

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de pós-graduação em Agronomia



DISSERTAÇÃO

**Parâmetros químicos da fertilidade de um planossolo
submetido a diferentes sistemas de cultivo
após dezenove anos**

Noemi Maria Lunkes dos Santos

Pelotas, 2006.

NOEMI MARIA LUNKES DOS SANTOS

**Parâmetros químicos da fertilidade de um planossolo
submetido a diferentes sistemas de cultivo
após dezenove anos**

Dissertação apresentada ao Programa Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Solos).

Orientador: Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl
Co-Orientador (es): Pesq^a. Dr^a. Valkyria Bueno Scivittaro
Prof. Dr. Rogério Oliveira de Sousa

Pelotas, 2006

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl (Presidente)
UFPEL - orientador – Departamento de Solos

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva
UFSM – Departamento de Solos

Prof^a. Dr^a. Rosa Maria Vargas Castilhos
UFPEL – Departamento de Solos

À minha mãe, Lucila Maria Lunkes
Meus filhos: Alexander Lunkes dos Santos
Caroline Lunkes dos Santos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da aprendizagem que através dela consegui uma colocação entre os selecionados para o curso de Mestrado;

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade da realização do curso de Mestrado;

Ao Diretor da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, professor César Valmor Rombaldi, pelo incentivo e apoio para a realização do curso;

Ao professor Ledemar Carlos Vahl, pela contribuição na minha vida profissional, através de sua orientação e amizade;

Ao Pesquisador da Embrapa Clima Temperado Algenor Gomes da Silva e ao Prof. Dr. Eloy Antônio Pauletto pela concessão da área experimental para coleta das amostras de solo.

Aos professores Luis Fernando Spinelli Pinto, Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli, Flávia Montana Fernandes, Rogério Oliveira de Sousa, Rosa Maria Vargas Castilhos, Danilo Dufech Castilhos, Ricardo Schoffel, pelos conhecimentos transmitidos, apoio e amizade;

À Dra. Walkyria Bueno Scivittaro, pela orientação e amizade;

Ao Isair Bernardes dos Santos pelo apoio e compreensão;

Aos colegas de curso da pós-graduação, Carla, Magali, Daiane, Angélica, Ândrea, Daniela, Rul, Álvaro, Marcelo, Vanderléia, Marla, Katiúscia, Tiago, Eduardo, Adilson e Dioni, pelo carinho e amizade;

Aos colegas de trabalho do departamento de solos, Rosane, Rosimeri, Rosângela, Neri, Elmar, Paulo, Olir, Sérgio, Renata, Ari e Irani, pelo auxílio e apoio prestados durante o curso.

RESUMO

SANTOS, Noemi Maria Lunkes dos. **Parâmetros químicos da fertilidade de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo após dezenove anos**. 2006. 56f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O manejo inadequado das práticas culturais como também o uso contínuo do solo pode provocar alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Para tentar aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção, alterando o mínimo possível às características físicas e químicas, estão sendo testados sistemas alternativos de cultivo, de um planossolo num experimento de campo na área experimental da Embrapa clima temperado, no Capão do Leão desde 1985. Assim, tendo por objetivo avaliar a fertilidade do solo nos diferentes sistemas de cultivo, após 19 anos de condução do experimento, foram coletadas amostras nas profundidades 0-2,5; 2,5-5; 5-20 cm e TB (topo do horizonte B). Foram avaliados os seguintes sistemas: 1 - Sistema tradicional de cultivo: um ano arroz (preparo convencional) e dois anos com pousio; 2 - Sistema de cultivo contínuo de arroz (preparo convencional) e controle de invasoras com herbicida; 4 - Sucessão arroz x soja com preparo convencional do solo; 5 - Rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo; 6 - Sucessão de azevém x arroz sob plantio direto; 7 - Sucessão arroz sob plantio direto x soja sob preparo convencional do solo; e 8 - Solo mantido em condições naturais (testemunha). Nas amostras foram analisados os seguintes parâmetros: carbono orgânico foi determinado pelo método Walkley-Black conforme Alison (1965); nitrogênio total, cátions trocáveis (Ca, Mg, Na, Al, e Mn), pH em água e índice SMP determinados conforme os métodos descritos por Tedesco et al. (1995); fósforo e potássio extraíveis determinados pelo método Mehlich conforme descrito por Tedesco et al (1995); acidez potencial (H + Al) extraído com acetato de cálcio 1 N (a pH 7) e titulado com NaOH. 0,0125 N, conforme descrito por Embrapa (1997); capacidade de troca de Cátions e saturação por bases calculadas a partir dos cátions trocáveis e acidez potencial. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Duncan, com o auxílio do programa estatístico winstat.

(Machado et al. 2001). Os resultados evidenciaram que o uso intensivo de culturas anuais em sucessão ou rotação com o arroz irrigado por alagamento alterou os teores de matéria orgânica e nitrogênio na camada superficial em relação ao solo natural; o efeito da calagem nos parâmetros de acidez do solo (pH, V, Ca e Mg) após 14 anos de aplicação de calcário está se exaurindo, mas ainda é mensurável; os efeitos dos sistemas de uso do solo nos teores de fósforo e potássio extraíveis pelo método Mehlich são proporcionais às quantidades destes nutrientes aplicados ao longo dos anos.

Palavras-chave: Fertilidade do solo, planossolo, sistemas de uso.

ABSTRACT

SANTOS, Noemi Maria Lunkes dos. Fertility Chemical parameters of the one Albaqualf submitted the different cultural systems during for nineteen years. 2006. n^o 56 of pages. Dissertation (Masters) – Graduation Program in Agronomy. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The inadequate management of cultural tecnics as well as the continuous use of the soil, can alter soil physical, chemical and biological properties. In order to increase crop productivity and to lower production costs without changing the soil physical and chemical properties, a field experiment with alternative cropping systems is being conducted in an Albaqualf soil since 1985 in the Embrapa Clima Temperado lowland experimental field in Capão do Leão, Rio Grande do Sul State, Brazil. with the objective of evaluating soil fertility in the different cropping systems, after 19 years of experiment conduction, soil samples have been collected at 0.0 – 2.5; 2.5 – 5.0; and 5.0 – 20.0 cm deepness as well as at the top of the B horizon. The following systems have been evaluated: 1 – Traditional system: one year rice (conventional soil preparation) and two years fallow; 2 – Continuous system with rice (conventional soil preparation) and weed control with herbicide; 4 – Rice x soy rotation with conventional soil preparation; 5 – Rice x soy x maize rotation with conventional soil preparation; 6 – Rice x with ryegrass rotation under no tillage; 7 – Rotation of no tillage rice x soy under conventional preparation; and 8 – Natural vegetation (control). The following parameters were analyzed: organic carbon by the Walkley-Black method, as described in Alison (1965); total nitrogen, exchangeable cations (Ca, Mg, Na, and Al), water pH and SMP index, as described by Tedesco et al. (1995); the extractable phosphorus and potassium by the Mehlich method described by Tedesco et al. (1995); the potential acidity (H + Al) extracted with calcium acetate 1 N (pH 7), titrated with 0.0125 NaOH N, as described in Embrapa (1997); The total cation exchange capacity (CEC) and base saturation were calculated from the sum of exchangeable cations and potential acidity and % of base

cations in the CEC. All the variables were submitted to variance analysis and Duncan test, using the Winstat software (Machado et al. 2001) for statistical Analysis. The results showed that the intensive use of the soil with annual cultures in rotation with flooded irrigated rice changed soil organic matter and nitrogen contents in the upper layers compared to the control; the affect of the liming in the acidity soil parameters (pH, V%, Ca, and Mg) after 14 years of application is being depleted, but it is still detectable; the systems exhibit the contents of extractable phosphorus and potassium by the Mehlich method proportional to the amounts of these nutrients applied along the years.

Key-words: Soil fertility, Albaqualf, soil cropping systems.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Seqüência do uso do solo nos oito sistemas ao longo de dezenove anos.....	23
Tabela 2	Teores de matéria orgânica em quatro profundidades de um planossolo após dezenove anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.....	27
Tabela 3	Teores de nitrogênio total em quatro profundidades de um planossolo após dezenove anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.....	27
Tabela 4	Capacidade de troca de cátions (pH 7) em quatro profundidades de um planossolo após dezenove anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.....	28
Tabela 5	Teores de cálcio, magnésio, alumínio trocáveis, pH em água e saturação de bases em quatro profundidades de um planossolo após dezenove anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.....	30
Tabela 6	Teores de fósforo e potássio extraíveis pelo método Mehlich em quatro profundidades de um planossolo após dezenove anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Sistemas de preparo do solo.....	11
2.1.1 Sistema convencional.....	11
2.1.2 Plantio direto e cultivo mínimo.....	12
2.1.3 Sistema pré-germinado.....	12
2.2 Rotação de culturas.....	13
2.3 Nutrientes em solos alagados.....	14
2.3.1 Nitrogênio.....	14
2.3.2 Fósforo.....	16
2.3.3 Ferro e manganês.....	17
2.3.4 Potássio, cálcio e magnésio.....	18
2.4 Efeitos dos sistemas e rotação de culturas na fertilidade do solo.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	22
3.2 Condução do experimento.....	23
3.3 Coleta e preparo das amostras de solo.....	24
3.4 Análises químicas.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Matéria orgânica (MO) e nitrogênio total (Nt).....	26
4.2 Capacidade de troca de cátions.....	27
4.3 Cátions trocáveis.....	28
4.4 Fósforo e potássio extraíveis pelo método Mehlich.....	31
5 CONCLUSÕES.....	33
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
7 APÊNDICES.....	39

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de arroz irrigado por inundação em solos de várzea, praticado na região Sul do Brasil, contribui com 68% da produção nacional de arroz. No Rio Grande do Sul, a lavoura de arroz irrigado ocupa $1,0 \times 10^6$ ha.

Uma característica importante dos solos de várzea no Rio Grande do Sul é a drenagem deficiente. Esses solos apresentam uma heterogeneidade de material de origem muito grande e, em função disso, uma grande variação nas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, o que determina diferentes limitações e aptidões de uso.

Apesar das grandes áreas para cultivo do arroz irrigado, a produtividade média entre 5 e 6 $t \cdot ha^{-1}$ no Rio Grande do Sul é considerada baixa se comparada com a produtividade potencial de 10 $t \cdot ha^{-1}$ segundo trabalho de Silva et al.(2003). Esta lacuna é atribuída à alta infestação do arroz vermelho juntamente com a ocorrência das temperaturas baixas durante o desenvolvimento reprodutivo da cultura que contribuem no baixo rendimento, como também, o manejo inadequado das práticas culturais tais como a época de semeadura, a adubação, o controle de plantas daninhas e a irrigação.

Para tentar aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção, estão sendo testados sistemas alternativos de cultivo de um planossolo num experimento de campo na área experimental da Embrapa Clima Temperado, no Capão do Leão, desde 1985. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar possíveis alterações na fertilidade do solo nos diferentes sistemas de cultivo, após 19 anos de condução do experimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sistemas de preparo do solo

2.1. 1. Sistema convencional

O sistema convencional de preparo do solo tem como objetivo principal controlar as plantas daninhas e incorporar restos culturais (SIMIDERLE; GIANLUPE; GIANLUPE, 2004). Da área cultivada do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, 21,19% é cultivado pelo sistema convencional (IRGA, 2006).

No sistema convencional, o preparo do solo pode ser dividido em duas fases: preparo primário, consiste em operações mais profundas e grosseiras, normalmente realizados com arado, que visam principalmente a destruição de camadas compactadas, a eliminação e enterrio de plantas daninhas e a incorporação de calcário e de fertilizantes. O preparo secundário consiste em operações mais superficiais, realizadas após o preparo primário, através de grades e/ou plainas, visando nivelar, destorroar e destruir crostas superficiais, incorporar produtos agroquímicos e eliminar plantas daninhas no início de seu desenvolvimento, criando assim um ambiente favorável à germinação, emergência e desenvolvimento da cultura implantada (PAULETTO et al., 1999). A semeadura do arroz pode ser feita à lanço ou em linha com o estabelecimento de lâmina de água sobre o solo, 20 a 35 dias após a emergência das plântulas.

Para a utilização desse tipo de cultivo, existe uma oneração muito grande de custos de produção como também disseminação de sementes de plantas daninhas e degradação do solo. Para eliminar esse tipo de problema se destaca a utilização de sistemas alternativos de cultivo como: plantio direto, cultivo mínimo e o pré-germinado (VERNETTI; GOMES, 1999).

