

RELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS DE SOLOS DE VÁRZEA E A ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO PELO ARROZ IRRIGADO EM DOIS CULTIVOS SUCESSIVOS EM CASA-DE-VEGETAÇÃO

RELATIONSHIP BETWEEN LOWLAND SOIL CHARACTERISTICS AND NITROGEN ABSORPTION BY FLOODED RICE IN TWO SUCCESSIVE CULTIVATION IN GREENHOUSE

Anderson Clayton Rhoden¹; Leandro Souza da Silva^{2*}; Darines Britzke³; Sidnei Küster Ranno⁴

RESUMO

A matéria orgânica do solo (MOS) é a mais importante fonte de N às culturas e seu teor no solo é utilizado como critério para definir a dose da adubação nitrogenada. Entretanto, a MOS pode não ser um bom parâmetro para estimar o rendimento relativo de grãos de arroz irrigado por alagamento, devido à influência dos ciclos aeróbios e anaeróbios sobre a decomposição da MOS e dinâmica do N. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características de solo que se correlacionam com a quantidade de N absorvido por plantas de arroz irrigado em dois cultivos sucessivos em casa-de-vegetação. Utilizaram-se 15 amostras de solo, na camada de 0-20 cm de profundidade, coletadas em 13 municípios do RS. Cultivou-se arroz em casa-de-vegetação, durante dois ciclos sucessivos de 60 dias, onde foram determinadas as quantidades de N absorvido pelas plantas, as quais foram correlacionadas com algumas características dos solos. Houve grande variação na quantidade de N absorvido pelas plantas (24,7 a 307,7 mg de N vaso⁻¹ para o primeiro cultivo e 9,8 a 113,6 mg de N vaso⁻¹ para o segundo cultivo), demonstrando uma grande amplitude na disponibilidade de N dos solos de várzea do RS. Os teores de C orgânico, de N total, de argila e de N mineral inicial foram os principais parâmetros associados com a quantidade de N absorvido pelas plantas, enquanto que a relação C/N e os teores iniciais de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ isoladamente não foram eficientes para estimar a absorção de N pelo arroz irrigado.

Palavras-chave: carbono orgânico, nitrogênio total, teor de argila, solo alagado, correlação.

ABSTRACT

Soil organic matter (SOM) is the most important nitrogen (N) source to crops and its content is used to establish N fertilizer rates applications. However, SOM is not a good parameter to establish N fertilization to irrigated rice in lowland soils because the influence of aerobic and anaerobic cycles on SOM decomposition and N dynamic. The objective of this work was to evaluate the soil characteristics correlated with N absorbed by plants of flooded rice in two successive cultivations in greenhouse. Rice was cultivated using pots with 4 kg of soil from superficial layer (0-0.2m) of 15 lowland soils from Rio Grande do Sul (RS) state. Chemical and physical soil characteristics were correlated with absorbed N by plants. There was a wide variation in absorbed N by rice (24,7 to 307,7 mg of N pot⁻¹ in the first cultivation and 9,84 to 113,6 mg of N pot⁻¹ in the second), showing a wide N availability in lowland soils from RS. The organic C, total N, initial mineral N and clay content were correlated with N absorbed by plants whereas C/N relation and N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻ content alone were not correlated with N absorbed by plants.

Key words: organic carbon, total nitrogen, clay content, flooded soil, correlation.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um dos elementos mais importantes para as plantas e o seu ciclo está sujeito a uma complexa ordem de mecanismos regulatórios que envolvem fatores físicos, químicos e biológicos. A maioria das transformações do N é mediada metabolicamente por microrganismos autotróficos e heterotróficos, os quais são fortemente influenciados pelas condições físicas e químicas prevalentes no ambiente (HERBERT, 1999). Cerca de 95% do N do solo está na forma orgânica, indisponível para as culturas até que ocorra sua mineralização (CAMARGO et al., 1999). Desta forma, a matéria orgânica do solo (MOS) é considerada a mais importante fonte de N para as culturas e o seu teor no solo serve de base para o manejo da adubação nitrogenada nos Estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004). Entretanto, tem-se observado muito baixa relação entre a produtividade do arroz irrigado à campo, e o teor de MOS (SCIVITTARO & MACHADO, 2004).

Nos solos alagados, a entrada da água faz com que ocorram alterações de ordem física, química e biológica, as quais afetam a dinâmica da decomposição da MOS, bem como o ciclo do N, o que dificulta a predição da dose de fertilizante nitrogenado a ser indicado para o arroz irrigado. Dessa forma, a MOS perde a capacidade de associação com o teor de N absorvido pelas plantas ou com o rendimento relativo do arroz irrigado, diferentemente do que ocorre em solos de sequeiro. CASSMAN et al. (1996) observaram que não houve correlação entre os teores de C orgânico e N total do solo e o N absorvido por plantas de arroz irrigado. Da mesma forma, ZHU et al. (1984) relatou correlação não significativa entre o N absorvido por plantas de arroz irrigado e o teor de N total do solo. Entretanto, DOLMAT et al. (1980) encontrou significativa mas baixa correlação entre o teor de N total do solo e a produção de grãos de arroz irrigado. PÖTTKER & TEDESCO (1979) e LI et al. (2003), avaliando a mineralização anaeróbia do N, encontraram correlação significativa entre o teor de C orgânico do solo e o N mineralizado pelo solo, o que pode, não necessariamente se refletir em N absorvido pelas plantas neste ambiente.

