



## Efeito da interação silício-nitrogênio sobre o crescimento do arroz

**D.P. BALIZA<sup>(1)</sup>, J.L. ARAUJO<sup>(2)</sup>, V. FAQUIN<sup>(3)</sup>, F.W. ÁVILA<sup>(4)</sup>**

**RESUMO** - O silício (Si) não é considerado um elemento essencial, mas é benéfico para o crescimento de algumas plantas como o arroz. Alguns benefícios do Si, principalmente ao arroz, podem ser citados: aumento da resistência à doenças; melhora no ângulo de abertura das folhas tornando-as mais eretas, diminuindo o auto-sombreamento; aumento da resistência ao acamamento, especialmente sob altas doses de nitrogênio (N). O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do Si sobre o crescimento de plantas de arroz cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de N. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2, sendo duas concentrações de Si (0 e 50 mg L<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de N (20, 50, 100, 200 e 400 mg L<sup>-1</sup>) com três repetições, totalizando 30 parcelas. Após 90 dias de cultivo foram avaliados a percentagem de perfilhos férteis, o número de panículas, a matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raízes (MSR) e o acúmulo de N total e teor Si nos colmos + folhas e nas raízes. Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas pelas concentrações de N na solução nutritiva. A adição de Si na solução de cultivo não exerceu efeito significativo na produção de matéria seca das plantas de arroz, mas aumentou percentagem de perfilhos férteis e o número de panículas por planta. O aumento das concentrações de N no meio de cultivo, reduziu o teor de Si nos colmos + folhas do arroz. Contudo, não alterou o acúmulo de N nos tecidos das raízes e nos tecidos dos colmos + folhas.

### Introdução

O N é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura do arroz. Na maior parte dos solos onde é cultivado, tem sido um dos principais fatores limitantes à produtividade dessa cultura, Soares [10]. Contudo, a aplicação de altas doses de N pode proporcionar um elevado desenvolvimento vegetativo, predispondo as plantas ao acamamento e a incidência de pragas e doenças na cultura, Buzetti et al. [2]. Os efeitos negativos proporcionados pelo excesso de N, por outro

lado, podem ser minimizados pelo fornecimento de Si a esta cultura, Mauad et al. [8].

Em plantas acumuladoras de Si como o arroz, após a absorção do elemento, ele se polimeriza nas células da epiderme foliar formando uma camada rígida que dificulta o ataque de pragas e doenças. Além disso, as plantas se tornam mais eretas e menos suscetível ao acamamento, Epstein & Bloom [5]. Em plantas de arroz, tem sido sugerido também que o papel do Si na resistência a doenças está relacionado com a síntese de compostos orgânicos de defesa, chamados fitoalexinas, Rodrigues et al. [9].

Embora não seja bem esclarecida, a interação entre o nitrogênio e o Si tem sido observado em alguns trabalhos. Há relatos de que quando o N é fornecido em altas doses, pode diminuir os teores de Si nas plantas de arroz, como observado por Wallace [13] e Mauad et al. [8]. Segundo Barbosa Filho et al. [1], aplicações pesadas de N diminuem a acumulação de sílica nas folhas mais novas, predispondo a planta à maior incidência de bruzone no “pescoço” da panícula.

Outro efeito benéfico do Si relatado na literatura, é um melhor aproveitamento do N fornecido às plantas. Essa afirmação baseia-se na hipótese de que o Si melhora a arquitetura da planta favorecendo maior e melhor aproveitamento da luz, resultando da menor abertura do ângulo foliar, que torna as folhas mais eretas, diminuindo o auto-sombreamento, sobretudo em condições de altas densidades populacionais e altas doses de N, Deren et al. [4]. Uma das conseqüências desse efeito seria um aumento da taxa fotossintética em tais plantas, proporcionando um aumento da produção de poder redutor e, conseqüentemente, uma maior capacidade de assimilação de nitrogênio pelas plantas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do Si sobre a produção de matéria seca, produções de panículas e no teor de Si em plantas de arroz cultivadas em diferentes concentrações de N em solução nutritiva.

