1,79	1,63	2,37	1,98	1,54	2,05				
Média	1,77	1,53	1,81	1,64	2,41	1,95	1,64	2,07	1,40	1,17	1,75	1,19

Tabela 32 - Teores de Ca (%) na MS de feijoeiro, em IR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	1,50	1,38	1,61	1,61	2,49			1,53	0,93	1,15	1,41	1,45
	1,75	1,37	1,35	1,61	2,33			1,27				
	1,46	1,59	1,46	1,68	2,14			1,39	1,04	1,10	1,55	1,33
	1,69	1,65	1,58	1,75	2,25			1,47				
Média	1,60	1,50	1,50	1,66	2,30			1,42	0,99	1,13	1,48	1,39
1	1,73	1,41	-	1,45	2,18			1,50	1,00	1,48	1,45	1,83
	1,91	1,65	2,08	1,35	2,25			1,39				
	1,77	1,60	-	1,54	2,22			1,57	1,10	1,51	1,70	2,23
	1,62	1,67	1,89	1,46	2,31			1,50				
Média	1,76	1,58	1,99	1,45	2,24			1,49	1,05	1,50	1,58	2,03
2	2,17	1,70	1,66	1,43	2,24			1,58	1,02	1,46	1,81	1,91
	1,81	1,61	1,75	1,59	1,98			1,49				
	1,89	1,83	1,78	1,60	1,93			1,63	1,15	1,36	1,52	1,81
	1,99	1,50	1,62	1,54	2,00			1,37				
Média	1,97	1,66	1,70	1,54	2,04			1,52	1,09	1,41	1,67	1,86

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 33 - Teores de Ca (%) na MS de feijoeiro, em PV -A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	1,20	1,32	0,97	1,19	1,76	2,07	1,17	1,29	1,97	1,24	1,14	1,10
	1,20	1,40	1,01	1,08	1,95	2,00	1,03	1,44				
	1,21	1,22	0,85	1,32	1,97	2,24	1,17	1,26	1,03	1,35	1,09	1,98
	1,18	1,49	0,94	1,21	1,97	1,95	1,17	1,31				
Média	1,20	1,36	0,94	1,20	1,91	2,07	1,14	1,33	1,00	1,30	1,12	1,04
1	1,34	1,85	1,13	1,42	1,76	2,16	1,24	1,85	0,95	1,41	1,35	1,14
	1,34	1,70	1,18	1,26	1,88	2,45	1,19	1,73				
	1,20	1,66	1,25	1,16	1,95	2,14	1,28	1,54	1,07	1,53	1,31	1,00
	1,30	1,62	1,33	1,32	2,17	1,98	1,47	1,40				
Média	1,30	1,71	1,22	1,29	1,94	2,18	1,30	1,63	1,01	1,47	1,33	1,07
2	1,41	1,50	1,44	1,19	2,31	1,86	1,52	1,35	1,25	1,29	1,30	1,15
	1,31	1,41	0,90	1,24	2,04	2,24	1,60	1,63				
	1,32	1,44	1,33	1,28	2,24	2,07	1,55	1,64	1,25	1,51	1,26	1,19
	1,23	1,33	1,35	1,21	2,06	2,29	1,56	1,55				
Média	1,32	1,42	1,26	1,23	2,16	2,12	1,56	1,54	1,25	1,40	1,28	1,23

Tabela 34 - Teores de Ca (%) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	0,33	-	0,26	0,89							0,30	
	0,50	1,01	0,24	1,01							0,28	
Média	0,42	1,01	0,25	0,95							0,29	
1	0,47	1,43	0,23	-							0,30	
	0,42	1,34	0,28	0,96							0,30	
Média	0,45	1,39	0,26	0,96							0,30	
2	0,45	1,27	0,30	-							0,39	
	0,44	-	0,47	0,91							0,35	
Média	0,45	1,27	0,39	0,91							0,37	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.  
(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA, em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 35 - Teores de Mg(%) na MS de feijoeiro, em IR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	0,35	0,42	0,42	0,39	0,66	0,55	0,39	0,44	0,18	0,24	0,15	0,18
	0,42	0,39	0,46	0,42	0,62	0,65	0,38	0,38				
	0,42	0,41	0,41	0,42	0,68	0,67	0,39	0,46	0,20	0,23	0,15	0,17
	0,40	0,41	0,39	0,44	0,63	0,59	0,46	0,48				
Média	0,40	0,41	0,42	0,42	0,65	0,62	0,41	0,44	0,19	0,24	0,15	0,18
1	0,46	0,49	0,48	0,51	0,69	0,54	0,46	0,46	0,27	0,27	0,22	0,20
	0,44	0,47	0,50	0,54	0,64	0,61	0,50	0,53				
	0,42	0,52	0,53	0,51	0,63	0,63	0,48	0,56	0,28	0,25	0,19	0,19
	0,41	0,43	0,48	0,53	0,66	0,61	0,42	0,41				
Média	0,43	0,48	0,50	0,52	0,66	0,60	0,47	0,49	0,28	0,26	0,21	0,20
2	0,43	0,53	0,50	0,53	0,75	0,60	0,49	0,64	0,24	0,29	0,20	0,21
	0,50	0,49	0,50	0,50	0,64	0,62	0,48	0,52				
	0,44	0,46	0,50	0,49	0,71	0,69	0,50	0,59	0,27	0,24	0,20	0,18
	0,48	0,54	0,54	0,52	0,74	0,63	0,44	0,58				
Média	0,46	0,51	0,51	0,51	0,71	0,64	0,48	0,58	0,26	0,26	0,20	0,19

Tabela 36 - Teores de Mg(%) na MS de feijoeiro, em IR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	0,33	0,28	0,40	0,40	0,55		0,38		0,23	0,16	0,19	0,14
	0,35	0,29	0,37	0,41	0,50		0,32					
	0,32	0,29	0,40	0,41	0,40		0,31		0,22	0,15	0,20	0,13
	0,35	0,35	0,40	0,41	0,43		0,37					
Média	0,34	0,30	0,39	0,41	0,47		0,35		0,23	0,16	0,20	0,14
1	0,35	0,29	-	0,34	0,43		0,36		0,17	0,18	0,20	0,16
	0,36	0,30	0,38	0,33	0,44		0,33					
	0,36	0,29	-	0,37	0,42		0,39		0,24	0,19	0,24	0,19
	0,34	0,33	0,39	0,34	0,47		0,35					
Média	0,35	0,30	0,39	0,35	0,44		0,36		0,21	0,19	0,22	0,18
2	0,44	0,31	0,40	0,34	0,42		0,34		0,19	0,21	0,15	0,15
	0,40	0,32	0,42	0,35	0,37		0,38					
	0,40	0,35	0,41	0,36	0,39		0,34		0,22	0,18	0,17	0,17
	0,43	0,29	0,38	0,36	0,39		0,32					
Média	0,42	0,32	0,40	0,35	0,39		0,35		0,21	0,20	0,16	0,16

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 37 - Teores de Mg(%) na MS de feijoeiro, em PV -Ap.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	0,37	0,41	0,31	0,40	0,49	0,60	0,40	0,41	0,26	0,27	0,21	0,22
	0,35	0,42	0,32	0,39	0,49	0,59	0,37	0,45				
	0,36	0,40	0,30	0,48	0,51	0,64	0,38	0,40	0,29	0,26	0,21	0,20
	0,30	0,43	0,31	0,42	0,56	0,60	0,38	0,44				
Média	0,35	0,42	0,31	0,42	0,51	0,60	0,38	0,43	0,28	0,27	0,21	0,21
1	0,45	0,69	0,40	0,48	0,46	0,73	0,40	0,54	0,27	0,31	0,28	0,21
	0,41	0,61	0,43	0,44	0,51	0,78	0,37	0,52				
	0,37	0,58	0,43	0,46	0,57	0,71	0,39	0,44	0,26	0,36	0,26	0,21
	0,40	0,60	0,46	0,47	0,59	0,70	0,49	0,44				
Média	0,41	0,62	0,43	0,46	0,53	0,73	0,41	0,49	0,27	0,34	0,27	0,21
2	0,46	0,54	0,50	0,47	0,65	0,71	0,45	0,44	0,41	0,33	0,29	0,27
	0,44	0,52	0,47	0,49	0,57	0,75	0,54	0,53				
	0,46	0,54	0,47	0,50	0,63	0,75	0,47	0,58	0,41	0,38	0,29	0,30
	0,38	0,51	0,49	0,47	0,55	0,78	0,45	0,54				
Média	0,44	0,53	0,48	0,48	0,60	0,75	0,48	0,52	0,41	0,36	0,29	0,28

Tabela 38 - Teores de Mg(%) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	0,46	-	0,33	0,37							0,23	
	0,31	0,37	0,33	0,38							0,20	
Média	0,39	0,37	0,33	0,38							0,22	
1	0,37	0,52	0,36	-							0,18	
	0,45	0,49	0,38	0,43							0,21	
Média	0,41	0,51	0,37	0,43							0,20	
2	0,47	0,48	0,33	-							0,26	
	0,44	-	0,37	0,40							0,27	
Média	0,46	0,48	0,35	0,40							0,27	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA. ex. PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 39 - Teores de Zn (ppm) na MS de feijoeiro, em IR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes (a)			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	27	31	47	30	64	36	37	38	85	109	83	108
	35	28	49	31	57	37	39	36				
	36	28	44	32	71	39	40	36	93	109	81	90
	33	30	43	35	57	37	49	38				
Média	33	29	46	32	63	37	41	37	89	109	82	99
1	35	31	46	35	74	31	40	35	106	113	71	99
	34	27	49	39	71	37	42	35				
	32	33	51	36	59	41	46	35	84	120	87	109
	35	27	42	36	64	34	40	34				
Média	34	30	47	37	67	36	42	35	95	117	79	104
2	30	31	44	36	77	35	43	36	84	121	64	104
	37	30	37	37	50	39	40	34				
	30	26	36	33	63	36	41	36	66	145	78	122
	38	33	44	40	55	40	39	37				
Média	34	30	40	37	61	38	41	36	75	133	71	113

Tabela 40 - Teores de Zn (ppm) na MS de feijoeiro, em IR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	23	20	33	23			35	33	113	67	66	69
	27	21	25	30			33	23				
	23	20	29	40			29	29	85	56	81	76
	25	24	42	42			33	29				
Média	25	21	32	31			33	29	99	62	74	73
1	29	26	-	42			32	31	105	90	67	72
	43	26	32	38			34	30				
	42	26	-	44			34	37	82	72	73	81
	23	30	32	40			40	32				
Média	34	27	32	41			35	33	94	81	70	77
2	40	23	36	26			26	30	98	79	70	63
	21	23	39	36			22	26				
	32	24	30	46			24	32	80	55	68	65
	37	23	23	40			25	26				
Média	33	23	32	37			24	29	89	67	69	64

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Arouca. s/c = sem/com adubo.  
(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV B.).



Tabela 41 - Teores de Zn (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	41	47	42	41	54	64	51	53	108	147	127	117
	40	52	50	40	62	65	41	64				
	47	45	40	52	60	66	55	69	115	149	133	106
	37	48	45	46	61	64	54	58				
Média	41	48	44	45	64	65	50	59	112	148	130	112
1	48	46	48	55	61	60	62	60	114	134	145	115
	48	45	51	48	62	62	56	56				
	42	44	59	43	70	52	58	53	107	143	123	141
	40	42	57	50	85	52	64	51				
Média	45	44	54	49	70	57	60	55	111	139	134	128
2	50	46	54	43	61	50	53	49	94	131	116	131
	43	39	37	44	60	57	62	54				
	58	42	45	44	59	53	55	58	94	139	101	135
	41	38	54	42	58	59	53	51				
Média	48	41	48	43	60	55	56	53	94	135	109	133

Tabela 42 - Teores de Zn (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	71	-	42	53							89	
	57	67	48	75							74	
Média	64	67	45	64							82	
1	46	68	53	-							90	
	65	69	43	56							92	
Média	56	69	48	56							91	
2	46	67	35	-							98	
	57	-	43	56							104	
Média	52	67	39	56							101	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 43 - Teores de B (ppm) na MS de feijoeiro, em LR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	28	29	31	24	50	39	29	30	14	8	11	9
	31	29	32	26	43	41	28	25				
	31	29	29	27	54	43	30	29	15	7	10	13
	29	31	29	31	49	42	32	33				
Média	30	30	30	27	52	41	30	29	15	8	11	11
1	35	34	35	27	50	30	38	27	14	8	10	10
	33	33	36	31	48	32	41	28				
	31	36	37	30	45	35	40	28	11	8	10	9
	33	30	32	31	48	34	33	26				
Média	33	33	35	30	48	33	38	27	13	8	10	10
2	29	31	29	29	52	35	37	30	11	12	6	4
	30	30	29	26	44	39	35	27				
	30	24	28	26	51	37	36	27	13	7	11	9
	34	31	32	30	49	40	34	30				
Média	31	29	30	30	49	38	36	29	12	10	9	7

Tabela 44 - Teores de B (ppm) na MS de feijoeiro, em LR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	32	22	36	32				31	18	13	13	19
	38	23	31	32	45			24				
	28	23	33	32	33			23	18	13	23	14
	34	27	31	35	36			22				
Média	33	24	33	33	39			26	18	13	18	17
1	40	21	-	41	33			28	19	16	19	13
	49	25	49	40	36			29				
	41	25	-	49	39			31	23	14	25	20
	41	28	42	43	44			28				
Média	43	25	46	43	38			29	21	15	22	17
2	46	23	33	28	34			32	23	12	26	11
	38	24	36	31	27			30				
	41	25	30	36	30			32	24	15	25	15
	45	22	31	32	33			27				
Média	43	24	33	32	31			30	24	14	26	13

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 45 - Teores de B(ppm) na MS de feijoeiro, em PV Ap.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	27	17	23	15	27	25	26	14	13	5	19	11
	27	17	24	13	31	21	22	15				
	35	16	19	17	34	29	28	15	12	9	14	11
	25	19	24	15	35	24	26	15				
Média	29	17	23	15	32	25	26	15	13	7	17	11
1	29	22	20	17	27	29	26	17	14	16	18	16
	23	19	26	15	29	30	23	14				
	26	18	26	16	31	24	27	13	12	15	18	17
	29	16	29	11	30	21	31	12				
Média	27	19	25	16	29	26	27	14	13	16	18	17
2	24	18	22	12	29	19	20	11	12	9	14	16
	23	15	22	16	28	20	26	14				
	25	16	22	16	29	21	22	16	12	11	17	22
	21	14	24	14	27	21	22	12				
Média	23	16	23	15	28	20	23	13	12	10	16	19