A decomposição da MOS mineraliza o N orgânico do solo em diferentes velocidades em função da sua recalctrância e resistência ao ataque microbiano

¹ Eng. Agr., MSc., Projeto PRAPEM/Microbacias 2, Itapiranga - SC.

² Eng. Agr., Dr., Prof. Adjunto do Departamento de Solos, CCR, UFSM, 97105-900, Santa Maria - RS. leandro@smail.ufsm.br *autor para correspondência

³ Acadêmico do curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria – RS, bolsista BIC FAPERGS.

⁴ Eng. Agr., MSc., Pesquisador da Fundação MS, Maracajú - MS.

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada junto ao PPGCS da UFSM.

(Recebido para Publicação em 11/03/2005, Aprovado em 04/09/2006)

(CAMARGO et al., 1997). Portanto, cada solo possui capacidade intrínseca de fornecer N às plantas a partir da decomposição da MOS em quantidades e taxas diferentes, que dependem do tipo de solo (especialmente pH, condições redox, temperatura e textura), da atividade microbiana e das condições ambientais, além da entrada de N no sistema via adubação nitrogenada. Somando-se a isto, a resposta do arroz irrigado à adubação nitrogenada é muito dependente do clima, principalmente com relação à temperatura e a radiação solar (VAHL, 1999), e das práticas de cultivo nos diferentes sistemas de produção de arroz irrigado. Todos esses fatores tornam difícil a avaliação do potencial dos solos em fornecer nitrogênio às plantas sob condições de campo.

Dessa forma, a avaliação de diferentes solos em condições de casa-de-vegetação, uniformizando as condições ambientais, torna-se uma ferramenta importante para avaliar os fatores que afetam a contribuição da MOS para com o N absorvido pelas plantas. Através destas informações, pode-se maximizar a utilização do N do solo potencialmente disponível às plantas, aprimorar sistemas de recomendação de fertilizantes nitrogenados e auxiliar para que se tenha um melhor manejo da adubação mineral nitrogenada, diminuindo

custos para o produtor e minimizando os impactos ambientais. Com base nessas considerações, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar as características de solos de várzea do RS que se correlacionam com a quantidade de N absorvido por plantas de arroz irrigado por inundação em dois cultivos sucessivos em casa-de-vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 15 amostras de solos de várzea representativas da lavoura orizícola do RS, com ampla faixa de variação de características químicas e físicas, em 13 municípios: Camaquã, Dom Pedrito, Uruguiana (2 amostras), Caçapava do Sul, Santo Antônio da Patrulha, Santa Maria, São Gabriel, Cachoeirinha, Restinga Seca, Cachoeira do Sul (2 amostras), Santa Vitória do Palmar, Rosário do Sul e Paraíso do Sul (Tabela 1). Tendo em vista a semelhança na classificação entre algumas amostras, na discussão do presente trabalho foi utilizada a denominação dos solos pelo município onde foram coletados.

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos da camada de 0-20 cm de profundidade das 15 amostras de solo originais.

Solo	Classificação Brasileira (EMBRAPA, 1999)	P	K	Argila	Silte	Areia	pH-H ₂ O 1:1	Índice SMP	Al	Ca	Mg
		...mg kg ⁻¹g kg ⁻¹cmol _c kg ⁻¹		
Camaquã	Gleissolo Melânico	13,8	117	804	152	44	5,0	5,0	1,2	12,0	2,7
Dom Pedrito	Gleissolo Háptico	2,3	102	439	486	75	5,3	5,8	0,2	15,2	2,8
Uruguiana 1	Vertissolo Ebânico	2,1	92	370	374	256	6,0	6,0	0,0	21,7	5,4
Uruguiana 2	Chernossolo Ebânico	1,0	186	330	570	100	5,6	5,8	0,0	17,4	3,1
Caçapava	Planossolo Háptico	3,6	65	320	500	180	6,1	6,5	0,0	16,9	3,2
Santo Antônio da Patrulha	Planossolo Hidromórfico	8,0	71	252	216	532	4,8	5,6	0,5	3,2	0,6
Santa Maria	Planossolo Hidromórfico	8,0	47	245	384	371	4,4	5,1	1,4	4,4	0,9
São Gabriel	Planossolo Háptico	1,3	43	240	523	237	4,9	5,6	0,6	7,5	1,3
Cachoeirinha	Gleissolo Háptico	5,1	43	200	437	363	4,6	5,8	1,1	2,8	0,5
Restinga Seca	Planossolo Hidromórfico	3,0	132	187	301	512	4,7	5,2	1,8	1,5	0,2
Cachoeira do Sul 1	Planossolo Hidromórfico	4,4	57	175	308	517	4,9	6,5	0,5	3,9	0,6
Cachoeira do Sul 2	Planossolo Hidromórfico	7,1	65	128	462	409	5,7	6,5	0,0	3,4	0,8
Santa Vitória do Palmar	Planossolo Hidromórfico	3,7	33	123	160	711	5,2	6,3	0,1	3,1	0,7
Rosário do Sul	Planossolo Háptico	13,6	34	83	157	744	4,8	6,2	0,5	1,8	0,2
Paraíso do Sul	Planossolo Hidromórfico	8,9	49	88	175	739	5,2	6,0	0,4	2,1	0,4

