

ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL E CALAGEM INFLUENCIANDO O RENDIMENTO DO ARROZ IRRIGADO¹

ADEMAR BRANCHER², FLÁVIO A. DE OLIVEIRA CAMARGO³ e GABRIEL DE ARAÚJO SANTOS⁴

RESUMO - O sistema de manejo adotado para as áreas produtoras de arroz irrigado na região Norte Fluminense, RJ, tem conduzido a um progressivo desgaste da camada orgânica dos gleissolos. O efeito de alguns componentes do manejo do solo, como a adubação e a calagem, foi o objetivo do presente estudo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com amostras de dois horizontes (A e Cg) de um solo gley pouco húmico, coletado no vale do Rio São João, RJ, onde foi avaliado o efeito da adição de estrume bovino, palha de arroz, NPK e calagem, mais as interações entre tratamentos, sobre o rendimento do arroz irrigado. Constatou-se que o horizonte superficial A propiciou um melhor desenvolvimento vegetativo e rendimento de grãos, em comparação com o horizonte subsuperficial (Cg). A adubação mineral aumentou o peso de matéria seca da palhada e das raízes e o rendimento de grãos em ambos os horizontes, enquanto o esterco aumentou os valores destes parâmetros apenas no horizonte A. A incorporação de palha aumentou o peso da palhada e das raízes, mas diminuiu o rendimento de grãos no horizonte A, enquanto no subsuperficial (Cg) diminuiu o rendimento da matéria seca da palhada e não permitiu a formação de grãos.

Termos para indexação: *Oriza sativa*, solos alagados, palha de arroz, esterco de gado, horizontes do solo.

ORGANIC MATERIALS, MINERAL FERTILIZER AND LIMING EFFECTS ON YIELD OF FLOODED RICE

ABSTRACT - The management system adopted in flooded rice fields in the North region of the State of Rio de Janeiro, Brazil, has caused a progressive reduction in the organic layer of gley soils. The present work investigates the effects of fertilizer and lime on this system. The experiment was carried out in a greenhouse, using soil samples of two horizons (A and Cg) of a low humic gley soil from the valley of the São João River, RJ. The effects of addition of cow manure, rice straw, NPK and lime, singly or in combination, on rice yield, were investigated. Results indicated highly significant differences between soil horizons, showing better responses under superficial horizon (A) as compared to the subsuperficial horizon (Cg). Mineral fertilization increased dry matter production of rice tops and grains on both soil horizons, while cattle manure increased these parameters only on the superficial one. Rice straw application also raised dry matter production of rice tops, but decreased grain yield on superficial horizon, while on subsuperficial one it reduced dry matter production of the tops and did not induce grain formation.

Index terms: *Oriza sativa*, waterlogged soils, cattle manure, rice straw, soil horizons.

¹ Aceito para publicação em 15 de maio de 1997.

² Eng. Agr., M.Sc., EPAGRI, Estação Experimental de Urussanga, Rod. SC 446, Km 16, Caixa Postal 49, CEP 88840-000 Urussanga, SC.

³ Lic. Ci. Agríc., Dr., Dep. de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre, RS.

⁴ Eng. Agr., Ph.D., Dep. de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Antiga Rodovia Rio-São Paulo, Km 47, CEP 23851-970 Seropédica, RJ.

INTRODUÇÃO

No Estado do Rio de Janeiro, a cultura do arroz em sistema de várzeas abrange área de 33.000 hectares, com rendimentos de 3.300 kg/ha, totalizando produção de 100 mil toneladas, o que representa cerca de 20% da necessidade do Estado. Esta produção contribui com 12% da renda da agricultura do Estado, sendo grande absorvedora de mão-de-obra e ocupando um contingente de 20 mil pessoas (Andrade et al., 1988).