Tabela 46 - Teores de B(ppm) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	51	-	43	33							46	
	44	40	43	41							44	
Média	48	40	43	37							45	
1	43	37	52	-							30	
	48	59	44	43							31	
Média	46	48	48	43							31	
2	39	51	34	-							30	
	47	-	32	43							31	
Média	43	51	33	43							31	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 47 - Teores de Cu (ppm) na MS de feijoeiro, em LR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	5	5	7	6	9	5	5	6	63	59	75	67
	6	4	7	7	8	6	6	6				
	7	4	7	7	10	6	6	6	63	63	78	69
	6	5	6	7	8	6	7	6				
Média	6	5	7	7	9	6	6	6	63	61	77	68
1	7	5	8	8	10	5	7	7	65	64	66	65
	6	5	9	10	10	6	7	7				
	6	6	9	8	9	8	8	7	70	56	67	71
	6	5	7	9	9	6	6	6				
Média	6	5	8	9	10	6	7	7	68	60	67	68
2	5	6	9	10	11	6	8	7	66	56	65	69
	6	5	8	9	8	6	7	7				
	5	5	8	8	10	7	7	8	60	64	62	66
	6	6	9	9	9	7	7	7				
Média	6	6	9	9	10	7	7	7	63	60	64	68

Tabela 48 - Teores de Cu (ppm) na MS de feijoeiro, em LR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	5	4	8	8					45	65	52	50
	6	4	6	8	8							
	5	4	6	8	7				47	65	49	49
	5	5	7	9	8							
Média	5	4	7	8	8				46	65	51	50
1	6	4	-	6	5				39	55	48	40
	6	4	6	6	7							
	6	4	-	7	7				46	51	41	59
	5	5	7	6	7							
Média	6	4	7	6	7				43	53	45	50
2	7	5	8	5	6				47	54	46	41
	6	5	8	5	5							
	6	7	7	6	5				38	52	29	35
	6	4	7	6	5							
Média	6	5	8	6	5				43	53	38	38

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 49 - Teores de Cu(ppm) na MS de feijoeiro, em PV -Ap.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	7	7	6	7	8	8	9	8	59	39	58	19
	6	7	7	7	9	8	9	9				
	7	6	6	9	10	8	10	9	55	43	61	23
	6	8	7	8	12	7	9	9				
Média	7	7	7	8	10	8	9	9	57	41	60	21
1	8	8	10	12	9	11	11	11	54	45	66	23
	8	8	10	9	10	12	10	11				
	7	8	11	10	11	8	10	9	63	42	62	17
	7	8	11	10	12	9	12	8				
Média	8	8	11	10	11	10	11	10	59	44	64	20
2	7	9	12	9	11	8	10	9	40	43	66	20
	7	8	9	9	10	10	11	11				
	8	8	10	9	9	9	11	11	40	41	60	20
	7	6	10	9	9	10	10	10				
Média	7	8	10	9	10	9	11	10	40	42	63	20

Tabela 50 - Teores de Cu(ppm) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	14	-	11	8							4	
	8	12	12	9							tr.	
Média	11	12	12	9							2	
1	10	10	14	-							3	
	10	12	10	12							tr.	
Média	10	11	12	12							2	
2	10	9	8	-							2	
	11	-	9	10							1	
Média	11	9	9	10							2	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.  
(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 51 - Teores de Fe(ppm) na MS de feijoeiro, em LR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	179	200	196	142	735	259	263	252	23180	17910	20440	20830
	227	160	214	154	568	314	296	207				
	300	181	185	157	790	377	375	251	20560	25600	23520	20600
	270	186	179	199	627	323	377	273				
Média	244	182	194	163	680	318	352	246	21870	21755	21980	20715
1	256	149	152	139	1222	171	376	251	18700	18480	20370	19790
	207	142	179	167	1148	184	356	218				
	133	169	193	154	1091	160	362	246	18390	19600	18540	23620
	245	129	147	165	1189	202	372	213				
Média	210	147	168	156	1163	179	367	232	18545	19040	19455	21705
2	189	147	155	158	917	210	314	235	18500	15000	19720	22530
	216	135	139	140	712	229	353	218				
	198	131	122	136	859	233	367	296	18390	23110	18630	20840
	201	167	163	141	791	221	315	271				
Média	201	145	145	144	833	223	337	267	18445	19055	19175	21685

Tabela 52 - Teores de Fe(ppm) na MS de feijoeiro, em LR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	285	132	239	200	314			285	14040	23280	23050	26410
	323	151	141	169	314			210				
	275	134	173	216	247			250	17370	26280	20060	23890
	212	166	220	249	268			289				
Média	274	146	193	209	286			259	15705	24780	21555	25150
1	226	137	-	215	208			240	21330	22500	18650	20550
	286	188	232	179	218			215				
	231	143	-	238	252			251	12770	19050	12610	22820
	255	191	231	234	271			236				
Média	250	165	232	217	237			236	17050	20775	15630	21685
2	284	131	203	219	240			205	15420	20160	18350	22390
	159	137	236	235	176			217				
	158	164	180	253	182			216	10210	20910	10560	18770
	273	121	161	246	188			206				
Média	219	138	195	238	197			211	12815	20535	14455	20580

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroara. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (total: PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 53 - Teores de Fe (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -Ap.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	144	177	218	297	682	501	326	360	5085	5419	6121	5501
	123	181	251	272	712	490	283	468				
	150	178	211	314	769	547	340	429	4537	5528	5503	6224
	119	180	214	303	798	470	335	446				
Média	134	179	224	297	740	502	321	426	4811	5474	5812	5863
1	182	215	161	290	797	488	475	462	5836	5711	5939	5632
	169	207	183	210	852	496	371	460				
	129	192	199	240	928	459	394	411	6744	8162	5202	9449
	145	177	238	277	966	416	492	384				
Média	156	198	195	254	886	465	433	429	6290	6937	5571	7541
2	187	142	207	177	1270	332	460	354	4890	6415	6650	5276
	152	142	152	235	921	400	651	385				
	198	156	173	246	1038	354	592	393	4886	4725	6393	6903
	151	130	170	183	808	425	479	362				
Média	172	147	176	209	1009	378	546	374	4888	5570	6522	6090

Tabela 54 - Teores de Fe (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	234		342	301							5102	
	190	442	272	362							4557	
Média	212	442	307	332							4830	
1	304	479	265	-							4454	
	300	607	350	829							4458	
Média	302	543	308	829							4456	
2	318	659	326	-							4107	
	335	-	342	698							4319	
Média	327	659	334	698							4213	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tonadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 55 - Teores de Mn (ppm) na MS de feijoeiro, em LR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	115	231	136	211	188	282	99	262	282	446	285	485
	123	193	147	218	182	315	109	231				
	139	190	130	258	198	323	115	254	268	487	283	519
	127	218	124	262	183	291	123	275				
Média	126	208	134	237	188	303	112	256	275	467	284	502
1	61	95	97	91	176	97	89	117	194	238	217	229
	55	94	96	108	154	94	123	121				
	48	99	73	96	145	129	107	122	203	219	211	259
	58	81	102	98	171	105	90	102				
Média	56	92	92	98	162	116	102	116	199	229	214	244
2	47	100	88	117	154	127	99	114	201	215	207	232
	62	82	94	81	129	147	89	108				
	51	80	99	86	145	126	93	134	187	224	212	227
	54	99	78	101	131	153	82	137				
Média	54	90	90	96	140	138	91	121	194	220	210	230

Tabela 56 - Teores de Mn (ppm) na MS de feijoeiro, em LR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	216	94	459	421				150	443	386	1041	371
	196	115	403	444				117				
	187	107	423	468				120	498	408	786	334
	213	123	456	477				144				
Média	203	112	435	453			133	471	397	914	353	
1	194	72	-	89				81	924	256	1335	236
	226	80	526	94				77				
	208	72	-	127				87	762	225	1330	232
	191	97	503	102				76				
Média	205	93	515	103			80	843	241	1333	234	
2	220	93	457	87				68	596	203	1061	228
	181	97	587	96				55				
	198	100	454	105				74	602	275	929	230
	238	79	447	113				48				
Média	209	92	436	100			61	599	239	995	229	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).



Tabela 57 - Teores de Mn (ppm) na MS de feijoeiro, em PV-Ap.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	117	166	61	427	168	549	102	412	191	307	268	488
	111	157	85	397	175	527	100	440				
	123	153	51	454	191	563	107	421	178	325	266	471
	99	173	79	429	199	487	101	422				
Média	113	162	69	427	183	532	103	424	185	316	267	480
1	166	385	96	249	175	470	122	375	170	769	173	523
	165	385	114	198	188	531	82	363				
	134	350	121	216	189	445	81	275	167	615	151	466
	147	340	115	238	221	417	138	276				
Média	153	365	112	225	186	466	106	343	169	692	162	478
2	177	331	130	194	237	366	90	294	151	566	182	681
	149	249	87	221	193	475	129	338				
	188	328	99	268	206	397	113	382	150	429	238	554
	134	272	122	210	143	561	103	325				
Média	162	295	110	223	195	450	109	335	151	498	210	668

Tabela 58 - Teores de Mn (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA (1ª)				PA (2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	61	-	59	99								105
	50	53	55	130								83
Média	56	53	57	85								94
1	58	61	67	-								57
	57	80	64	75								92
Média	58	71	66	75								75
2	58	72	58	-								78
	62	-	62	71								70
Média	60	72	60	71								74

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>1</sub>).

Tabela 59 - Teores de Al (ppm) na MS de feijoeiro, em LR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	132	88	147	135	563	182	213	154	19410	17310	17970	18840
	198	51	143	155	491	198	194	148				
	183	78	146	155	591	217	218	187	16790	24780	20310	20630
	179	81	142	161	448	204	189	192				
Média	173	75	145	152	523	201	204	170	18100	21045	19140	19735
1	172	117	165	118	1013	151	243	161	17720	16800	18180	17420
	174	103	181	139	809	161	264	146				
	135	85	174	133	734	159	270	193	19120	15720	17920	22380
	156	74	156	139	904	154	219	182				
Média	159	95	169	132	865	156	249	171	18420	16260	18050	19900
2	112	80	153	131	796	104	257	181	18890	13720	17860	21690
	140	77	141	96	680	127	244	130				
	120	73	127	85	736	114	261	147	19590	17950	17750	19360
	136	82	154	116	710	131	216	155				
Média	127	78	144	107	731	119	245	153	19240	15835	17805	20525

Tabela 60 - Teores de Al (ppm) na MS de feijoeiro, em LR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	164	86	215	149				196	14740	24830	19880	29030
	194	90	190	152				193				
	175	90	218	179				186	16690	26800	18050	24590
	184	117	197	186				209				
Média	179	96	205	167				206	15715	25815	18965	26810
1	162	120	-	172				159	18920	21200	18530	21080
	173	126	206	158				165				
	164	126	-	182				205	12110	20250	9693	25510
	126	138	198	173				221				
Média	156	128	202	171				188	15540	20725	14112	23295
2	167	97	181	111				185	15580	20530	14640	23940
	147	119	172	121				139				
	141	107	164	146				143	9906	20510	10300	19750
	158	95	150	118				177				
Média	153	105	167	124				161	12743	20520	12470	21845

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Paró; S = Aroana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>1</sub>).

Tabela 61 - Teores de Al (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -Ap.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	139	166	194	268	628	509	320	356	10410	10150	12770	12200
	123	173	182	229	679	435	401	406				
	147	125	146	279	720	467	345	380	9518	10760	12500	13360
	111	153	174	279	746	419	406	381				
Média	130	154	174	264	693	458	368	381	9964	10455	12635	12780
1	165	165	118	226	613	372	456	378	9446	9905	13070	12660
	165	154	123	218	692	376	345	338				
	134	129	139	207	768	354	375	318	9080	8853	12110	12276
	144	100	156	244	777	328	525	310				
Média	152	137	134	234	713	358	425	336	9263	9379	12590	12468
2	179	141	139	197	1020	302	358	211	9085	9820	13920	10830
	134	114	105	235	849	338	565	310				
	188	112	112	260	968	302	486	318	9222	8826	11200	13740
	129	108	124	205	862	364	383	278				
Média	158	119	120	224	925	327	448	279	9154	9323	12560	12385

Tabela 62 - Teores de Al (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	332	-	460	307							13880	
	290	695	307	374							10860	
Média	311	695	384	341							12370	
1	337	745	407	-							8751	
	321	962	453	936							9524	
Média	329	854	430	936							9138	
2	662	916	477	-							8853	
	588	-	428	852							8937	
Média	625	916	453	852							8895	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Arçana. s/c = sem/com adubo.

(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 63 - Teores de Na (ppm) na MS de feijoeiro, em IR-A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	175	241	264	123	221	236	266	218	643	523	504	394
	176	117	270	219	156	254	293	168				
	255	147	233	222	253	281	290	188	604	396	461	399
	214	176	170	229	189	247	306	252				
Média	205	170	234	198	205	255	289	207	624	460	483	397
1	278	210	176	182	238	217	226	256	584	459	476	401
	256	189	193	282	190	267	238	255				
	211	216	226	183	166	274	269	262	568	384	496	411
	276	157	146	272	190	226	160	249				
Média	255	193	185	230	196	246	223	256	576	422	487	406
2	297	266	205	315	272	229	243	318	392	356	430	496
	368	185	148	285	111	273	198	201				
	252	179	106	210	207	227	227	298	514	444	375	549
	364	319	229	313	138	272	199	209				
Média	320	237	172	281	172	250	217	257	467	400	403	523

Tabela 64 - Teores de Na (ppm) na MS de feijoeiro, em IR-B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>C</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>C</sub>
0	202	180	319	199	260		246		350	456	629	201
	349	221	212	202	255		156					
	270	212	246	211	170		170		530	284	509	160
	339	261	304	225	205		161					
Média	290	219	270	209	223		183		440	370	569	181
1	249	188	-	388	217		209		698	323	549	238
	361	229	314	320	338		199					
	313	227	-	431	256		250		845	475	469	471
	263	244	455	406	353		218					
Média	297	222	285	386	291		219		772	399	509	355
2	251	200	199	221	201		266		750	579	360	235
	195	244	208	232	154		230					
	272	239	197	308	194		241		560	464	440	286
	331	172	158	271	196		205					
Média	262	214	191	258	186		236		655	522	400	261

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Aroara. s/c = sem/com adubo.  
(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>1</sub>).