**Palavras-Chave:** *oryza sativa*, silicato, nutrição nitrogenada.

### Material e métodos

<sup>1</sup> Mestranda em Fitotecnia, Departamento de Agricultura (DAG), Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, MG, CEP 37200-000. E-mail: [danibaliza@yahoo.com.br](mailto:danibaliza@yahoo.com.br).

<sup>2</sup> Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo (DCS)/UFLA.

<sup>3</sup> Professor Titular do DCS/UFLA.

<sup>4</sup> Bolsista de Iniciação Científica (I. C.) CNPq/balcão, DCS/UFLA.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG. As sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) 'BRSMG Conai', foram germinadas em papel *germitest* em câmara de germinação. Após a germinação, as plântulas foram transferidas para bandejas de polietileno contendo 40 L de solução de Hoagland & Arnon [6] com 20% de sua força iônica para adaptação sem os tratamentos, recebendo arejamento constante. Quando a condutividade elétrica da solução de adaptação atingiu cerca de 30% da inicial, foram transferidas duas plântulas para vasos contendo 3 L de solução nutritiva de Hoagland com 75% de sua força iônica com os respectivos tratamentos. O volume de solução dos vasos foi completado diariamente com água deionizada e a troca da solução foi realizada quando a mesma atingiu 30% da condutividade elétrica inicial, sendo o pH mantido entre 5,5 e 6,0 pela adição de NaOH ou HCl, 1 mol L<sup>-1</sup>.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2, sendo duas concentrações de silício (0 e 50 mg L<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de nitrogênio (20, 50, 100, 200 e 400 mg L<sup>-1</sup>) com três repetições, totalizando 30 parcelas.

As plantas foram colhidas após o florescimento, separando-as em panículas, colmos + folhas e raízes. Durante esta etapa foram contados o número de perfilhos e o número de panículas por parcela. Com os dados do número de perfilhos e panículas obteve-se a percentagem de perfilhos férteis (PF) dividindo-se o número de panículas por parcela pelo seu respectivo número de perfilhos, multiplicando-se o resultado por 100. As partes de cada planta foram secas em estufa (65-70°) para a determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) (colmos + folhas + panículas) e a matéria seca das raízes (MSR). Na matéria seca de colmos + folhas e raízes foram avaliados os teores de N total, conforme Malavolta, et al. [7] e os teores de silício. Relacionando-se os teores de N e Si nas raízes e nas folhas + colmos, obteve-se o acúmulo desses elementos nestes tecidos. As variáveis foram submetidas a análise de variância, sendo ajustadas equações de regressão polinomial para as concentrações de N e as médias referentes ao fator silício comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## Resultados e Discussão

Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas significativamente pelas concentrações de N na solução nutritiva. Entretanto, apenas número de panículas por parcela e a percentagem de perfilhos férteis foram afetados pelas concentrações de Si. Para a interação entre os fatores, efeito significativo foi observado apenas para a matéria seca de colmos + folhas, MSR e número de panículas por parcela.

A produção de MSPA e MSR apresentaram resposta quadrática em função das concentrações de N na solução nutritiva, para ambas as concentrações de Si (Figura 1a e b). O incremento da produção de matéria seca das plantas com o aumento das concentrações de N na solução nutritiva deve-se às funções desempenhadas por esse nutriente na planta. O N participa de diversos processos na planta, dentre eles a divisão celular e a constituição de tecidos, Taiz & Zeiger [12]. Assim, o aumento na produção de matéria seca obtido pelo incremento do fornecimento de N, é devido à participação deste nutriente na produção de tecido vegetal. O efeito quadrático observado para as variáveis avaliadas deve-se provavelmente, ao efeito tóxico proporcionado pelas elevadas concentrações de N no meio de cultivo. Em relação ao Si, seu fornecimento não afetou significativamente a produção de matéria seca em plantas de arroz, estando de acordo com os resultados obtidos por outros autores, Carvalho [3] e Mauad et al. [8].