2.1.2. Plantio direto e cultivo mínimo

O plantio direto é o cultivo sem revolvimento do solo, deixando na superfície os restos das culturas anteriores. É um sistema que envolve práticas culturais com diversificação de espécies através da rotação de culturas, com mobilização de solo apenas na linha de semeadura. Entre suas vantagens para solos de várzea podem ser citadas: menor tempo nas operações de aração e gradagem, menor consumo de combustíveis, menor compactação do solo, maior controle de arroz vermelho, economia de tempo pela redução de operações e redução da quantidade de fertilizantes em longo prazo.

No Rio Grande do Sul, o sistema de plantio direto na cultura do arroz irrigado foi introduzido na década de 80 (DENARDIN, 1998). Da área cultivada 5,7% é pelo plantio direto (IRGA, 2006). A adoção do sistema no arroz irrigado exige uma série de requisitos, os quais coincidem, em parte, com os princípios básicos para a implantação do sistema em solos de regiões altas, apesar do solo apresentar características diferentes. Na cobertura a quantidade de matéria seca deve ser reduzida em relação aos solos de sequeiro de 5 a 6 Mg.ha⁻¹ para 2 a 3 Mg.ha⁻¹, visto que as áreas apresentam relevo plano e suave ondulado e os solos são mal drenados. No Rio Grande do Sul, vem sendo cultivado preferencialmente o azevém, porque tem apresentado um bom desenvolvimento em solos de várzea, pois, vem produzindo matéria seca nos níveis adequados (GOMES et al., 2004).

No Rio Grande do Sul, o sistema de cultivo mínimo envolve 61,2% de sua área cultivada (IRGA, 2006). No cultivo mínimo são reduzidas ao mínimo as operações de campo, desde o preparo do solo até os tratos culturais. Envolve menor revolvimento do solo em relação ao sistema convencional. O preparo é feito de 45 a 60 dias antes da semeadura do arroz, para possibilitar a germinação das plantas daninhas para que as mesmas possam ser controladas por herbicida e também propiciar uma satisfatória cobertura no solo (PAULETTO et al., 1999)

2.1.3. Sistema pré-germinado

No Rio Grande do sul, de toda área cultivada, 11,1% é cultivado pelo sistema pré-germinado (IRGA, 2006). Este sistema propôs como objetivo o controle do arroz vermelho, redução nos custos de produção e um aumento na produtividade. No

preparo do solo existe a necessidade da formação da lama, onde, algumas operações são realizadas no solo inundado. As operações de preparo se dividem em duas fases: Formação da lama – consiste no preparo da camada superficial para a formação da lama. Pode ser feito com o solo seco e posterior inundação, ou com o solo inundado. Revolvimento e o alisamento após formação da lama.

Os problemas que podem ocorrer são a completa desestruturação do solo, o ataque predatório dos pássaros, concentração das sementes em talhões devido a fortes ventos, aumento de danos pela bicheira - da - raiz desde a fase inicial do ciclo da cultura (PAULETTO et al., 1999).

2 . 2 . Rotação de culturas

A rotação de culturas consiste na alteração anual de diferentes espécies vegetais numa mesma área. A escolha das espécies deve sempre visar dois objetivos: a comercialização da produção e conservação ou recuperação dos solos. A rotação de culturas traz várias vantagens: proporciona a diversificação da produção e, quando conduzido adequadamente, em longo prazo, proporciona uma melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo; ajuda no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; recupera os níveis de matéria orgânica do solo, protegendo-o da ação dos agentes climáticos, viabilizando o sistema de semeadura direta.

A finalidade do uso de culturas de sequeiro na rotação é de estabelecer um eficiente sistema de irrigação e drenagem. O sucesso das culturas alternativas vai depender muito dos níveis de adubações feitas e calagem adequados (PAULETTO et al., 1999).

O monocultivo do arroz irrigado provoca grande infestação do arroz daninho. Para minimizar este problema, foram introduzidos o plantio direto e o cultivo mínimo onde existe a utilização da rotação de culturas. Como os solos de arroz irrigado apresentam características diferentes dos utilizados normalmente no cultivo de espécies de sequeiro e são mais exigentes em termos de manejo que os solos de terras altas, levou os orrizicultores a praticarem bem mais o cultivo mínimo do que o plantio direto. Segundo Pauletto et al. (1999) devido às características relacionadas à degradação de seu estado físico e a presença de argilas expansivas com altos

índices de pegajosidade e plasticidade o seu manejo se torna extremamente complexo.

No Rio Grande do Sul, as culturas mais utilizadas na rotação com arroz irrigado são o milho e a soja e para cobertura vegetal, é muito usado o azevém por apresentar bom desenvolvimento em solos de várzea (GOMES et al., 2004). Em alguns experimentos são usadas outras espécies de inverno, como aveia preta, centeio, colza, trevo persa, trevo subterrâneo, trevo branco e a consorciação de azevém com ervilhaca (GOMES et al., 1999; DIAS et al., 1995; COSTA et al., 1998).

2 . 3 . Nutrientes em solos alagados

O alagamento provoca algumas alterações nas propriedades do solo, pelo estabelecimento de condições de redução (CAMARGO; TEDESCO, 2004). O alagamento altera o equilíbrio natural, desencadeando transformações nas características físicas, biológicas, eletroquímicas e químicas do solo (SOUSA; CAMARGO; VAHL, 2004).

Após o alagamento, há diminuição drástica na entrada de oxigênio no solo e, após algumas horas, o restante de oxigênio é consumido pelos microrganismos aeróbicos, que então, cessam sua atividade e cedem lugar aos microrganismos anaeróbicos. Estes utilizam, como receptores de elétrons em sua respiração, ao invés de oxigênio, principalmente os seguintes compostos: nitrato, óxidos de manganês e de ferro e sulfato. Ao receberem os elétrons, tais compostos são reduzidos quimicamente: o nitrato a N_2 , os óxidos de manganês e de ferro a Mn^{+2} e Fe^{+2} , o sulfato a S^{-2} . Estas reduções consomem H^+ neutralizando os solos, fenômeno conhecido como “autocalagem”. Com o aumento do pH, o alumínio trocável é eliminado pela formação de hidróxidos de alumínio insolúvel (VAHL et al., 1993).

2 . 3 .1. Nitrogênio

Na camada superficial oxidada, a matéria orgânica é mineralizada a NH_4^+ podendo passar a NO_3^- pela presença de O_2 . Como o NO_3^- é muito móvel no solo, pode ser levado para camadas mais profundas onde será perdido por desnitrificação (CAMARGO ; TEDESCO, 2004).

A velocidade da desnitrificação depende da quantidade de matéria orgânica presente no solo, do tipo de microrganismos, do pH do solo e da temperatura. A taxa de desnitrificação depende muito do tipo de solo e do NH_4^+ produzido nas zonas oxidadas (VAHL; SOUSA, 2004).

Para a avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo é utilizada a análise do teor de matéria orgânica do solo, mas isto não deve ser usado como único critério de avaliação da disponibilidade de nitrogênio e indicativo da necessidade de adubação nitrogenada para o arroz irrigado em condições de cultivo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A resposta do arroz ao nitrogênio está mais ligada aos fatores climáticos (temperatura, radiação solar) e ao tipo de planta do que ao teor de matéria orgânica (SCIVITTARO; MACHADO, 2004).

No Rio Grande do Sul as condições de temperatura e radiação solar favoráveis situam-se entre outubro a março, portanto a época de semeadura é muito importante condicionado a produtividade e, conseqüentemente, a adubação nitrogenada.

O nitrogênio é um dos elementos limitantes da produção do arroz irrigado. Ele aumenta a área foliar das plantas, o que faz aumentar a eficiência de interceptação da radiação solar, portanto, aumentando a taxa fotossintética e também a produtividade de grãos. O arroz é uma cultura que responde a adubação nitrogenada se não houver outros fatores limitantes. O N é um macronutriente facilmente perdido por lixiviação, volatilização e desnitrificação, por isso, o seu manejo correto é muito importante para redução de custos e minimização dos efeitos de poluição ambiental. A eficiência do nitrogênio pode aumentar com o uso da dose adequada, época apropriada de aplicação, manejo adequado da água, controle de doenças, pragas, plantas daninhas e uso correto de espaçamento entre linhas e também densidade de semeadura (EMBRAPA, 2004)

Quando a semeadura é feita em solo seco nos sistemas (convencional, cultivo mínimo e plantio direto as doses adequadas para os solos de várzea segundo Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas de pesquisa para o sul do Brasil (2005) são de 10kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, dependendo do teor de matéria orgânica do solo e da expectativa de rendimento do arroz.

Knoblauch (2001) observou que a calagem e a adubação com nitrogênio e potássio em solos orgânicos ou outros semelhantes são necessários para conferir melhores resultados na produtividade do arroz irrigado. Também em solo

hidromórfico típico, trabalho de Scivittaro et al. (2001), confirmaram a importância do suprimento adequado de nitrogênio sobre o rendimento da cultura do arroz irrigado e que o trevo-persa ou trevo branco, como adubo verde, são adequados como fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do arroz irrigado, assim reduzindo o uso de fontes minerais. Gomes et al. (1999), ao utilizarem espécies diferentes em experimento realizado num planossolo, em um dos tratamentos do plantio direto (azevém, tremoço azul, aveia preta, trigo, trevo vesiculoso, trevo branco, ervilhaca, centeio, azevém mais ervilhaca, cornichão, nabo forrageiro) observaram que, no tratamento com arroz sobre espécies leguminosas, houve incremento de N e K no solo.

2.3.2. Fósforo

O comportamento do fósforo é profundamente afetado pelo alagamento. Ele pode ocorrer sob diferentes formas orgânicas e inorgânicas. Em solos ácidos predominam os fosfatos associados ao ferro e alumínio. Em condições de alagamento aumenta o fósforo devido à redução dos compostos férricos para formas ferrosas (SOUSA; CAMARGO; VAHL, 2004), pela liberação daquele adsorvido nas argilas ou nos hidróxidos de ferro (Fe^{+3}) e de alumínio (Al^{+3}), por intercâmbio aniônico (PONNAMPERUMA, 1972), pela dissolução dos óxidos de ferro que retém o fósforo (CAMARGO; TEDESCO, 2004). Haverá também liberação do fósforo da matéria orgânica (PONNAMPERUMA, 1972).

A liberação do fósforo para a solução do solo depende da intensidade de redução, no entanto, paralelamente com a intensidade de redução acontece o aumento do pH que afeta a solubilidade de vários compostos no solo (SOUSA; CAMARGO; VAHL, 2004).

A grande quantidade de água no solo facilita a difusão do fósforo para a superfície das raízes, necessitando assim menos adubação fosfatada do que culturas de sequeiro (CAMARGO; TEDESCO, 2004). O decréscimo posterior segundo Sousa; Camargo; Vahl (2004), ocorre pela precipitação de fosfatos ferrosos, a adsorção do fósforo aos óxidos de ferro de baixa cristalinidade e hidróxidos de alumínio, devido o acúmulo de ferro (Fe^{+2}) pelo aumento do pH.

Depois do nitrogênio, o fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade do arroz irrigado. Isso naturalmente está relacionado ao seu baixo teor no solo e a

alta capacidade de fixação nos solos de várzea, o que diminui o número de perfilhos e a área foliar, reduzindo assim o processo fotossintético da planta. O adequado suprimento de fósforo estimula o aumento do número de panículas em plantas de arroz, oportunizando maior produção. Sua adubação é feita com base nos resultados das análises do solo pelo método Mehlich (COMISSÃO QUÍMICA DE FERTILIDADE DO SOLO, 2004). Os teores críticos de fósforo segundo Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas de pesquisa para o sul do Brasil (2005) são para os métodos Mehlich e Resina respectivamente, 6,0 mg P.dm³ 20 mg P.dm³, acima dos quais o retorno econômico é muito pequeno.

Doses menores são recomendadas para o sistema pré-germinado, pela sua maior disponibilidade causada pela inundação do solo. Para teores de fósforo maiores que 3 mg.dm³ é recomendado o uso de fontes de fósforo solúveis. Se forem usados fosfatos naturais é recomendado o uso de fósforo reativo. Quando utilizados cultivos em rotação ou sucessão com arroz, deve-se observar a classe textural do solo para fins de interpretação das análises de fósforo. No caso de rotação onde o arroz é primeiro cultivo e depois soja em seqüência, é recomendado a utilização de fósforo e potássio como primeiro cultivo, desconsiderando o fósforo e o potássio aplicados no arroz (COMISSÃO QUÍMICA DE FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Grande parte dos solos da região arrozeira apresenta teor de fósforo acima do teor de suficiência, indicando baixa probabilidade de resposta à adição desse nutriente, mas esses teores podem ser relativo ao uso de fosfatos naturais reativos usados com freqüência nas regiões arrozeiras, por isso deve-se ter cautela, porque os valores elevados apresentados pelo extrator Mehlich podem não significar necessariamente alta disponibilidade de fósforo no solo, se o solo for amostrado até dois anos após a última aplicação desse fosfato (ANGHUINONI et al., 2004).

