

Universidade Federal de Santa Maria

RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL - 2014

Projeto:

**CAPACIDADE DE PREDIÇÃO DA MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO PELO MÉTODO DIRECT STEAM
DISTILLATION (DSD) EM SOLOS DE VÁRZEA DO RS**

Responsável:

Prof. LEANDRO SOUZA DA SILVA

Executor:

GERSON LAERSON DRESCHER

Santa Maria, dezembro de 2014

CAPACIDADE DE PREDIÇÃO DA MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO PELO MÉTODO DIRECT STEAM DISTILLATION (DSD) EM SOLOS DE VÁRZEA DO RS

RESUMO

A predição da quantidade de nitrogênio (N) liberado a partir da mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) é fundamental para o conhecimento da disponibilidade de N para as culturas, bem como o desenvolvimento de práticas que maximizem a eficiência no uso do N, minimizando impactos adversos ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho é avaliar a capacidade de extração de formas de N alcalino hidrolisável do solo pelo método de análise Direct Steam Distillation – DSD em solos de várzea do RS. Foram coletadas 32 amostras de solos de áreas representativas de cultivo de arroz no estado do RS. Foi conduzido um experimento para prever a capacidade de mineralização de N, usando o método de análise DSD, um segundo experimento para avaliar a mineralização de N destes solos em incubação anaeróbia a 40°C por quatro semanas, e um terceiro experimento que se encontra em fase de execução, com cultivo de arroz para avaliar o acúmulo de N no tecido das plantas. Os valores estimados pelo DSD apresentaram uma amplitude grande, variando de 54,8 mg kg⁻¹ N até 316,7 mg kg⁻¹ N, o que é decorrente das distintas características dos solos, com variação na MOS, mineralogia e argila do solo. O N estimado DSD apresentou comportamento similar ao N mineralizado nos diferentes solos, independentemente do tipo de solo e das características químicas, físicas e mineralógicas. A extração de frações da MOS mais lábeis pelo DSD possibilitou a obtenção da melhor correlação com o N mineralizado, quando em comparação com extratores de alta intensidade que avaliam o fator quantidade, como no caso da MOS e do N total do solo. O método DSD teve sensibilidade para detectar a influência da variação do teor de argila no solo na mineralização de N. A próxima etapa envolve a avaliação da correlação com o N absorvido pelas plantas, a fim de obtermos uma posição quanto ao potencial para ser um método utilizado como indicador da disponibilidade de N em solos sob cultivo de arroz irrigado por alagamento.

INTRODUÇÃO

O teor de matéria orgânica do solo (MOS) é a base para o manejo da adubação nitrogenada nos estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004) pelo fato de grande parte do nitrogênio (N) (cerca de 95%) estar no solo na forma orgânica (CAMARGO et al., 1999). É através da decomposição da MOS

que o N é liberado sob a forma mineral em diferentes velocidades, dependendo da sua recalcitrância e resistência ao ataque microbiano (CAMARGO et al., 1997). A quantidade de N mineralizado é função do conteúdo e da taxa de mineralização do N orgânico, existindo uma relação direta entre o N mineralizado e o N absorvido pelas plantas (CAMARGO et al., 1997). A predição da quantidade de N inorgânico liberado a partir da mineralização da MOS é essencial para o desenvolvimento de práticas que maximizem a eficiência no uso do N, minimizando impactos adversos ao meio ambiente (LI et al. 2003), principalmente quando se considera a grande mobilidade e dinâmica do N, tanto em ambientes de sequeiro, como em ambientes alagados (RHODEN et al. 2006a).

As tabelas de interpretação das doses de N para a adubação nitrogenada são baseadas em classes de teor de MOS, a partir da qual se obtêm as faixas de interpretação de disponibilidade de N. No entanto, para uma mesma expectativa de produtividade de arroz, as doses de nitrogênio a serem adicionadas ao solo são muito próximas para as diferentes faixas de interpretação. Este fato pode ser explicado, em parte, pela variação da produtividade de arroz independente da adubação mineral, podendo apresentar diferentes rendimentos relativos, tanto em solos com baixos ou com altos teores de MOS, prejudicando a predição da recomendação de adubação nitrogenada (SCIVITTARO; MACHADO, 2004). Além disso, a produtividade e a resposta do arroz irrigado à adubação nitrogenada são muito dependentes do clima, principalmente com relação à temperatura e à radiação solar (VAHL, 1999).

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 (RHODEN et al., 2006b). Como todos os processos que ocorrem no solo após o alagamento são dinâmicos e interligados, a avaliação e quantificação do nitrogênio no solo disponível às plantas são muito complexas e difíceis para a cultura do arroz (FAGERIA; STONE, 2003). O mesmo fato é observado no estabelecimento da probabilidade de resposta da cultura à aplicação de fertilizantes nitrogenados, o que explica em parte, os resultados de pesquisa com aplicação de N para o arroz, que são muito variáveis e não permitem conclusões definitivas, ou mesmo satisfatórias, para recomendar precisamente as quantidades de N para a cultura (SILVA et al., 2007).

Nesta busca, visando melhorar o manejo da adubação nitrogenada para os produtores de arroz do estado de Arkansas nos EUA, uma forte ênfase na capacidade do solo para fornecer N tem sido considerada. Pesquisadores da University of Arkansas desenvolveram um protocolo de recomendação de adubação nitrogenada para arroz produzido em solos argilo-siltosos, chamado Nitrogen Soil Test for Rice (N-STaR) (ROBERTS et al., 2010, 2011). O princípio deste protocolo é estimar a quantidade de N que o solo pode fornecer durante o período de crescimento da cultura, utilizando um procedimento de destilação alcalina (denominada em inglês de Direct Steam Distillation - DSD) e ajustar doses para a adubação nitrogenada, visando otimizar o uso do fertilizante na produção de arroz irrigado.