Tabela 65 - Teores de Na (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -A<sub>1</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	262	212	137	243	181	269	211	392	389	459	239	123
	251	202	252	240	182	315	178	512				
	331	233	148	259	195	399	213	441	336	465	225	72
	202	262	198	251	267	287	196	456				
Média	262	227	184	248	206	343	200	450	363	462	232	98
1	414	254	135	228	334	360	414	563	442	641	314	307
	337	234	248	217	353	367	327	559				
	278	230	264	155	406	270	361	480	438	833	212	219
	338	164	247	207	481	261	417	446				
Média	342	221	224	202	394	315	480	512	440	737	263	263
2	330	270	288	125	507	153	440	482	575	653	250	295
	326	179	160	146	444	214	513	528				
	382	239	265	162	457	176	457	528	566	481	204	354
	310	190	201	134	419	218	451	524				
Média	337	217	229	142	457	190	465	516	571	567	227	325

Tabela 66 - Teores de Na (ppm) na MS de feijoeiro, em PV -B<sub>2</sub>.

COMPACTAÇÃO	PA(1ª)				PA(2ª)				raízes			
	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>c</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>c</sub>
0	455	-	71	247							128	
	299	815	156	265							126	
Média	377	815	114	256							127	
1	322	308	127	-							106	
	283	435	69	213							105	
Média	303	372	98	213							106	
2	263	524	56	-							150	
	303	-	102	702							132	
Média	283	524	79	702							141	

Obs.: MS = matéria seca; PA = parte aérea; 1ª = colheita à florada; 2ª = colheita final. T = Rico Pardo; S = Arouna. s/c = sem/com adubo.  
(a) em raízes, amostras tomadas 2 a 2 por falta de material vegetal (também PA em PV-B<sub>2</sub>).

Tabela 67 - Dias, após plantio, das colheitas e água gasta/vaso (média por solo e cultivar).

solo	cultivar	dias						ml água/vaso								
		florada			final			florada			final			total		
		s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	
IR-A <sub>1</sub>	Rico Pardo	48	48	67	67	4594	5866	1602	2172	6196	8038					
	Aroana	42	38	67	67	4206	4644	2228	3522	6434	8166					
IR-B <sub>2</sub>	Rico Pardo	56 (a)	45	-	67	-	4338	-	1632	-	5970					
	Aroana	56 (a)	42	-	67	-	3925	-	2123	-	6048					
PV -Ap	Rico Pardo	48	45	67	67	3518	5057	868	1950	4386	7007					
	Aroana	45	38	67 (b)	67 (b)	3506	5057	1077	2030	4583	7087					
PV -B <sub>2</sub>	Rico Pardo	15 (a)	15 (a)	-	-	-	-	-	-	-	-					
	Aroana	15 (a)	15 (a)	-	-	-	-	-	-	-	-					

OBS: s - sem adubo; c - com adubo; (a) - não floresceu, mas colhido por definhar; (b) - final do ciclo. Ciclo normal: 70-90 dias.

Tabela 68 - Comparação dos resultados de análise estatística para a extração de nutrientes e produção de MS.

Causa de variação	MS		N		P		K		Ca		Mg		Zn		B		Cu		Fe		Mn	
	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV
V (2)	++	+	++	ns	ns	ns	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	ns	ns	++	++	++	++
A (2)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
C (3)	++	++	++	ns	ns	ns	++	++	ns	ns	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
V x A	ns	ns	++	ns	ns	ns	++	++	ns	ns	++	++	ns	ns	ns	ns	++	ns	ns	++	++	++
V x C	ns	+	++	ns	ns	ns	+	++	ns	ns	+	++	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	+	ns
A x C	++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	ns	ns	++	++	++	++	++
VxAXC	ns	++	+	ns	ns	ns	++	++	ns	ns	++	ns	ns	++	ns	ns	++	ns	ns	++	++	ns
CV%	4,0	6,1	5,7	5,7	8,9	5,3	6,5	5,8	5,5	5,8	6,8	6,3	6,9	5,2	4,1	9,8	8,3	8,5	8,3	5,9	7,0	11,4
A d. V <sub>1</sub>	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	ns	++	++	++	++	++	++	++	++	++
A d. V <sub>2</sub>	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
V d. A <sub>1</sub>	++	++	ns	ns	ns	ns	++	++	++	++	++	++	++	ns	ns	ns	++	ns	++	++	++	+
V d. A <sub>2</sub>	++	++	++	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	++	++	+	ns	ns	++	++	++	++	++	ns	ns
C d. V <sub>1</sub>	++	ns	ns	ns	ns	ns	++	++	++	ns	++	++	++	++	ns	++	++	++	++	++	++	++
C d. V <sub>2</sub>	++	++	++	ns	ns	ns	++	++	++	ns	++	ns	ns	++	++	++	++	ns	+	+	+	++
V d. C <sub>0</sub>	++	++	ns	ns	ns	ns	++	++	++	++	++	++	+	ns	ns	++	ns	++	++	++	++	++
V d. C <sub>1</sub>	++	ns	ns	ns	ns	ns	++	++	++	++	++	++	++	ns	ns	++	ns	ns	++	++	ns	++
V d. C <sub>2</sub>	++	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	++	++	++	ns	ns	++	ns	+	++	++	++	+
C d. A <sub>1</sub>	ns	++	ns	ns	ns	ns	++	++	ns	ns	+	ns	ns	++	++	++	+	+	++	++	++	ns
C d. A <sub>2</sub>	++	ns	++	ns	ns	ns	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	ns	++	++	++
A d. C <sub>0</sub>	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
A d. C <sub>1</sub>	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
A d. C <sub>2</sub>	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

Obs.: V = cultivares (Rico Fardo e Aroana); A = sen e com adubo; C = compactação. CV = coeficiente de variação.  
 LR = latossolo roxo; PV = podzólico vermelho-amarelo - var. Piracicaba. MS = matéria seca. d. = dentro de; ns = não significativo;  
 + = significativo a nível de 5%; ++ = significativo a nível de 1%.

Tabela 69 - Resumo comparativo dos testes de Tukey para compactação (C) em IR e PV

	MS		N		P		K		Ca		Mg		Zn		B		Cu		Fe		Mn		
	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	LR	PV	
<b>C</b>																							
dms	0,2	0,2	3,6	2,3	0,4	-	-	-	2,8	2,9	-	1,1	0,6	8,2	5,5	4,1	3,8	1,6	1,5	87,6	52,4	30,2	72,6
C0	c	a	c	b	b	-	-	-	b	b	-	b	c	c	a	b	a	b	b	c	a	a	a
C1	a	b	a	a	a	-	-	-	a	a	-	a	b	a	b	a	b	a	a	a	a	a	b
C2	b	b	b	b	a	-	-	-	c	a	-	a	a	b	c	a	a	a	b	b	b	b	b
<b>C d.V.1</b>																							
dms	0,4	-	-	4,1	0,8	-	-	-	4,9	5,1	-	1,9	1,1	14,3	9,7	-	6,7	2,9	2,6	153,7	92,0	53,0	127,5
C0	c	-	-	c	b	-	-	-	b	b	-	b	b	b	a	-	a	b	b	b	a	a	a
C1	a	-	-	a	a	-	-	-	a	a	-	a	a	a	b	-	a	a	a	a	a	a	b
C2	b	-	-	b	a	-	-	-	c	ab	-	a	a	b	c	-	b	a	b	b	b	b	b
<b>C d.V.2</b>																							
dms	0,4	0,4	6,4	4,1	0,8	-	-	-	4,9	5,1	-	1,9	-	-	9,7	7,1	6,7	2,9	-	153,7	92,0	53,0	127,5
C0	b	a	b	b	b	-	-	-	a	c	-	c	-	-	a	b	a	b	-	b	a	a	a
C1	a	b	a	a	a	-	-	-	a	b	-	b	-	-	b	a	b	a	-	ab	a	b	b
C2	a	b	a	b	a	-	-	-	b	a	-	a	-	-	c	a	c	a	-	a	b	b	b
<b>C d.A.1</b>																							
dms	-	0,4	-	4,1	0,8	0,7	-	-	4,9	-	-	1,9	-	-	9,7	7,1	6,7	2,9	2,6	153,7	92,0	53,0	-
C0	-	a	-	ab	b	a	-	-	a	-	-	b	-	-	a	b	a	b	a	c	b	a	-
C1	-	b	-	a	ab	ab	-	-	b	-	-	ab	-	-	a	a	b	ab	ab	a	ab	ab	-
C2	-	b	-	b	a	b	-	-	b	-	-	a	-	-	b	a	c	a	b	b	a	b	-
<b>C d.A.2</b>																							
dms	0,4	-	6,4	4,1	0,8	-	-	-	4,9	5,1	3,3	1,9	1,1	14,3	9,7	7,1	6,7	2,9	2,6	-	92,0	53,0	127,5
C0	c	-	b	c	b	-	-	-	b	b	b	b	b	b	a	b	a	b	b	-	-	a	a
C1	a	-	a	a	a	-	-	-	a	a	b	a	a	a	b	a	a	a	a	-	-	b	b
C2	b	-	a	b	a	-	-	-	c	a	a	a	a	a	c	a	b	a	a	-	-	c	b

MS: LR - latossolo roxo; PV - podzolicco vermelho amarelo; MS - matéria seca



Tabela 70 - Extração de nutrientes por planta de feijoeiro Rico Pardo

Órgão	Solo	Adubo	Con- pacta- ção	mg										Soma	MS (g)			
				N	P	K	Ca	Mg	Soma	Zn	B	Cu	Fe			Mn	Al	Na
PA	LR	sem	0	71	8 b	56	67	18 b	220	172	135	24 b	1869 c	518 a	1441 b	562	2718	2,77
		1	70	8 b	54	68	18 b	218	287	218	133	26 ab	3239 a	450 b	2404 a	545	4035	2,79
	2	69	10 a	48	67	20 a	214	173	214	139	27 a	2359 b	397 c	2072 a	484	3095	2,85	
	com	0	94 b	13 c	144	85 c	26 c	362	156 c	362	173	24 c	1328 a	1264 a	836 a	1063 b	2945	4,18 c
		1	107 a	16 a	152	100 a	33 a	408	197 a	408	180	34 a	987 b	583 c	859 a	1351 a	1981	5,50 a
	2	99 b	15 b	149	94 b	30 b	387	180 b	387	180 b	181	31 b	1072 b	663 b	571 b	1200 ab	2127	4,81 b
	(dms)		(6,4)	(0,8)	(16,0)	(5,1)	(1,9)		(14,3)		(7,2)	(2,9)	(153,7)	(53,0)	(126,4)	(161,0)		(0,40)
	FV	sem	0	34 b	2	24 a	27	7	94	84 b	45 a	14	1051 b	260	959 b	291 b	1454	1,43
			1	43 a	2	22 ab	27	8	102	95 a	41ab	15	1218a	266	978 b	538 a	1635	1,39
		2	39 a	2	18 b	28	8	95	78 b	95	37 b	13	1297 a	251	1200 a	593 a	1676	1,31
com		0	67 c	11	112 b	80	24 b	294	251 a	294	96 a	30 c	1941 a	2055 a	1769 a	1321 a	4373	3,88
		1	84 a	12	131 a	82	27 a	336	211 b	336	97 a	38 a	1737 b	1739 b	1337 b	1171 b	3822	3,75
2		73 b	12	105 c	78	28 a	296	202 b	296	202 b	75 b	34 b	1392 c	1654 b	1203 c	700 c	3357	3,70
(dms)		(4,1)	(1,4)	(4,9)	(6,0)	(1,2)		(9,7)		(6,7)	(2,6)	(92,0)	(127,5)	(110,5)	(113,6)		(0,40)	
Raiz	LR	sem	0	28	2,4	3	16	2	51,4	97	16	68	23729	298	19639	677	24208	1,09
		1	20	2,1	4	20	2	48,1	79	11	57	15485	166	15381	481	15798	0,84	
	2	18	2,0	3	11	2	36,0	52	10	52	15125	157	15777	383	15406	0,82		
	com	0	46	5,1	30	18	4	103,1	173	13	97	34590	743	33462	731	35616	1,59	
		1	31	3,7	19	14	3	70,7	136	9	70	22182	267	18943	492	22664	1,17	
	2	30	3,3	8	13	3	57,3	147	11	66	21056	243	17498	442	21523	1,11		
	FV	sem	0	9	0,9	3	6	1,6	20,5	65	8	33	2790	107	5779	211	3003	0,58
		1	6	0,9	2	5	1,4	15,3	57	7	30	3239	87	4770	227	3420	0,52	
	2	5	0,9	2	5	1,7	14,6	39	5	17	2029	63	3799	237	2153	0,41		
	com	0	12	1,9	4	9	1,9	28,8	104	5	29	3832	221	7319	323	4191	0,70	
1		15	1,6	3	8	1,8	29,4	73	8	23	3642	363	4924	387	4109	0,53		
2	16	1,2	2	6	1,5	26,7	58	4	18	2395	214	4009	244	2689	0,43			

Obs.: PA = parte aérea; extração no final do ciclo. LR = latossolo roxo, FV = podzólio vermelho-amarelo, sem/com = adubo, 0 a 2 = níveis de compactação.

Tabela 71 - Extração de nutrientes por planta de feijoeiro Arana.

