

Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
 Ministério da Agricultura e do Abastecimento
 Rod. MG 424 km 65 - Caixa Postal 151 35701-970 Sete Lagoas, MG
 Fone (031) 779 1000 Fax (031) 779 1088
 www.cnpms.embrapa.br

PESQUISA EM ANDAMENTO



Número 42, Dezembro/1999

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO SISTEMA RADICULAR DO MILHO (*Zea mays* L.) INDUZIDAS POR FUNGOS MICORRÍZICOS E ADIÇÃO DE P

Wellington Bressan¹

Fungos micorrízicos colonizam o sistema radicular da maioria das plantas e um dos benefícios mais relatados tem sido a maior absorção de P pelas plantas micorrizadas. Entretanto, essa absorção tem sido relacionada às propriedades morfológicas das raízes da planta hospedeira. Plantas com poucos pêlos absorventes têm sido caracterizadas como altamente dependentes das associações micorrízicas. Por outro lado, o aumento dos pêlos adsorventes diminui a dependência micorrízica.

O crescimento e o desenvolvimento dos fungos micorrízicos são afetados pelo suprimento de P, o qual é negativamente correlacionado com a colonização micorrízica das raízes. Dependendo do suprimento de P, a infecção micorrízica aumenta em baixos teores de P ou é reduzida em altos teores de P. Outro fator importante envolvendo os fungos micorrízicos e o teor de P no solo são seus efeitos sobre a morfologia das raízes. Fungos micorrízicos reduzem a densidade e o comprimento dos pêlos absorventes, devido à alta concentração de P nas raízes e na parte aérea, uma vez que a densidade e o comprimento dos pêlos absorventes se correlacionam negativamente com a concentração interna de P, nos tecidos radiculares. Alguns estudos têm mostrado que o comprimento total das raízes é estimulado pelo P, enquanto a colonização radicular por comprimento de raiz pode ou não ser influenciada pelo P. O aumento no comprimento das raízes pela adição de P pode estar relacionado ao aumento no número de ápices produzidos por unidade de comprimento das raízes e/ou ao aumento da extensão desses ápices.

Os efeitos dos fungos micorrízicos e do fósforo sobre a morfologia radicular podem afetar diferentemente a absorção de P pelas plantas. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência desses fatores sobre a morfologia radicular e o teor de P foliar foi estudado no milho.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em recipientes contendo 16 kg de solo latossolo vermelho-escuro distrófico, desinfestado com Bromex (brometo de metila + cloropicrina 2%), na dose de 100 cm³ m³ de solo. O delineamento experimental foi completamente casualizado, em fatorial, com inoculação ou não com fungos micorrízicos (*Glomus etunicatum*, INVAM 3129 e *Glomus clarum*), quatro doses de P (0, 50 100 e 200 mg/

¹ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

kg de solo) e duas épocas de colheita (18 e 104 dias após plantio). A inoculação com fungos micorrízicos foi efetuada aplicando-se 5 ml de inóculo, com uma densidade de 150 esporos/ml. Oito plantas de cada tratamento foram colhidas, lavadas com água, para a remoção do solo, e separadas a parte aérea das raízes para a determinação do peso da parte aérea e raízes secas, teor de P nas folhas, número de raízes seminais, nodais, adventícias e pêlos absorventes. Determinou-se também a colonização micorrízica.

Peso das raízes e relação peso da raízes secas e peso da parte aérea

Os efeitos do P e da inoculação com fungo micorrízico sobre o peso das raízes seminais secas (PS) e adventícias secas (PA) são mostrados na Figura 1. O PS e o PA aumentaram com as doses de P, tanto nas plantas micorrizadas quanto nas não inoculadas. Nas plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*, os pesos máximos das raízes foram obtidos com as aplicações de 161 e 162 mg P. kg⁻¹ de solo, respectivamente para as seminais e adventícias, enquanto para as plantas inoculadas com *Glomus clarum* os valores máximos para PS e PA foram obtidos com as aplicações de 170 e 186 mg P.kg⁻¹ de solo. Nas plantas não inoculadas o peso máximo foi obtido nas doses de 254 e 234 mg P.kg⁻¹ de solo. Nessas doses de P, a inoculação com *Glomus etunicatum* aumentou em 11,6 % e 26,5 %, respectivamente para o PS e PA, em relação às plantas não inoculadas, enquanto para as inoculadas com *Glomus clarum* verificou-se um aumento de 12,1% apenas para o PA. Entretanto, comparadas com as plantas não inoculadas, as plantas micorrizadas apresentaram maior PS e PA, em quase todas as doses de P. Entretanto, nas plantas micorrizadas, doses de P acima das que levaram ao máximo peso das raízes reduziram o peso PS e o PA. O peso das raízes secas das plantas inoculadas mostrou correlação significativa positiva ($p \leq 0,05$) com a colonização micorrízica, $r = 0,646$ e $r = 0,471$, respectivamente para as raízes seminais e adventícias. O efeito mais significativo do P e da inoculação com fungo micorrízico, sobre as raízes seminais, foi verificado na morfologia do sistema radicular, verificando-se que a adição de P aumentou a emissão de raízes secundárias tanto nas plantas micorrizadas quanto nas plantas não inoculadas. Essa alteração observada na morfologia radicular tem importante implicação na aquisição de nutrientes minerais pelas plantas, principalmente daqueles de baixa mobilidade no solo, como o P.