Para que um método analítico possa ser utilizado pelos laboratórios de análise de solo de rotina, onde grande número de amostras são processadas para caracterizar a fertilidade do solo, se deve atender alguns requisitos, como apresentar capacidade preditiva, ser prático, de baixo custo e de boa reprodutibilidade (GIANELLO et al, 2000). Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a capacidade de extração de formas de N alcalino hidrolisável do solo pelo método de análise DSD e realizar um prognóstico da capacidade de mineralização de N em solos de várzea do RS, com diferente mineralogia, textura e teor de matéria orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo está baseado em três experimentos, sendo dois deles conduzidos no Laboratório de Análises Físico-Química e Microbiológica de Solo, Água e Solutos, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, e o terceiro experimento conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da UFSM. O primeiro experimento foi realizado utilizando o método DSD para prever a capacidade de mineralização de N em diferentes solos de várzea do RS. O segundo constou de um experimento de incubação anaeróbia utilizando os mesmos solos, para avaliar a mineralização de N. O terceiro experimento está sendo constituído do cultivo de plantas de arroz, visando avaliar o teor de N acumulado no tecido das plantas. As atividades desenvolvidas para a execução do estudo encontram-se descritas no Quadro 1.

Quadro 1. Cronograma de execução de atividades de pesquisa, referentes ao segundo semestre de 2014. Santa Maria, RS.

ATIVIDADES	2014				
	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Coleta e preparo do solo	X	X			
Análises de caracterização do solo	X	X			
Preparo material e instalação experimento incubação		X	X		
Avaliações experimento incubação		X	X	X	X
Instalação de experimento em casa de vegetação				X	
Coleta do experimento em casa de vegetação, análises laboratoriais					X
Tabulação dos resultados		X	X	X	X
Análise estatística e interpretação dos resultados				X	X
Início elaboração da dissertação					X

Foram selecionados solos de áreas representativas em termos de cultivo de arroz no estado do RS, abrangendo as principais regiões produtoras, bem como por apresentarem amplitude em características químicas, físicas e mineralógicas (Quadro 2 e 3), fatores que afetam a capacidade de extração e predição da mineralização de N. Nos 32 solos selecionados para o estudo, foram coletadas amostras na camada de 0 – 20 cm (Figura 1), conforme recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2004) para a cultura do arroz irrigado. As amostras foram secas ao ar (Figura 1), destorroadas e passadas em peneira de malha de 2mm. Após o preparo do solo, foi realizada uma caracterização química inicial destes solos no Laboratório de Rotina do Departamento de Solos da UFSM. Para determinação do teor de carbono orgânico (C) e nitrogênio total, foi retirada uma subamostra de cada um dos solos previamente secos e peneirados, a qual foi finamente moída em graal de ágata, para posterior análise em analisador elementar (modelo FlashEA 1112, Thermo Finnigan, Milan, Itália) (Quadro 3).

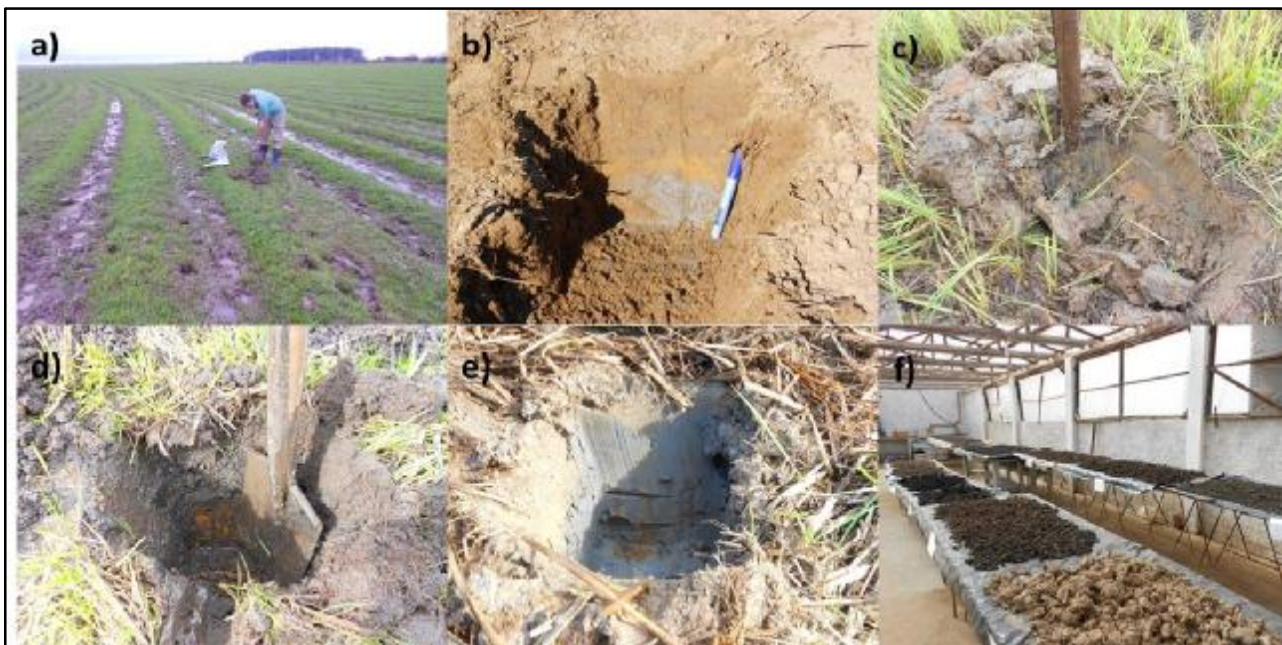


Figura 1 - Coleta (a; b; c; d; e) e secagem (g) das amostras de solo das diferentes regiões produtoras de arroz irrigado por alagamento do estado do Rio Grande do Sul.