Órgão	Solo	Adubo	Com- pacta- ção	mg										µg		Soma	MS (g)	
				N	P	K	Ca	Mg	Soma	Zn	B	Cu	Fe	Mn	(Al			Na)
PA	IR	sem	0	72	8 b	58	43 b	12 b	193	127	92 c	19 b	1007	343 a	628 b	889 a	1586	3,09
			1	76	9 a	57	50 a	15 a	207	130	118 a	22 ab	1137	316 ab	770 a	688 b	1723	3,10
			2	69	9 a	55	51 a	15 a	199	126	110 b	23 a	1048	281 b	758 a	600 b	1586	3,11
	PV	sem	0	101 b	14 b	139 b	75 c	350	176 b	139 b	29 b	1169 b	1216 a	811 b	980 b	2729	4,77 b	
			1	128 a	16 a	148 ab	98 b	28 b	418	199 a	156 a	39 a	1326 a	659 b	975 a	1459 a	2379	5,72 a
			2	128 a	16 a	156 a	112 a	32 a	444	194 a	154 a	39 a	1448 a	668 b	829 b	1387 a	2503	5,43 a
		(dms)	(6,4)	(0,8)	(16,0)	(5,1)	(1,9)	(14,3)	(7,2)	(2,9)	(153,7)	(53,0)	(126,4)	(161,0)		(0,40)		
Raiz	IR	sem	0	44 a	3 a	31 a	22	8 a	108	97 a	49 a	18 a	621	199	719 a	386 b	984	1,94 a
			1	42 a	2 ab	23 b	18	5 b	90	82 b	37 b	15 b	592	144	580 b	520 a	870	1,38 b
			2	34 b	1 b	18 c	18	6 b	77	65 c	27 c	13 b	635	127	520 b	546 a	867	1,18 b
	PV	sem	0	76 b	11	118 b	52 b	17 b	274	230 a	58 a	34 b	1673 a	1669 a	1770 b	3664	3,94	
			1	86 a	11	126 a	63 a	19 a	305	214 b	54 ab	38 a	1671 a	1251 b	1308 b	1991 a	3228	3,91
			2	78 b	12	105 c	59 ab	20 a	274	204 c	51 b	40 a	1435 b	1285 b	1070 c	1981 a	3015	3,85
		(dms)	(4,1)	(1,4)	(4,9)	(6,0)	(1,2)	(9,7)	(6,7)	(2,6)	(92,0)	(127,5)	(110,5)	(113,6)		(0,40)		
PA	IR	sem	0	22	1,7	1	17	1	42,7	72	10	67	19233	249	16748	423	19631	0,87
			1	22	1,9	2	16	2	43,9	70	9	59	17218	189	15974	431	17545	0,89
			2	22	1,8	2	15	2	42,8	61	8	55	16586	182	15401	349	16892	0,87
	PV	sem	0	24	2,3	4	12	2	44,3	88	10	61	18436	447	17564	353	19042	0,89
			1	22	1,9	4	10	2	39,9	87	8	57	18232	205	16716	341	18589	0,84
			2	18	1,9	4	10	2	34,9	92	6	55	17673	188	16728	426	18014	0,82
		(dms)	(10,1)	(1,0)	(1,2)	(7,7)	(1,2)	(20,2)	(7,7)	(10)	(35)	(3429)	(158)	(7455)	(137)	(3709)	(0,59)	
Raiz	IR	sem	0	9	1,0	2	7	1,5	20,5	75	10	36	3120	91	7050	147	3332	0,56
			1	8	0,9	2	7	1,6	19,5	60	9	35	3620	117	6971	126	3841	0,56
			2	14	1,3	2	7	1,3	25,6	72	7	13	3752	307	8179	63	4151	0,64
	PV	sem	0	14	1,1	1	5	1,0	22,1	60	8	9	3507	222	5798	122	3806	0,47
			1	14	0,8	1	4	1,0	20,8	46	7	7	2101	230	4238	112	2391	0,35
			2	14	0,8	1	4	1,0	20,8	46	7	7	2101	230	4238	112	2391	0,35

Obs.: PA = parte aérea; IR = latossoloxo, PV = podzólico vermelho-amarelo, sem/com = adubo, 0 a 2 = níveis de compactação.

Tabela 72 - Vista detalhada e geral do comportamento dos nutrientes extraídos (valor absoluto), em função da redução de porosidade.

	LR				PV			
	Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz
PA	sem com	Mg — N, P, K, Ca N, P, K, Ca, Mg	B, Cu, Fe B, Fe, Mn	Zn, Mn Zn, Cu	N, Ca, Mg N, P, Mg	K K, Ca	Fe Zn, Cu	Zn, B, Cu, Mn B, Fe, Mn
S	sem com	Ca — K, Ca, Mg	N, K Fe, Mn	Cu Fe, Mn	Zn, B, Fe, Mn Zn, B	— N, P, Ca, Mg	Fe Cu	Zn, B, Cu, Mn Zn, B, Fe, Mn
Ra	sem com	— —	N, P, K, Ca N, P, K, Ca	— Zn, B	Zn, B, Cu, Fe, Mn Cu, Fe, Mn	N, K, Ca P, K, Ca, Mg	— —	Zn, B, Cu, Fe, Mn Zn, B, Cu, Fe, Mn
S	sem com	— —	P, Ca N	— Zn	Zn, B, Cu, Fe, Mn B, Cu, Fe, Mn	N, P P, K, Ca, Mg	Fe —	Zn, B, Mn Zn, Cu, Fe, Mn
PA	sem com geral	Mg — — Mg	N = K > P N = P N > P = K	Cu Fe = Mn Cu = Fe	Zn = Mn Zn > Cu Zn	N = P = Ca = Mg N = P = Ca = Mg N = P = Ca = Mg	Zn = Fe Cu Zn = Cu	B = Mn B = Fe = Mn B = Mn
Ra	sem com geral	— — —	P = Ca > N = K N > P = K = Ca N = P = Ca > K	— Zn —	Z = B = Cu = Fe = Mn Cu = Fe = Mn Cu = Fe = Mn	— N = P = Mg N = Mg = P	Fe Cu —	Zn = B = Cu = Mn B = Fe = Mn E = Mn Zn

Tendência geral do comportamento (LR + PVA)

	Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz
PA	Ca = Mg > N = P	K	Cu = Fe	Zn = B = Mn
Ra	Mg	K = Ca > P = N	—	Mn > B > Cu = Fe > Zn

Obs.: LR = latossolo roxo; PV = podzólico vermelho-amarelo  
 PA = parte aérea; Ra = raízes; T = Rico; Pardo; S = Amarelo; sem/com-adulc.;  
 nutrientes entre parêntesis ( ) com tendência não frequente.  
 Comportamento obtido comparando nível 1 e 2 para LR e 0 e 2 para PVA, níveis de melhor e pior produção de matéria seca, respectivamente.

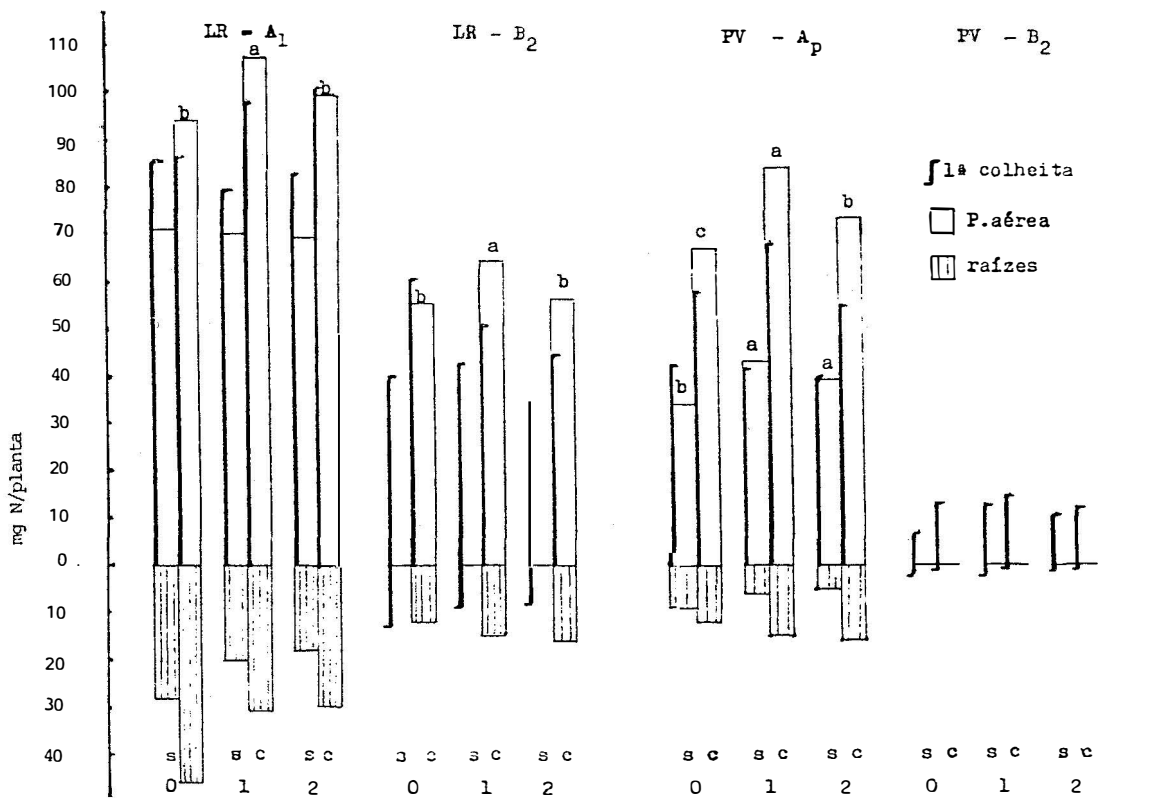


Figura 5 - Extração de N (mg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes diferem significativamente entre si).

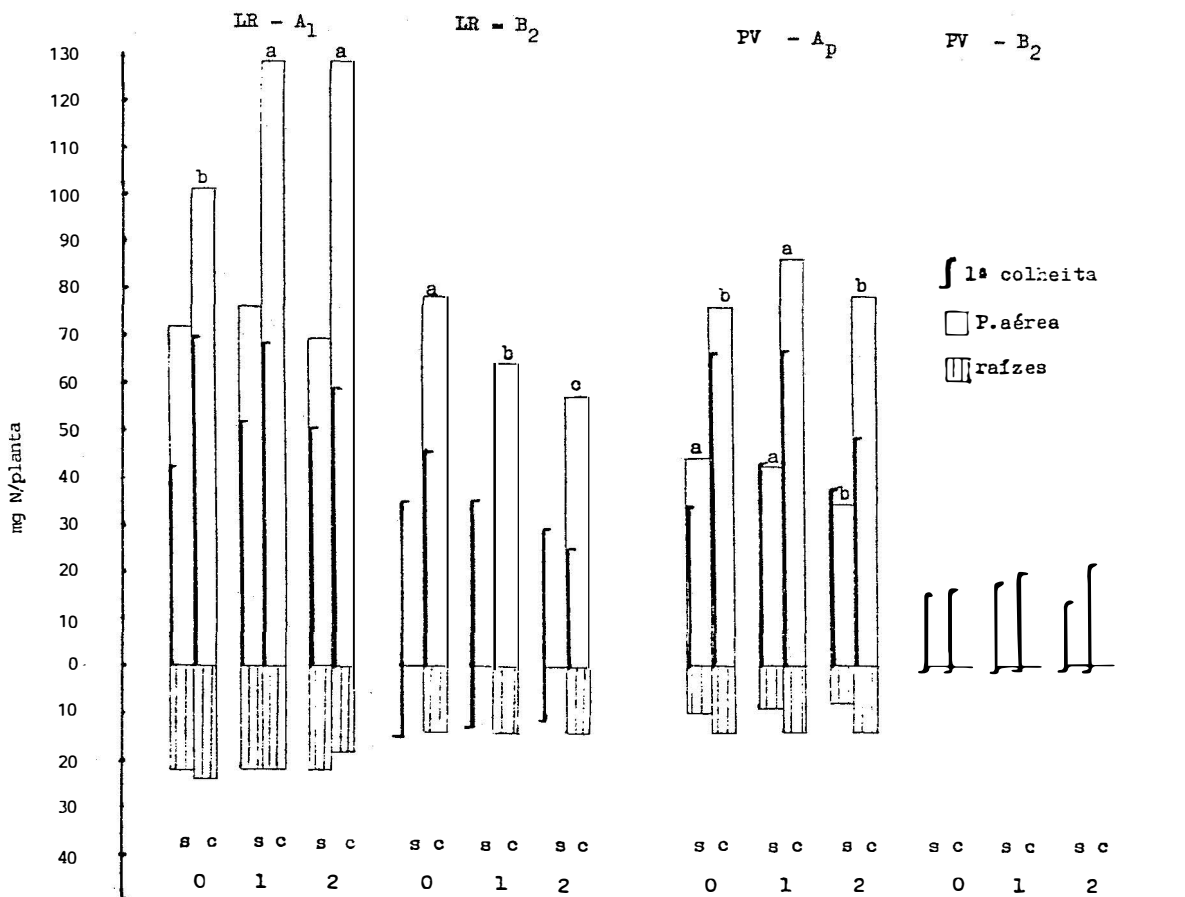


Figura 6 - Extração de N (mg/planta) por feijoeiro Aroana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes diferem significativamente entre si).

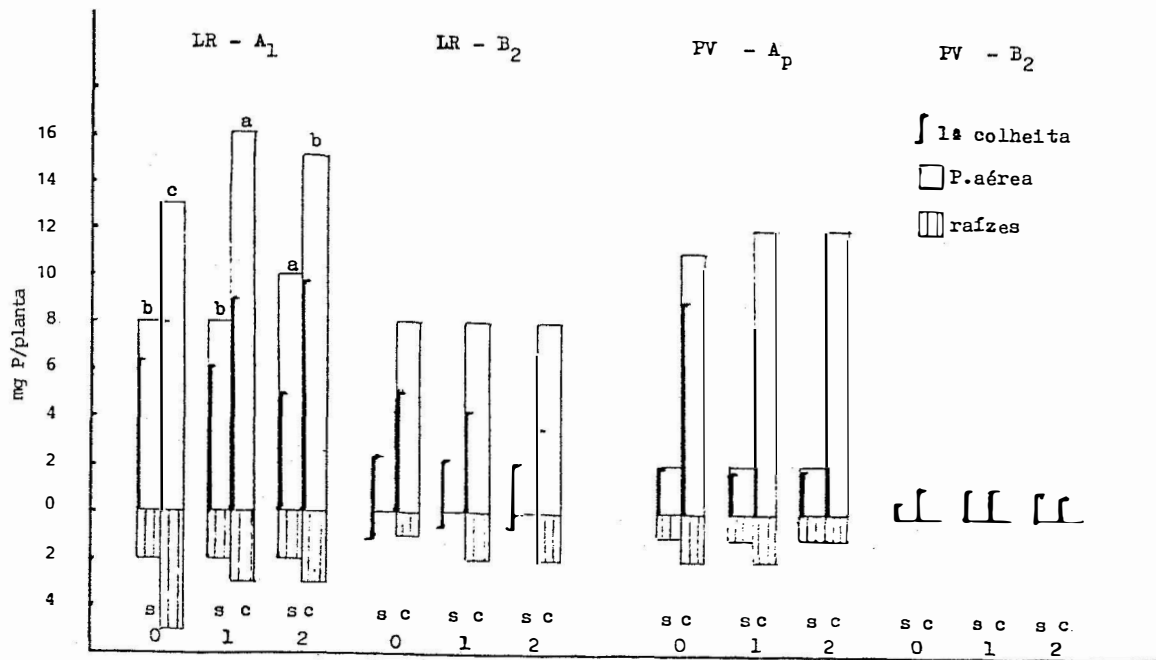


Figura 7 - Extração de P (mg/planta) por feijoeiro Rico pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