Os solos foram caracterizados quimicamente, avaliando-se o pH-H₂O, índice SMP, Al, Ca e Mg trocáveis e os teores de P e K disponíveis, conforme descrito em TEDESCO et al. (1995), e fisicamente (textura), utilizando-se o método da pipeta (EMBRAPA, 1997). Determinou-se também C orgânico pelo método de Mebius modificado, descrito por NELSON & SOMMERS (1982), o N total e o N mineral dos solos, conforme descrito em TEDESCO et al. (1995) (Tabela 1). Para uniformizar o pH dos solos utilizou-se calcário dolomítico (PRNT 75%) em doses individuais necessárias para elevar o pH até 5,5, estimado pelo índice SMP de cada solo (CQFS-RS/SC, 2004).

Aliquotas de 4 kg de cada solo foram acondicionadas em sacos plásticos, onde permaneceram incubando por um período de 35 dias para reação com o calcário. Após a incubação, cada amostra recebeu adição de P na forma de fosfato de potássio monobásico (KH₂PO₄) calculado para atingir 0,2 mg de P L⁻¹ na solução do solo, valor considerado

adequado para o desenvolvimento de plantas (NOVAIS & SMITH, 1999), em função da capacidade máxima de adsorção de fósforo, conforme descrito em RANNO (2004). Considerando o fato de que a fonte de P utilizada contém potássio (K) em sua molécula e que a adição de diferentes doses de P promoveu diferentes doses de K, foi realizado um complemento à adubação potássica utilizando-se KCl P.A. de modo a se obter a mesma adubação potássica para todos os solos (200 mg kg⁻¹), cujo procedimento encontra-se descrito em RHODEN (2005). Aplicaram-se também os seguintes micronutrientes: ácido bórico (4 mg kg⁻¹), sulfato de cobre (3 mg kg⁻¹), cloreto de zinco (1 mg kg⁻¹) e molibdato de sódio (0,5 mg kg⁻¹).

Após este período, os solos foram transferidos para vasos com capacidade para 8 L (4 repetições), num total de 60 vasos, e semeado arroz irrigado pré-germinado, cv IRGA-417, com oito plântulas por vaso. Após cinco dias do

transplante, realizou-se um desbaste deixando seis plantas por vaso e aplicou-se uma lâmina de água de aproximadamente 5 cm através de irrigações periódicas com água destilada. Aos 60 dias após o transplante realizou-se a colheita da parte aérea das plantas, que foram secas em estufa de ventilação forçada a 60°C e, posteriormente, foram pesadas, moídas, determinado o teor de N das plantas, conforme descrito em TEDESCO et al. (1995), e calculada a quantidade de N absorvido.

Onze dias após a colheita do primeiro cultivo realizou-se a semeadura do segundo cultivo, utilizando-se os mesmos procedimentos descritos para o primeiro, excetuando-se as adubações. A colheita da parte aérea das plantas também foi realizada 60 dias após o transplante, sendo levadas à estufa para secagem. Após, a massa seca das plantas foi pesada, moída, determinado o teor de N das plantas e calculada a quantidade de N absorvido, conforme mesmos procedimentos descritos para o primeiro cultivo.

A partir dos resultados de N absorvido pelas plantas, aplicou-se o teste de correlação linear simples de Pearson com os seguintes atributos de solo: teores de C orgânico, N total e argila, relação C/N, teores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N mineral para o primeiro cultivo e teores de C orgânico, N total, argila e relação C/N para o segundo cultivo, considerando

significativas as correlações com níveis de significância maiores que 95% ($\alpha < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de N absorvido pelas plantas de arroz irrigado variaram de 24,7 a 307,7 mg de N vaso⁻¹ para o primeiro cultivo e de 9,8 a 113,6 mg de N vaso⁻¹ para o segundo cultivo (Tabela 2), demonstrando uma grande amplitude na disponibilidade de N dos solos de várzea do RS. A quantidade de N absorvido pelo arroz foi alta e significativamente correlacionada com o teor de carbono (C) orgânico dos solos ($r = 0,90$; $p < 0,01$) e com o teor de N total do solo ($r = 0,82$; $p < 0,01$) (Figura 1). Revisando outros trabalhos, CASSMAN et al. (1996) também encontraram elevada e positiva correlação entre os teores de C orgânico e de N total do solo e o N absorvido por plantas de arroz irrigado em testes em vasos em casa-de-vegetação. Da mesma forma, CAMARGO et al. (1997), estudando o potencial de mineralização aeróbia do N em solos de sequeiro do RS, observaram tendência de aumento no teor de N no tecido do milho com o aumento no teor de C orgânico do solo.