O experimento para obter o índice de mineralização dos solos por meio da análise DSD foi realizado conforme metodologia descrita por Bushong et al. (2008) e Roberts et al. (2009). Para tanto, foi colocada 1 g de solo em um tubo de digestão, adicionado 10 mL de NaOH a 10 M e realizada a destilação a vapor com solução indicadora de ácido bórico (H_3BO_3) (5 mL) em destilador semi-micro-Kjeldahl. Depois de aproximadamente 35 mL do destilado ser recolhido, a quantidade de N (basicamente $N-NH_4^+$ + açúcares hidrolizáveis) capturado na solução indicadora foi quantificada utilizando técnicas de titulação acidimétrica. O valor obtido corresponde à fração de N-lábil potencialmente mineralizável durante o ciclo da cultura. Os tratamentos foram constituídos pelos diferentes tipos de solo, tendo quatro repetições.

Para realização do experimento de incubação anaeróbia, foram utilizados 5 g de solo, acondicionados em tubos de vidro com capacidade de 35 mL, sendo posteriormente adicionados 12,5 mL de água destilada, conforme metodologia proposta por Bundy e Meisinger (1994). Posteriormente, os tubos de vidro foram colocados em séries e armazenados em incubadora tipo DBO a 40 °C (Figura 2). Os tratamentos foram compostos pelos diferentes solos na condição anaeróbica, com quatro repetições, sendo que cada tubo de vidro corresponde a uma repetição.

Quadro 2. Identificação, locais de coleta e informações dos solos coletados na camada de 0-20 cm nas diferentes regiões produtoras de arroz irrigado por alagamento do estado do Rio Grande do Sul.

SOLO	LOCAL COLETA	CLASSIFICAÇÃO	CULTIVO ANTERIOR
1	Agudo	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
2	Agudo	Planossolo Háptico Eutrófico	soja
3	Agudo	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
4	Agudo	Planossolo Háptico Eutrófico	soja
5	Faxinal do Soturno	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
6	Paraíso do Sul	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
7	Paraíso do Sul	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
8	Cachoeira do Sul	Gleissolo Háptico Eutrófico	arroz
9	Cachoeira do Sul	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
10	Rio Pardo	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
11	Dom Pedrito	Vertissolo Ebânico Órtico	arroz
12	Caçapava do Sul	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
13	Bagé	Gleissolo Háptico Eutrófico	arroz
14	Dom Pedrito	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
15	Dom Pedrito	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
16	Dom Pedrito	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
17	Santana do Livramento	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
18	Santa Maria	Gleissolo Háptico Eutrófico	arroz
19	Alegrete	Plintossolo Argilúvico Eutrófico	arroz
20	Alegrete	Planossolo Háptico Eutrófico	pastagem
21	Uruguaiana	Neossolo Regolítico Eutrófico	arroz
22	Uruguaiana	Chernossolo Ebânico Carbonático	arroz
23	Uruguaiana	Vertissolo Ebânico Órtico	arroz
24	Uruguaiana	Vertissolo Ebânico Órtico	arroz
25	São Vicente	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
26	São Vicente	Planossolo Háptico Eutrófico	soja
27	Camaquã	Gleissolo Melânico Eutrófico	arroz
28	Viamão	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
29	Viamão	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
30	Rio Grande	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz
31	Rio Grande	Chernossolo Argilúvico Carbonático	pastagem
32	Pelotas	Planossolo Háptico Eutrófico	arroz

Quadro 3. Características químicas e físicas dos solos coletados na profundidade de 0-20 cm nas diferentes regiões produtoras de arroz irrigado por alagamento do estado do Rio Grande do Sul.

SOLO	ARGILA	N	C	pH-H₂O	Índice SMP	P	K	Al	Ca	Mg
	... % g kg ⁻¹		-	mg dm ⁻³cmol _c dm ⁻³		
1	40	1,38	14,6	5,0	5,4	5,3	112	0,0	4,58	1,76
2	30	1,07	10,8	5,5	6,3	8,4	96	0,0	8,30	3,17
3	25	0,64	5,8	5,6	6,4	10,9	100	0,3	11,89	4,29
4	16	0,53	4,8	4,9	6,2	9,3	88	1,0	6,26	2,08
5	14	0,62	6,0	4,7	6,0	6,8	32	2,5	2,87	0,81
6	24	1,24	12,5	4,7	5,5	3,7	80	0,7	4,44	1,55
7	15	0,82	9,3	4,9	6,2	4,5	56	1,8	2,85	0,71
8	42	1,38	13,4	4,8	5,6	10,9	88	2,3	6,27	2,50
9	20	0,69	5,3	4,9	5,7	10,1	56	0,6	2,62	0,90
10	28	1,35	14,3	4,8	6,0	3,0	92	0,0	3,33	1,17
11	44	2,38	30,3	6,1	6,3	18,9	200	0,1	24,11	5,57
12	28	1,34	14,9	5,4	6,2	3,7	80	0,0	4,81	2,03
13	38	0,78	8,4	6,0	6,9	7,6	152	0,3	21,68	4,38
14	28	1,04	11,2	5,3	6,0	4,5	92	1,3	4,82	1,71
15	29	1,16	13,3	4,9	5,7	3,7	160	0,1	5,37	2,20
16	21	1,17	14,3	5,4	6,2	7,6	72	2,3	5,70	2,10
17	18	1,09	13,6	4,6	5,3	3,7	64	1,2	1,94	0,44
18	36	1,88	22,4	5,6	4,7	6,8	56	1,5	5,80	1,88
19	32	1,54	16,2	6,1	5,6	3,7	44	0,6	17,31	5,24
20	33	1,19	11,8	5,6	4,8	3,0	28	0,4	9,80	3,59
21	30	1,16	9,3	6,0	5,0	3,0	64	0,1	6,65	1,69
22	40	1,69	15,3	6,0	5,4	6,0	84	0,0	21,23	7,18
23	43	1,99	24,5	6,7	6,6	6,8	96	0,0	26,90	6,72
24	48	2,87	34,5	6,5	6,1	6,8	80	2,0	26,07	9,24
25	36	1,77	17,3	5,3	4,8	10,9	92	0,0	5,79	0,84
26	20	0,88	7,4	6,5	5,5	16,2	72	0,2	8,01	1,21
27	56	2,65	35,5	5,7	5,3	15,3	88	0,6	15,32	5,74
28	19	2,04	22,7	5,9	5,3	11,8	64	0,3	2,35	0,67
29	15	0,93	8,3	6,5	5,1	39,4	92	0,0	2,00	0,69
30	19	0,92	7,9	6,8	5,6	23,8	100	0,1	4,16	1,18
31	42	3,57	33,6	6,2	5,4	18,0	492	0,3	18,67	7,31
32	23	0,96	10,5	6,5	5,0	21,8	96	1,3	2,60	1,18