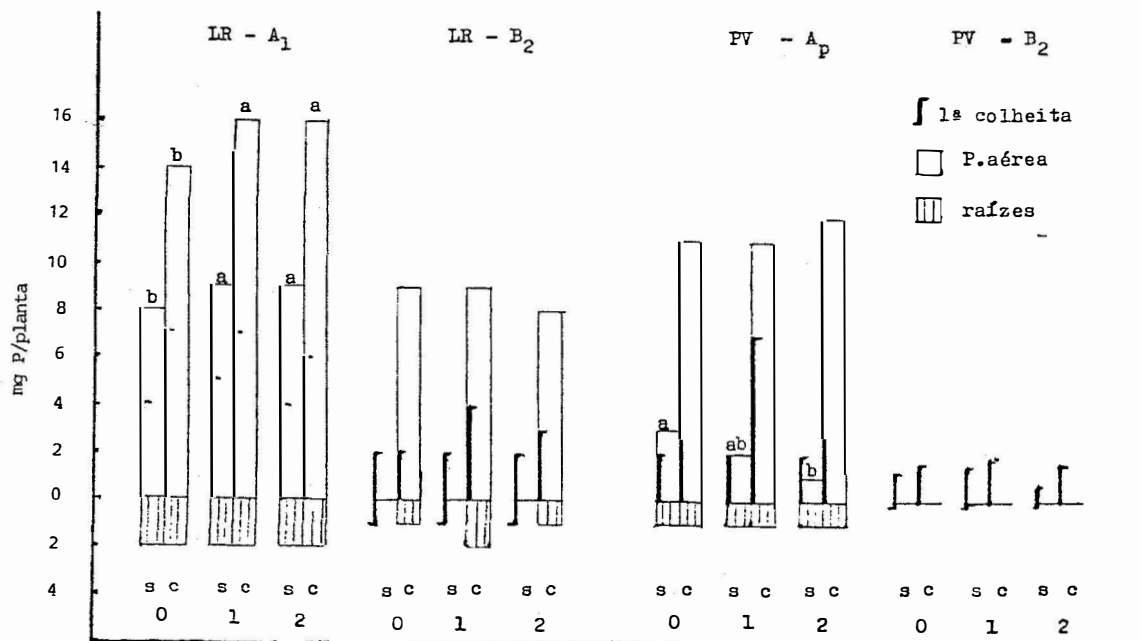


Figura 8 - Extração de P (mg/planta) por feijoeiro Arana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

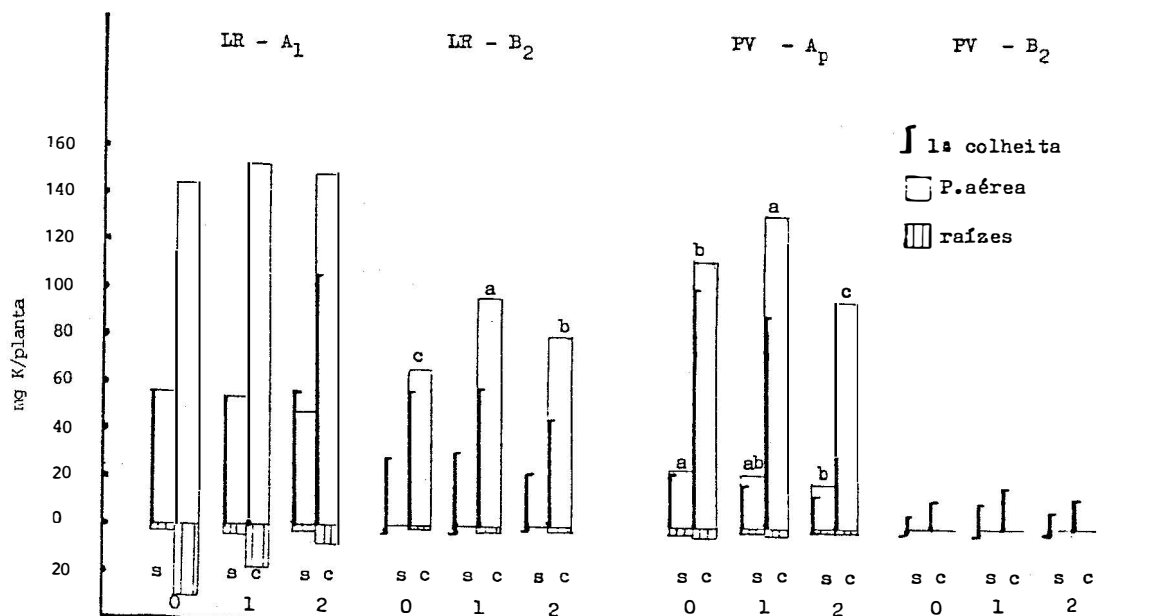


Figura 9 - Extração de K (mg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

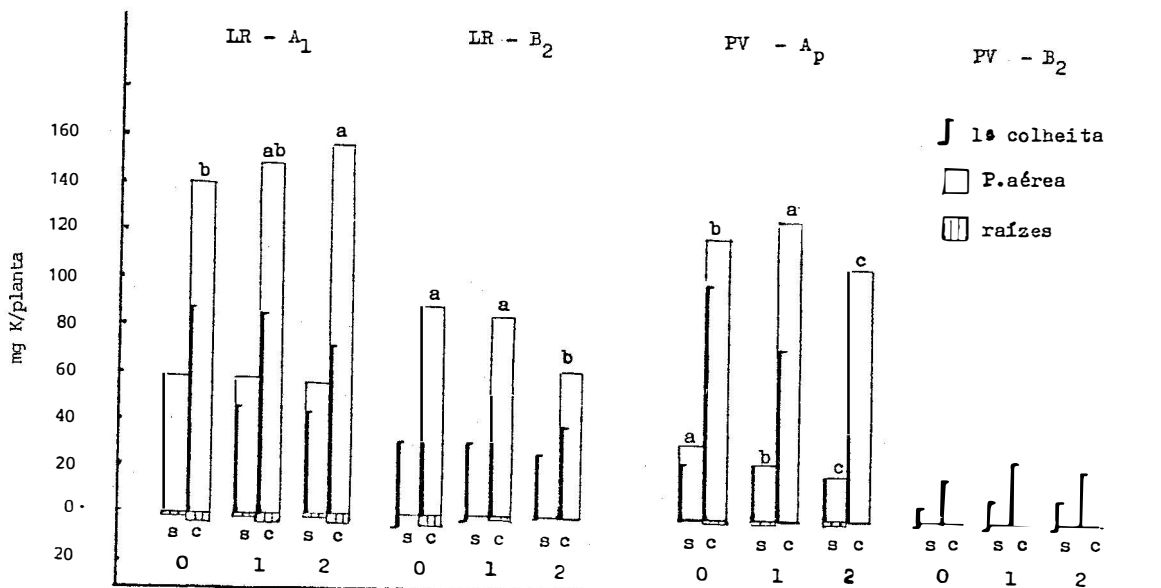


Figura 10 - Extração de K (mg/planta) por feijoeiro Aroana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

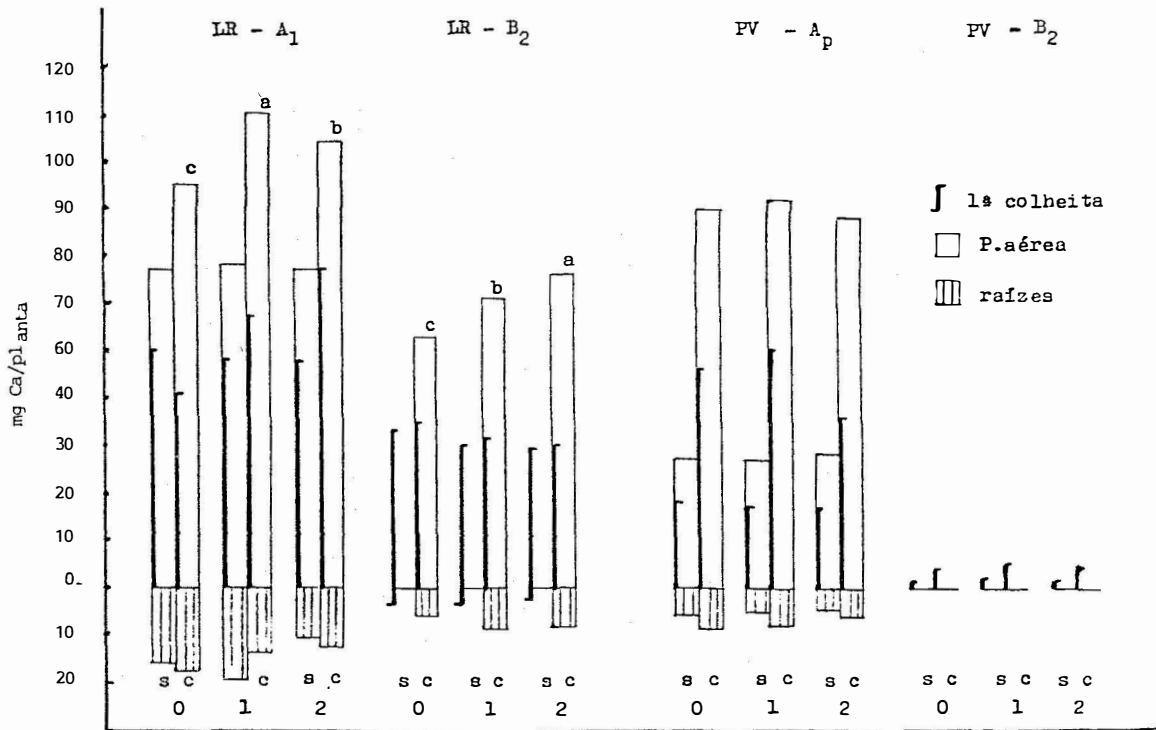


Figura 11 - Extração de Ca (mg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

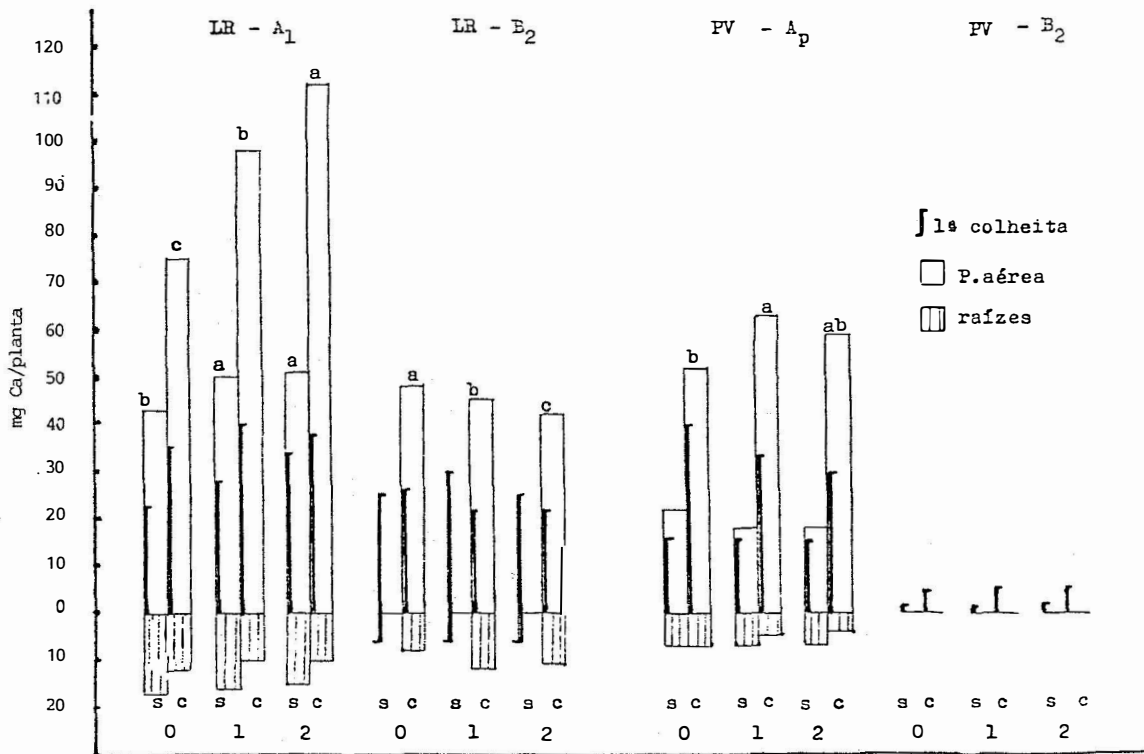


Figura 12 - Extração de Ca (mg/planta) por feijoeiro Aroana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

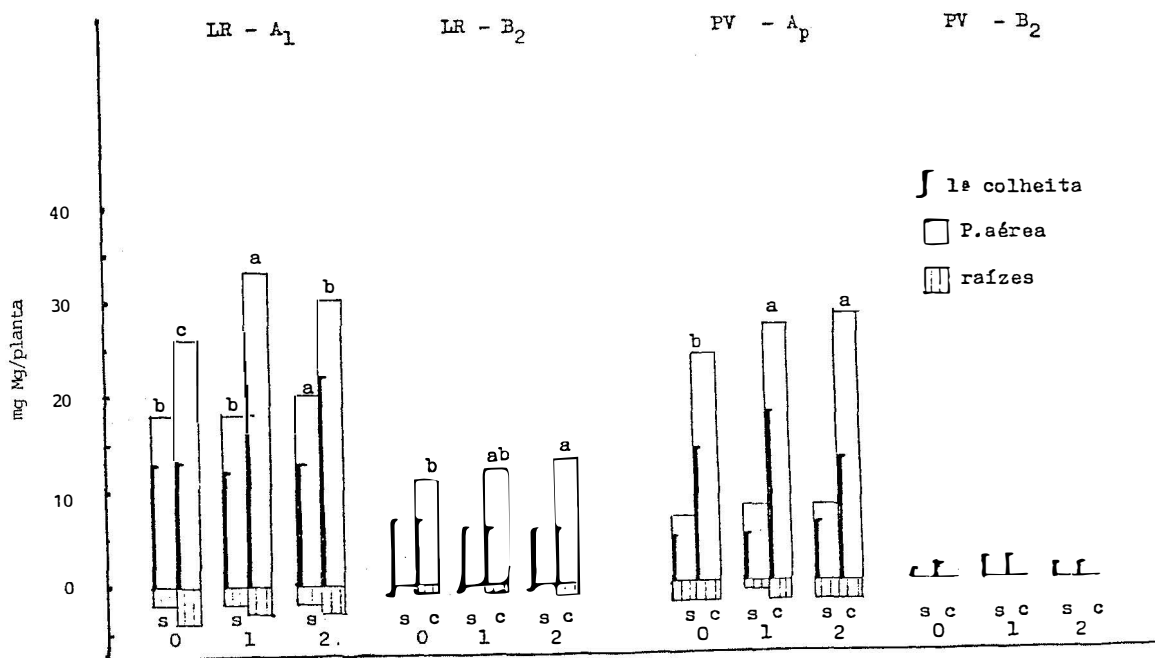


Figura 13 - Extração de Mg (mg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV , horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