Tabela 2 - Características químicas dos quinze solos e a quantidade de N absorvido pelas plantas de arroz irrigado num período de 60 dias, em dois cultivos sucessivos.

Solos	C org.	N total	C/N	N mineral inicial			N absorvido	
				NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺ + NO ₃ ⁻	1º cultivo	2º cultivo
%.....		mg kg ⁻¹mg vaso ⁻¹	
Camaquã	3,72	0,42	8,8	33,1	92,8	125,9	257,7	113,6
Dom Pedrito	1,11	0,32	3,5	31,6	33,1	64,6	88,1	41,1
Uruguaiana 1	3,09	0,39	8,0	111,8	27,2	139,0	307,7	33,6
Uruguaiana 2	2,00	0,26	7,8	18,5	79,7	98,2	278,6	32,9
Caçapava	1,62	0,20	8,1	19,4	33,1	52,5	130,1	32,1
Santo Antônio da Patrulha	1,18	0,19	6,2	11,2	50,6	61,7	104,4	36,8
Santa Maria	0,95	0,18	5,2	12,6	57,8	70,5	91,7	33,9
São Gabriel	1,38	0,18	7,7	15,6	89,9	105,5	114,7	58,2
Cachoeirinha	1,09	0,17	6,5	18,5	57,8	76,3	71,7	33,6
Restinga Seca	0,83	0,10	7,8	17,0	25,8	42,8	24,7	11,1
Cachoeira do Sul 1	0,56	0,11	4,9	17,0	22,8	39,9	37,3	20,4
Cachoeira do Sul 2	0,44	0,09	5,0	12,6	34,5	47,2	44,8	23,3
Santa Vitória do Palmar	0,92	0,13	7,3	33,1	57,8	90,9	99,8	20,2
Rosário do Sul	0,55	0,08	7,2	15,6	73,9	89,4	57,4	11,5
Paraíso do Sul	0,73	0,07	10,7	11,2	40,3	51,5	42,8	9,8

Entretanto, os autores também observaram que existem solos que apresentam comportamento destoante da maioria dos solos estudados, possivelmente, atrelado a maior estabilidade da MOS, tanto pela sua proteção na fração argila do solo, como pela presença de frações orgânicas mais recalcitrantes, fatores que atuam sobremaneira na atividade microbiana, resultando em diferenças na decomposição da MOS e na mineralização do N. Estes fatos podem explicar, em parte, os resultados obtidos com os solos Camaquã e Restinga Seca, que apresentaram baixo N absorvido em relação a tendência determinada pela correlação. Efeito contrário deve ter ocorrido com o solo Uruguaiana 2, o qual proporcionou N absorvido acima do estimado pela associação com o teor de C orgânico do solo. Uma possível explicação para esse comportamento seria uma menor proteção da MOS pelos minerais neste solo, embora não seja possível afirmar que isto tenha sido causado pelo alagamento do solo. Segundo INUBUSHI et al. (1985), o tipo de mineral de argila

também atua sobre o potencial de mineralização de N do solo; solos com o predomínio de minerais de argila do tipo 2:1 apresentam taxa de mineralização da fração lábil cerca de 1,8 vezes maior do que solos com o predomínio de argilas do tipo 1:1.

A alta correlação obtida entre o N absorvido e o C orgânico poderia apontar para o atributo de solo satisfatório para indicar a disponibilidade de N em solo às plantas. Entretanto, considerando apenas os solos que apresentam menos do que 1% de C orgânico (1,7% de MOS), o que representaria praticamente metade dos solos estudados, o coeficiente de correlação cairia para 0,57 e não significativo ($p < 0,05$). Este comportamento vai ao encontro das observações de SCIVITTARO & MACHADO (2004), onde o teor de C orgânico do solo não foi um bom parâmetro para estimar o rendimento relativo de grãos de arroz irrigado. A alta correlação obtida neste trabalho também pode estar relacionada com o conteúdo de N

mineral inicial do solo (Tabela 2), originado aerobiamente em pré-alagamento dos solos, momento em que foram manipulados e ajustados às unidades experimentais, o que pode ter estimulado a atividade microbiana e influenciado na disponibilidade e na absorção de N pelas plantas. Este tipo de situação apresenta semelhança quando comparada à condição de campo, a partir da instalação da cultura do arroz irrigado no sistema de cultivo convencional. O preparo do solo com arações e gradagens manipula o solo e expõe camadas subsuperficiais, aumentando a atividade microbiana pela aeração do solo e exposição da MOS ao ataque microbiano, o que, conseqüentemente, aumenta a mineralização do N e a nitrificação.