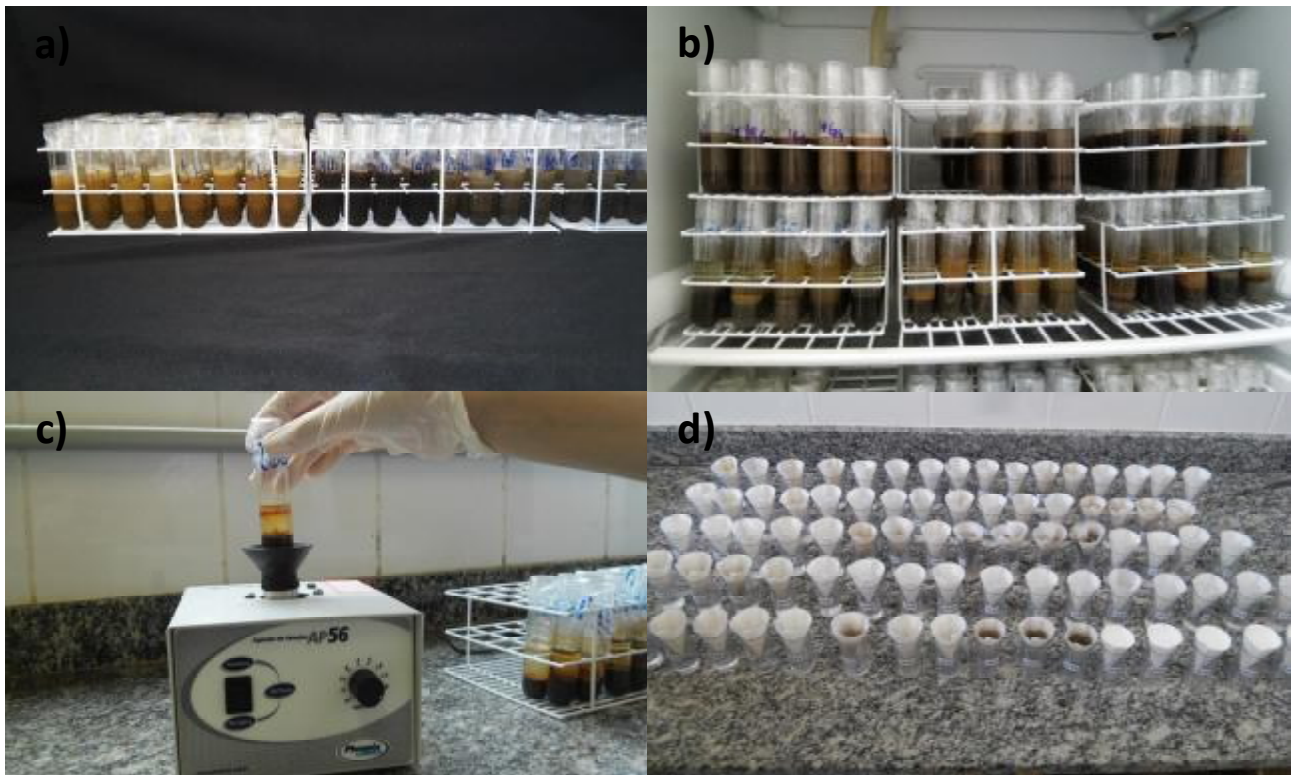


Figura 2 - Preparo das amostras para incubação (a), disposição das amostras em incubadora BOD (b), retirada da amostra dos frascos de incubação para extração do N (c), filtragem da solução extraída com KCl (d).

A avaliação do teor de N foi realizada após quatro semanas de incubação, período onde já deve ter ocorrido a mineralização das frações lábeis da MOS (YAGI et al., 2009). Para a determinação do nitrogênio mineral, a amostra (solo + água) contida nos tubos de vidro foi colocada em um frasco snap-cap, onde foi adicionado 12,5 mL de KCl 4M, agitando-se a amostra por 1 hora, conforme proposto por Bundy e Meisinger (1994). Após a agitação, os frascos foram deixados para decantar durante 30 minutos. Posteriormente, foi retirada uma alíquota de 10 mL, a qual foi filtrada à 2 μ m (Figura 2) para posterior determinação do teor de nitrogênio mineral ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) no aparelho Skalar SAN⁺⁺.

O terceiro experimento está sendo conduzido na casa de vegetação do Departamento de Solos da UFSM, onde foram montados vasos com capacidade de 3L, utilizando-se 3kg dos solos utilizados nos dois experimentos descritos anteriormente. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Os tratamentos foram constituídos pelo cultivo de plantas de arroz em diferentes solos de várzea do RS.