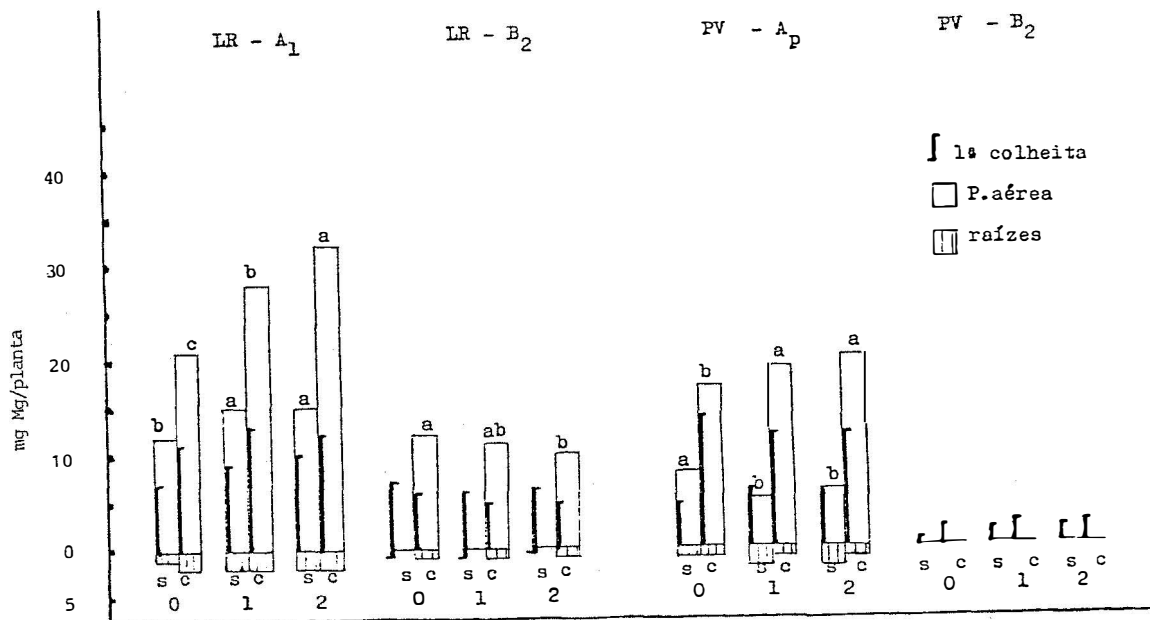


Figura 14 - Extração de Mg (mg/planta) por feijoeiro Aroana, em LR e PV , horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).



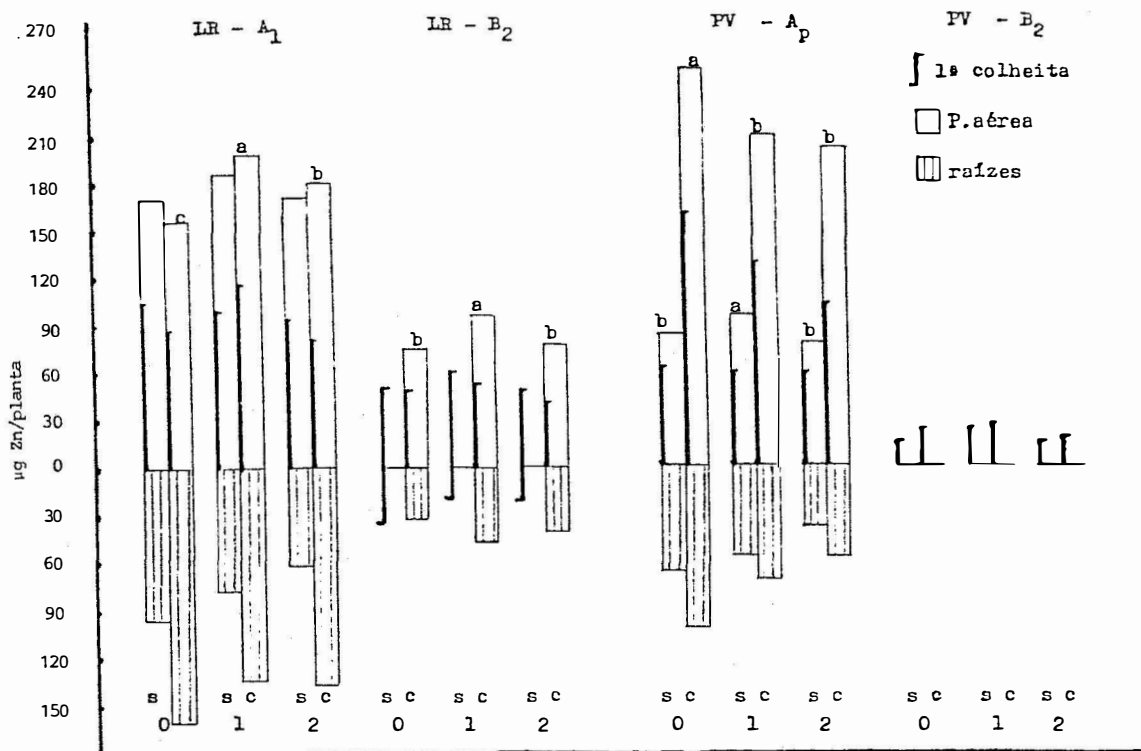


Figura 15 - Extração de Zn (µg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

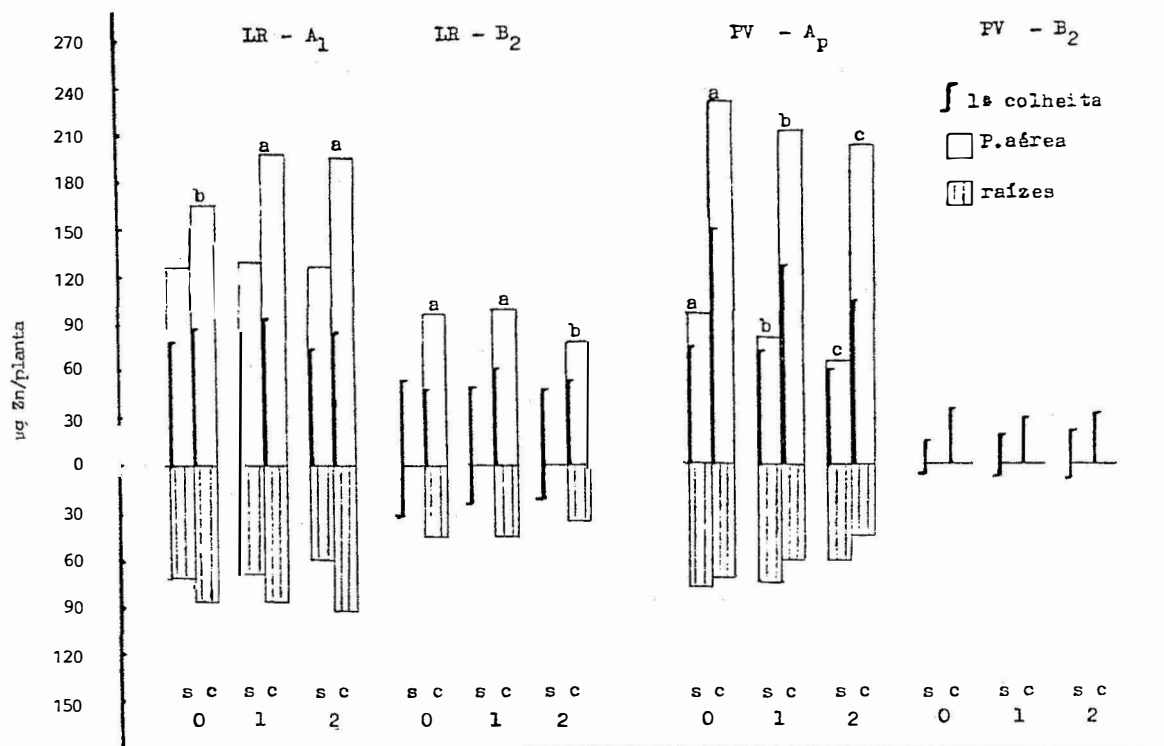


Figura 16 - Extração de Zn (µg/planta) por feijoeiro Aroana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

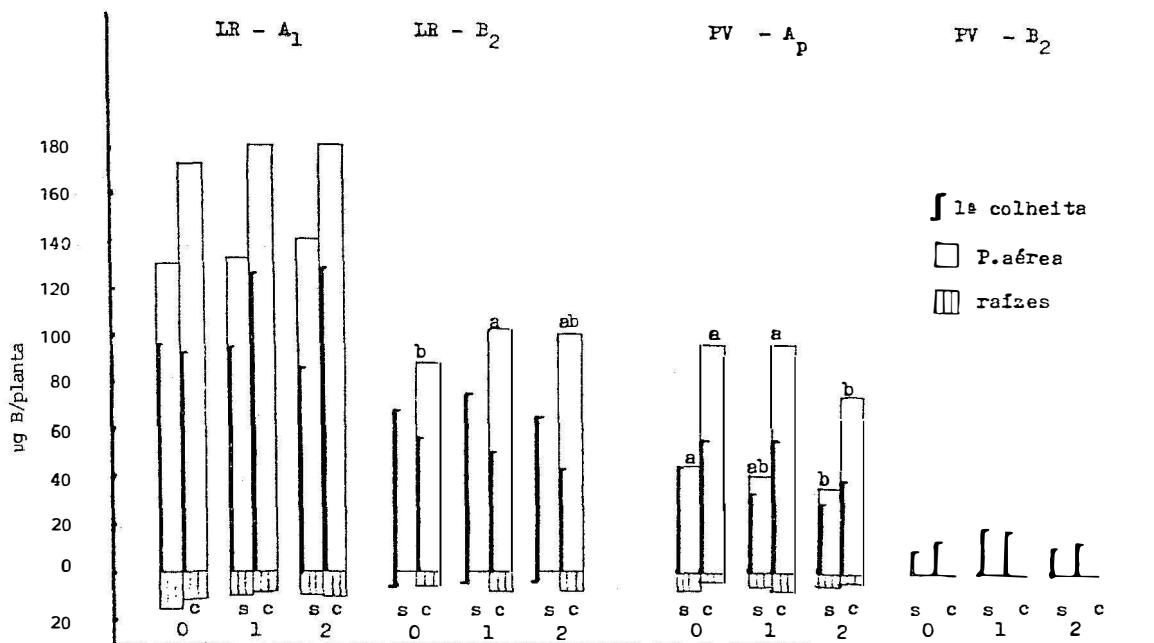


Figura 17 - Extração de B (µg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

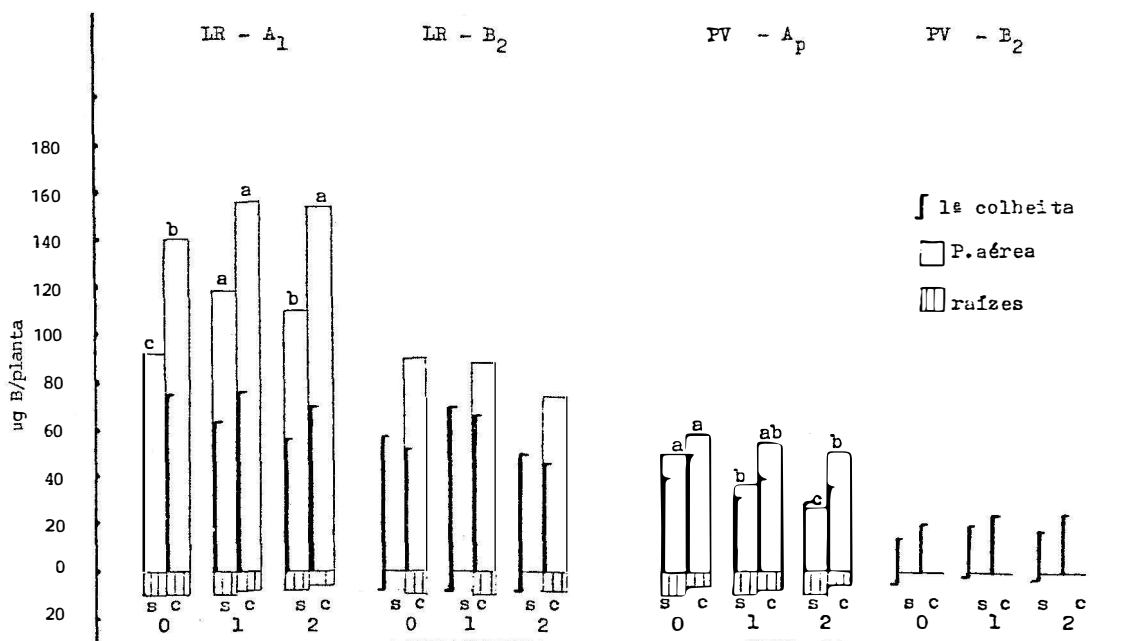


Figura 18 - Extração de B (µg/planta) por feijoeiro Aroana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