Em potencial, neste Estado, existem pelo menos 150 mil hectares (Provarzeas & Profir, 1985, citado por Brancher, 1991) de várzeas com capacidade de serem incorporadas ao processo produtivo, principalmente com a cultura do arroz. Estas áreas situam-se nas regiões Norte Fluminense e Centro (Baixada Litorânea), mais especificamente nos vales dos rios São João, Una e Macaé. Os solos predominantes nestes vales apresentam, de maneira geral, horizonte superficial, com elevado teor de matéria orgânica. A profundidade média deste horizonte é de 15 a 20 centímetros, sucedido por um horizonte mineral argiloso contendo altas concentrações de alumínio e baixos teores de nutrientes.

O uso de solos com tais características pela cultura do arroz irrigado, além de exigir um manejo altamente especializado, pode levar a um progressivo desgaste do horizonte orgânico. Neste sistema, o material orgânico é submetido a uma intensa mineralização, causada principalmente pela alternância de ciclos de umedecimento e secagem (Reddy & Patrick Junior, 1975). Mais recentemente, Manzato (1990) e Capeche (1991) constataram, nesta região, a ocorrência deste fenômeno em níveis que promoveram o afloramento do horizonte subsuperficial.

A adubação realizada de forma racional parece ser um dos fatores de importância no conjunto de medidas necessárias à minimização destas perdas e à elevação da produtividade das lavouras aos níveis semelhantes aos obtidos na rizicultura dos países desenvolvidos. A prática de incorporar resíduos ou adubos orgânicos disponíveis na região é ainda pouco utilizada; entretanto, se bem operacionalizada, pode ser a forma de manter o potencial produtivo destes solos pela manutenção dos níveis de carbono e pela diminuição da demanda de fertilizantes minerais.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da adição de estrume bovino, palha de arroz, adubação mineral e calagem, no rendimento do arroz irrigado, em solo gley pouco húmico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Departamento de Solos da UFRRJ, com amostras dos horizontes A e Cg de um solo gley pouco húmico, coletado no Vale do Rio São João, município de Casemiro de Abreu, RJ. Suas características físicas e químicas são apresentadas na Tabela 1. Foram utilizados vasos de 10 litros contendo 6 litros de solo. Como planta-teste, empregou-se a cultivar BR IRGA 409, com duas plantas por vaso.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em um fatorial completo 4²x2, com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram os dois horizontes (A e Cg) em presença e ausência de estrume bovino, palha de arroz, NPK e calagem com as devidas combinações. Os materiais orgânicos foram aplicados na base de 40 t/ha de matéria orgânica (C% x 1,72) e incubados à umidade de 80% da capacidade de campo, durante 35 dias, antecedendo o plantio. A análise química da palha e do estrume encontram-se descritos na Tabela 2. O C orgânico total foi determinado através do método da Embrapa (1979) e N, P e K totais, segundo Bataglia et al. (1983). Estes materiais foram incorporados após moagem em moinho tipo WILLY (1 mm), e nos tratamentos com mistura de materiais orgânicos foi utilizada a metade da dose de cada um.

TABELA 1. Análise física e química dos horizontes A e Cg do solo Gley em estudo.

Horizonte	Argila	Silte	Areia	K	Al	Ca+Mg	P	Fe	C	N	C/N	pH
	----- (%) -----			---- (meq/100 g solo) ---			(ppm)	----- (%) -----				
A	69	25	6	0,33	1,5	10,0	5	1,5	6,3	0,52	12,0	4,8
Cg	79	20	1	0,10	5,3	2,5	3	2,3	1,1	0,16	7,0	4,7

A adubação mineral NPK correspondeu à dose de 120 kg N/ha, aplicada na forma de solução de uréia no plantio, no perfilhamento e na diferenciação do primórdio floral nas doses de 20, 40 e 60 kg de N/ha, respectivamente. O P e o K foram aplicados na forma de solução de KH₂PO₄, em dose equivalente a 80 kg de P₂O₅/ha e 54 kg de K₂O/ha, por ocasião do plantio. A calagem consistiu da aplicação de 4 e 8 t/ha, respectivamente no horizonte superficial A e subsuperficial Cg na forma de CaCO₃ (p.a.). Em todos os vasos foi adicionada solução de micronutrientes preparada à base de 30 kg/ha de sulfato de zinco, 20 kg/ha de bórax, 20 kg/ha de sulfato de cobre e 0,5 kg/ha de molibdato de sódio. Foram feitas duas aplicações de fungicida Mancozeb por ocasião da floração e enchimento dos grãos.