Inicialmente, sementes de arroz irrigado da cultivar PuitáIntá CL foram postas para pré-germinar, sendo posteriormente transplantadas 10 plântulas em cada vaso. Após o estabelecimento das mesmas, foram mantidas apenas 7 plantas por vaso, selecionando-se as mais desenvolvidas. Dois dias após o transplante, foi aplicada uma lâmina de água de aproximadamente 1 cm, simulando o sistema irrigado (Figura 3). Após do desenvolvimento das plantas, aumentou-se a lâmina de água para 5 cm.

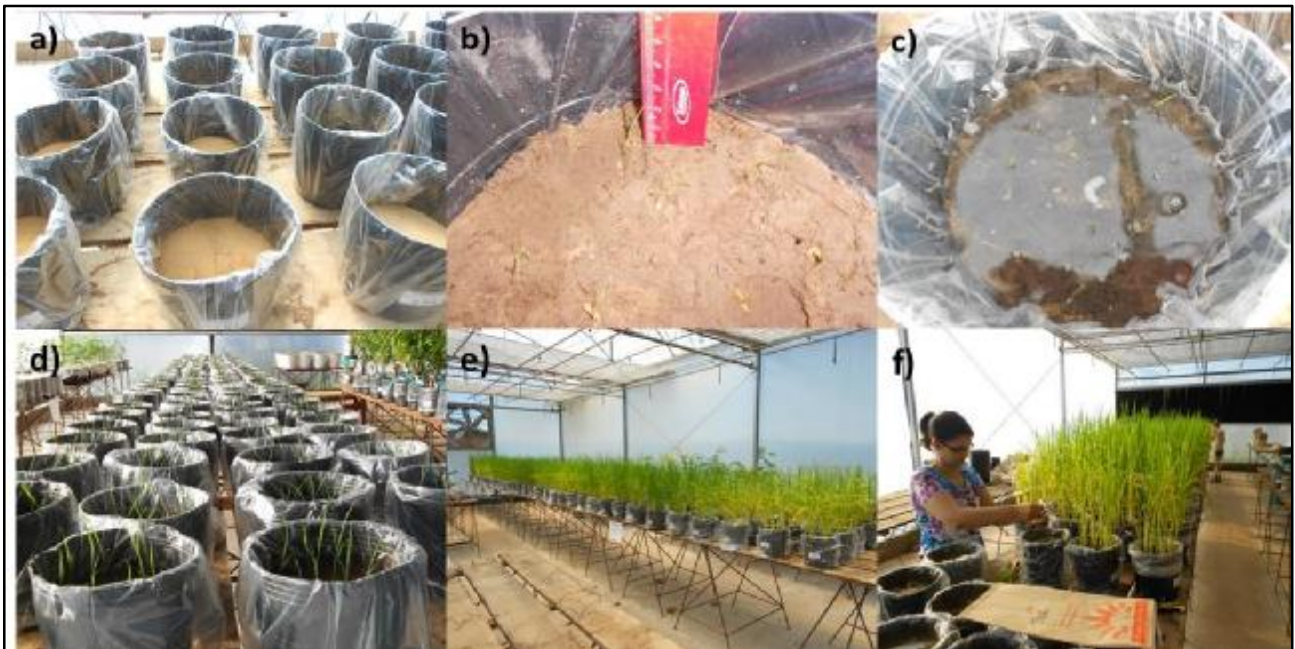


Figura 3 - Preparo dos vasos (a), transplante das plântulas (b), aplicação da lâmina de água (c), experimento no momento do desbaste das plantas (d), visão geral do experimento antes da coleta da parte aérea (e), coleta da parte aérea das plantas aos 45 dias após o transplante (f).

Aos 42 dias após o transplante, foi realizada a leitura para verificar o teor de clorofila (unidades SPAD), estimadas pela leitura do aparelho portátil clorofilômetro Minolta (modelo SPAD-502). Foi realizada uma leitura por planta, compondo 7 leituras por vaso e 28 por tratamento. As leituras foram realizadas na última folha completamente expandida, na posição intermediária da folha. Ao final de 45 dias, a parte aérea das plantas foi coletada (Figura 3) e seca em estufa a 65 °C até massa constante. Posteriormente será realizada a pesagem do material seco para determinação da produção de matéria seca por vaso. Após a secagem, a parte aérea das plantas será moída para determinação do teor de N total no tecido em autoanalisador. O N acumulado pelas plantas será obtido a partir do teor de N no tecido das plantas e a produção de matéria seca de cada um dos tratamentos.

Posteriormente, a relação entre o índice de mineralização de N obtido pelo DSD e o teor de N mineralizado pela incubação anaeróbica foi avaliada pela significância do coeficiente de correlação (r) linear de Pearson. Também foi avaliada a correlação das variáveis de textura, e teor de MOS obtido pela determinação no Laboratório de Rotina, teor de MOS estimada pela determinação de carbono (C) total em autoanalisador, e teor de N total determinado em autoanalisador. Após a obtenção dos resultados de N acumulado no tecido das plantas, serão realizadas correlações com os demais parâmetros avaliados nos outros dois experimentos.

RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO PRELIMINAR

Como o terceiro experimento ainda está em fase de análise e obtenção dos resultados, seguem descritos apenas os principais resultados referentes aos dois primeiros estudos. Os valores de N estimados pelo método DSD apresentaram uma amplitude grande para os diferentes solos do estudo, variando de 54,8 mg kg⁻¹ N no solo 4 até 316,7 mg kg⁻¹ N no solo 24 (Figuras 4c e 5). Este fato era esperado devido as distintas características dos solos (Quadros 2 e 3), com variação na MOS, principal fonte de N no solo (SCIVITTARO; MACHADO, 2004), mineralogia e argila do solo, que conferem proteção e estabilidade à matéria orgânica, impedindo o ataque microbiano. Esta proteção e estabilidade da MOS está relacionada à sua recalcitrância molecular, resultante da composição e arranjo estrutural, da sua proteção física por oclusão em agregados de solo e da estabilidade química devido à sua interação com componentes minerais (CHRISTENSEN, 1992; GOLCHIN et al., 1994a,b; CHENU; PLANTE, 2006). Desta mesma forma, o teor de argila também influencia a capacidade de extração por métodos químicos de intensidade média ou baixa (ROBERTS et al., 2011), que avaliam os fatores intensidade e capacidade de liberação de nitrogênio mineralizado.