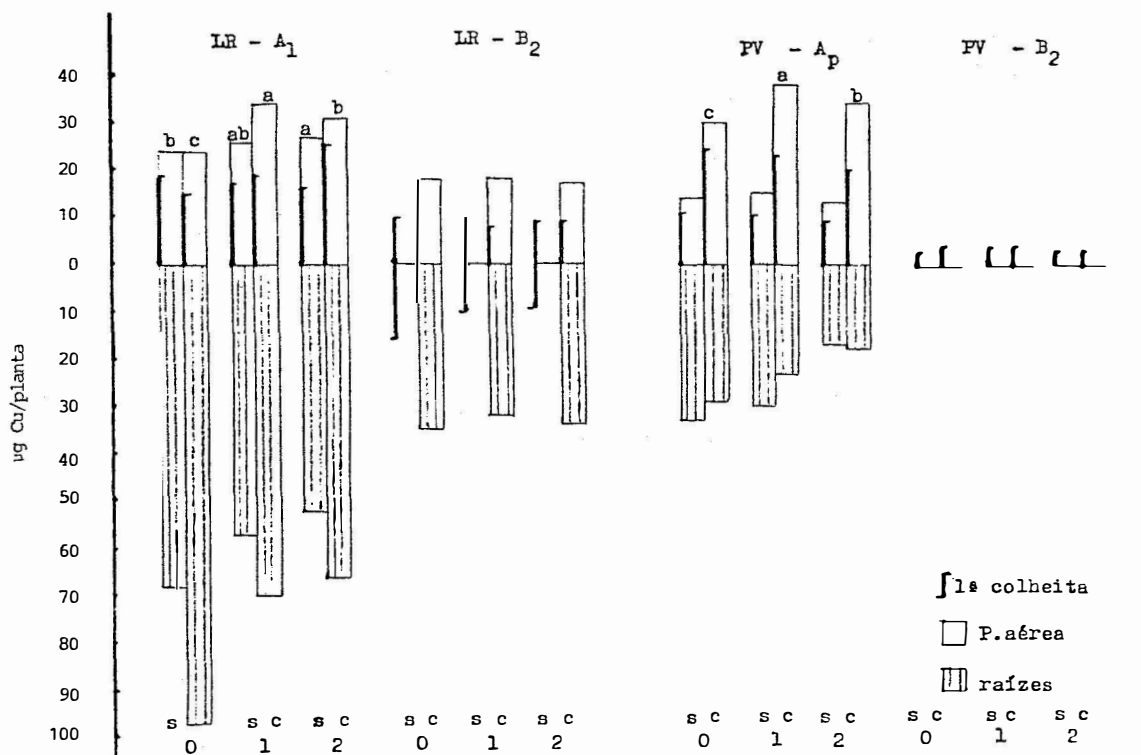


Figura 19 - Extração de Cu (µg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

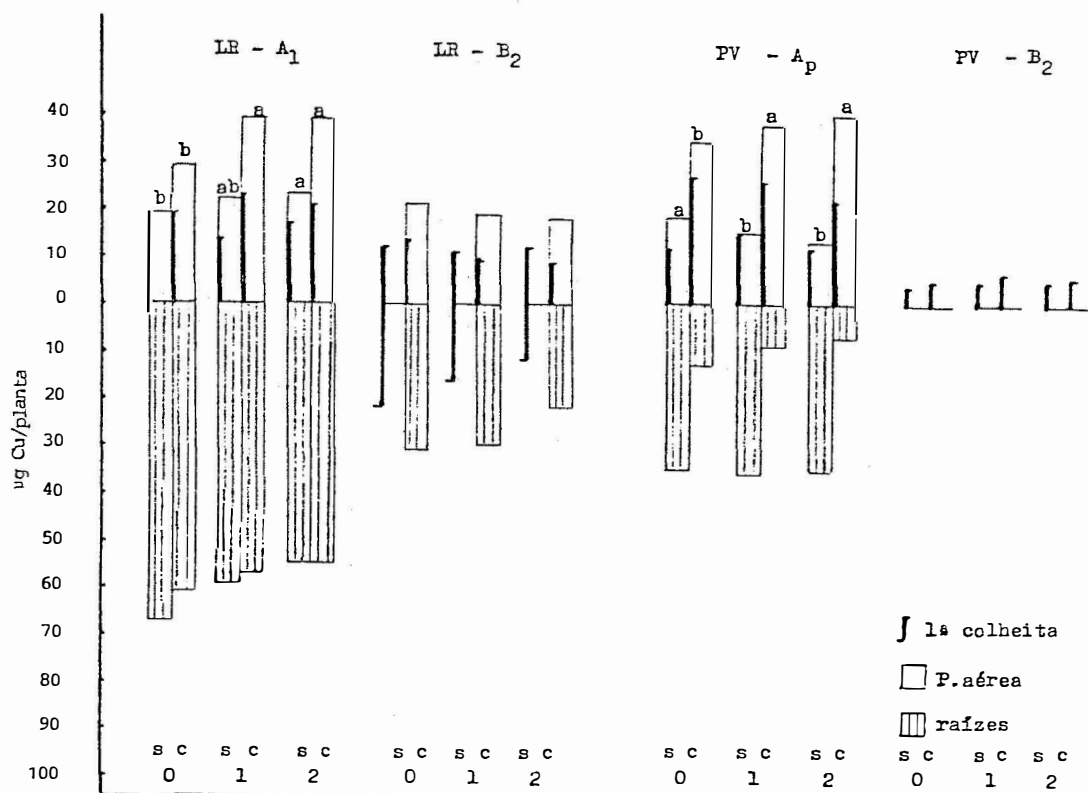


Figura 20 - Extração de Cu (µg/planta) por feijoeiro Aroana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

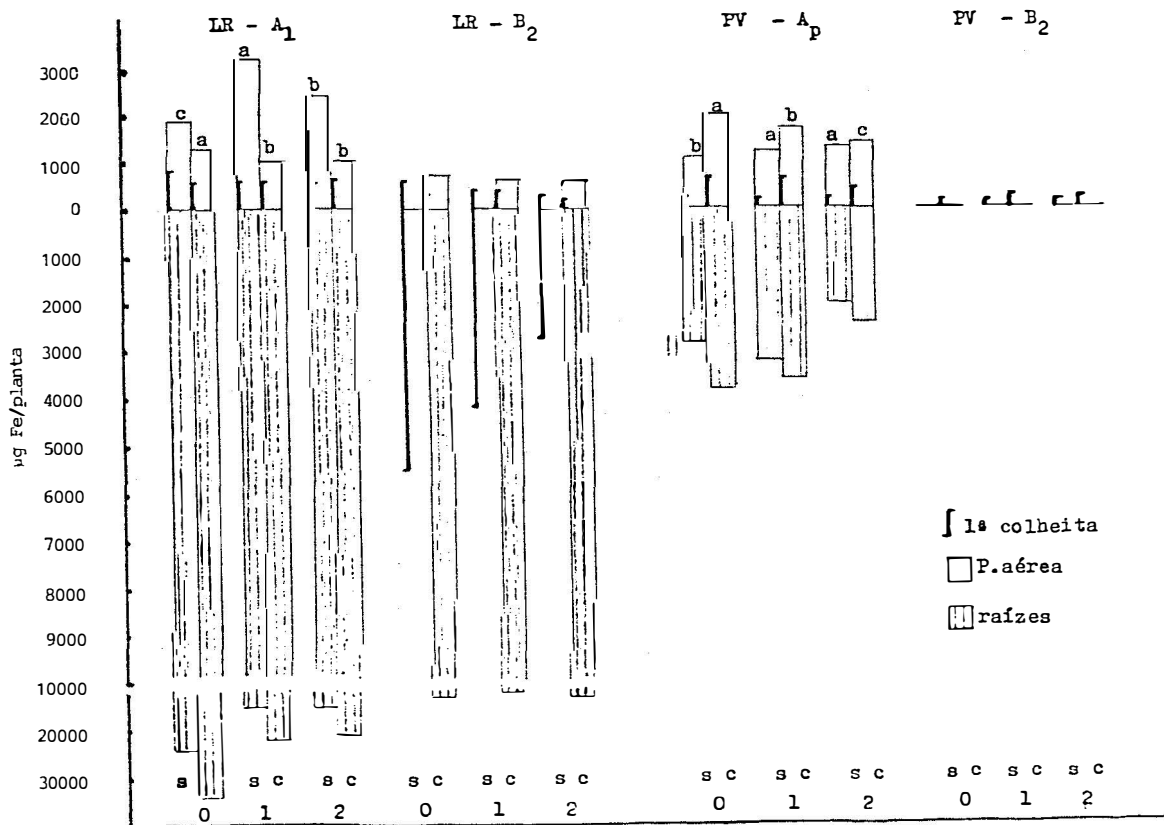


Figura 21 - Extração de Fe (µg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

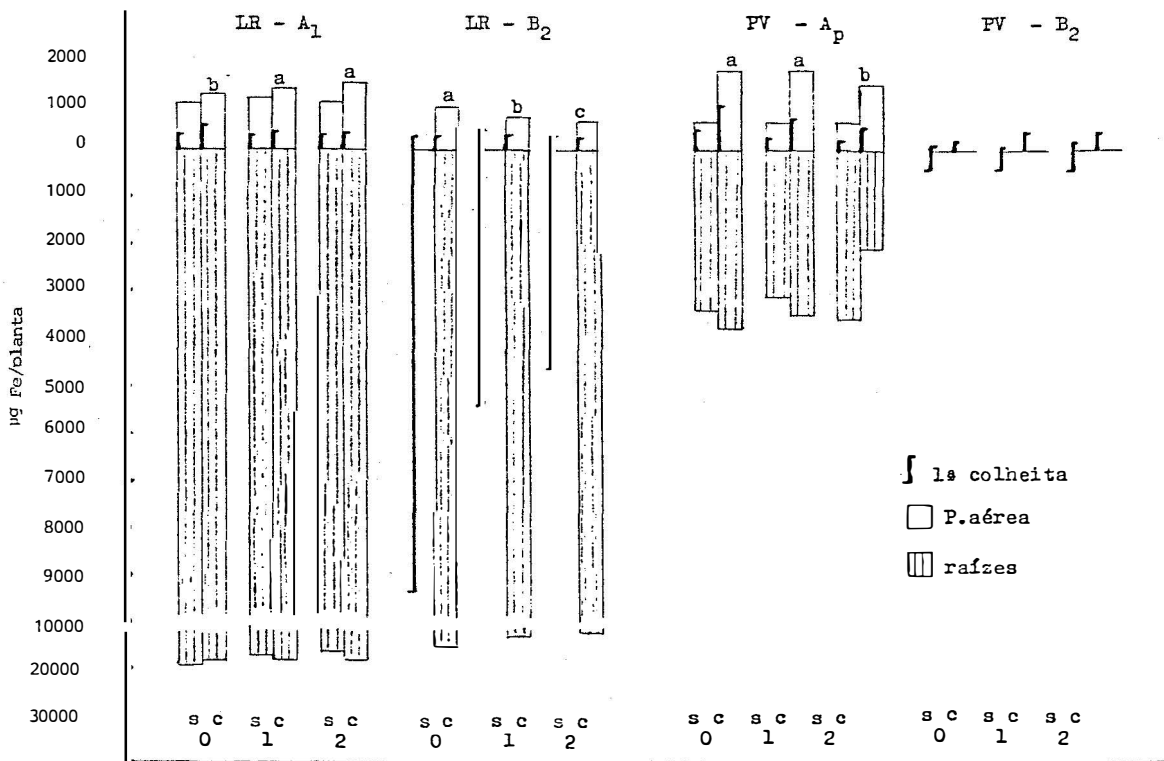


Figura 22 - Extração de Fe (µg/planta) por feijoeiro Arana, em LR e PV horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

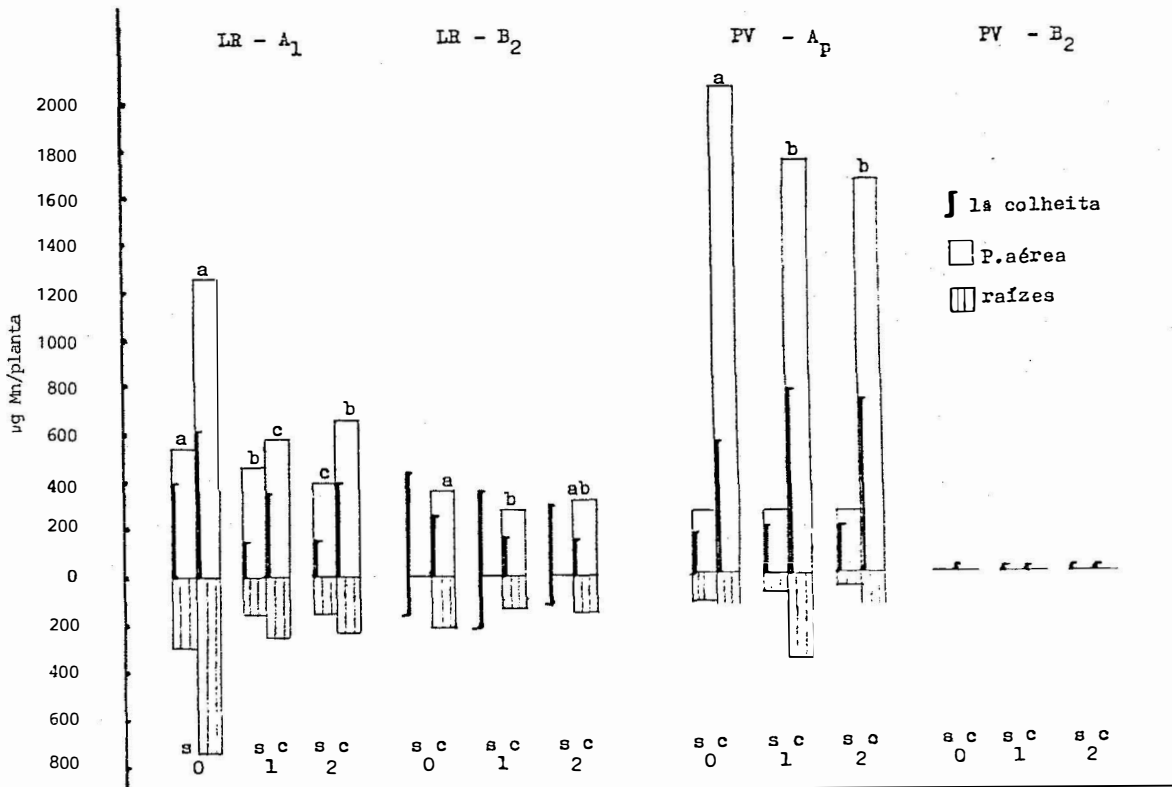


Figura 23 - Extração de Mn (ug/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