Quando as plantas foram cultivadas na menor concentração de N (20 mg L<sup>-1</sup>) seu crescimento foi drasticamente reduzido (Figura 1). Nesta concentração de N, as plantas apresentaram severos sintomas visuais de deficiência de nitrogênio já aos 20 dias após a instalação do experimento.

A percentagem de perfilhos férteis (com exceção da percentagem de perfilhos férteis nos tratamentos com a aplicação de Si) e o número de panículas por parcela, também apresentaram uma resposta quadrática em função das concentrações de N na solução (Figura 1c e 1d). Estes resultados são concordantes com os de Stone et al. [11] e Mauad et al. [8], que também obtiveram resposta quadrática para o número de panículas em função das doses de N aplicadas. O número de panículas, embora neste trabalho represente apenas a floração da cultura, é um dos componentes multiplicativos do cálculo da produção de grãos (quando os grãos já estão formados), Soares [10]. Dessa forma, esta variável está diretamente relacionada com a produção de grãos, embora nem todas as panículas produzidas nas plantas produzirão 100% de grãos cheios.

Apesar de a produção de MSPA e MSR (Figuras 1a e 1b) das plantas não tenham sido afetadas pelo fornecimento de Si, o número de panículas e a percentagem de perfilhos férteis foram favorecidos pela adição de Si na solução nutritiva (Figura 1c e 1d). Observa-se que o efeito do Si sobre o número de panículas foi mais pronunciado nas maiores concentrações de nitrogênio (Figura 1d).

Analisando a produção de matéria seca das plantas (Figuras 1a 1b) nota-se que a tendência é um acréscimo dessas variáveis na maior concentração de N quando não foi adicionado Si na solução de cultivo. Dessa forma, sob elevadas concentrações de N, o crescimento vegetativo das plantas em detrimento da emissão de panículas, parece ter sido favorecido na ausência de Si. Apenas na dose 400 mg L<sup>-1</sup> o número de panículas por parcela foi superior (p<0,05) quando o Si foi adicionado à solução (Figura 1c). Este fato é um

indicativo de que sob altas concentrações de N, as plantas de arroz supridas com Si teriam um maior aproveitamento de nitrogênio destinado ao crescimento reprodutivo.

O acúmulo de N e teor de Si nas folhas + colmos e nas raízes foram influenciados significativamente pelas concentrações de N e pela interação nitrogênio-silício, contudo, não foram afetados pelas concentrações de Si na solução nutritiva. O acúmulo de N nas folhas + colmos apresentou ajuste linear e quadrático sem e com a adição de Si, respectivamente (Figura 2a), enquanto nas raízes, o ajuste foi linear e quadrático com e sem adição de Si, respectivamente (Figura 2b). Os acúmulos de N nas folhas + colmos e nas raízes apresentaram ajuste de regressão quadrático com e sem adição de Si.

Em relação ao efeito do Si, outros trabalhos também não encontraram efeito significativo do Si nas concentrações de N nos tecidos das plantas de arroz quando estas foram submetidas à doses de N, Mauad et al. [8].

O teor de Si nos colmos + folhas e nas raízes foram significativamente afetados pela aplicação de Si, pelas concentrações de N e pela interação entre estes fatores. O teor de Si nos colmos + folhas (Figura 2c) não sofreu variação significativa em função das concentrações de N quando o Si não foi aplicado na solução de cultivo. Por outro lado, quando o Si foi adicionado, houve um decréscimo no seu teor com o aumento da concentração de N na solução nutritiva nestes tecidos. Nas raízes (Figura 2d), o menor teor de Si foi obtido na maior concentração de N, quando o Si foi adicionado. Nestes tecidos, na ausência do Si na solução, embora o ajuste tenha sido quadrático, houve uma pequena variação do teor de Si em função das concentrações de N aplicadas. Uma vez que a produção de matéria seca das plantas aumentou significativamente com o aumento das concentrações de N, o decréscimo no teor de Si, especialmente nos colmos + folhas é atribuído a diminuição dos teores de Si nestes tecidos. A diminuição dos teores de Si com o incremento das doses de N, por sua vez pode ser devido ao efeito de diluição, ou pela inibição competitiva do  $\text{N-NO}_3^-$  com o  $\text{H}_4\text{SiO}_3^-$  na solução, diminuindo sua absorção, Wallace [13].