O coeficiente de correlação entre o teor de argila do solo e o N absorvido pelas plantas também foi significativo ($r = 0,67$, $p < 0,01$) (Figura 1), porém inferior ao obtido com o teor de C orgânico e de N total do solo. Parte deste comportamento pode ser explicada pelo fato de que o teor de C orgânico e de N total do solo apresentam tendência de aumento com o teor de argila do solo, apresentando elevadas e significativas correlações entre tais parâmetros ($r = 0,86$ e $r = 0,90$, respectivamente, $p < 0,01$). Isto ocorre devido à íntima relação entre a fração argila do solo e a MOS, que propicia uma proteção física à MOS, a qual se liga à argila e dificulta o acesso microbiano, e uma proteção química, pelas ligações existentes entre os minerais de argila e a MOS (BAYER & MIELNICZUK, 1999). Segundo CAMARGO et al. (1997), a argila participa na formação de complexos organo-minerais insolúveis, além de adsorver enzimas, que pode resultar em proteção da MOS ao ataque microbiano, diminuindo a mineralização do N. Desta forma, as ligações do tipo complexo entre argila e a MOS favorecem a retenção de C orgânico no solo e, conseqüentemente, do N total, o que não representa, necessariamente, menor potencial de mineralização do N. Portanto, de maneira geral, solos mais argilosos tendem a apresentar maior teor de MOS e N total, conseqüentemente, maior capacidade de mineralizar N, o que resulta em maior quantidade de N absorvido pelas plantas, mas pode sofrer variações dependendo do tipo de mineral envolvido e das condições do meio.

A relação C/N é dada pela razão C orgânico e N total do solo, e apresentou baixo e não significativo coeficiente de correlação com o teor de N absorvido pelas plantas ($r = 0,29$; $p < 0,05$) (Figura 1). Portanto, solos com baixa relação C/N não possuem, necessariamente, maior capacidade de mineralizar N do que solos com alta relação C/N, demonstrando que a proteção da MOS pela fração mineral do solo, a recalcitrância e/ou a maneira com que o N está incorporado à MOS e o ambiente em questão atuam mais fortemente na capacidade do solo em mineralizar N, que influenciará a quantidade de N absorvido pelas plantas de arroz irrigado.

Os teores de N mineral ($N-NH_4 + N-NO_3$) inicial (em pré-alagamento) variaram amplamente entre os solos estudados (39,9 a 125,9 mg kg⁻¹ de solo) (Tabela 2), e o coeficiente de correlação deste com o N absorvido pelas plantas foi significativo ($r = 0,75$; $p < 0,01$) (Figura 2). Cabe destacar que o N mineral inicial dos solos foi determinado em pré-alagamento, o qual foi originado a partir da decomposição aeróbia da MOS. Estes resultados evidenciam que o teor de N mineral inicial do solo pode ser importante para determinar o N absorvido pelas plantas após o alagamento e pode ser um parâmetro auxiliar nos estudos de predição da disponibilidade de N em diferentes solos. Entretanto, KEENEY & BREMNER (1966) comentam que este atributo não é considerado um índice seguro pelo fato de que o conteúdo de N mineral varia rapidamente no

tempo e os resultados de análises de N mineral em solos dependem amplamente do momento de amostragem e do tratamento das amostras antes da análise, além de que, a dinâmica do N é favorável a rápidas perdas a partir do alagamento do solo devido à alteração do metabolismo microbiano predominante, favorecendo a denitrificação.

A denitrificação pode explicar a baixa associação entre o teor de $N-NO_3$ inicial (pré-alagamento) e o N absorvido por plantas de arroz irrigado ($r = 0,31$; $p < 0,05$) (Figura 2). A entrada da água no solo causa a expulsão do oxigênio, criando um ambiente de anaerobiose. Neste ambiente, o nitrato é utilizado como receptor final de elétrons na cadeia respiratória de microrganismos anaeróbios, sendo reduzido a N_2 ou N_2O (denitrificação), os quais são voláteis, incorrendo em perdas de N do sistema solo. Ao contrário do nitrato, o $N-NH_4$ inicial (pré-alagamento) possui comportamento mais estável em ambiente alagado, o que favorece a sua predominância e permanência no solo neste ambiente e sua correlação com o N absorvido pelo arroz irrigado se apresenta superior à do $N-NO_3$ e também significativa ($r = 0,65$; $p < 0,01$) (Figura 2). Entretanto, como os teores de $N-NH_4$ eram baixos nas condições aeróbias, havendo somente um solo com elevado teor de $N-NH_4$, e, quando se exclui esta observação, a correlação passa a não ser significativa, indicando que o teor de $N-NH_4$ isoladamente também não é um bom parâmetro para quantificar o N absorvido pelas plantas.

O segundo cultivo de arroz irrigado foi conduzido em sucessão ao primeiro e as plantas também permaneceram crescendo por um período de 60 dias em casa-de-vegetação, não recebendo nenhum tipo de adição de nutrientes. Do mesmo modo como no primeiro cultivo, houve correlação significativa ($r = 0,78$; $p < 0,01$) entre o teor de C orgânico do solo e o N absorvido pelas plantas (Figura 3), entretanto, inferior à obtida no primeiro cultivo.

Esta constatação, provavelmente, está atrelada ao fato que durante o primeiro cultivo houve decomposição da fração lábil da MOS, restando frações mais recalcitrantes para serem decompostas no decorrer do segundo cultivo.