No final do período experimental, determinou-se o peso das raízes e da palha por secagem do tecido vegetal a 65°C até peso constante e o rendimento grãos com 13% de umidade. A partir dos procedimentos normais da análise de variância compararam-se as médias entre tratamentos e horizontes utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 2. Análise química dos materiais orgânicos utilizados.

Materiais	C	N	P	K	Ca	Mg	C/N	pH(H ₂ O)
	----- (%) -----							
Esterco bovino	39,5	1,7	0,9	0,9	1,1	0,6	23	8,0
Palha de arroz	41,3	0,8	0,3	1,5	0,2	0,1	49	8,2

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação de médias entre as adubações e horizontes com relação ao peso da matéria seca das raízes e parte aérea mostrou diferenças significativas (Tabela 3). Estes parâmetros vegetativos foram significativamente superiores no horizonte superficial A, em decorrência de sua maior fertilidade. A adubação NPK aumentou o peso da matéria seca das raízes e parte aérea (palhada) nos dois horizontes. Os maiores efeitos da adubação NPK foram no horizonte subsuperficial Cg, em face de sua menor fertilidade. Paula et al. (1990) constataram que a ausência de N reduziu em 60% o peso da matéria seca de palha e raízes, enquanto o P promoveu uma redução de 20%, e o K, nenhum efeito. Segundo Oliveira (1989) e Capeche (1991), a não-aplicação de P ao arroz irrigado reduz os pesos da matéria seca da parte aérea e raízes das plantas. O acréscimo no peso da matéria seca na parte aérea, verificado no presente ensaio, está relacionado com o aumento no número de perfilhos e altura das plantas. Este aumento é devido ao incremento no índice de área foliar (IAF), resultado do acréscimo no número de perfilhos e no tamanho das folhas (Fageria, 1984).

TABELA 3. Produção de grãos e rendimento de matéria seca de arroz irrigado cultivado nos horizontes A e Cg de um solo Gley pouco húmico do Estado do Rio de Janeiro¹.

Tratamento	Prod. grãos		Mat. seca raiz		Mat. seca palhada		Raiz/parte aérea	
	A	Cg	A	Cg	A	Cg	A	Cg
----- (g/vaso) -----								
Testemunha	26,97 Ag	0,95 Bb	8,11 Ae	0,62 Bfg	25,27 Ad	1,07 Bf	0,32 Ba	0,59 Abc
NPK	48,81 Acde	16,42 Ba	15,54 Aab	6,97 Babcd	40,58 Abc	15,46 Bbc	0,38 Aa	0,45 Abcde
Calagem (C)	29,41 Ag	3,14 Bb	11,43 Acde	1,40 Bfg	22,86 Ad	2,81 Bef	0,50 Aa	0,50 Abcd
Esterco (E)	43,74 Ae	0,00 Bb	14,26 Aabc	4,88 Bcde	37,32 Ac	10,54 Bcde	0,38 Aa	0,46 Abcde
Palha (P)	12,86 Ah	0,00 Bb	10,44 Ade	0,26 Bg	39,63 Abc	0,22 Bf	0,26 Ba	1,32 Aa
NPK + C	43,41 Ac	18,70 Ba	13,07 Abcd	7,36 Babc	36,20 Ac	16,68 Bbc	0,36 Aa	0,44 Acde
NPK + E	61,03 Aab	16,70 Ba	14,75 Aabc	9,79 Ba	51,18 Aa	27,81 Ba	0,28 Aa	0,35 Acde
NPK + P	39,91 Aef	0,00 Bb	16,13 Aab	6,18 Bbcd	47,66 Aab	15,33 Bc	0,34 Aa	0,43 Acde
C + E	45,74 Ade	0,00 Bb	15,45 Aab	3,74 Bdef	39,54 Abc	11,94 Bcd	0,39 Aa	0,32 Acde
C + P	16,67 Ah	0,00 Bb	14,66 Aabc	1,47 Bfg	52,31 Aa	5,60 Bdef	0,28 Aa	0,26 Ade
E + P	31,42 Afg	0,00 Bb	14,74 Aabc	0,80 Bfg	37,09 Ac	1,10 Bf	0,41 Ba	0,74 Ab
NPK + C + E	66,30 Aa	4,82 Bb	17,38 Aa	7,65 Babc	56,02 Aa	33,05 Ba	0,31 Aa	0,23 Ade
NPK + C + P	48,86 Acde	0,00 Bb	15,73 Aab	6,76 Babcd	54,64 Aa	24,52 Bab	0,29 Aa	0,27 Ade
NPK + E + P	54,85 Abcd	0,00 Bb	14,79 Aab	9,29 Bab	47,31 Aab	28,12 Ba	0,31 Aa	0,33 Acde
C + E + P	26,53 Ag	0,00 Bb	17,05 Aa	2,18 Befg	55,19 Aa	11,09 Bcde	0,31 Aa	0,20 Ae
NPK + C + E + P	57,03 Aabc	0,00 Bb	16,72 Aa	6,78 Babcd	55,03 Aa	31,90 Ba	0,30 Aa	0,21 Ae
DMS Horizonte (5%)	5,37		1,88		5,14		0,16	
DMS Tratamento.(5%)	9,51		3,33		9,09		0,29	
CV %	17,18		14,03		12,55		30,08	