A estimativa do nitrogênio potencialmente mineralizável por extratores de alta intensidade que avaliam o fator quantidade, como no caso da MOS e do N total do solo, apresentaram forte correlação com o N mineralizado em incubação anaeróbica (Figuras 4a, 4b e 4d). No entanto, é possível observar que a maior correlação com o N mineral foi obtida pelo método DSD (Figura 4c). Esse fato pode ser explicado pelas frações nitrogenadas extraídas pelo método DSD: N - NH₄⁺ + N alcalino hidrolisável (principalmente na forma de açúcares aminados como, por exemplo, glucosamina, e aminoácidos como a glutamina) (KWON et al., 2009; ROBERTS et al., 2009). Estas frações de N orgânico correspondem a frações lábeis da MOS, as quais estão mais disponíveis ao ataque microbiano, sendo mineralizadas com maior facilidade.

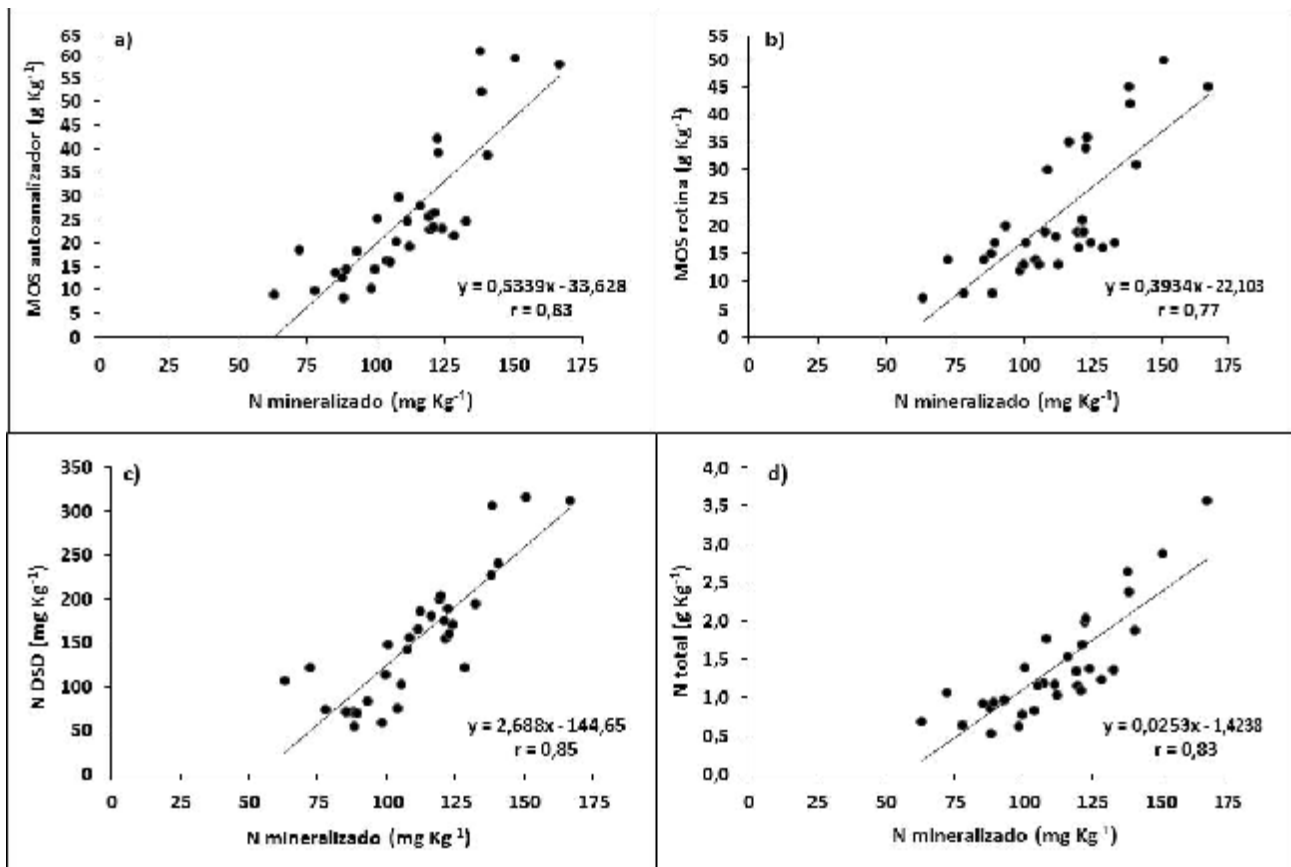


Figura 4 - Correlação entre teor de N mineralizado em quatro semanas de incubação anaeróbia com MOS estimada a partir da determinação de carbono em autoanalisador (a), MOS determinada em laboratório de rotina (b), N estimado pelo método DSD (c), N total determinado em autoanalisador (d). r = coeficiente de correlação linear de Pearson.

Ao mesmo tempo, cabe ressaltar que a pior correlação com o N mineral observada foi com a MOS determinada pelo laboratório de rotina (Figura 4). A necessidade de métodos de análise rápidos, que se adequem a rotina de um laboratório que deve processar um grande número de amostras por dia, como no caso do método de oxidação da MOS por solução sulfocrômica com calor externo e determinação espectrofotométrica do Cr³⁺, descrita por Tedesco et al (1995), é de fácil execução e baixo custo. No entanto, perde em precisão quando comparado com o Analisador Elementar. A imprecisão do método de determinação da MOS adotado pelos laboratórios de rotina pode justificar a dificuldade de se estimar a disponibilidade de N a partir da MOS para a cultura do arroz irrigado, bem como a baixa correlação obtida com os experimentos que envolvem doses de N e expectativa de produtividade em experimentos com arroz irrigado.