## Conclusões

O fornecimento de Si não interferiu na produção de matéria seca e nem nos acúmulos de N nos tecidos das plantas de arroz, mas aumentou o número de panículas e a percentagem de perfilhos férteis do arroz.

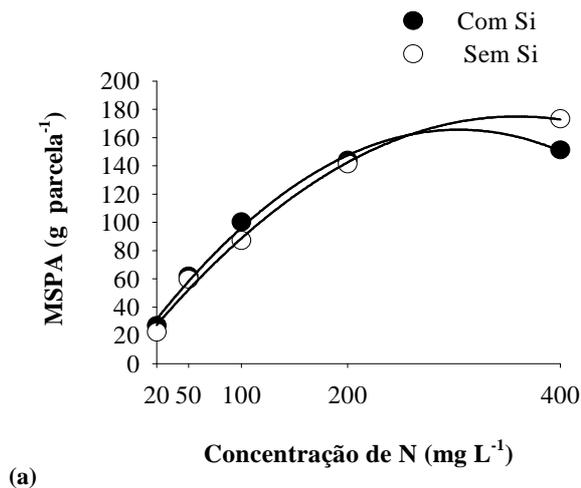
Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas pelas concentrações de N na solução nutritiva, apresentando ajuste quadrático na grande maioria dos casos.

## Agradecimentos

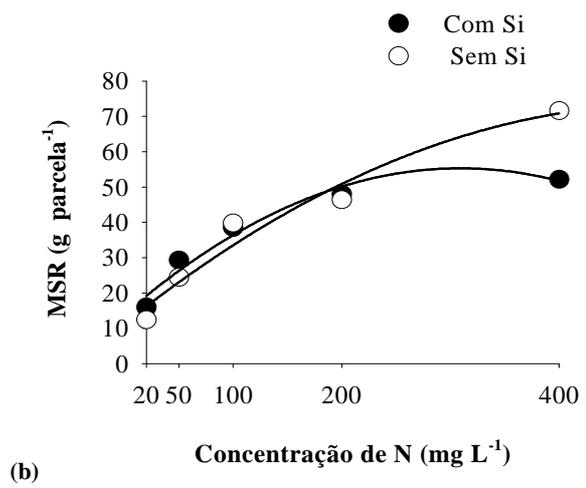
À FAPEMIG e CNPq pela concessão das bolsas de I.C. ao primeiro e quarto autores, respectivamente.