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre horizontes e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem significativamente entre tratamentos pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A calagem, comparada individualmente ao tratamento-testemunha, aumentou o peso da matéria seca das raízes, nos dois horizontes. Este aumento foi mais pronunciado quando associado às adubações orgânicas e minerais, principalmente no horizonte A. No horizonte Cg, as melhores respostas da calagem estavam associadas à adubação mineral. Quanto ao peso da matéria seca da parte aérea, o efeito individual da calagem não foi significativo no horizonte A. Neste horizonte, o maior efeito da calagem sobre a produção de matéria seca da parte aérea foi verificado quando da adição de adubação mineral e orgânica. No horizonte Cg, a resposta a calagem foi limitada pela presença da palha, e obtiveram-se melhores resultados com adubação mineral e com a incorporação de estrume.

A adição de estrume individualmente teve um efeito semelhante ao da adubação NPK, em termos de aumento na matéria seca das raízes e na parte aérea (Tabela 3), sendo mais pronunciado no horizonte A. No horizonte Cg, a adição de estrume aumentou significativamente a produção de matéria seca da raiz na presença da adubação mineral. Quanto ao peso da matéria seca da parte aérea, aumentou com o uso do estrume, tanto na presença como na ausência do NPK, nos dois horizontes, em relação ao tratamento testemunha.

A aplicação da palha aumentou os pesos da matéria seca das raízes e parte aérea no horizonte superficial A, e diminuiu a matéria seca das raízes somente no subsuperficial Cg. No horizonte A, a presença da palha aplicada com a adubação NPK aumentou os pesos da matéria seca das raízes e parte aérea. No horizonte Cg, a obtenção das melhores respostas, depende da mineral e da presença de estrume bovino. O acréscimo no peso da matéria seca da parte aérea no horizonte superficial A, provocado pela palha, deve-se, provavelmente, à alta esterilidade das espiguetas nestes tratamentos e à ausência da adubação mineral NPK. Neste caso, as plantas utilizaram os fotoassimilados do enchimento de grãos para a formação de partes vegetativas (perfilhamento axial), que ocorreu depois dos primeiros 84 dias da germinação. No horizonte Cg, a diminuição dos pesos da matéria seca das raízes e da parte aérea, na presença da palha e ausência da adubação NPK, deveu-se, inicialmente, à imobilização do N e à ocorrência de sintomas característicos de doenças fisiológicas (Baba et al., 1964; Takijima, 1965). Estas doenças afetam a atividade metabólica das raízes, causando apodrecimento e inibindo o crescimento e absorção de nutrientes (Camargo et al., 1995a). Com o uso do estrume na ausência da palha no horizonte Cg, as plantas apresentaram bom desenvolvimento antes do alagamento. Após a inundação, passaram a não apresentar mais o mesmo desenvolvimento, e paralisaram o perfilhamento.