2 . 3 . 3. Ferro e manganês

A redução do solo promove o aumento de pH, ocorrendo solubilização de óxidos de ferro e manganês, aumentando as concentrações de Fe⁺² e Mn⁺² na solução do solo durante o alagamento. Parte é adsorvida aos colóides da fase sólida do solo, liberando outros cátions como Ca⁺², Mg⁺² e K⁺ (VAHL et al., 1993). O aumento desses valores atinge um valor máximo, diminuindo em seguida, em função

do pH, o teor de matéria orgânica e reatividade dos óxidos de ferro e de manganês (SOUSA; CAMARGO; VAHL, 2004).

Alto teor de Fe^{+2} na solução do solo pode provocar toxidez para alguns cultivares de arroz, manifestando-se principalmente onde os teores de cálcio, sódio e potássio no solo são baixos (CAMARGO; TEDESCO, 2004).

Segundo Vahl et al. (1993), o arroz tolera teores relativamente altos de ferro e manganês no tecido. Não absorve muito devido às plantas de arroz liberarem oxigênio no solo pelas raízes o qual oxida o Fe^{+2} e Mn^{+2} , formando óxidos insolúveis.

As reações de redução ocorrem no solo durante o período em que o solo permanece alagado, requerendo de três a cinco semanas após o início do alagamento para se completarem. Quanto maiores os teores de matéria orgânica no solo, mais intensas e rápidas serão as reações.

2 . 3 . 4. Potássio, cálcio e magnésio

Após o alagamento dos solos, os cátions como o cálcio, magnésio e potássio têm a sua solubilidade aumentada devido à ocupação dos sítios de troca (CTC) pelo ferro e manganês em função de sua alta concentração na solução do solo (SOUSA; CAMARGO; VAHL, 2004). Com o alagamento contínuo do solo, conforme Santos et al. (1999), há maior lixiviação de potássio, cálcio e magnésio para camadas mais profundas do solo. O manejo da água e do fertilizante potássico, através da inundação contínua do arroz e da adubação com potássio, parcelada em duas a três aplicações em épocas diferentes, afeta a distribuição dos nutrientes no perfil do solo e conseqüentemente sua disponibilidade para as plantas. Machado et al. (1999), também comprovaram que o manejo do potássio é importante para um bom rendimento do arroz irrigado.

O potássio é um nutriente importante para as plantas em vários processos fisiológicos e bioquímicos que determinam a produtividade das culturas e o adequado suprimento desse nutriente reduz doenças como brusone e a mancha parda em arroz irrigado (EMBRAPA, 2004)

Segundo Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas de pesquisa para o sul do Brasil (2005) os teores críticos de potássio são de 60 mg.dm^3 , sendo o retorno econômico muito pequeno, utilizando doses acima deste nível. Em trabalho de Brunetto et al. (2005) foi avaliado o nível crítico de potássio adotado, nas culturas de

soja, milho e sorgo em argissolo sob plantio direto, onde os resultados mostraram que o nível crítico de potássio extraído com Mehlich no argissolo estudado foi de 42 mg.dm³. Para estes solos, com a utilização do novo nível crítico estabelecido pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004), foi possível atingir mais de 95% do rendimento máximo das culturas.

2 . 4 Efeitos dos sistemas e rotação de culturas na fertilidade do solo

Trabalhos de pesquisa mostram que diferentes sistemas de produção e a rotação de culturas promovem efeitos residuais das adubações e também dos resíduos vegetais das culturas anteriores. Lombardi-Neto et al. (2002) em experimento conduzido durante 11 anos(1963/64 a 1974/75) com o objetivo de verificar o efeito da rotação no rendimento das culturas de algodão, amendoim, arroz, cana-de-açúcar e milho, verificaram que os cultivos contínuos, apenas com adubação mineral, levaram à redução significativa da produção no decorrer dos anos. A rotação, quando praticada com calagem inicial e adubação mineral anual, levou a uma produtividade satisfatória ao longo dos anos, superior ao cultivo contínuo de cada uma das culturas, principalmente quando as culturas anuais não receberam a calagem inicial.

Valentini et al. (2001) verificaram que diferentes coberturas de solo não influenciaram o desempenho do feijoeiro e que a decomposição da palhada provocada pelo manejo químico, em determinadas épocas, permitiu melhor estabelecimento inicial e conseqüentemente, maior rendimento da cultura do feijoeiro em semeadura direta. Entre as coberturas testadas (aveia branca, aveia preta, azevém, nabo forrageiro e trigo) o feijão semeado sobre a cobertura de azevém foi a que obteve maiores populações de plantas iniciais e final.

O arroz é beneficiado pela adubação aplicada em culturas de sequeiro em rotação. Fabres (1998) verificou que o efeito residual do fósforo no azevém foi suficiente para nutrir adequadamente o arroz cultivado em plantio direto. Simonete (1998) ao verificar o efeito do potássio aplicado no azevém sobre o arroz subseqüente cultivado em plantio direto em planossolo, observou que 67% do potássio aplicado ficou retido na parte aérea do azevém e que apenas 33% ficou no solo ou perdido e que o efeito residual da adubação potássica sobre o arroz está relacionado ao potássio contido na palha do azevém. Após o cultivo do azevém o

potássio no solo diminuiu de 50 mg.kg^{-1} antes do azevém para 34 mg.kg^{-1} após o azevém e para 30 mg.kg^{-1} após o arroz. Diminuiu 20 mg.kg^{-1} ao longo dos dois cultivos.

Couto (2001) relacionando o nitrogênio acumulado no arroz ao contido na palha de azevém, estimou que 30% do nitrogênio acumulado na palha do azevém foi absorvido pelo arroz cultivado em plantio direto, sendo a proporção do nitrogênio absorvido pelo arroz maior do que o nitrogênio aplicado na forma de uréia no arroz. O resultado indica que houve efeito residual do nitrogênio aplicado no azevém sobre o arroz subsequente.

Segundo Kochhan (1991 apud WIETHÖLTER et al., 1998), ao realizar um trabalho sobre a resposta das culturas a fósforo e potássio nos sistemas convencional e plantio direto, observou que o efeito da rotação de culturas nos rendimentos de trigo e de soja, quando comparados com a simples sucessão de culturas trigo-soja nos dois sistemas, tanto o trigo como o soja apresentaram rendimentos superiores quando cultivados em rotação com outras culturas. Os teores de fósforo e de potássio no solo após 4 anos, concentraram-se nas camadas superficiais principalmente de 0 a 5 cm de profundidade, em ambos os sistemas.

Galli (1994) após seis anos de condução de experimento com diferentes sistemas de cultivo, constatou um aumento no teor de matéria orgânica no sistema com arroz contínuo em relação a testemunha sem cultivo. O Ca e Mg aumentou em todos os tratamentos em relação a testemunha devido a aplicação de calcário em todas as parcelas e que houve um aumento desses dois nutrientes em profundidade. O pH aumentou também em relação a testemunha nos tratamentos que receberam maiores doses de calcário e o tratamento rotação arroz x soja x milho diminuiu em profundidade em relação a testemunha. O alumínio foi menor em todos os tratamentos em relação a testemunha, mostrando que houve efeito da calagem e adubação no aumento das bases e neutralização do Al. Os maiores teores de K e P foram observados nos tratamentos em que o soja foi incluído, pois nestes, as quantidades aplicadas daqueles elementos foram maiores. O tratamento com plantio direto obteve menor teor de potássio do que a testemunha na camada superficial.

A fertilidade do solo, experimento de Galli (1994) foi novamente estudado por Bittencourt (1999) após doze anos de condução do experimento. Neste novo estudo constatou-se que o teor de matéria orgânica foi maior também no tratamento com arroz contínuo em relação a testemunha e o tratamento rotação arroz x soja x milho

foi menor em relação a testemunha. Os teores de Ca e Mg aumentaram nos tratamentos que envolveram rotação e sucessão na camada arável, os quais receberam maiores quantidades de calcário. O pH e o alumínio foram menores também nesses dois tratamentos. O Al se apresentou maior na testemunha em relação aos outros tratamentos. O fósforo também foi maior nos tratamentos de rotação arroz x soja x milho e sucessão arroz x soja devido aos níveis de adubação usados ao longo dos doze anos de condução do experimento. Houve aumento de P no topo do horizonte B devido ao movimento vertical do fósforo nestes dois sistemas. O potássio também foi maior nesses tratamentos devido a adubação potássica.

Os processos contínuos de alagamento e drenagem do solo modificam as características químicas, físicas e biológicas do solo e portanto também interfere nos efeitos residuais tanto da adubação como dos resíduos vegetais de culturas anteriores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3 . 1. Localização e caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em um experimento implantado na Estação experimental de Terras Baixas - CPACT-EMBRAPA, localizado no município do Capão do Leão, Rio Grande do Sul. A região possui clima temperado, com chuvas bem distribuídas e verão quente, com temperatura média no mês mais quente de 23,2°C (janeiro) e no mês mais frio 12,3°C (julho). A precipitação média anual é de 1367mm, com valores mensais entre 97,4 a 153,3mm. As coordenadas geográficas são: 31° 52' 00" de latitude S e 52° 21' 24" de longitude W de Greenwich - EAP/UFPEL.

O solo é classificado como Planossolo hidromórfico eutrófico solódico, segundo classificação brasileira de solos (EMBRAPA, 1999), com argila de atividade alta e relevo plano, tendo como substrato sedimentos derivados de granito e Albaqualf, conforme a classificação americana (SOIL SURVEY STAFF, 2003).

O experimento é composto de oito tratamentos distribuídos em parcelas de 600m² (20 x 30m) em um delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições.

Os tratamentos consistem dos sistemas de cultivo descritos e detalhados na tab. 1.

1. Sistema tradicional de cultivo: um ano arroz com preparo convencional do solo seguido de dois anos com pousio da área;
2. Sistema de cultivo contínuo de arroz com preparo convencional do solo e controle de invasoras com herbicida;
3. Sistema de cultivo contínuo de arroz com preparo convencional do solo e controle total de invasoras: herbicida + manual;
4. Sucessão arroz x soja com preparo convencional do solo;
5. Rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo;

6. Sucessão de azevém no inverno x arroz no verão sob plantio direto;
7. Sucessão arroz sob plantio direto x soja sob preparo convencional do solo e
8. Solo mantido em condições naturais, com campo nativo.

Neste estudo não foi incluído o tratamento 3 porque, quimicamente, é igual ao 2.

Tabela 1 – Seqüência do uso do solo nos oito sistemas ao longo de dezenove anos.

Anos Agrícolas	Sistemas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
85/86	arroz	arroz	arroz	arroz	arroz	aze/arroz	arroz	pousio
86/87	pousio	arroz	arroz	soja	Soja	aze/arroz	soja	pousio
87/88	pousio	arroz	arroz	arroz	milho	aze/arroz	arroz	pousio
88/89	arroz	arroz	arroz	soja	arroz	aze/arroz	soja	pousio
89/90	pousio	arroz	arroz	arroz	soja	aze/arroz	arroz	pousio
90/91	pousio	arroz	arroz	soja	milho	aze/arroz	soja	pousio
91/92	arroz	arroz	arroz	arroz	arroz	aze/arroz	arroz	pousio
92/93	pousio	arroz	arroz	soja	soja	aze/arroz	soja	pousio
93/94	pousio	arroz	arroz	arroz	milho	aze/arroz	arroz	pousio
94/95	arroz	arroz	arroz	soja	arroz	aze/arroz	soja	pousio
95/96	pousio	arroz	arroz	arroz	soja	aze/arroz	arroz	pousio
96/97	pousio	arroz	arroz	soja	milho	aze/arroz	soja	pousio
97/98	arroz	arroz	arroz	arroz	arroz	aze/arroz	arroz	pousio
98/99	...	...	...	...	...	...	...	...
99/00	pousio	arroz	arroz	soja	soja	aze/arroz	soja	pousio
00/01	pousio	arroz	arroz	arroz	milho	aze/arroz	arroz	pousio
01/02	arroz	arroz	arroz	soja	arroz	aze/arroz	soja	pousio
02/03	pousio	arroz	arroz	arroz	soja	aze/arroz	arroz	pousio
03/04	pousio	arroz	arroz	soja	milho	aze/arroz	soja	pousio

(Aze)= Azevém

(...) ano sem cultivo

3 . 2. Condução do experimento

A adubação e a calagem foram baseadas nos resultados das análises do solo e nas recomendações da Comissão Química de Fertilidade do Solo (1989; 1995), até 1997. Como fonte de N, P e K, foram utilizados, no período de 1985 a 1992, uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente, em todos os tratamentos, menos na testemunha. No período de 1992 a 1997 foram usadas formulações comerciais. No período de 1997 a 2003 foram usados 300kg.ha⁻¹ da

fórmula 5-20-30 como adubação de base e em cobertura, foram aplicados 100 kg de N, na forma de uréia, parcelada em 50kg + 50kg.