O efeito das doses de P sobre a relação peso das raízes seminais secas/peso da parte aérea seca e peso das raízes adventícias/peso da parte aérea seca é mostrado na Figura 1. Nas plantas micorrizadas, que não receberam a adição de P, essa relação foi maior nas plantas no estágio de colheita, 104 dias (com raízes adventícias), que nas plantas com 18 dias (com raízes seminais). Nas demais doses de P esse efeito foi maior nas plantas com 18 dias. Nas plantas sem inoculação, não foi observada diferença significativa entre as plantas com 18 dias e 104 dias, que não receberam a adição de P. Porém, nas demais doses de P, a relação peso das raízes secas/peso da parte aérea seca foi maior nas plantas com 18 dias. Nessas plantas, colhidas com 18 dias, verificou-se um decréscimo nessa relação com o aumento das doses de P, tanto nas plantas micorrizadas quanto nas plantas não inoculadas. A inoculação com fungo micorrízico reduziu essa relação nas plantas com 18 dias. Entretanto, somente na dose de 50 mg P.kg⁻¹ de solo verificou-se uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre essas plantas micorrizadas e não inoculadas. Nas plantas com 104 dias, essa relação foi maior nas plantas micorrizadas somente na dose de 200 mg P. kg⁻¹ de solo, devido ao efeito negativo do P sobre a colonização, levando a uma redução na absorção do P e, conseqüentemente, um menor peso

seco da parte aérea. Nas plantas com 18 e 104 dias, verificou-se correlação significativa ($p \leq 0,05$) entre o peso seco das raízes e o peso seco da parte aérea, obtendo-se $r = 0,78$ e $r = 0,68$, respectivamente, para as plantas com 18 e 104 dias.

Raízes Seminais

Nas raízes seminais o número de raízes laterais primárias variou com as doses de P (Figura 2a). Nas plantas micorrizadas, esse número aumentou até as doses de 139 e 285 mg P.kg⁻¹, respectivamente, para as plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum*. Nessas doses de P, para as plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum*, o número máximo de raízes laterais primárias foi, respectivamente, de 88 e 128. A adição de P ao solo, acima desses valores, reduziu o número de raízes laterais primárias das plantas micorrizadas. Na dose de 200 mg P.kg⁻¹, esse número foi semelhante nas plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* e sem inoculação (Figura 2a). O número de raízes laterais secundárias (Figura 2b) mostrou comportamento semelhante em relação às doses de P. Entretanto, na dose de 200 mg P.kg⁻¹ de solo, o número de raízes secundárias / planta foi maior nas plantas sem inoculação. Nas plantas inoculadas, o número máximo de raízes secundárias foi obtido nas doses de 136 e 143 mg P.kg⁻¹ de P, respectivamente, para *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum*. O número de raízes laterais primárias e secundárias das plantas micorrizadas mostrou uma correlação ($p \leq 0,05$) com a colonização micorrízica, sendo $r = 0,74$ e $r = 0,76$, respectivamente, para as raízes laterais primárias e secundárias.