A relação matéria seca da raiz/matéria seca da parte aérea não foi afetada pelos tratamentos no horizonte A (Tabela 3). No horizonte Cg, as maiores relações foram obtidas nos tratamentos com palha (1,32) e na combinação Palha + estrume (0,74). A elevada relação verificada quando da adição de palha pode estar associada à constatação visual no horizonte Cg, de um sistema radicular apresentando raízes grossas, sem pêlos radiculares, e, principalmente, pelo recobrimento da superfície das raízes por compostos oxidados. A presença destas condições determinaram diminuições na absorção de nutrientes, ocorrendo baixa translocação na parte aérea, limitando o crescimento vegetativo e a produção de grãos (Takijima, 1965).

De maneira semelhante aos parâmetros vegetativos, a diferença entre os horizontes relacionados ao rendimento de grãos foi superior no horizonte superficial A, devido, principalmente, à sua maior fertilidade natural (Tabela 1). A adubação NPK aumentou o rendimento de grãos nos dois horizontes, e a calagem não teve nenhuma influência. Esta falta de resposta à calagem na produção de grãos pode ser explicada pelos teores satisfatórios de Ca e Mg no horizonte superficial A (10 meq/100 g). Apesar de estes teores serem baixos no horizonte Cg (2,5 meq/100 g), a ausência de efeito foi causada pelo aumento de sua disponibilidade na solução do solo após o alagamento (Ponnamperuma, 1972). De modo semelhante, Manzatto (1990) não observou aumento no rendimento do arroz irrigado com a prática da calagem.

O estrume, isoladamente e na presença da palha, aumentou o rendimento de grãos no horizonte superficial A, enquanto no Cg não houve produção de grãos quando em presença de estrume e palha. O aumento da produção de grãos no horizonte A quando se aplicou estrume, pode ser atribuído à quantidade aplicada e à sua baixa relação C/N (23:1). No caso da adição de palha, esta limitou a produção de grãos, principalmente em vista de sua alta relação C/N (49:1), dos baixos teores de N, P, Ca e Mg, da alta quantidade aplicada, e do período reduzido de incubação, que conduziu a condições extremas de redução. Antes do alagamento, as plantas sofreram deficiência de N, em decorrência da imobilização pelos microorganismos, posteriormente, com o alagamento, pode ter ocorrido uma alta concentração de produtos intermediários da degradação anaeróbia da matéria orgânica, intensificando a redução do solo e induzindo altas concentrações de Fe^{2+} e ácidos orgânicos. Estes efeitos prejudiciais foram mais acentuados com a aplicação da palha e/ou esterco, no horizonte subsuperficial Cg, dado o baixo teor inicial de N e P e o maior teor de Fe total (Tabela 1).

Um comportamento inteiramente similar foi verificado por Camargo et al. (1995b) ao analisar o rendimento de grãos na cultura do arroz irrigado, utilizando os mesmos horizontes do presente trabalho. Estes autores constataram, ainda, após a adição de cinco doses crescentes de palha de arroz, a produção de 220 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ de solo saturado de ácidos orgânicos voláteis na maior dose aplicada no horizonte A (40 t/ha) e 100 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ solo saturado no horizonte Cg (Camargo et al., 1993).

Considerando-se a produção de grãos da testemunha do horizonte superficial A com um valor igual a 100, obtiveram-se os seguintes valores: 181 com o tratamento NPK; 109,1 com o tratamento usando calagem; 161,9 para esterco; 47,7 com palha. Os valores mais elevados foram 226,3 com o tratamento NPK + esterco, e 245,8 com NPK + calagem + esterco. Entretanto, em comparação com os obtidos nos mesmos tratamentos no horizonte subsuperficial Cg com a testemunha do horizonte A, tivemos os seguintes valores: 3,6 na testemunha; 60,9 no tratamento com NPK; 11,7 no tratamento com calagem; zero, no tratamento com esterco e/ou palha; 69,4 com NPK + calagem; 61,9 com NPK + esterco, e 17,9 com NPK + calagem + esterco. Portanto, a testemunha e o NPK no horizonte Cg produziram menos 96,4 e 39,1%, respectivamente, em relação à produção de grãos obtida pela testemunha no horizonte superficial A.