A dose de calcário aplicada no ano agrícola 1987/88 foi de 3,3Mg.ha⁻¹ em todos os tratamentos, exceto na testemunha. Em 1988/1989 foi aplicada a mesma quantidade, mas somente no tratamento cultivo tradicional. Nos anos agrícolas 1992/1993 as doses aplicadas foram de 1,3 e 1,2Mg.ha⁻¹ nos tratamentos, sucessão arroz x soja com preparo convencional do solo (4); rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo (5); Não foi aplicado calcário posteriormente.

3 . 3 . Coleta e preparo das amostras de solo

A amostragem do solo coletada nas parcelas foi retirada em outubro de 2004, antes do preparo do solo para o plantio de verão no ano agrícola de 2004/2005. Foi coletada uma amostra por parcela, composta por 20 sub-amostras retiradas nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5; 5-20 cm e os primeiros 5 cm do topo do horizonte B (TB), utilizando trado tipo calador. O topo do horizonte B ocorre numa variação de 25 a 40cm de profundidade. Estas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificadas e levadas ao laboratório de solos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – UFPEL. Após, foram secas ao ar, peneiradas (malha de 2mm) e armazenadas em potes plásticos, tampados, para posterior execução das análises químicas.

3 . 4 . Análises químicas

1. Carbono orgânico - determinado pelo método Walkley-Black conforme Alison (1965).

2. Nitrogênio total, cátions trocáveis (Ca, Mg, Na, Al, e Mn), pH em água e índice SMP – determinados conforme os métodos descritos por Tedesco et al. (1995).

3. Fósforo e potássio extraíveis – determinados pelo método Mehlich conforme descrito por Tedesco et al. (1995).

4. Acidez potencial (H + Al) extraídos com acetato de cálcio 1 N a pH 7 e titulado com NaOH 0,0125 N, conforme descrito por Embrapa (1997).

5. Capacidade de troca de cátions e saturação por bases calculadas a partir dos cátions trocáveis e acidez potencial.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Duncan, com o auxílio do Sistema de Análises Estatísticas para Winstat (MACHADO et al., 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Matéria orgânica (MO) e nitrogênio total (Nt)

Os teores de MO foram superiores nos sistemas azevém x arroz sob plantio direto (6) e solo natural (8) em relação aos demais sistemas, até a profundidade de 5 cm (tab. 2). Estes resultados correspondem ao maior incremento de resíduos na superfície do solo nestes dois sistemas e ao não revolvimento do solo. Nas profundidades de 5 - 20 cm o sistema contínuo de arroz (2), sistema tradicional (1) e azevém x arroz sob plantio direto (6) foram superiores aos demais. No topo do horizonte B não houve diferença entre os sistemas.

Os teores de Nt também foram superiores nos sistemas azevém x arroz sob plantio direto (6) e solo natural (8), na profundidade de 0 - 2,5 cm. Na profundidade de 2,5 - 5 cm o sistema sucessão azevém x arroz (6) foi superior aos sistemas rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo (5) e sucessão arroz sob plantio direto x soja sob preparo convencional do solo (7) e estes não diferiram dos demais sistemas. Na profundidade de 5 - 20 cm e no topo do horizonte B não houve diferença entre os sistemas (tab. 3). Tais efeitos são coerentes com aqueles observados na MO, ou seja, nos sistemas e profundidades que tem mais MO também tem mais Nt. Isto também se observa pela pequena variação na relação C/N, que pode ser calculada a partir dos dados das, tab. 2 e 3. A relação C/N média de todos os sistemas e profundidades foi de 11,1 variando de 10,0 a 12,4.

Esses resultados revelam que o uso prolongado do solo em estudo com culturas anuais, promove diminuição dos teores de matéria orgânica e nitrogênio do solo em relação ao solo natural principalmente na camada superficial, menos no plantio direto que se manteve nos mesmos níveis. Somente na profundidade de 5 - 20 os sistemas com cultivo contínuo os teores de M.O. aumentaram em relação ao solo natural, resultado obtido também por Galli (1994) e Bittencourt (1999).

Tabela 2 – Teores de matéria orgânica em quatro profundidades de um planossolo após dezoito anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Médias de quatro repetições.

Prof.	Sistemas de uso							CV
	1	2	4	5	6	7	8	
(cm)	.....(M. O, g. kg ⁻¹).....							(%)
0 - 2,5	30,1 b	22,5 b	21,3 b	18,5 b	67,2 a	19,3 b	73,2 a	20
2,5 - 5	22,4 bc	20,0 bcd	19,6 bcd	15,8 d	26,6 a	17,6 cd	25,3 ab	19
5 - 20	15,4 ab	16,7 a	13,2 bcd	11,8 d	14,7 abc	13,4 bcd	13,4 bcd	11
TB	9,5 a	9,9 a	9,7 a	8,5 a	7,8 a	11,2 a	11,2 a	22

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

1 = Sistema tradicional de cultivo: um ano arroz (preparo convencional) seguido de dois anos com pousio; 2 = Sistema de cultivo contínuo de arroz (preparo convencional) e controle de invasoras com herbicida; 4 = Sucessão arroz x soja com preparo convencional do solo; 5 = Rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo; 6 = Sucessão de azevém x arroz sob plantio direto; 7 = Sucessão arroz sob plantio direto x soja sob preparo convencional do solo; 8 = Solo mantido em condições naturais, sem cultivo

Tabela 3 – Teores de nitrogênio total em quatro profundidades de um planossolo após dezoito anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.

Prof.	Sistemas de uso							CV
	1	2	4	5	6	7	8	
(cm)	.....(N, g. kg ⁻¹).....							(%)
0 - 2,5	1,45 b	1,08 b	1,03 b	0,91 b	3,54 a	1,05 b	3,42 a	21
2,5 - 5	1,16 ab	1,11ab	0,97ab	0,78 b	1,32 a	0,81 b	1,18 ab	28
5 - 20	0,78 a	0,86 a	0,76 a	0,72 a	0,74 a	0,71 a	0,77 a	18
TB	0,55 a	0,55 a	0,54 a	1,29 a	0,62 a	0,52 a	0,64 a	92

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

1 = Sistema tradicional de cultivo: um ano arroz (preparo convencional) seguido de dois anos com pousio; 2 = Sistema de cultivo contínuo de arroz (preparo convencional) e controle de invasoras com herbicida; 4 = Sucessão arroz x soja com preparo convencional do solo; 5 = Rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo; 6 = Sucessão de azevém x arroz sob plantio direto; 7 = Sucessão arroz sob plantio direto x soja sob preparo convencional do solo; 8 = Solo mantido em condições naturais, sem cultivo

4 . 2. Capacidade de troca de cátions (CTC)

Não houve diferenças significativas entre os sistemas de uso, em nenhuma das profundidades do solo, para os valores de CTC, com exceção do solo natural (8) e do sistema azevém x arroz (6) na profundidade de 0 - 2,5 cm, nos quais a CTC foi maior que nos demais sistemas (tab. 4). Tal efeito está associado aos maiores teores de MO mantidos na camada superficial nestes dois sistemas, conforme foi mostrado no item 4.1. Mesmo que não tenha dado diferença significativa entre os

sistemas de cultivo, houve um aumento expressivo da CTC no topo do horizonte B, esse aumento deve-se à maior quantidade de argila contida nesse horizonte. Esses resultados já haviam sido constatados também por Bittencourt (1999) quando o experimento completou doze anos de condução. Considerando o solo natural como referência, pode-se concluir que o sistema azevém x arroz (6) manteve a CTC natural na camada superficial de 0 - 2,5 cm, enquanto que os demais sistemas diminuíram a CTC do solo apenas nesta camada.

Tabela 4 – Capacidade de troca de cátions (a pH 7) em quatro profundidades de um planossolo após dezenove anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.

Prof. (cm)	Sistemas de uso							CV (%)
	1	2	4	5	6	7	8	
	(CTC, mmol _c . kg ⁻¹).....							
0 - 2,5	86,4 b	80,4 b	75,5 b	85,6 b	124,2a	80,8 b	143,2 a	21
2,5 - 5	81,1 a	83,1 a	73,0 a	83,4 a	90,5 a	75,4 a	82,3 a	17
5 - 20	68,9 a	81,1 a	74,4 a	85,6 a	80,4 a	74,7 a	74,9 a	14
TB	95,7 a	120,5 a	118,6 a	107,5 a	116,0 a	108,0 a	123,7 a	25

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

1 = Sistema tradicional de cultivo: um ano arroz (preparo convencional) seguido de dois anos com pousio; 2 = Sistema de cultivo contínuo de arroz (preparo convencional) e controle de invasoras com herbicida; 4 = Sucessão arroz x soja com preparo convencional do solo; 5 = Rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo; 6 = Sucessão de azevém x arroz sob plantio direto; 7 = Sucessão arroz sob plantio direto x soja sob preparo convencional do solo; 8 = Solo mantido em condições naturais, sem cultivo

4.3. Cátions trocáveis

Neste item foi enfatizado os possíveis efeitos da calagem realizada nos primeiros anos de condução do experimento e no processo de acidificação do solo ao longo do tempo, tendo como referência o solo natural (8), mantido com vegetação nativa.

Constatou-se diferenças entre os sistemas quanto aos teores de Ca trocável na camada de 0 - 2,5 cm de profundidade, onde os sistemas 4, 5, 6, e 7 foram superiores ao 1 e 2, mas, não diferenciaram do 8 (tab. 5). Na profundidade de 2,5 - 5 cm somente o sistema 5 foi maior que os demais e estes não diferenciaram do sistema 8. Na profundidade de 5 - 20 cm todos os sistemas foram maiores que a testemunha (8).

O Mg apresentou-se um pouco diferente do Ca, onde na camada superficial de 0 - 2,5 cm, apenas o sistema 4 diminuiu em relação ao solo natural (8) e na profundidade de 5 - 20 cm apenas o sistema 5 foi maior aos demais sistemas enquanto que estes não apresentaram diferença em relação a testemunha (8). Na profundidade de 2,5 - 5 cm e topo do horizonte B não houve diferença significativa. Podemos constatar que os sistemas que receberam maiores quantidades de calcário nos períodos iniciais do experimento foram os que apresentaram maiores quantidades de Ca e Mg nos sistemas após dezenove anos de condução do experimento. Também foi evidenciado que no topo do horizonte B obteve-se maior acúmulo destes dois elementos, segundo Santos (1999) deve-se à maior lixiviação desses elementos para maiores profundidades devido ao alagamento contínuo do arroz.

Nas três profundidades de amostragem na camada arável 0 - 20 cm, em geral, os teores de Al trocável são menores e os valores de pH e saturação de bases são maiores nos sistemas, sucessão arroz x soja (4) e rotação arroz x soja x milho (5) e sucessão arroz plantio direto e soja sob preparo convencional (7) em comparação com o solo natural (8); nos demais sistemas, não há diferenças nítidas, quanto a estes parâmetros, em relação ao solo natural (8), nem entre si (tab. 5). Estes dados são indicadores de que naqueles três tratamentos ainda há efeito da calagem, embora pequenos.

A saturação de bases foi maior onde houve envolvimento de soja nos sistemas de cultivo nas camadas de 0 - 2,5 e de 5 - 20 cm de profundidade. No topo do horizonte B também pôde-se constatar um aumento da saturação de bases devido ao maior acúmulo de Ca e Mg neste horizonte.

A quantidade de calcário aplicado nos sistemas 4, 5 e 7 foi de $4,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (PRNT = 100%), sendo $3,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na primavera de 1987 e $1,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na primavera de 1990. Nos demais tratamentos, foram aplicados $3,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na primavera de 1987, com exceção do tratamento em que o solo foi mantido sem cultivo (8). Em amostras coletadas em novembro de 1991, neste mesmo experimento, Galli (1994) constatou efeitos expressivos da calagem nos parâmetros de acidez: pH, Al e saturação de bases nos teores de Ca e Mg trocáveis. Nos sistemas 4, 5 e 7, o pH da camada arável do solo 0 - 20 cm era 5,6, enquanto que nos demais tratamentos era 5,3 e na testemunha, 5,0. Em nova amostragem

realizada em novembro de 1997, Bittencourt (1999) ainda constatou efeitos significativos da calagem, principalmente nos tratamentos 4, 5 e 7.