Desta forma, a atividade microbiana foi prejudicada com relação à qualidade do substrato orgânico como fonte de energia e nutrientes para seu crescimento, o que resultou em menor mineralização do N e disponibilidade para as plantas e, conseqüentemente, menor quantidade de N absorvido. Também, como *a priori* não houve mineralização aeróbia no segundo cultivo, diferentemente do ocorrido no primeiro cultivo, a ausência do N mineralizado aerobiamente pode ter contribuído para a diminuição na correlação.

O teor de N total dos solos apresentou correlação significativa com a quantidade de N absorvido pelas plantas no segundo cultivo ($r = 0,74$; $p < 0,01$) (Figura 3). A correlação entre o teor de argila do solo e o N absorvido pelas plantas foi altamente significativa ($r = 0,90$; $p < 0,01$) (Figura 3), superior à obtida no primeiro cultivo. A elevada correlação observada entre o teor de argila do solo e o N absorvido pelas plantas no segundo cultivo sugere que o processo de redução do solo afetou a mineralização do N. A argila do solo é formada por compostos inorgânicos oxidados, como o ferro e o manganês, entre outros, que podem ser utilizados como receptores de elétrons durante a redução do solo.

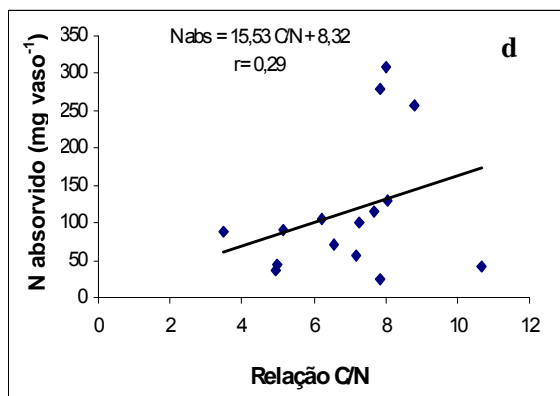
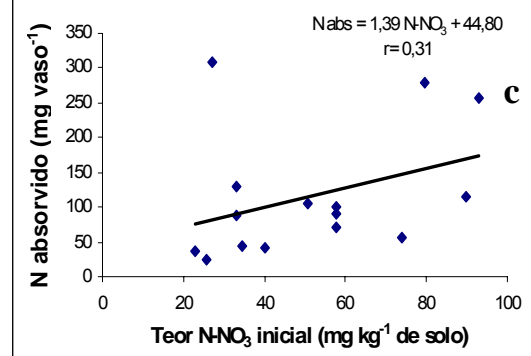
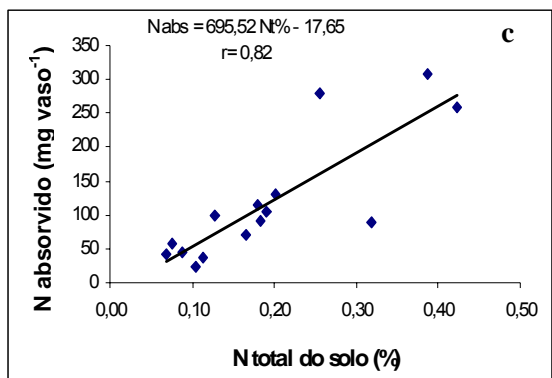
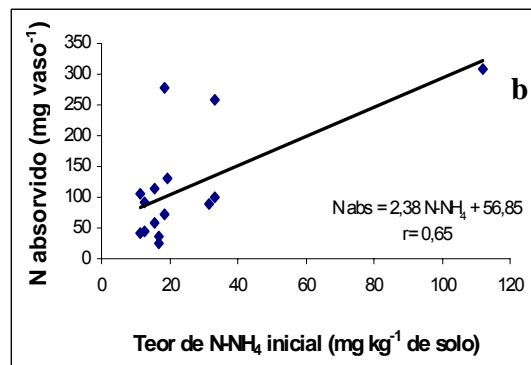
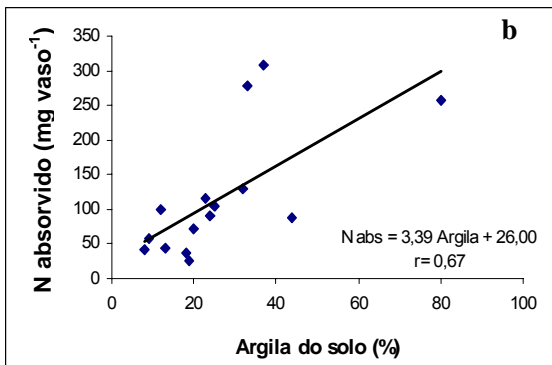
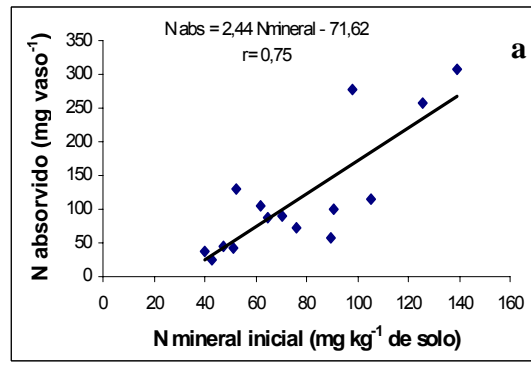
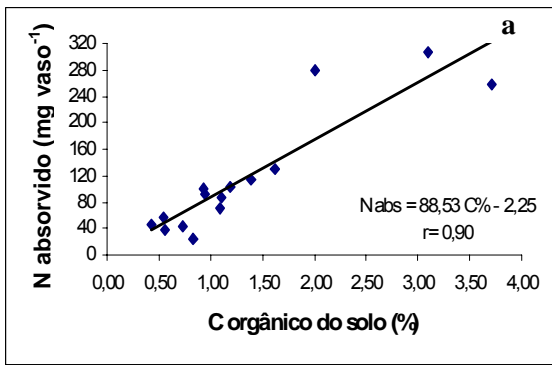