Os aumentos obtidos na produção de grãos parecem estar relacionados ao acréscimo no número de perfilhos, que resultam em maior número de panículas, além da redução na porcentagem de esterilidade. Segundo Yoshida & Parao (1976), o número de panículas e grãos/panícula explicam aproximadamente 74% da produção de arroz, enquanto a porcentagem de grãos cheios e o peso de grãos, explicam os 26% restantes.

Os resultados da literatura referentes aos efeitos da aplicação de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos sobre a produção de grãos do arroz irrigado são variados, em razão dos inúmeros fatores que afetam a resposta da cultura a estes nutrientes. Entre os fatores, citam-se a diferença entre cultivares, fatores climáticos e edáficos, manejo da água, intensidade de uso das áreas de cultivo, e fontes, níveis, épocas de aplicação, bem como interação entre nutrientes (Machado et al., 1985a). Os resultados observados neste experimento com a adubação NPK confirmam os observados por Capeche (1991), o qual constatou que o N e P foram os nutrientes mais limitantes no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do arroz. Entretanto, em alguns casos, somente a adubação química não é suficiente para incrementar a produção de grãos: há necessidade de aplicação de fertilizantes orgânicos (Machado et al., 1985b).

O ideal seria manejar os resíduos de forma a aumentar a matéria orgânica do solo, não incorporando grandes quantidades no início do plantio. Desta forma, é possível obter respostas satisfatórias quando da aplicação de materiais orgânicos, como no caso de Anus Júnior & Reyes (1979), que observaram um aumento na produção de grãos proporcional às quantidades de 0, 5, 10 e 20 t/ha de palha de arroz aplicadas. Resultados benéficos sobre a produção de grãos foram obtidos por Chatterjee et al. (1979), utilizando adubos orgânicos aplicados na dose de 10 t/ha, incluindo a palha de arroz e esterco bovino. Outros trabalhos mostram que a combinação de palha do arroz com a adubação mineral, mais especificamente com o N, aumentaram o rendimento de grãos (Hesse, 1984; Capeche, 1991).

Outro aspecto importante a considerar, no manejo dos resíduos culturais, é o período de incubação do material orgânico. Rao & Mikkelsen (1976), quando incubaram a palha 15 a 30 dias antes do transplante, constataram uma redução na imobilização de N, obtendo plantas com um desenvolvimento normal. De modo semelhante, Felizardo (1954) também observou que quando a palha de arroz foi deixada a decompor-se por um período superior a 75 dias antes do plantio, não somente superou completamente seus efeitos prejudiciais, mas também estimulou o crescimento e desenvolvimento do arroz irrigado.