Tabela 5 – Teores de cálcio, magnésio, alumínio trocáveis, pH em água e saturação por bases em quatro profundidades, de um planossolo após dezenove anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.

Prof. (cm)	Sistemas de uso								CV (%)
	1	2	4	5	6	7	8		
(Ca, mmol _c . kg ⁻¹).....								
0 - 2,5	21,5 b	21,1 b	25,3 ab	31,1 a	27,9 ab	24,9 ab	31,9 a	21	
2,5 - 5	18,3 b	20,6 ab	20,2 ab	25,1 a	20,3 ab	22,6 ab	19,6 ab	17	
5 - 20	21,4 c	23,2 bc	25,7ab	26,8 a	22,7 bc	25,3 ab	16,0 d	8	
T B	32,9 a	41,6 a	45,8 a	38,7 a	40,0 a	39,9 a	45,1 a	38	
(Mg, mmol _c . kg ⁻¹).....								
0 - 2,5	19,0 ab	16,8 ab	15,7 b	20,5 ab	18,5 ab	19,1 ab	26,8a	32	
2,5 - 5	20,0 a	21,2 a	13,3 a	16,5 a	16,3 a	13,4 a	14,7a	37	
5 - 20	15,1 b	19,7 ab	20,6 ab	23,9 a	14,9 b	18,0 ab	17,5ab	27	
T B	28,9 a	34,2 a	39,0 a	31,3 a	29,6 a	33,3 a	30,3a	28	
(Al, mmol _c . kg ⁻¹).....								
0 - 2,5	10,0 b	10,6 b	4,4 c	4,6 c	15,6 a	5,9 c	11,8 b	14	
2,5 - 5	10,3 ab	11,7ab	12,8 ab	7,7 ab	15,5 a	7,3 ab	10,5 ab	44	
5 - 20	7,5 abc	7,8 ab	6,6 abc	3,1 c	9,8 a	4,3 bc	10,89 a	39	
T B	9,6 bc	7,9 c	16,3 ab	10,4 abc	12,5 abc	8,4 c	16,8 a	37	
 (pH, água).....								
0 - 2,5	4,8 bc	4,6 c	5,0 a	4,9 ab	4,6 c	4,9 ab	4,7 bc	3	
2,5 - 5	4,8 a	4,7 a	4,7 a	4,9 a	4,7 a	4,9 a	4,8 a	4	
5 - 20	5,2 ab	5,0 bc	5,3 a	5,3 a	4,9 c	5,2 ab	4,8 c	3	
T B	5,5 a	5,3 a	5,4 a	5,2 a	5,3 a	5,2 a	5,3 a	4	
 (V, %).....								
0 - 2,5	51,4 bc	51,7 bc	59,5 ab	65,7 a	45,8 c	59,3 ab	45,9 c	13	
2,5 - 5	50,8 a	52,8 a	50,9 a	54,6 a	43,9 a	52,0 a	46,4 a	16	
5 - 20	57,0 bc	56,6 bc	65,9 a	62,8 ab	53,0 cd	62,1 ab	48,5 d	8	
T B	68,6 a	68,8 a	77,3 a	69,7 a	66,9 a	71,5 a	67,7 a	11	

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

1 = Sistema tradicional de cultivo: um ano arroz (preparo convencional) seguido de dois anos com pousio; 2 = Sistema de cultivo contínuo de arroz (preparo convencional) e controle de invasoras com herbicida; 4 = Sucessão arroz x soja com preparo convencional do solo; 5 = Rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo; 6 = Sucessão de azevém x arroz sob plantio direto; 7 = Sucessão arroz sob plantio direto x soja sob preparo convencional do solo; 8 = Solo mantido em condições naturais, sem cultivo

A pequena magnitude do efeito da calagem observada nos parâmetros de acidez, em comparação ao observado nas amostragens anteriores realizadas por

Galli (1994) e Bittencourt (1999) revela que tal efeito está se exaurindo, mas ainda é mensurável mesmo quatorze anos após a aplicação do calcário.

4 . 4 Fósforo e potássio extraíveis pelo método Mehlich

Nas três profundidades amostradas dentro da camada arável 0 -20 cm, os teores de P extraível foram maiores nos sistemas 4, 5, 6 e 7 do que nos outros três, que não diferiram entre si (tab. 6). Isto significa que nos sistemas 4, 5, 6 e 7, os teores de P na camada arável aumentaram em relação ao sistema em que o solo foi mantido no estado natural, sem cultivo (8), enquanto que nos sistemas 1 e 2 os teores foram mantidos no mesmo nível do solo natural (8). Esses efeitos são semelhantes aos observados por Bittencourt (1999) em amostragem realizada em novembro de 1997, quando o experimento tinha doze anos de cultivo.

Os aumentos dos teores de P nos sistemas 4, 5, 6 e 7 e não nos sistemas 1 e 2, em relação ao solo natural (8), são conseqüência das maiores doses de P aplicados ao solo para as culturas de sequeiro do que para o arroz. Nos sistemas 4, 5, 6 e 7, soja, milho e azevém foram cultivados em sucessão ou rotação com arroz, enquanto que , nos sistemas 1 e 2 apenas o arroz foi cultivado. O fato dos teores de P nos sistemas 1 e 2 não diferenciarem dos teores do solo natural (8) é um indicativo de que as doses de P aplicadas para o cultivo do arroz neste experimento foram suficientes apenas para repor a exportação do nutriente pelas culturas mantendo os teores do solo no estado natural.

No topo do horizonte B, os teores de P também foram maiores no sistema em que a adubação fosfatada foi maior (tab. 6). Como os adubos foram aplicados na camada superficial, isto reflete a migração do P no perfil.

Os teores de K na camada de 0 - 2,5 cm de profundidade seguem a mesma tendência dos teores de P, são maiores nos sistemas 4, 5 e 6, nos quais as doses de adubo potássico foram maiores, mas, eles não diferenciaram do solo natural (8). Na camada de 5 - 20 cm de profundidade foram superiores os sistemas 5 e 6. Tais aumentos, entretanto, são muitos menos expressivos do que os observados no P, provavelmente em função de maior mobilidade de K no perfil.

Tabela 6 – Teores de fósforo e potássio extraíveis pelo método Mehlich em quatro profundidades de um planossolo após dezenove anos de cultivo sob diferentes sistemas de uso. Média de quatro repetições.

Prof.	Sistemas de uso							CV
	1	2	4	5	6	7	8	
(cm)	.....(P, mg. kg ⁻¹).....							(%)
0 - 2,5	12,8 c	19,2 c	45,2 ab	58,8 a	40,1 ab	50,4 a	28,0 bc	34
2,5 - 5	12,7 c	18,0 bc	38,0 a	41,9 a	29,6 ab	37,0 a	13,3 c	32
5 - 20	3,3 e	5,0 de	17,9 c	27,8 a	7,4 d	22,3 b	3,0 e	19
TB	1,9 bc	1,9 bc	2,3 abc	3,3 ab	2,5 abc	3,6 a	1,6 c	38
	.....(K, mg. kg ⁻¹).....							
0 - 2,5	72,9 c	66,7 c	112,7 ab	120,4 a	134,8 a	79,3 bc	119,5 a	23
2,5 - 5	53,0 a	47,4 a	70,1 a	75,4 a	64,9 a	65,8 a	63,6 a	27
5 - 20	26,1 bc	31,3 bc	33,9 b	46,8 a	52,5 a	35,1 b	21,20 c	21
TB	20,8 c	27,8 bc	28,3 bc	33,4 b	46,3 a	21,4 c	26,8 c	20

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

1 = Sistema tradicional de cultivo: um ano arroz (preparo convencional) seguido de dois anos com pousio; 2 = Sistema de cultivo contínuo de arroz (preparo convencional) e controle de invasoras com herbicida; 4 = Sucessão arroz x soja com preparo convencional do solo; 5 = Rotação arroz x soja x milho com preparo convencional do solo; 6 = Sucessão de azevém x arroz sob plantio direto; 7 = Sucessão arroz sob plantio direto x soja sob preparo convencional do solo; 8 = Solo mantido em condições naturais, sem cultivo

5 CONCLUSÕES

O uso prolongado do solo com culturas anuais em sucessão ou rotação com o arroz irrigado por alagamento alteraram os teores de matéria orgânica e nitrogênio na camada superficial em relação ao solo natural;

O efeito da calagem nos parâmetros de acidez do solo (pH, V, Ca e Mg) após quatorze anos de aplicação de calcário está se exaurindo, mas ainda é mensurável nos tratamentos que receberam maior quantidade de calcário;

Os efeitos dos sistemas de uso do solo nos teores de fósforo e potássio extraíveis pelo método Mehlich é proporcional às quantidades destes nutrientes aplicados ao longo dos anos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALISON, L. E., Organic carbon. In: **Methods of soil analysis**. Madison, 1965, p.1367 – 1379.

ANGHUINONI, I.; GENRO JR., S. A.; SILVA, L. S.; BOHNEN, H.; RHEINHEIMER, D. S.; OSÓRIO FILHO, B. D.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; **Fertilidade dos solos cultivados com arroz no Rio Grande do Sul** – Cachoeirinha: IRGA/Estação Experimental. Equipe de solos e Águas, 2004, 52p. (Boletim Técnico, 1).

ARROZ IRRIGADO: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; In: **IV Congresso Sul Brasileiro de Arroz Irrigado**, XXVI Reunião da Cultura do Arroz Irrigado – Santa Maria, RS SOSBAI, 2005. 159P.

BITTENCOURT, A.; **Propriedades químicas de um planossolo após doze anos de cultivo sob diferentes sistemas**. 1999. 40f. Dissertação Mestrado em Agronomia – Solos – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

BRUNETTO, G.; GARTIBONI, L. C.; SANTOS, D. R. DOS; SAGGIN, A.; KAMINSKI, J.; Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um argissolo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol 29 n^o. 4, 2005, p. 565-571.

CAMARGO, F.A.O. E TEDESCO, M. J.; Solos alagados. In: **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Editores: BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. - Departamento de Solos UFRGS, Porto Alegre, Gênese, 2004, p.187 – 193.

COMISSÃO QUÍMICA DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 10 ed., Porto Alegre, RS, SBCS – Núcleo Regional Sul/EMBRAPA TRIGO, 394 p., 2004.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 3 ed., Passo Fundo, RS, EMBRAPA – CNPT, 224 p., 1995.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 2 ed., Passo Fundo, RS, EMBRAPA – CNPT, 128 p.; 1989.

COSTA, N. L. DA; COELHO, R.W.; REIS, J. C. L.; RODRIGUES, R. C.; VERNETTI J.R., F. de J. **Avaliação de forrageiras visando a alimentação animal e produção de palha para o plantio direto**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 1998, Ap. (EMBRAPA-CPACT. Comunicado Técnico, 16).

COUTO, J. R. da R.; **Efeito residual da adubação nitrogenada do azevém sobre o cultivo subsequente do arroz**. Dissertação de Mestrado, 2001, 28p.

DENARDIN, J. E., Enfoque sistêmico em sistema plantio direto – fundamentos e implicações do plantio direto nos sistemas de produção agropecuário. In : NUEREMBERG, N.J., ED: **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages, SC; Sociedade Brasileira de Ciências do Solo – Núcleo Regional Sul, 1998, 160p.

DIAS, A. D.; GOMES, A. DA S.; PEÑA, Y. A.; SOUSA, R.O., Desempenho do arroz irrigado em plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. **Anais da Reunião da Cultura do Arroz Irrigado**, 21., 1995, Porto Alegre. Porto Alegre, IRGA, 1995, p.146 – 149.

EMBRAPA, Arroz e Feijão, Sistemas de produção, 2004. Cultivo do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins. Disponível em: <<http://sistemaproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/index.html>> Acesso em: 21 jul. 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise do solo/** Centro Nacional de Pesquisas dos Solos. 2 edição – Rio de Janeiro, 1997, 212p. : il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1).

FABRES, R. T.; **Efeito residual da adubação fosfatada aplicada no azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sobre a cultura do arroz (*Oriza sativa* L.) subsequente em plantio direto**. Dissertação de Mestrado. Pelotas, RS, 1998.39p.

GALLI, K. B; **Alterações das propriedades químicas de um planossolo provocados por diferentes sistemas de cultivo**. Pelotas: 1994, 72f., Dissertação Mestrado em Agronomia – Solos – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; VERNETTI JR., F. de J.; SOUZA, R. O.; Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. In: **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**, Editores técnicos - GOMES, A. S., MAGALHÃES JR., Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnologia, 2004, 899p. p. 354 – 357.