Raízes Adventícias

O número de raízes adventícias, nodais e laterais primárias foi influenciado pela adição de P ao solo e pela inoculação com fungo micorrízico. O número de raízes nodais. planta⁻¹ aumentou com a aplicação de P ao solo (Figura 2e), porém a inoculação com fungo micorrízico não mostrou efeito significativo. O número de raízes laterais primárias/cm de raiz nodal nas plantas inoculadas aumentou até as doses de 110 e 132 mg P/kg de solo, respectivamente, para *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum*. Doses maiores reduziram o número de raízes laterais primárias pra as plantas inoculadas. As plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* apresentaram maior número de raízes laterais/cm de raiz nodal. A inoculação com fungo micorrízico não afetou significativamente ($p \leq 0,05$) o número de raízes nodais, porém o número de raízes laterais primárias foi influenciado pela inoculação com fungo micorrízico e apresentou uma correlação ($p \leq 0,05$) com a colonização micorrízica ($r = 0,58$). O peso das raízes adventícias (nodais + laterais) mostrou uma correlação ($p \leq 0,05$) com a colonização micorrízica ($r = 0,57$). Essa correlação é decorrente do efeito da inoculação (Figura 2d) sobre as raízes laterais primárias, visto que a inoculação não teve efeito significativo sobre as raízes nodais.

O número de pêlos absorventes/mm de raiz foi menor nas plantas inoculadas com fungo micorrízico, tanto nas plantas com 18 dias como nas plantas com 104 dias (Figura 2e; 2f). Esta ocorrência pode estar relacionada em parte a uma maior concentração de P na planta, decorrente de uma maior absorção desse nutriente pelo fungo micorrízico, como verificado pela correlação negativa ($r = 0,62$) entre o teor de P na planta e o número de pelos absorventes. Logo a função de aquisição de P por parte dos pêlos absorventes foi adequadamente efetuada pelo fungo micorrízico. Uma das vantagens das plantas micorrizadas é que as hifas micorrízicas absorvem o P a um custo metabólico para a planta inferior ao dos pêlos absorventes.

O efeito do P sobre a colonização das raízes seminais e adventícias é mostrado na Figura 3. A colonização foi maior nas raízes adventícias, em todos os níveis de P. Nas raízes seminais, a colonização máxima foi observada com a aplicação de 125 mg P. kg⁻¹ de solo, enquanto nas raízes adventícias ocorreu na dose 124 mg P.kg⁻¹ de solo. Doses acima desses valores reduziram a colonização micorrízica.

O teor foliar de P nas plantas com 18 dias e 104 dias é mostrado na Figura 4. Nas plantas com 18 dias e não inoculadas, o teor de P aumentou com as doses de P, mostrando uma tendência a se estabilizar na dose de 200 mg P.kg⁻¹ de solo. Nas plantas micorrizadas, o máximo teor foliar de P foi verificado com a aplicação de 131 mg P.kg⁻¹ de solo, quando as plantas foram inoculadas com *Glomus etunicatum*. Nas plantas com 104 dias, não inoculadas, o teor foliar de P variou com as doses aplicadas, enquanto nas plantas micorrizadas o teor foliar máximo foi obtido com a aplicação de 128 mg P.kg⁻¹ de solo em plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*. Doses acima desse valor reduziram o teor foliar de P nas plantas micorrizadas.

Os resultados obtidos mostram que o peso das raízes seminais e adventícias e o número de raízes laterais primárias/cm de raiz nodal aumentaram com a inoculação com fungo micorrízico, e esse efeito mostrou ser influenciado pela espécie de fungo micorrízico. *Glomus etunicatum* promoveu maior aumento no PS e PA, com economia na dose de P aplicada. Além disso, aumentou o teor de P na parte aérea. Entretanto, doses altas de P reduziram esses efeitos, para as duas espécies de fungos, como consequência da redução da colonização micorrízica. A inoculação com fungo micorrízico reduziu o número de pêlos radiculares/mm de raiz em relação às plantas sem inoculação. Considerando que o teor de P na parte aérea foi maior nas plantas inoculadas, verifica-se que as hifas micorrízicas foram mais eficientes na absorção desse nutriente que os pêlos radiculares. Outro aspecto verificado foi a redução dos pêlos radiculares com o aumento da colonização micorrízica, indicando que, nas plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*, houve uma maior colonização micorrízica e uma maior redução no número de pêlos radiculares. Entretanto, as plantas inoculadas com esse fungo apresentaram maior teor de P na parte aérea, levando a um maior desenvolvimento desta e a uma redução na relação peso das raízes secas/peso da parte aérea seca.