CONCLUSÕES

1. O horizonte A propicia melhor desenvolvimento vegetativo e rendimento de grãos comparado ao horizonte Cg.
2. A adubação mineral aumenta o peso de matéria seca da palhada e das raízes e o rendimento de grãos em ambos os horizontes, e o estrume aumenta os valores destes parâmetros apenas no horizonte A.
3. A incorporação de palha aumenta o peso da palhada e das raízes, mas diminui o rendimento de grãos no horizonte A; no Cg, diminui-se o rendimento da matéria seca da palhada, e não permite a formação de grãos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, W.E de B.; AMORIM NETO, S.; OLIVEIRA, A.B.; FERNANDES, G.M.B. Utilization of rice ratooning by farmers in Rio de Janeiro State, Brazil. In: RICE ratooning. Los Bãnos:IRRI, 1988. p.56-60.
- ANSUS JÚNIOR, A.A.; REYES, P.L. The effect of rice straw on the growth, tiller production, and yield of transplanted rice. **Araneta Research Journal**, v.26, n.1/2, p.28-46, 1979.
- BABA, I.; INADA, K.; TAKIJIMA, K. Mineral nutrition and the occurrence of physiological disease. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Baños, Fil.). **The mineral nutrition of rice plant**. Baltimore: The Johns Hopkins Univ. Press, 1964. p.173-195.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 183p. (Boletim Técnico, 78)
- BRANCHER, A. **Efeito das adubações orgânica e mineral e calagem na cultura do arroz irrigado e em características químicas de um solo de várzea no Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: UFRRJ, 1991. 235p. Tese de Mestrado.
- CAMARGO, F.A. de O.; SANTOS, G. de A.; ROSSIELLO, R.O.P.; FERREIRA, A.B.B. Produção de ácidos orgânicos voláteis com a adição de palha de arroz em glei sob condições anaeróbias. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.3, p.337-342, 1993.
- CAMARGO, F.A. de O.; SANTOS, G. de A.; ROSSIELLO, R.O.P.; ZONTA, E. Acúmulo de nutrientes pelo arroz em resposta à incorporação de palha de arroz em um gleissolo do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.243-247, 1995a.
- CAMARGO, F.A. de O.; SANTOS, G. de A.; ROSSIELLO, R.O.P.; ZONTA, E. Incorporação de palha de arroz em um gleissolo e efeitos no rendimento da cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7, p.983-987, jul. 1995b.
- CAPECHE, C.L. **Efeito da adubação com N, P, K e micronutrientes sobre a cultura do arroz irrigado em um solo de várzea no Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: UFRRJ, 1991. 134p. Tese de Mestrado.
- CHATTERJEE, B.N.; SINGH, K.I.; PAL, A.; MAITI, S. Organic manures as substitutes for chemical fertilizer for high-yielding rice varieties. **Indian Journal of Agricultural Science**, v.49, n.3, p.188-192, 1979.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Rio de Janeiro: Ed. Campus; Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1984. 341p.
- FELIZARDO, B.C. Effects of rice straw with varying amounts of available nitrogen on some physical and chemical properties of lipa clay loam planted to rice. **The Philippine Agriculturist**, v.38, n.2, p.197-210, 1954.
- HESSE, P.R. Potential of organic materials for soil improvement. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Baños, Fil.). **Organic matter and rice**. Los Bãnos, 1984. p.35-43.
- MACHADO, M.O.; DIAS, A. D.; GOMES, A. de S.; PAULETTO, E.A. Efeito de fósforo e de calcário em cinco safras de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14., 1985, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa-CPATB, 1985a. p.241-249.
- MACHADO, M.O.; FRATTINI, C.T.A.; DIAS, A.D.; GOMES, A. da S. Adubação orgânica e mineral na cultura do arroz irrigado no solo Pelotas. II. Efeito sobre as propriedades químicas do em solo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14., 1985, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa-CPATB, 1985b. p.196-201.
- MANZATO, H.R.H. **Dinâmica da matéria orgânica em solo gley pouco húmico cultivado com arroz inundado no vale do rio São João (RJ)**. Itaguaí: UFRRJ, 1990. 145p. Tese de Mestrado.
- OLIVEIRA, C. **Efeito do alagamento e da cultura do arroz sobre características físico-química de dois solos de várzea do Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: UFRRJ, 1989. 89p. Tese de Mestrado.
- PAULA, M.B.; CARVALHO, J.G.; SOARES, A.A.; NOGUEIRA, F.D. Avaliação de fertilidade de um solo de várzea (gley húmico) para a cultura do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.571-577, 1990.

- PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.29-96, 1972.
- RAO, D.N.; MIKKELSEN, D.S. Effects of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition. **Agronomy Journal**, v.68, n.5, p.752-755, 1976.
- REDDY, K.R.; PATRICK JUNIOR, W.H. Effect of alternate aerobic and anaerobic conditions on redox potential, organic matter decomposition and nitrogen loss in a flooded soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.7, n.1, p.87-94, 1975.
- TAKIJIMA, Y. Studies on the mechanism of root damage of rice plants in the peat paddy fields. Part 2. Status of roots in the rizosphere and occurrence of root damage. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.11, n.5, p.204-211, 1965.
- YOSHIDA, S.; PARAO, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Baños, Fil.). **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p.471-494.