GOMES, de A. S.; MACHADO, M. O.; VERNETTI JR., F. de J.; GONÇALVES, G. K.; GOMES, D.N.; FERREIRA, L. H. G.; Nível nutricional do arroz irrigado cultivado em três sistemas de cultivo: convencional, mínimo e direto. In: **Anais do I Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, 1, Reunião da cultura do Arroz irrigado, 23, 1999, Pelotas. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 1999. P. 217 – 219.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz, Censo da lavoura do arroz irrigado do Rio Grande do Sul, **Lavoura Arrozeira**, 2001/2005, vol. 54, nº. 440, Porto Alegre, 2006, 46p.

KNOBLAUCCH, R. Disponibilidade de nutrientes para o arroz irrigado pré-germinado, em um solo orgânico no município de Guaramirim, Santa Catarina. Epagri/Estação Experimental de Itajaí. In: **Anais do II Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, XXIV, Reunião da cultura do arroz irrigado, 2001, Porto Alegre: IRGA, 2001, p.274 – 275.

LOMBARDI-NETO, F.; DECHEN, S. C. F.; CONAGIN, A.; BERTONI, J.; Rotação de culturas: análise estatística de um experimento de longa duração em Campinas (SP) **Journal: Bragantia** ,2002 Vol. 61 p. 127-14

MACHADO, A. de A.; CONCEIÇÃO, A. R.; SILVA, J. G. C. E; CAMPARI, C. A. P.; JÚNIOR, P. S.; PORENSTEIN, D.; KROLOW, R. A. L. A.; GONSALES, A. D.; JUNIOR, J. C. V.; WinStat. **Sistemas de análises estatísticas para Windows**. Versão 2.11. UFPEL – Universidade Federal de Pelotas, NIA – Núcleo de Informática Aplicada, 2001.

MACHADO, M. O.; GOMES, A. da S.; FRANCO, J. C. B.; Embrapa Clima Temperado – Épocas de aplicação de potássio na cultura do arroz irrigado, no plantio direto, em três safras sucessivas. In: **Anais do I Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, 1, Reunião da cultura do arroz irrigado, 23, 1999 Pelotas, Anais, 1999, p. 379 – 383.

PAULETTO, E. A.; GOMES, A. da S.; SOUSA, R. O.; PETRINI, J. A.; Manejo de solos de várzea. In:GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**, 1999, Pelotas, RS. 200p., P. 61 – 87.

PETRINI, J. A.; VERNETTI, JR. F. de J.; RAUPP, A. A. A.; FRANCO, D. F.; AZAMBUJA, I. H. V.; SILVA, C. A. S. da; REIS, J. C. L.; PARFITT, J. M. B.; CASTAL, M. F. da C.; SILVA, G. F. dos S., Manejo do sistema produtivo de solos de várzea no controle do arroz daninho. In: **Anais do I Congresso Brasileiro de Arroz irrigado**, 1, Reunião da cultura do arroz irrigado, 23, 1999, Pelotas, EMBRAPA Clima Temperado, 1999. p. 299- 300.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, v.24, p. 29-96, 1972.

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K. ZIMMERMANN, J. P.; EMBRAPA, Características químicas do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura do arroz irrigado. In: **Anais do I Congresso Brasileiro de Arroz irrigado**, 1 Reunião da cultura do arroz irrigado, 23, 1999, Pelotas. Anais. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 1999, P. 355 - 358.

SCIVITTARO, W. B. E MACHADO, M. O.; Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**, Editores técnicos - Gomes, A. S. & Magalhães Jr., Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnologia, 2004, p.259 – 275.

SCIVITTARO, W. B.; SILVA, C. A. S. da; ANDRÉS, A.; GALINA, S.; MURAOKA, T.; EMBRAPA, Uso de adubos verdes e de uréia como fonte de nitrogênio para a cultura do arroz irrigado. In: **Anais do II Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, XX IV, Reunião da cultura do arroz irrigado, 2001, Porto Alegre, Palestra. Porto Alegre: IRGA, 2001, p. 285 – 287.

SILVA, P. R. F.; CORDEIRO, E. J.; MENEZES, V. G.; MARIOT, H. P.; ARGENTA, G.; BOHEN, H.; RAMIREZ, H.; TEICHMANN, L., Potencial de rendimento de grãos de Arroz Irrigado em função de sistemas e níveis de manejo. In: **Anais do III Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, 3, Reunião da cultura do arroz irrigado, 25, 2003, Porto Alegre, Palestra: Porto Alegre: IRGA, 2003, 850 p, p. 157 – 159.

SIMIDERLE, O. J; GIANLUPE, D.; GIANLUPE, V., O plantio direto como sistema de produção – Tecnologia de produção de soja 2004. Artigos. Disponível em: <<http://www.paginarural.com.br>>, Fonte: Fernando Sininbu – Embrapa. Acesso em: 21 jul. 2005.

SIMONETE, M. A., **Efeito residual da adubação potássica no azevém sobre o arroz subsequente em plantio direto**, Dissertação de Mestrado, Pelotas, 1998, 40p.

SOIL SURVEY STAFF, 2003, Estados Unidos. Department of Agriculture. **Keys to soil taxonomy**. 9 ed. Blacksburg Pocahontas Press, 322p. (SMSS Technical Monograph, 19).

SOUSA, R. O.; CAMARGO, F.A. DE O.; VAHL, L. C.; Solos Alagados (Reações redox) in: **Fundamentos de Química do Solo**, 2 edição, Editor: Egon José Meurer, Porto Alegre: Gênese, 2004, 290p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos - UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico de Solos, 5).

VAHL, L. C. & SOUSA, R. O.; Aspectos físico-químicos de solos alagados. In: **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**, Editores técnicos - GOMES, A. S., MAGALHÃES JR., Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnologia, 2004, p.97 – 118.

VAHL, L. C.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; **A calagem e a cultura do arroz irrigado por alagamento no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 2ª edição, 1993, 14p. (Boletim Técnico de Solos, 2).

VALENTINI, M. H. E. ; RONZELLI JR, P.; DAROS, E. ; PULETTI, V.; KOEHLER, H. S., Épocas de manejo químico de coberturas de solo para o feijoeiro em plantio direto, **Scientia Agrária**, Vol. 2, 2001.

VERNETTI JR., F. de J.; GOMES, A. da S.; Efeito de sistemas de cultivo sobre quatro cultivares de arroz irrigado. In: **Anais do I Congresso Brasileiro de Arroz irrigado**, 1, 23, Reunião da cultura do arroz irrigado, 1999, Pelotas. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 1999. p. 234 – 237.

WIETHÖLTER , S.; BEM, J. R.; KOCHHANN, R. A.; PÖTTKER, D.; Fósforo e potássio no solo no sistema plantio direto, Resposta das culturas a fósforo e a potássio nos sistemas convencional e plantio direto. In : NUEREMBERG, N. J., **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages, SC; Sociedade Brasileira de Ciências do Solo – Núcleo Regional Sul, 1998, 160p.

7 APÊNDICES

Apêndice 1. Calagem em Mg.ha^{-1} realizada nos solos do experimento.

Anos agrícolas	Tratamentos						
	1	2	4	5	6	7	8
85/86	-	-	-	-	-	-	-
86/87	-	-	-	-	-	-	-
87/88	-	-	3,3	3,3	3,3	3,3	-
88/89	3,3	-	-	-	-	-	-
89/90	-	-	-	-	-	-	-
90/91	-	-	1,3	1,3	-	1,3	-
91/92	-	-	-	-	-	-	-
92/93	-	-	1,2	1,3	-	-	-
Total	3,3	-	5,8	5,9	3,3	4,6	-

Apêndice 2. Adubação em kg.ha⁻¹ realizada nos solos do experimento.

Anos agrícolas	Tratamentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	..... N.....							
85/86	60	60	60	60	60	60	60	-
86/87	-	60	60	-	-	-	-	-
87/88	-	80	80	80	110	80	80	-
88/89	80	80	80	-	80	80	-	-
89/90	-	70	70	70	-	70	70	-
90/91	-	70	70	-	120	70	70	-
91/92	70	70	-	70	70	-	-	-
92/93	-	90	-	-	-	-	-	-
93/94	-	80	-	80	120	-	-	-
94/95	60	60	-	-	60	-	-	-
95/96	-	60	-	60	-	-	-	-
96/97	-	30	-	-	56	-	-	-
Total	270	810	420	420	676	360	280	
	..... P ₂ O ₅							
85/86	60	60	60	60	60	60	60	-
86/87	-	60	60	80	80	-	80	-
87/88	-	20	20	20	30	20	20	-
88/89	20	20	20	55	20	20	55	-
89/90	-	20	20	20	55	20	20	-
90/91	-	20	20	60	60	20	60	-
91/92	20	20	-	20	20	-	-	-
92/93	-	40	-	55	-	-	-	-
93/94	-	62,5	-	62,5	60	-	-	-
94/95	56	40	-	25,2	56	-	-	-
95/96	-	56	-	56	25,2	-	-	-
96/97	-	56	-	63		-	-	-
Total	156	474,5	200	576,7	466,2	140	295	

Continuação do Apêndice 2. Adubação em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ realizada nos solos do experimento.

	.....K ₂ O.....							
85/86	60	60	60	60	60	60	60	-
86/87	-	60	60	60	60	-	60	-
87/88	-	60	60	60	100	60	60	-
88/89	40	40	40	90	40	40	90	-
89/90	-	40	40	40	90	40	40	-
90/91	-	90	90	90	90	90	90	-
91/92	60	60	-	60	60	-	-	-
92/93	-	40	-	70	60	-	-	-
93/94	-	62,5	-	62,5	90	-	-	-
94/95	40	40	-	18	40	-	-	-
95/96	-	40	-	40	18	-	-	-
96/97	-	40	-	40	60	-	-	-
Total	92	632,5	350	690,5	768	290	400	

Apêndice 3. Rendimento de grãos (kg.ha⁻¹) em função dos tratamentos utilizados no experimento. Médias de quatro repetições.

Anos Agrícolas	Tratamentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
85/86	6785	5693	6474	5760	6158	6577	5886	-
	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Pousio
86/87	-	3821	3855	1470	1620	3900	1548	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Soja	Soja	Azevém	Soja	
87/88	-	4006	4602	5098	3699	3010*/3886	4246	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Arroz	milho	Az/arroz	Arroz	
88/89	7981	5720	7676	2512	9220	5348	2420	Pousio
	Arroz	Arroz	Arroz	Soja	Arroz	Arroz	Soja	
89/90	-	4227	4311	4917	1329	5594*/5180	4923	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Arroz	Soja	Az/arroz	Arroz	
90/91	-	4817	4540	2397	4290	5670*/4659	2570	Pousio
	Pousio	Pousio	Arroz	Soja	Milho	Az/Arroz	Soja	
91/92	5068	4878	5460	4744	5818	4920	4852	Pousio
	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Az/Arroz	Arroz	
92/93	-	4988	4914	2033	2132	4520	2279	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Soja	Soja	Az/Arroz	Soja	
93/94	-	5742	5655	5957	6728	6444	6117	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Arroz	milho	Az/arroz	Arroz	
94/95	5851	5528	5683	2727	6035	4744	2477	Pousio
	Arroz	Arroz	Arroz	Soja	Arroz	Az/Arroz	Soja	
95/96	-	4035	4034	4275	-	4045	3775	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Arroz	Soja	Az/arroz	Arroz	
96/97	-	4408	4957	353	3166	2558	944	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Soja	Milho	Az/Arroz	Soja	
97/98	4698	4124	3947	4530	1068	2658	2925	Pousio
	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz	Az/Arroz	Arroz	
98/99	... ..	... ..	... ..	... ..	... ..	... ..	... ..	... ..
99/00	-	3999	3269	992,8	1443	1326	1545,8	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Soja	Soja	Az/Arroz	Soja	
00/01	-	3834	4285	5505	1050	2623	2097	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Arroz	Milho	Az/Arroz	Arroz	
01/02	...	...	...	...	...	...	...	Pousio
	Arroz	Arroz	Arroz	Soja	Arroz	Az/Arroz	Soja	
02/03	-	864	1016	1957	0,00	747	1971	Pousio
	Pousio	Arroz	Arroz	Arroz	Soja	Az/Arroz	Arroz	
03/04	Pousio	Arroz	Arroz	Soja	Milho	Az/Arroz	Soja	Pousio