## Referências

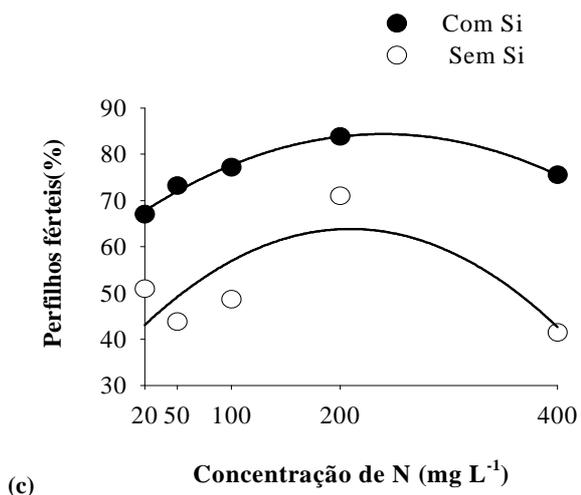
- [1] BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n. 89, p. 1-8, mar. 2000. Encarte técnico.
- [2] BUZETTI, S.; BAZANINI, G. C.; FREITAS, J. G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, E. M.; MEIRA, F. A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1731-1737, dez. 2006.
- [3] CARVALHO, J. C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- [4] DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; MARTIN, F. G. Silicon concentration, disease response and yield components of rice genotypes grown on flooded organic Histosols. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 733-737, 1994.
- [5] EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 169p.
- [6] HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water - culture method for growing plants without soil**. Berkeley, Calif.: California Agricultural Experiment Station, 1950.
- [7] MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- [8] MAUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C. A. C.; CORRÊA, J. C. Teores de Silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, 867-873, 2003.
- [9] RODRIGUES, F.A.; MCNALLY, D.J.; DATNOFF, L.E.; JONES, J.B. ; LABBE, C.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J.G. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potential mechanism for blast resistance. **Phytopathology**, Estados Unidos, v. 94, p. 177-183, 2004.
- [10] SOARES, A. A. Desvendando o segredo do Insucesso do Plantio Direto do Arroz de Terras Altas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 25, p. 58-66, 2004.
- [11] STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; YOKOYAMA, L. P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 927-932, jun. 1999.
- [12] TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 2004. p. 449-484.
- [13] WALLACE, A. Relationships among nitrogen, silicon, and heavy metal uptake by plants. **Soil Science**, v. 147, p. 457-460, 1989.



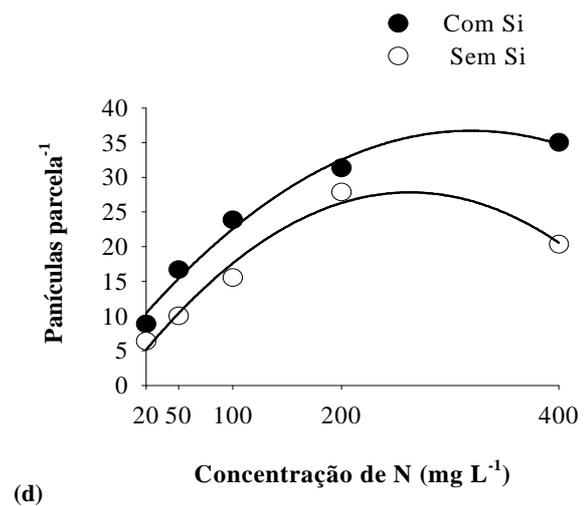
Com Si =  $-0,0017x^2 + 1,0103x + 11,73$   
 $R^2 = 0,994^{**}$   
 Sem Si =  $-0,0013x^2 + 0,9234x + 9,2569$   
 $R^2 = 0,990^{**}$



Com Si =  $-0,0004x^2 + 0,2676x + 13,965$   
 $R^2 = 0,960^{**}$   
 Sem Si =  $-0,0002x^2 + 0,2468x + 11,306$   
 $R^2 = 0,962^*$