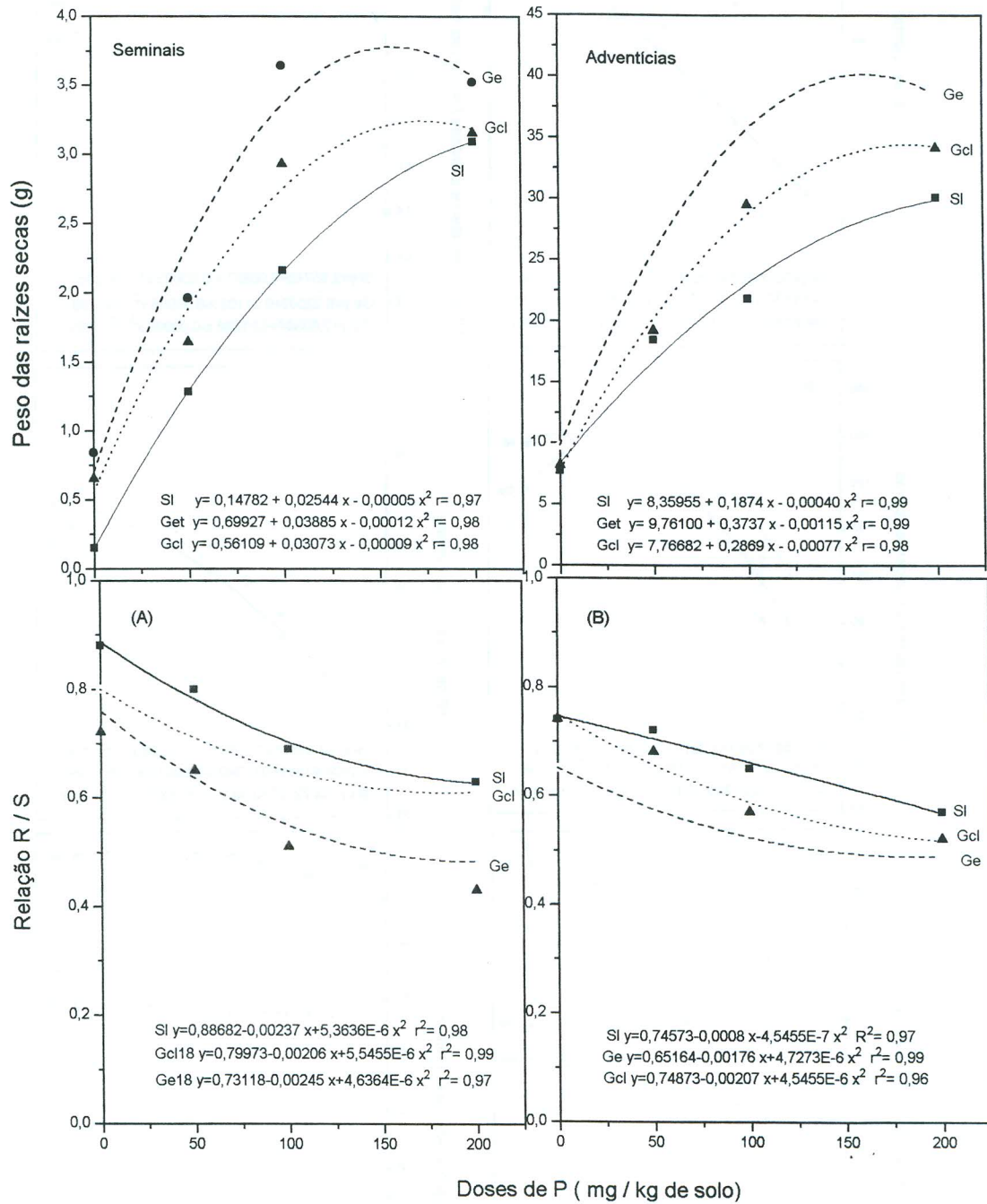


Fig.1 Peso das raízes seminais (A), adventícias (B) e relação R/S das plantas inoculadas com fungos micorrízicos (Ge = *Glomus etunicatum*; Gcl = *Glomus clarum*) e sem inoculação (SI) em diferentes doses de P.