(*) matéria seca do azevém

(... ..) ano não cultivado

(-) sem resultados

(...) ano sem colheita

Apêndice 4. Teores de potássio, extraído com extrator de Mehlich (mg. kg^{-1}) em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

Trat.	Bloco	K(mg. kg^{-1})			
		Prof.			
		0-2,5	2,5-5,0	5,0-20	TB
1	1	78,09	26,48	28,21	21,15
1	2	38,15	50,77	18,39	18,39
1	3	71,04	52,67	28,90	22,05
1	4	104,17	82,09	29,02	21,64
	média	72,86	53,00	26,13	20,81
2	1	67,77	50,09	29,19	22,59
2	2	75,98	55,70	34,85	15,97
2	3	74,47	47,03	32,56	38,39
2	4	48,72	36,76	28,52	34,34
	média	66,73	47,40	31,28	27,82
4	1	110,50	68,26	36,34	28,44
4	2	115,44	91,24	30,50	27,11
4	3	119,05	58,79	25,71	20,82
4	4	105,24	61,96	43,08	37,00
	média	112,56	70,06	33,91	28,34
5	1	128,18	83,40	57,62	28,46
5	2	159,27	81,09	40,43	36,07
5	3	89,35	79,91	49,48	34,51
5	4	104,75	57,23	39,66	34,42
	média	120,39	75,41	46,80	33,37
6	1	120,32	57,15	38,38	53,04
6	2	144,52	31,35	56,41	49,19
6	3	135,22	96,76	68,00	37,66
6	4	139,17	74,26	47,29	45,18
	média	134,81	64,88	52,52	46,27
7	1	64,55	66,61	36,46	23,08
7	2	108,13	57,36	28,74	23,38
7	3	65,76	64,60	33,80	15,57
7	4	78,88	74,54	41,05	23,52
	média	79,33	65,78	35,01	21,39
8	1	94,58	45,56	21,12	28,48
8	2	101,73	63,66	22,02	21,43
8	3	113,66	68,74	19,00	24,35
8	4	168,19	76,29	22,64	32,85
	média	119,54	63,56	21,19	26,78

Apêndice 5. Teores de fósforo, extraído com extrator de Mehlich (mg. kg^{-1}) em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

Trat.	Blocos	Fósforo (mg. kg^{-1})			
		Prof.			TB
		0 - 2,5	2,5 - 5,0	5,0 - 20,0	
1	1	13,46	5,66	3,53	1,60
1	2	16,36	17,46	2,13	1,82
1	3	8,00	6,50	3,76	2,51
1	4	13,24	21,22	3,92	1,68
	média	12,76	12,71	3,34	1,90
2	1	18,89	17,27	7,11	2,59
2	2	23,94	21,10	7,24	1,99
2	3	12,78	10,82	4,48	2,04
2	4	21,06	22,85	1,12	1,12
	média	19,17	18,01	4,99	1,94
4	1	44,83	35,43	19,70	1,50
4	2	47,89	40,27	16,96	3,24
4	3	45,00	30,89	13,55	1,41
4	4	43,00	41,24	21,22	3,04
	média	45,18	36,96	17,86	2,30
5	1	53,51	46,03	28,39	2,99
5	2	98,03	54,87	30,74	4,26
5	3	30,72	30,79	28,14	1,52
5	4	52,77	35,72	23,96	4,48
	média	58,76	41,85	27,81	3,31
6	1	27,32	25,53	6,13	2,76
6	2	59,75	11,99	5,38	2,61
6	3	32,61	42,91	10,83	3,14
6	4	40,76	38,12	7,06	1,40
	média	40,11	29,64	7,35	2,48
7	1	45,44	42,15	23,46	5,11
7	2	58,79	32,05	23,87	3,24
7	3	49,36	36,34	22,34	1,94
7	4	48,04	39,06	19,48	3,92
	média	50,41	37,40	22,29	3,55
8	1	34,94	6,97	2,84	1,95
8	2	11,48	27,74	4,80	1,90
8	3	36,36	5,35	2,92	1,66
8	4	29,39	13,29	1,52	0,92
	média	28,04	13,34	3,02	1,61

Apêndice 6. Teores de sódio, extraído com extrator de Mehlich (mg. kg^{-1}) em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

		Na (mg. kg^{-1})			
Trat.	Bloco	Prof.			Topo B
		0 - 2,5	2,5 - 5	5 - 20	
1	1	32,81	52,86	53,80	108,15
1	2	49,13	28,79	75,13	74,48
1	3	30,12	30,74	37,07	81,54
1	4	33,50	25,97	35,07	78,76
	média	36,39	34,59	50,26	85,73
2	1	50,58	24,53	39,71	87,03
2	2	47,82	34,36	44,87	63,08
2	3	46,80	38,92	78,38	329,19
2	4	47,89	38,84	63,91	360,62
	média	48,27	34,16	56,72	209,98
4	1	26,43	19,14	32,64	105,67
4	2	39,03	23,83	56,42	163,29
4	3	22,24	14,36	35,90	56,43
4	4	44,94	40,50	64,18	392,33
	média	33,16	24,46	47,28	179,43
5	1	29,85	20,63	26,48	61,76
5	2	55,91	40,63	69,68	178,14
5	3	31,90	22,43	33,62	87,53
5	4	22,50	19,73	29,09	89,11
	média	35,04	25,86	39,72	104,13
6	1	56,05	35,76	47,02	105,72
6	2	36,45	38,20	37,30	102,14
6	3	33,82	26,91	28,57	52,85
6	4	57,16	34,68	152,57	335,44
	média	31,06	33,89	66,37	149,04
7	1	36,39	13,76	22,01	37,82
7	2	43,64	39,12	69,64	338,47
7	3	22,02	15,83	26,88	50,21
7	4	22,20	18,44	26,22	64,40
	média	48,27	21,79	36,19	122,73
8	1	53,77	30,07	49,67	246,07
8	2	56,77	33,54	36,38	112,82
8	3	54,04	29,29	41,32	102,61
8	4	54,01	28,22	43,75	318,87
	média	54,65	30,28	42,78	195,09

Apêndice 7. Teores de cálcio, extraído com extrator de cloreto de potássio 1 M (mg. kg^{-1}), em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

		Ca (g.kg^{-1})			
Trat.	Bloco	Prof.			
		0 - 2,5	2,5 - 5	5 - 20	Topo B
1	1	0,42	0,47	0,44	0,58
1	2	0,44	0,30	0,45	0,95
1	3	0,40	0,34	0,45	0,55
1	4	0,46	0,36	0,38	0,55
	média	0,43	0,37	0,43	0,66
2	1	0,35	0,39	0,40	0,59
2	2	0,44	0,46	0,46	0,42
2	3	0,47	0,44	0,56	1,08
2	4	0,44	0,36	0,44	1,25
	média	0,42	0,41	0,46	0,83
4	1	0,46	0,49	0,53	0,73
4	2	0,58	0,34	0,57	0,96
4	3	0,48	0,40	0,48	0,50
4	4	0,51	0,44	0,48	1,48
	média	0,51	0,42	0,51	0,92
5	1	0,49	0,51	0,52	0,57
5	2	1,06	0,59	0,58	0,99
5	3	0,52	0,46	0,54	0,76
5	4	0,42	0,46	0,51	0,78
	média	0,62	0,50	0,54	0,77
6	1	0,58	0,46	0,47	0,86
6	2	0,58	0,40	0,42	0,68
6	3	0,45	0,38	0,45	0,46
6	4	0,62	0,39	0,49	1,20
	média	0,56	0,41	0,45	0,80
7	1	0,50	0,44	0,46	0,57
7	2	0,52	0,49	0,54	1,39
7	3	0,42	0,42	0,50	0,44
7	4	0,56	0,46	0,53	0,80
	média	0,50	0,45	0,51	0,80
8	1	0,56	0,28	0,32	1,24
8	2	0,72	0,57	0,30	0,66
8	3	0,60	0,40	0,36	0,63
8	4	0,68	0,32	0,30	1,08
	média	0,64	0,39	0,32	0,90

Apêndice 8. Teores de magnésio, extraído com extrator de cloreto de potássio 1 M (mg.kg^{-1}), em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

Trat.	bloco	Mg (g. kg^{-1})			
		Prof.			
		0 - 2,5	2,5 - 5	5 - 20	TB
1	1	0,11	0,19	0,10	0,29
1	2	0,24	0,32	0,18	0,44
1	3	0,35	0,33	0,24	0,34
1	4	0,21	0,12	0,20	0,32
	média	0,23	0,24	0,18	0,35
2	1	0,13	0,15	0,15	0,24
2	2	0,28	0,36	0,32	0,34
2	3	0,26	0,34	0,31	0,45
2	4	0,15	0,16	0,18	0,61
	média	0,20	0,25	0,24	0,41
4	1	0,16	0,19	0,19	0,38
4	2	0,34	0,11	0,30	0,45
4	3	0,15	0,13	0,15	0,36
4	4	0,11	0,21	0,35	0,67
	média	0,19	0,16	0,25	0,47
5	1	0,23	0,13	0,22	0,23
5	2	0,23	0,17	0,38	0,47
5	3	0,22	0,21	0,27	0,40
5	4	0,30	0,28	0,27	0,40
	média	0,25	0,20	0,29	0,38
6	1	0,22	0,17	0,13	0,24
6	2	0,16	0,10	0,21	0,29
6	3	0,30	0,27	0,19	0,41
6	4	0,21	0,25	0,18	0,47
	média	0,22	0,20	0,18	0,36
7	1	0,20	0,13	0,23	0,30
7	2	0,16	0,13	0,17	0,63
7	3	0,22	0,18	0,24	0,32
7	4	0,34	0,21	0,22	0,35
	média	0,23	0,16	0,22	0,40
8	1	0,32	0,09	0,17	0,45
8	2	0,27	0,18	0,15	0,33
8	3	0,36	0,18	0,27	0,22
8	4	0,34	0,26	0,26	0,46
	média	0,32	0,18	0,21	0,36

Apêndice 9. Teores de matéria orgânica (g. kg^{-1}) em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

		Matéria orgânica (g. kg^{-1})			
Trat.	Bloco	Prof.			
		0 - 2,5	2,5 - 5	5-20	TB
1	1	28,76	22,55	18,04	9,87
1	2	29,59	23,45	13,12	11,73
1	3	29,04	22,34	15,91	9,21
1	4	32,94	21,22	14,52	6,98
	média	30,08	22,39	15,40	9,45
2	1	18,04	19,17	17,48	8,18
2	2	24,01	22,34	19,54	10,05
2	3	21,78	20,10	15,63	10,89
2	4	25,69	18,43	14,24	10,61
	média	22,38	20,01	16,72	9,93
4	1	23,12	18,04	14,38	8,18
4	2	21,22	24,57	13,68	11,17
4	3	21,78	16,19	11,73	6,14
4	4	18,98	19,54	13,12	13,40
	média	21,27	19,59	13,23	9,72
5	1	16,35	14,10	10,43	7,05
5	2	23,45	18,43	15,08	13,68
5	3	18,98	16,19	11,73	6,70
5	4	15,08	14,52	9,77	6,70
	média	18,47	15,81	11,75	8,53
6	1	82,88	31,57	16,07	13,81
6	2	75,94	21,78	16,19	12,56
6	3	44,67	24,57	13,96	7,54
6	4	65,33	28,48	12,56	9,21
	média	67,21	26,60	14,70	10,78
7	1	19,73	19,73	13,81	7,61
7	2	21,22	16,75	14,80	11,73
7	3	16,19	17,31	10,33	4,75
7	4	20,10	16,75	11,45	7,26
	média	19,31	17,64	12,60	7,84
8	1	65,97	21,99	14,66	12,97
8	2	72,03	17,31	12,84	12,28
8	3	75,38	26,80	13,40	10,05
8	4	79,29	35,18	12,56	9,49
	média	73,17	25,32	13,37	11,20

Apêndice 10. Teores de nitrogênio, (g. kg^{-1}) em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