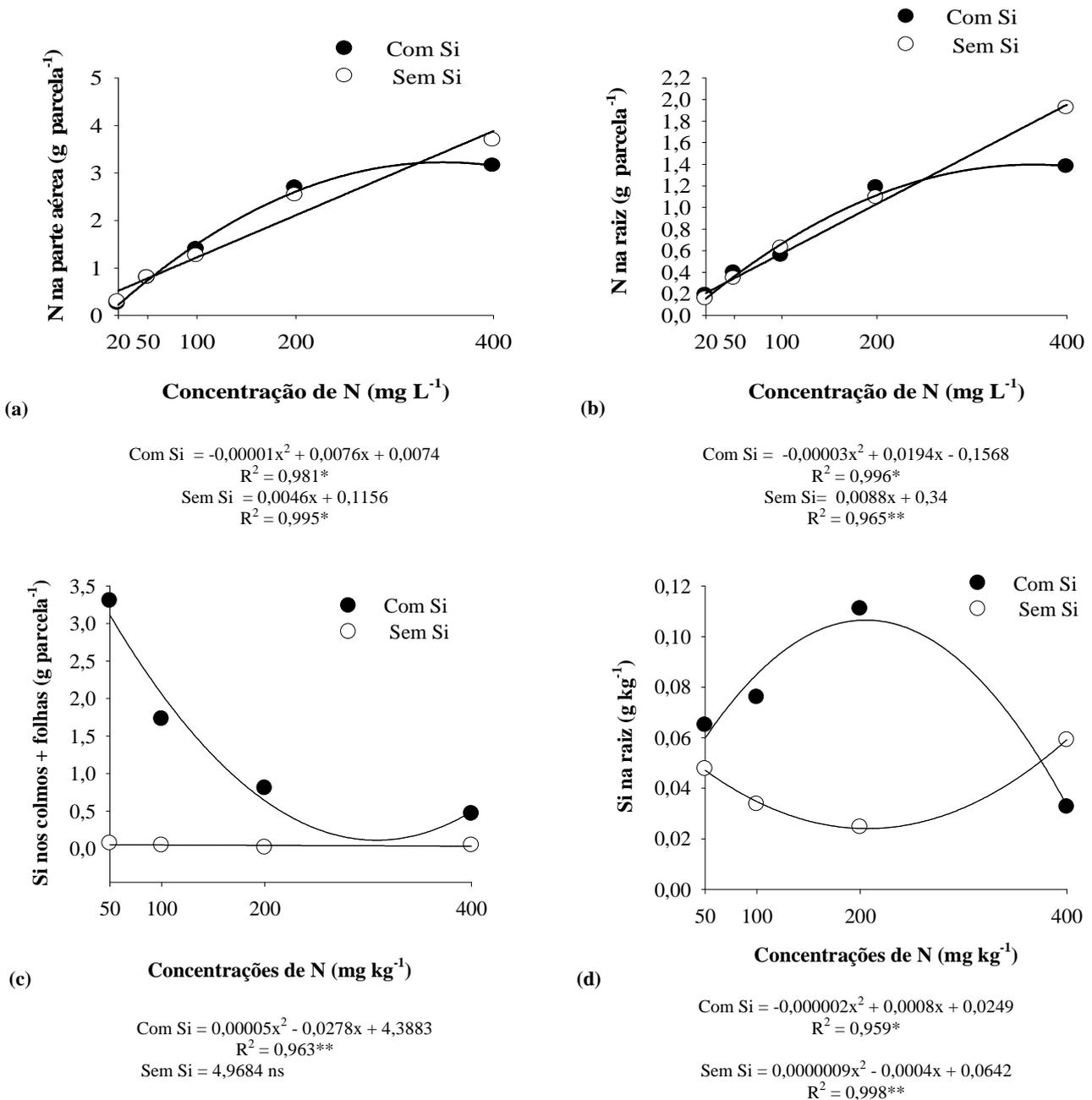


Com Si =  $-0,0003x^2 + 0,1654x + 64,54$   
 $R^2 = 0,984^{ns}$   
 Sem Si =  $-0,0006x^2 + 0,2434x + 38,395$   
 $R^2 = 0,61^{**}$



Com Si =  $-0,0003x^2 + 0,188x + 6,7222$   
 $R^2 = 0,984^*$   
 Sem Si =  $-0,0004x^2 + 0,2025x + 1,2162$   
 $R^2 = 0,970^*$

**Figura 1** Matéria seca da parte aérea (a), matéria seca de raízes (b), percentagem de perfilhos férteis (c) e número de panículas por parcela (d) das plantas de arroz com e sem adição de Si, em função das concentrações de nitrogênio na solução nutritiva.



**Figura 2** Acúmulo de N nas folhas + colmos (a) e nas raízes (b) e teores de Si na parte aérea (c) e nas raízes (d) das plantas de arroz com e sem adição de Si, em função das concentrações de nitrogênio na solução nutritiva.