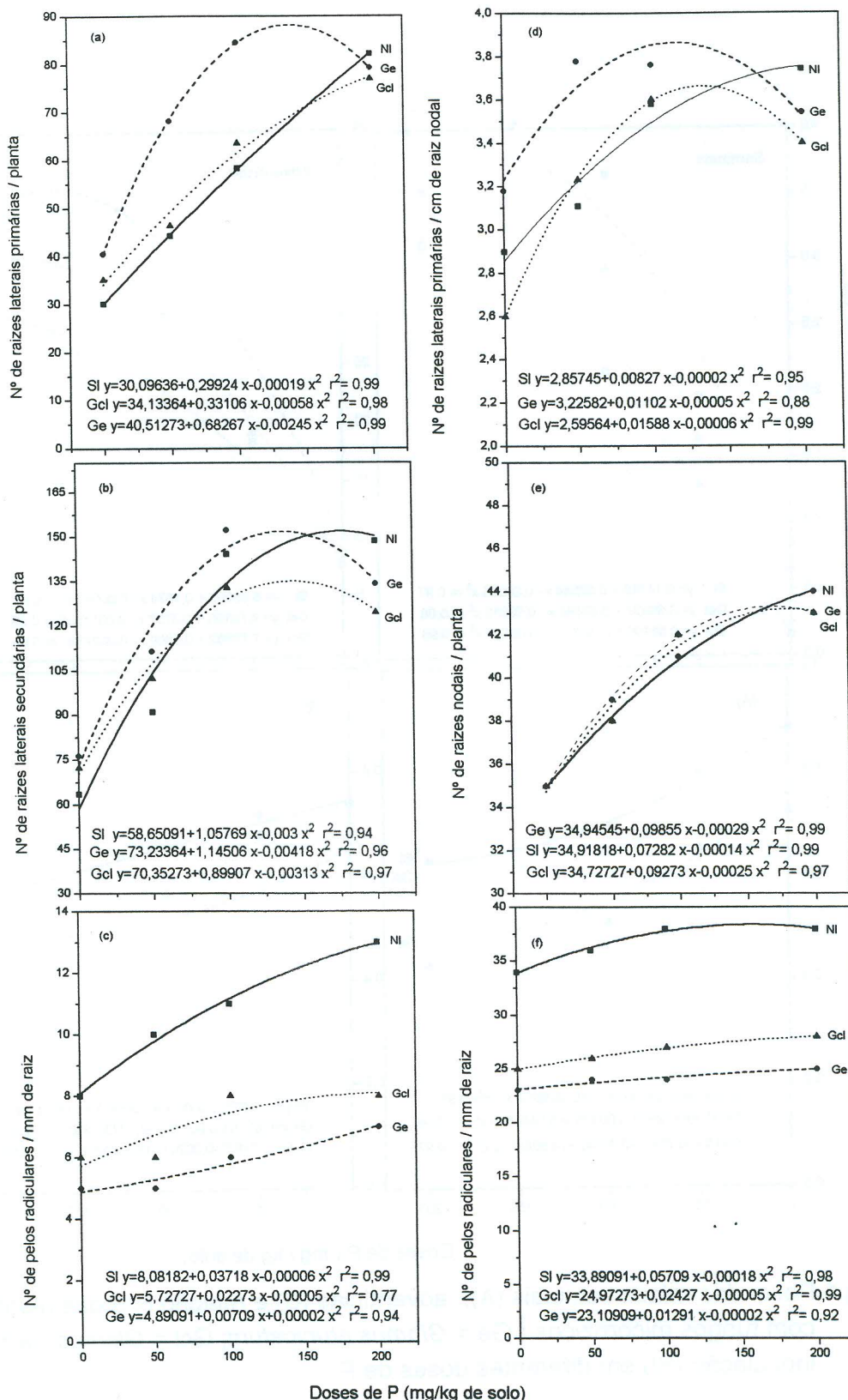


Fig.2 Número de raízes laterais, nodais e pelos radiculares nas plantas inoculadas com fungos micorrízicos (Ge= *Glomus etunicatum*; Gcl= *Glomus clarum*) e sem inoculação (SI) em diferentes níveis de P.