Trat.	Bloco	N-T(g. kg^{-1})			
		Prof.			
		0 - 2,5	2,5 - 5	5 - 20	Topo B
1	1	1,43	1,02	0,93	0,51
1	2	1,38	1,57	0,68	0,79
1	3	1,46	1,03	0,83	0,51
1	4	1,52	1,03	0,67	0,37
	média	1,45	1,16	0,78	0,54
2	1	1,24	0,94	0,81	0,49
2	2	1,10	1,80	1,00	0,56
2	3	0,97	0,91	0,84	0,46
2	4	1,00	0,79	0,79	0,69
	média	1,08	1,11	0,86	0,55
4	1	1,15	0,89	0,73	0,50
4	2	1,07	1,25	0,73	0,58
4	3	0,98	0,91	0,72	0,35
4	4	0,92	0,84	0,87	0,74
	média	1,03	0,97	0,76	0,54
5	1	0,82	0,78	0,78	0,39
5	2	1,02	0,79	0,77	3,77
5	3	0,90	0,75	0,70	0,50
5	4	0,90	0,80	0,64	0,50
	média	0,91	0,78	0,72	1,29
6	1	4,19	1,44	0,73	0,60
6	2	3,97	0,82	0,75	0,65
6	3	2,11	1,52	0,80	0,52
6	4	3,90	1,50	0,67	0,70
	média	3,54	1,32	0,74	0,62
7	1	1,26	0,85	0,74	0,71
7	2	0,98	0,79	0,69	0,77
7	3	0,84	0,80	0,73	0,39
7	4	1,10	0,81	0,66	0,19
	média	1,05	0,81	0,71	0,52
8	1	3,10	0,97	0,59	0,78
8	2	3,42	0,91	1,23	0,63
8	3	3,61	1,25	0,60	0,54
8	4	3,53	1,58	0,65	0,62
	média	3,41	1,18	0,77	0,64

Apêndice 11. Relação C/N (g. kg^{-1}) em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

		C/N (g. kg^{-1})			
Trat.	Blocos	Prof.			
		0-2,5	2,5-5,0	5,0-20	TB
1	1	13.09	9.91	11.28	13.22
1	2	12.46	8.68	11.22	8.63
1	3	11.56	12.18	11.16	10.51
1	4	9.97	11.98	12.6	10.97
	média	11.77	10.69	11.57	10.83
2	1	10.84	11.86	12.54	9.69
2	2	12.69	7.22	11.36	10.43
2	3	13.05	12.85	10.82	13.76
2	4	14.93	13.56	10.48	8.94
	média	12.88	11.37	11.30	10.71
4	1	11.63	11.79	11.45	9.5
4	2	11.53	11.42	10.89	11.19
4	3	12.93	10.34	9.47	10.2
4	4	12	13.52	8.77	10.53
	média	12.02	11.77	10.15	10.36
5	1	11.60	10.51	7.77	10.51
5	2	13.36	13.56	11.39	2.11
5	3	12.27	12.55	9.74	7.8
5	4	9.74	10.55	8.88	7.8
	média	11.74	11.79	9.45	7.06
6	1	11.5	13.17	12.79	13.38
6	2	11.12	15.44	12.55	11.23
6	3	12.78	9.39	10.15	8.42
6	4	9.74	11.04	10.89	9.09
	média	11.29	12.26	11.83	10.53
7	1	9.1	13.49	10.85	6.24
7	2	12.59	12.33	12.46	8.86
7	3	11.2	12.58	8.23	7.08
7	4	10.63	12.02	10.09	22.21
	média	10.88	12.61	10.41	11.10
8	1	12.37	13.18	14.44	9.67
8	2	12.25	11.05	6.07	11.33
8	3	12.14	13.34	12.98	10.81
8	4	13.06	12.94	11.23	8.9
	média	12.46	12.63	11.18	10.18

Apêndice 12. Teores de alumínio ($\text{mmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

Al ($\text{mmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$)					
Trat.	Blocos	Prof.			
		0-2,5	2,5-5,0	5,0-20	TB
1	1	10,10	8,54	7,38	10,88
1	2	10,88	11,26	5,83	6,28
1	3	8,60	9,56	6,21	8,60
1	4	10,52	11,95	10,55	12,43
	média	10,02	10,33	7,49	9,55
2	1	9,71	10,10	7,77	8,93
2	2	11,65	10,88	8,54	10,49
2	3	10,52	12,91	8,13	9,08
2	4	10,46	12,84	6,66	3,11
	média	10,59	11,68	7,77	7,90
4	1	5,05	6,99	16,00	28,84
4	2	3,48	28,76	3,50	12,04
4	3	4,78	8,60	3,35	11,95
4	4	4,28	6,66	3,33	12,27
	média	4,40	12,75	6,54	16,27
5	1	3,88	10,51	2,33	8,93
5	2	5,44	5,83	3,50	9,32
5	3	5,26	7,17	4,31	15,11
5	4	3,80	7,13	2,38	8,09
	média	4,60	7,66	3,13	10,36
6	1	16,31	19,61	9,32	11,26
6	2	15,15	13,81	10,88	16,31
6	3	15,77	15,30	9,56	12,43
6	4	15,22	13,32	9,58	9,99
	média	15,61	15,51	9,84	12,50
7	1	5,83	6,99	5,44	8,16
7	2	4,66	6,99	3,11	6,57
7	3	7,43	7,65	4,78	9,08
7	4	5,74	7,65	3,82	10,52
	média	5,91	7,32	4,29	8,58
8	1	11,26	11,65	8,54	15,15
8	2	8,54	6,37	10,88	15,92
8	3	14,37	12,04	10,88	14,11
8	4	12,84	11,89	12,84	22,03
	média	11,76	10,49	10,78	16,80

Apêndice 13. Teores de H + Al (mmol_c. kg⁻¹), em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

Trat.	Bloco	H+Al (mmol _c . kg ⁻¹)			
		Prof.			
		0-2,5	2,5-5,0	5,0-20	TB
1	1	35,2	34,3	31,7	29,9
1	2	43,70	40,57	26,31	30,77
1	3	48,15	49,47	29,43	25,86
1	4	40,60	35,20	30,80	28,10
	Média	41,91	39,89	29,56	28,66
2	1	39,44	38,10	34,51	30,03
2	2	38,79	39,68	36,12	30,77
2	3	35,20	35,20	33,00	35,20
2	4	40,57	41,47	35,22	28,98
	Média	38,50	38,61	34,71	31,24
4	1	32,50	35,20	27,20	38,80
4	2	29,87	45,93	24,97	38,35
4	3	29,40	30,80	23,60	27,60
4	4	28,98	31,66	24,52	26,31
	Média	30,19	35,90	25,07	32,76
5	1	26,89	27,79	31,73	34,22
5	2	34,78	32,55	30,32	37,45
5	3	26,30	35,20	25,00	37,50
5	4	28,10	59,20	40,60	30,80
	Média	29,02	38,68	31,91	34,99
6	1	124,42	55,70	35,20	36,10
6	2	80,26	55,50	34,33	61,55
6	3	52,20	42,40	28,10	28,10
6	4	29,90	49,50	55,65	32,50
	Média	71,70	50,78	38,32	39,56
7	1	33,62	51,08	42,30	34,06
7	2	32,10	34,78	26,75	46,68
7	3	38,88	29,87	21,40	23,63
7	4	26,30	30,80	24,50	27,20
	Média	32,72	36,63	28,74	32,89
8	1	73,60	34,30	30,80	46,80
8	2	65,10	30,77	29,43	39,24
8	3	75,80	37,90	42,02	31,21
8	4	97,22	77,30	53,46	46,80
	Média	77,93	45,07	38,93	41,01

Apêndice 14. Índice de pH em água ($\text{mmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

		pH (H_2O)			
Trat.	Bloco	Prof.			
		0-2,5	2,5-5	5,0-20	Tb
1	1	4,57	4,77	5,04	5,25
1	5	4,62	4,55	5,17	5,53
1	3	4,92	4,93	5,10	5,42
1	4	5,02	4,97	5,36	5,82
	Média	4,78	4,80	5,17	5,50
2	1	4,44	4,92	5,02	5,16
2	2	4,48	4,76	4,74	5,00
2	3	4,75	4,58	5,02	5,25
2	4	4,68	4,59	5,06	5,75
	Média	4,59	4,71	4,96	5,29
4	1	4,84	4,70	5,00	4,99
4	2	5,15	4,33	5,28	5,19
4	3	4,99	4,80	5,39	5,10
4	4	5,17	4,95	5,37	6,18
	Média	5,04	4,69	5,26	5,36
5	1	4,96	4,83	5,33	5,02
5	2	4,86	5,10	5,35	5,33
5	3	5,12	4,91	5,21	5,12
5	4	4,80	4,77	5,47	5,34
	Média	4,93	4,90	5,34	5,20
6	1	4,64	4,68	4,92	5,28
6	2	4,65	4,92	4,86	5,17
6	3	4,57	4,55	4,91	5,13
6	4	4,60	4,54	5,06	5,51
	Média	4,61	4,67	4,94	5,27
7	1	4,80	4,96	5,04	4,95
7	2	5,03	4,78	5,28	5,46
7	3	4,71	4,79	5,18	5,04
7	4	5,12	4,88	5,27	5,26
	Média	4,91	4,85	5,19	5,18
8	1	4,63	4,61	4,95	5,21
8	2	4,92	5,16	4,85	5,24
8	3	4,56	4,87	4,98	5,35
8	4	4,73	4,68	4,54	5,57
	Média	4,71	4,83	4,83	5,34

Apêndice 15. Valores de CTC ($\text{mmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

Trat.	Blocos	CTC ($\text{mmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$)			
		Prof.			
		0-2,5	2,5-5,0	5,0-20	TB
1	1	68,93	76,87	65,01	90,46
1	2	89,56	84,39	67,73	114,11
1	3	100,75	96,47	74,54	89,46
1	4	86,31	66,50	68,38	88,71
	média	86,39	81,06	68,92	95,68
2	1	71,36	72,65	69,24	88,82
2	2	88,00	96,03	88,20	88,35
2	3	83,62	88,45	90,93	139,80
2	4	78,60	75,28	75,89	165,07
	média	80,39	83,10	81,06	120,51
4	1	72,70	78,23	71,63	101,24
4	2	91,59	75,36	82,04	118,41
4	3	69,41	64,21	61,95	81,76
4	4	68,39	74,17	81,86	173,14
	média	75,52	72,99	74,37	118,64
5	1	75,42	67,28	79,24	82,78
5	2	113,81	80,03	95,02	128,42
5	3	75,15	78,43	77,20	100,84
5	4	78,00	107,87	91,09	118,04
	média	85,60	83,40	85,64	107,52
6	1	177,68	96,12	72,10	104,69
6	2	130,20	85,84	76,34	98,89
6	3	104,87	87,19	69,61	88,92
6	4	84,18	92,84	103,52	171,40
	média	124,23	90,50	80,39	115,98
7	1	79,36	86,24	86,54	98,26
7	2	76,18	73,13	71,80	164,10
7	3	81,07	68,42	68,67	72,32
7	4	86,59	73,76	71,22	97,37
	média	80,80	75,39	74,56	108,01
8	1	134,67	57,87	63,79	142,18
8	2	129,94	77,65	58,77	95,43
8	3	142,24	75,93	84,63	96,77
8	4	166,11	117,86	92,23	160,23
	média	143,24	82,33	74,85	123,65

Apêndice 16. Valores da saturação por bases (V), em diferentes profundidades num Planossolo submetido a vários sistemas de cultivo durante dezenove anos.

Trat.	Blocos	V(%)			
		Prof.			
		0-2,5	2,5-5,0	5,0-20	TB
1	1	48,94	55,38	51,24	64,96
1	2	51,21	51,92	61,16	76,95
1	3	52,21	48,72	60,52	67,10
1	4	52,96	47,07	54,96	65,28
	média	51,33	50,77	56,97	68,57
2	1	44,72	47,56	50,15	61,15
2	2	55,92	58,68	59,05	59,12
2	3	57,90	60,20	63,71	76,39
2	4	48,38	44,92	53,59	78,66
	média	51,73	52,84	56,63	68,83
4	1	55,30	55,00	62,03	73,13
4	2	67,38	39,06	69,56	78,91
4	3	57,64	52,03	61,90	71,14
4	4	57,62	57,32	70,04	85,84
	média	59,49	50,85	65,88	77,25
5	1	64,35	58,70	59,95	61,67
5	2	69,44	59,33	68,09	76,39
5	3	65,00	55,12	67,61	75,21
5	4	63,97	45,12	55,43	65,61
	média	65,69	54,57	62,77	69,72
6	1	29,97	42,05	51,18	66,38
6	2	38,36	35,34	55,03	65,28
6	3	50,23	51,37	59,63	68,40
6	4	64,48	46,68	46,24	67,53
	média	45,76	43,86	53,02	66,90
7	1	57,64	40,77	51,12	56,95
7	2	57,86	52,44	62,74	83,70
7	3	52,05	56,34	68,84	70,41
7	4	69,63	58,24	65,60	74,84
	média	59,29	51,95	62,07	71,47
8	1	45,35	40,73	51,72	78,34
8	2	49,90	60,38	49,92	69,16
8	3	46,71	50,09	50,35	56,58
8	4	41,47	34,41	42,04	66,63
	média	45,86	46,40	48,51	67,68