Figura 1 - Relações entre os parâmetros C orgânico (a), argila (b), N total (c) e relação C/N (d) com o N absorvido pelas plantas arroz irrigado num período de 60 dias, no primeiro cultivo após o alagamento.

Figura 2 - Relações entre os parâmetros N mineral inicial (a), teor de N-NH₄ inicial (b) e teor de N-NO₃ inicial (c) com o N absorvido pelas plantas arroz irrigado num período de 60 dias, no primeiro cultivo após o alagamento.

Quando estes compostos são reduzidos ocorre a dissolução de uma porção do mineral, o que afeta parte da proteção da MOS, facilitando o ataque microbiano à MOS e favorecendo sua decomposição e a mineralização do N. A correlação entre a relação C/N e o N absorvido pelas plantas foi muito baixa e não significativa ($r = 0,13$; $p < 0,05$) (Figura 3), confirmando que a relação C/N da MOS não está associada à capacidade do solo em fornecer N às plantas, assim como foi observado no primeiro cultivo.

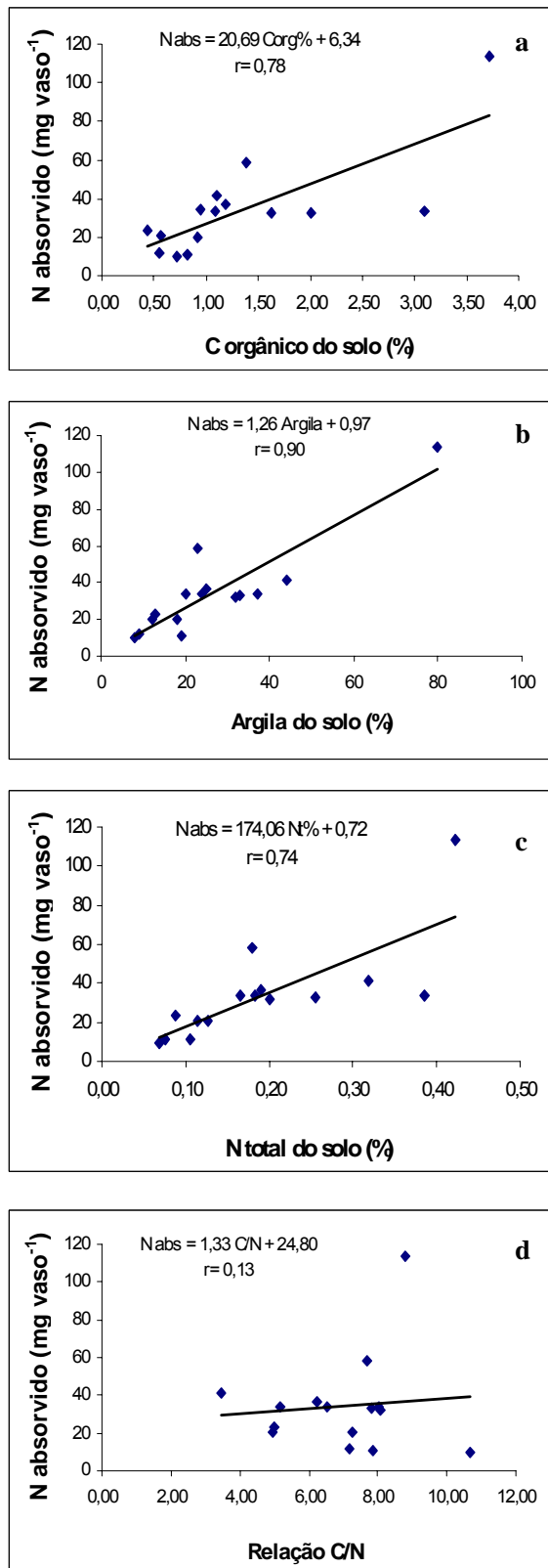


Figura 3 - Relações entre os parâmetros argila (a), N total (b), C orgânico (c) e relação C/N (d) com o N absorvido pelas plantas arroz irrigado num período de 60 dias, no segundo cultivo após o alagamento.