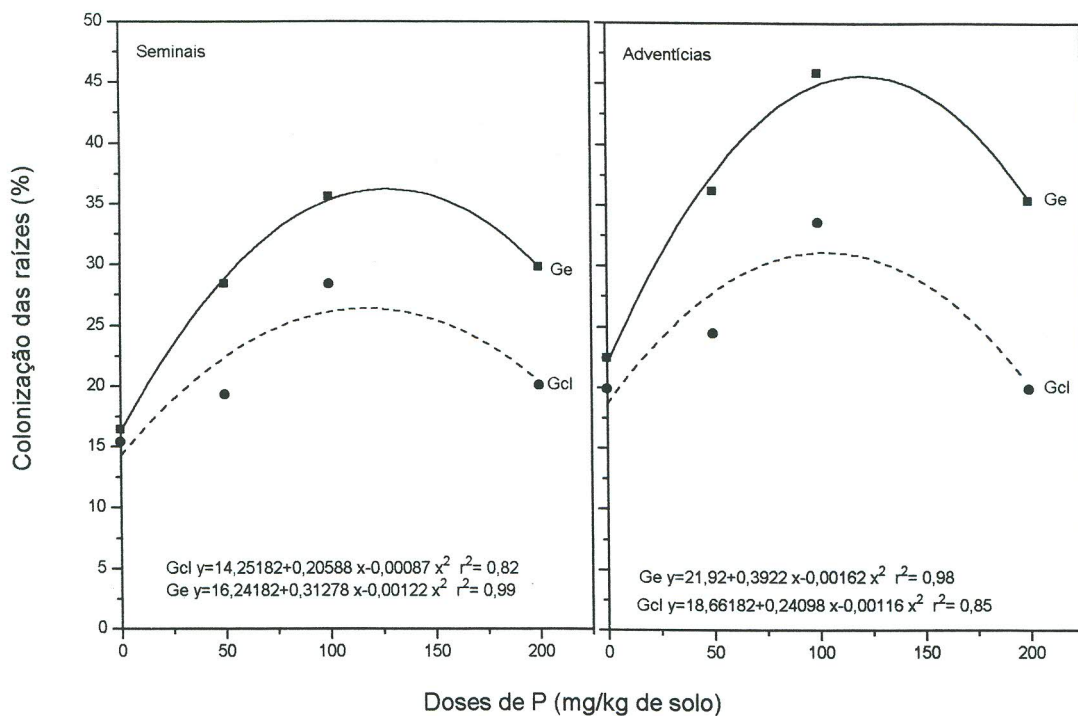


Fig.3 Colonização das raízes seminais e adventícias por *Glomus etunicatum* (Ge) e *Glomus clarum* (Gcl), em diferentes doses de P.

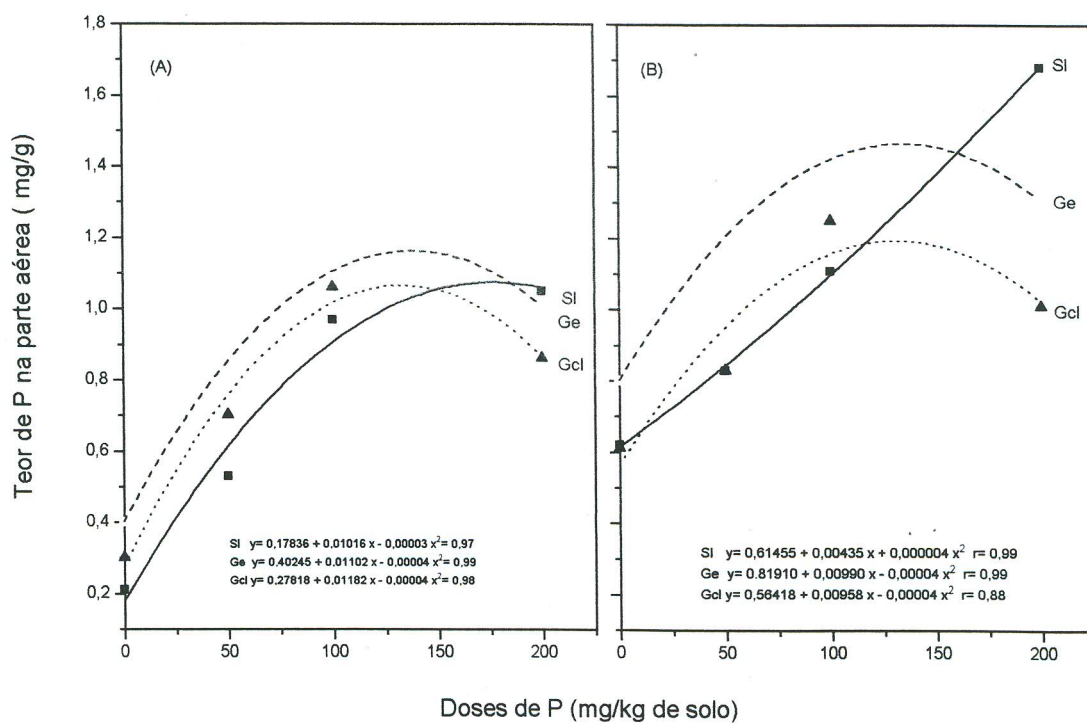


Fig. 4 Teor de P na parte aérea nas plantas com 18 (A) e 104 (B) dias após o plantio inoculadas com *Glomus etunicatum* (Ge), *Glomus clarum* (Gcl) e sem inoculação (SI) em diferentes doses de P.