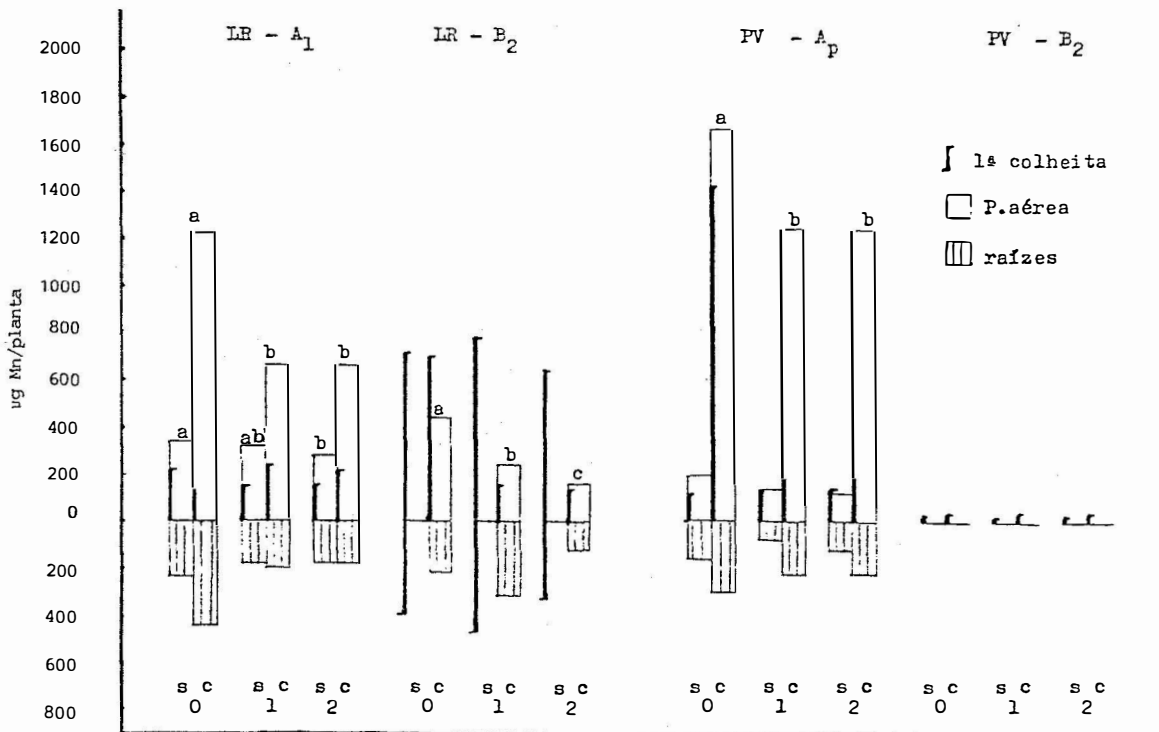


Figura 24 - Extração de Mn (ug/planta) por feijoeiro Aroana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidades, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

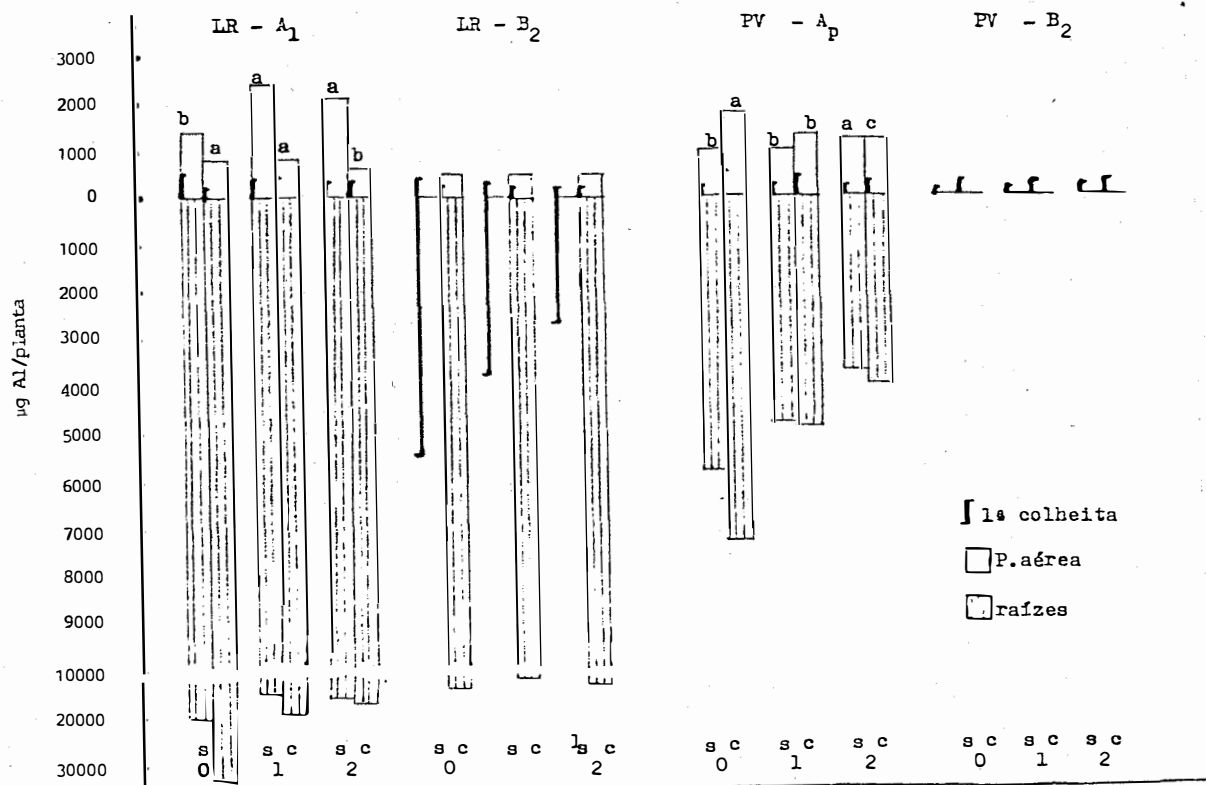


Figura 25 - Extração de Al (µg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

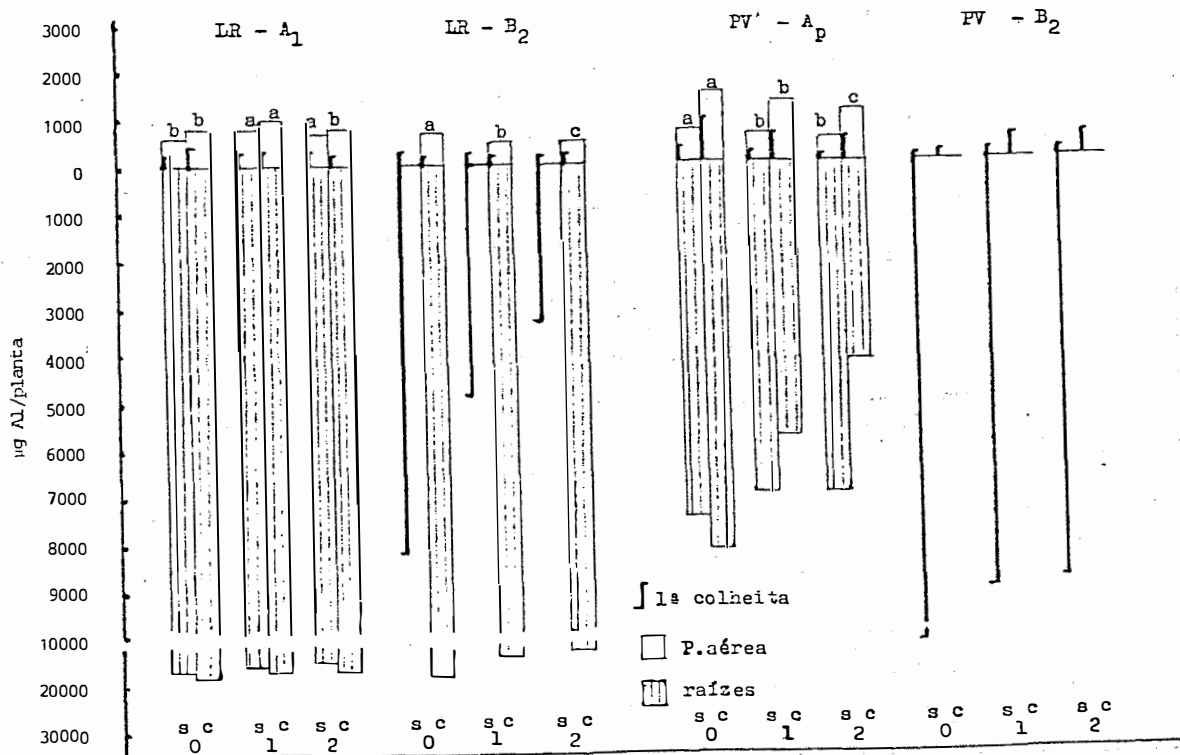


Figura 26 - Extração de Al (µg/planta) por feijoeiro Arana, em LR e PV, horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

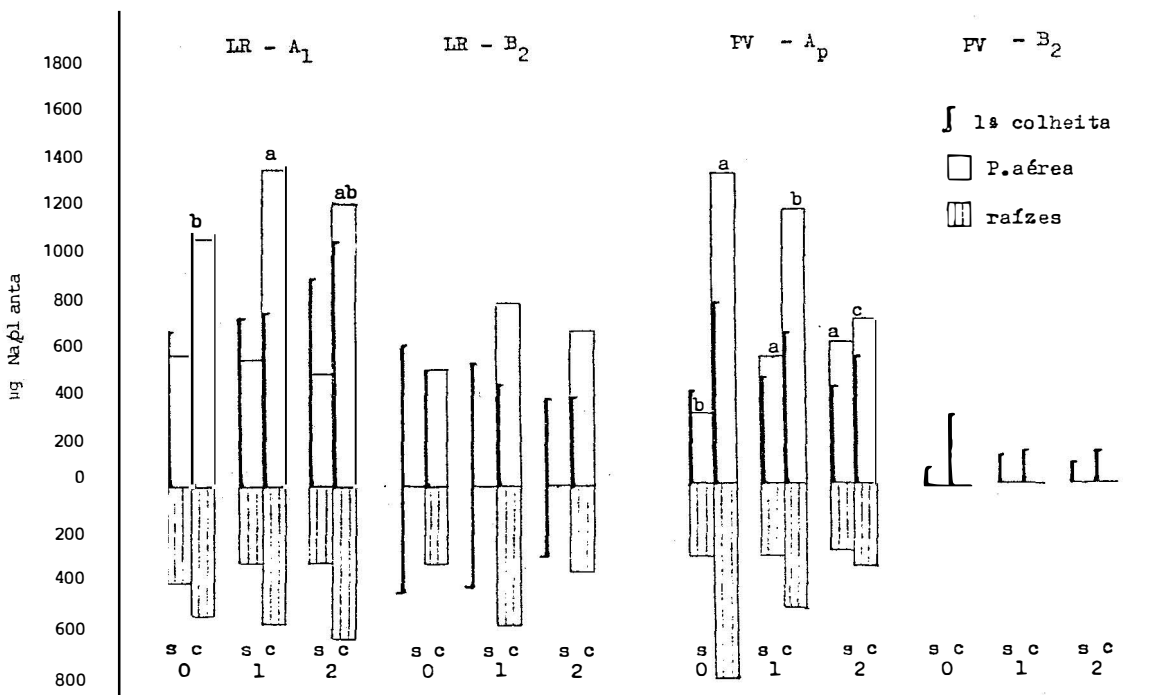


Figura 27 - Extração de Na (µg/planta) por feijoeiro Rico Pardo, em LR e PV horizontes A e B, com 3 níveis de compactação, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).

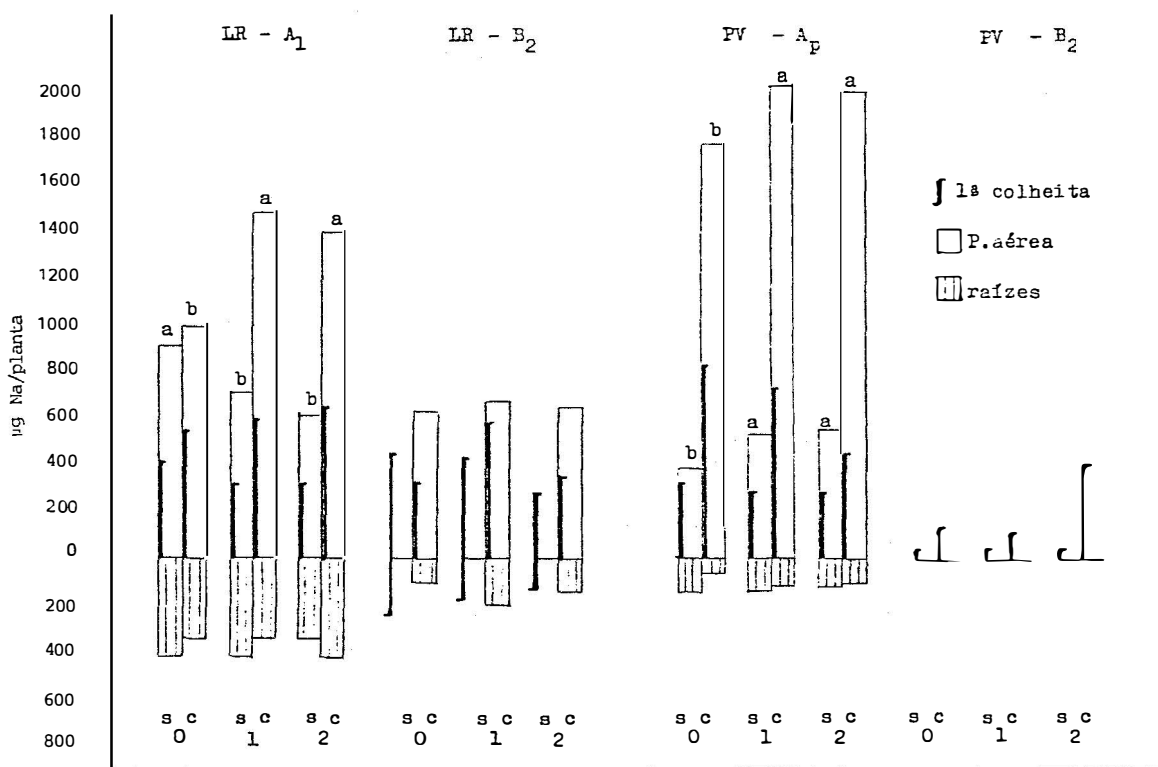


Figura 28 - Extração de Na (µg/planta) por feijoeiro Arana, em LR e PV', horizontes A e B, com 3 níveis de porosidade, sem e com adubo (partes aéreas com letras diferentes, diferem significativamente entre si).