O teor de N mineralizado na quarta semana de incubação, apresentou uma amplitude de 63,0 mg kg⁻¹ observado no solo 9 até 166,3 mg kg⁻¹ no solo 31, sendo que a maior parte dos solos apresentou uma mineralização próxima à faixa dos 112mg kg⁻¹ (Figura 5). Os solos 11, 24, 27 e 31 apresentaram os teores de MOS mais elevados (Quadro 3). No entanto, esse fato não acarretou em um aumento expressivo na quantidade de N mineralizado, quando comparado com solos de menor conteúdo de MOS, por exemplo, os solos 6, 8 e 10 (Quadro 3 e Figura 5). Esse tipo comportamento ajuda a entender a possibilidade de se obter diferentes rendimentos relativos, tanto em solos com baixos ou com altos teores de MOS, o que prejudica a predição da recomendação de adubação nitrogenada (SCIVITTARO; MACHADO, 2004). Neste sentido, se percebe a importância de se buscar novos parâmetros capazes de indicar a disponibilidade de N destes solos.

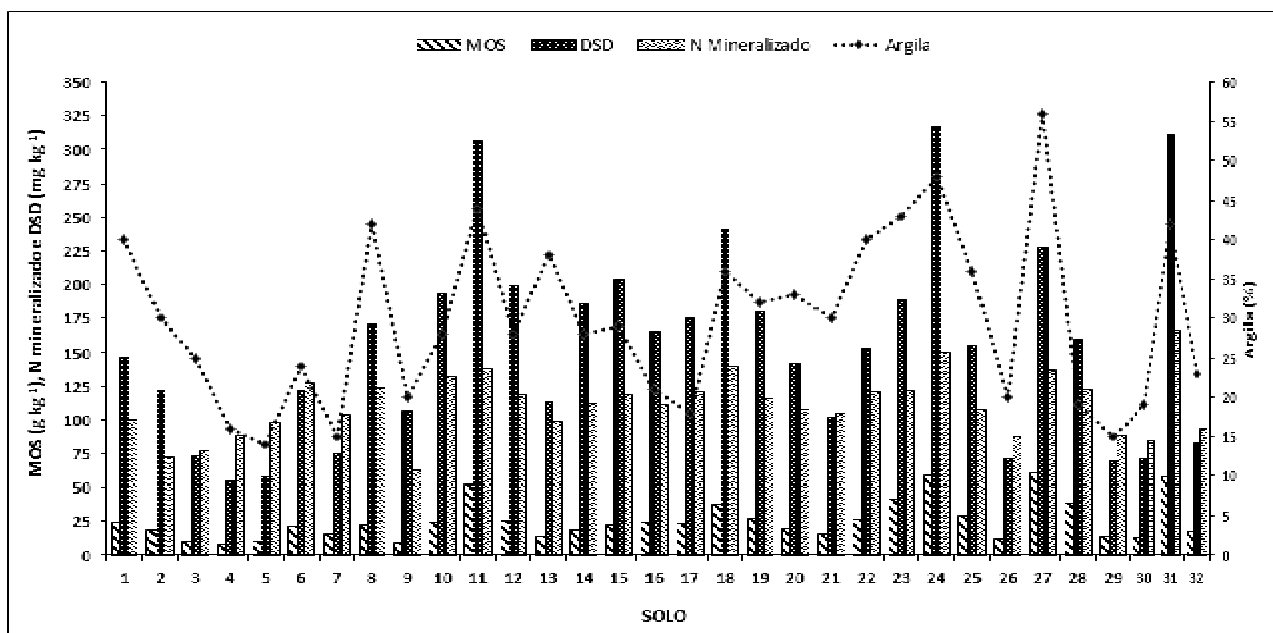


Figura 5 - Relação do teor de Argila com a MOS determinada em autoanalisador, N estimado pelo DSD e N (NH₄⁺ + NO₃⁻) mineralizado em quatro semanas de incubação anaeróbia.

Ao mesmo tempo, é possível observar que nos solos pertencentes à classe dos Vertissolos, como os solos 11 e 24, e a classe dos Chernossolos, como o solo 31, o teor de N-lábil estimado pelo DSD foi superior ao mineralizado no experimento de incubação anaeróbia (Figura 5). O que pode estar relacionado com a proteção física exercida pela MOS pelo teor de argila mais elevado e/ou interação organomineral, a qual é dependente basicamente da textura e mineralogia do solo (AITA; GIACOMINI, 2007). Desta forma, o método DSD pode ter estimado frações de N-lábil que

estão oclusas por partículas de argila, as quais podem estar dificultando o acesso microbiano e/ou ação enzimática para a degradação destes compostos orgânicos.

Por sua vez, no solo 27, o maior teor de argila acarretou numa ligeira redução do N mineral, em comparação com os solos 11, 24, e 31, também com alto teor de MOS (acima de 5%). Este comportamento também se observa, em menor intensidade, no N mineralizável previsto pelo método DSD (Figura 5). Estas variações detectadas pelo método DSD, independente do tipo de solo de das características químicas, físicas e mineralógicas são muito importantes, pois evidenciam a capacidade de extração das frações mais lábeis da MOS. O que por sua vez, potencializa a utilização do método como indicativo da mineralização de N em solos de várzea do RS.