Este estudo evidencia a dificuldade que se encontra quando se tenta correlacionar parâmetros de solo com a absorção de N por plantas de arroz irrigado, o que é demonstrado pelos diferentes coeficientes de correlação obtidos entre os parâmetros de solo e o N absorvido pelas plantas nos dois cultivos. Este se confirma porque os mesmos solos, em condições iniciais de cultivo diferentes, podem apresentar respostas diferentes em termos de N mineralizado e de N absorvido pelas plantas. O teor de C orgânico do solo mostrou-se um parâmetro eficiente quando correlacionado com o teor de N absorvido por plantas de arroz irrigado no primeiro cultivo, superando os demais parâmetros avaliados, evidenciando que, mesmo em ambiente alagado, a MOS é fundamental para se estabelecer as indicações de adubação nitrogenada e que este parâmetro é importante para se estimar a capacidade do solo em fornecer N às plantas.

Já para o segundo cultivo, a maior expressão da fração argila do solo permite considerar que se deve também avaliar o tipo e teor de argila do solo e sua influência sobre a dinâmica das frações da MOS, que contribuem para que, em alguns casos, o C orgânico do solo possa ser eficiente na estimativa do N absorvido por plantas em alguns solos e em outros não.

Cabe aqui ressaltar que os parâmetros de solo C orgânico, N total e argila podem ser facilmente obtidos em laboratório, auxiliando nos estudos de N absorvido pelas plantas e da adubação nitrogenada e para o aperfeiçoamento das tabelas de indicação da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado. Outro aspecto a ser considerado é a influência das condições de manejo da cultura do arroz irrigado, dos genótipos disponíveis e das condições ambientais (temperatura e umidade) sobre a eficiência de utilização do N disponível do solo, o que pode afetar sobremaneira o rendimento de grãos da cultura independentemente do N ter sido absorvido pelas plantas.

CONCLUSÕES

Os teores de C orgânico, de N total e de argila apresentaram elevada correlação com a quantidade de N absorvido por plantas de arroz irrigado em casa-de-vegetação.

O teor de N mineral ($N-NH_4^+$ + $N-NO_3^-$) disponível antes do alagamento também se correlacionou com o N absorvido, mas $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$, isoladamente, não se correlacionaram com o N absorvido pelas plantas de arroz irrigado, assim como a relação C/N da MOS.

REFERÊNCIAS

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: CAMARGO, F.A., SANTOS, F.A. (Ed) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 1. ed. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 2, p.09-26.
- CAMARGO, F.A.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p.575-579, 1997.
- CAMARGO, F.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. Nitrogênio orgânico do solo. In: CAMARGO, F.A., SANTOS, F.A. (Ed) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 1. ed. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 7, p.117-137.

- CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, P.C.; STA CRUZ, P.C. et al. Soil organic matter and the indigenous nitrogen supply of intensive irrigated rice systems in the tropics. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.182, n. 2, p.267-278, 1996.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: NRS/SBCS, 2004. 400p.
- DOLMAT, M.T.; PATRICK, W.H.; PETERSON, F.J. Relation of available soil nitrogen to rice yield. **Soil Science**, Baltimore, v.129, n. 4, p.229-237, 1980.
- EMBRAPA – CNPS. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: EMBRAPA. 1997. 212p.
- EMBRAPA – CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA - SPI. 1999. 412p
- HERBERT, R.A. Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v.23, n. 5, p.563-590, 1999.
- INUBUSCHI, K.; WADA, H.; TAKAI, Y. Easily decomposable organic matter in paddy soil. VI. Kinetics of nitrogen mineralization in submerged soils. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.4, n. 4, p. 563-572, 1985.
- KEENEY, D.R.; BREMNER, J.M. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen availability. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 498-503, 1966.
- LI, H.; HAN, Y.; CAI, Z. Nitrogen mineralization in paddy soils of the Taihu Region of China under anaerobic conditions: dynamic and model fitting. **Geoderma**, Amsterdam, v.115, n. 3, p.161-175, 2003.
- NELSON, O.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE, A. L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (eds) **Methods of soil analysis**. Madison: ASA/SSSA, 1982. Cap. 29, p. 539-594.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 339p.
- PÖTTKER, D.; TEDESCO, M.J. Efeito do tipo e tempo de incubação sobre a mineralização da matéria orgânica e nitrogênio total em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n. 1, p.20-24, 1979.
- RANNO, S.K. **Estimativa da disponibilidade de fósforo para a cultura do arroz irrigado em solos do RS**. Santa Maria, 2004. 139f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Santa Maria.
- RHODEN, A.C. **Potencial de mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2005. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Santa Maria.
- SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr, A. M. (Ed) **Arroz irrigado no sul do Brasil**, 1. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p.259-303.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).
- VAHL, L. C. Fertilidade de solos de várzea. In: GOMES, A. S.; PAULETTO, E.A., ed. **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999, p.119-162.
- ZHU, Z.; CAI, G. XU, Y.; ZHANG, S. Nitrogen mineralization of paddy soils in Tai-lake region and the prediction of soil nitrogen supply. **Acta Pedologia Sinica**, Beijing, v. 21, n. 1, p. 29-36, 1984.