CONCLUSÕES PRELIMINARES

1. A estimativa do nitrogênio mineralizável obtida pelo método DSD apresentou a melhor correlação com o N mineralizado em incubação anaeróbia, sugerindo potencial para ser utilizado como indicador da disponibilidade de N em solos sob cultivo de arroz irrigado por alagamento.
2. O método DSD teve sensibilidade para detectar a influência da variação do teor de argila do solo na mineralização de N.
3. Em solos com elevado teor de argila e com predominância de argilominerais 2:1, o teor de N mineralizável previsto pelo método DSD pode ser superestimado.
4. O teor de MOS determinado em laboratório de rotina obteve a pior correlação com o N mineral, quando comparado com os indicadores MOS estimada pelo teor de C determinado em autoanalisador, N total determinado em autoanalisador e N previsto pelo método DSD.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio concedido pelo IPNI-Brasil, CNPq, CAPES e com auxílio financeiro e bolsas de Iniciação Científica, Mestrado e Produtividade em Pesquisa aos autores. Agradecem também aos produtores rurais e pesquisadores que auxiliaram na coleta das amostras de solos.

LITERATURA CITADA

AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre de diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; STIPP, S.R. & VITTI, A.G.C., orgs. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba, SP: InternationalPlantNutritionInstitute, 2007. Cap. 1, p.2-41.

BUNDY L. G.; MEISINGER, J. J. Nitrogen availability indices. In:WEAVER, R.W.; A GLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH,S.; TABATABAI, A.' WOLLUM, A., (Eds.).**Methods of soil analysis**.Part 2.Microbiological and biochemical properties.Soil Science Society of America.Madison, p.951-984, 1994.

BUSHONG, J.T.; ROBERTS, T.L.; ROSS, W.J.; NORMAN, R.J.; SLATON, N.A.; WILSON, C.E. Evaluation of distillation and diffusion techniques forestimating hydrolyzable amino sugar-nitrogen as a means of predicting Nmineralization. **SoilSci. Soc. Am. J.**,72:992–999, 2008.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; C. VIDOR. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **R. Bras.Ci. Solo**. Viçosa, 21:575-579, 1997.

CAMARGO, F. A., O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio orgânico dosolo. In: CAMARGO, F.A., O., SANTOS, F.A. (eds) **Fundamentos damatéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**, 1. ed.Porto Alegre, Gênese, 1999, p.117-137.

CHENU, C.; PLANTE, A.F. Clay-sized organo-mineralcomplexes in a cultivation chronosequence: revisiting theconcept of the 'primary organo-mineral complex'. **Eur. J. Soil Sci.**, 57:596-607, 2006.

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organicmatter in primary particle size and density separates.**Adv. SoilSci.**, 20:1-90, 1992.

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. 400 p.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo do Nitrogênio. In: FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Manejo da Fertilidade do Solo para o Arroz Irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p.51-94.

GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O.; REICHMANN, E.; TEDESCO, M. J. Avaliação da disponibilidade do nitrogênio do solo estimada por métodos químicos. **R. Bras. Ci. Solo**. Viçosa, 24:93-101, 2000.

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O. & CLARKE, P. Soil-structure and carbon cycling. **Aust. J. Soil Res.**, 32:1043-1068, 1994a.

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O. & CLARKE, P. Study of free and occluded particulate organic-matter in soils by solid-state ¹³C CP/MAS NMR-Spectroscopy and scanning electron-microscopy. **Aust. J. Soil Res.**, 32:285-309, 1994b.

KWON, H.Y.; HUDSON, R.J.M.; MULVANEY, R.L. Characterization of the organic nitrogen fraction determined by the Illinois Soil Nitrogen Test. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 73:1033-1043, 2009.

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**, 115:161-175, 2003.

RHODEN, A.C.; SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; BRITZKE, D.; BENEDETTI, E.L. Mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, 36:1780-1787, 2006a.

RHODEN, A.C.; SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; BRITZKE, D.; RANNO, S. K. Relação entre características de solos de várzea e a absorção de nitrogênio pelo arroz irrigado em dois cultivos sucessivos em casa-de-vegetação. **R. Bras. Agrobiologia**, Pelotas, 12:325-331, 2006b.

ROBERTS, T.L.; NORMAN, R.J.; SLATON, N.A.; WILSON, JR. C.E.; ROSS, W.J.; BUSHONG, J.T. Direct steam distillation as an alternative to the Illinois Soil Nitrogen Test. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 73:1268-1275, 2009.

ROBERTS, T.L.; NORMAN, R.J.; SLATON, N.A.; WILSON, JR. C.E.; ROSS, W.J. N-ST*R: A soil-based nitrogen test for fertilizer recommendations in Arkansas rice production. *In*: R.J. NORMAN; MOLDENHAUER, K.A.K. editors, B.R. **Wells Rice Research Studies 2009**. Res. Ser. 581. Univ. of Arkansas, Agric. Exp. Stn., Fayetteville, p. 190–196, 2010.

ROBERTS, T.L.; ROSS, W.J.; NORMAN, R.J.; SLATON, N.A.; WILSON, JR. C.E. Predicting nitrogen fertilizer needs for rice in Arkansas using alkalinehydrolyzable-nitrogen. **SoilSci. Soc.Am. J.**, 75:1161–1171, 2011.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. *In*: GOMES, A. da S., MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Org). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas – RS: Sistemas de Produção 03, 2004.

SILVA, L. S., BOHNEN, H., MARCOLIN, E., MACEDO, V. R. M., POCOJESKI, E. Resposta a doses de nitrogênio e avaliação do estado nutricional do arroz irrigado. **R. Bras. Agrobiologia**, Pelotas, 13:189-194, 2007.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos - UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, nº 5)

VAHL, L. C. Fertilidade de solos de várzea. *In*: GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A. (eds.) **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 1999.p. 119-162.

YAGI, R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C. Mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos. **R. Bras. Ci. Solo**. Viçosa,33:385-394, 2009.