

**Efeito da Sistematização sobre  
Atributos Físicos, Químicos e  
Biológicos de um Solo de Várzea no  
Rio Grande do Sul**



ISSN 1678-2518

Abril, 2014

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Clima Temperado  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 189***

## **Efeito da Sistematização sobre Atributos Físicos, Químicos e Biológicos de um Solo de Várzea no Rio Grande do Sul**

José Maria Barbat Parfitt  
Marília Alves Brito Pinto  
Luís Carlos Timm

Embrapa Clima Temperado  
Pelotas, RS  
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Clima Temperado**

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275-8100

<https://www.embrapa.br/clima-temperado>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Ariano Martins de Magalhães Júnior*

Secretária-Executiva: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho*

Suplentes: *Isabel Helena Vernetti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio*

Revisão de texto: *Eduardo Freitas de Souza*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica e capa: *Daiele Silva da Rosa (estagiária)*

**1ª edição**

1ª impressão (2014): 30 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Clima Temperado

---

Parfitt, José Maria Barbat

Efeito da sistematização sobre atributos físicos, químicos e biológicos de um solo de várzea no Rio Grande do Sul / José Maria Barbat Parfitt, Marília Alves Brito Pinto, Luís Carlos Timm. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013.

30 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518; 189).

1. Solo. 2. Nivelamento da terra. 3. Várzea.  
I. Pinto, Marília Alves Brito. II. Timm, Luís Carlos.  
III. Título. IV. Série.

---

CDD 631.4

© Embrapa 2014

# Sumário

Introdução .....	9
Material e Métodos.....	11
Localização e caracterização da área experimental...	13
Análises físicas, químicas e biológicas do solo em laboratório .....	13
Análises estatísticas .....	14
Resultados e Discussão.....	15
Atributos químicos e biológicos .....	17
Atributos físicos .....	20
Relação entre a magnitude dos cortes e/ou aterros e os atributos químicos, biológicos e físicos do solo...	22
Considerações finais .....	25
Referências.....	26



# **Efeito da Sistematização sobre Atributos Físicos, Químicos e Biológicos de um Solo de Várzea no Rio Grande do Sul**

*José Maria Barbat Parfitt<sup>1</sup>*

*Marília Alves Brito Pinto<sup>2</sup>*

*Luís Carlos Timm<sup>3</sup>*

## **Resumo**

A sistematização consiste no processo de adequação da superfície natural do terreno de forma a transformá-lo num plano. Durante esse processo ocorrem significativos movimentos de solo com cortes nas partes relativamente altas e aterros nas partes relativamente baixas, acarretando alterações no ambiente em que a planta se desenvolve com reflexo sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Este trabalho objetivou monitorar os efeitos da sistematização sobre atributos físicos, químicos e biológicos do solo, utilizados como indicadores de sua qualidade. Para tal, em área de 0,81 ha, pertencente à Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, situada no Município de Capão do Leão, RS, foram coletadas amostras de solo, antes e após a sistematização, numa malha de 100 pontos, em arranjo equidistante de 10 x 10 m, com a finalidade de se obter atributos físicos, químicos e biológicos. A sistematização altera a magnitude dos atributos do solo e essa

---

<sup>1</sup>Engenheiro-agrícola, D.Sc., pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jose.parfitt@embrapa.br

<sup>2</sup>Engenheira-agrônoma, doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, ma.agro@gmail.com

<sup>3</sup>Engenheiro-agrícola, D.Sc., professor adjunto da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, lcartimm@yahoo.com.br

alteração está relacionada ao perfil do solo que será cortado no processo da sistematização. A sobreposição do mapa de cortes e aterros com o da profundidade do topo do horizonte B pode ser utilizada para minimizar problemas de solo raso após a sistematização. Houve uma perda da fertilidade média da área, no entanto, a relação observada entre os atributos químicos e a profundidade dos cortes e/ou aterros indica que o mapa de cortes e aterros é uma ferramenta útil para a recuperação do solo degradado. Em relação aos atributos físicos do solo verificou-se um efeito negativo, principalmente pelo aumento da densidade do solo e decréscimo da macroporosidade e do diâmetro médio ponderado dos agregados. Este efeito ocorreu em toda a área e não está relacionado com áreas de cortes ou aterros.

**Palavras-chave:** terras baixas; nivelamento do solo; arroz.

# Effects of Land Leveling on Physical, Chemical and Biological Soil Properties in Lowland in Rio Grande do Sul

---

## Abstract

*Land leveling is the process of alteration of the natural surface of land into a plan. However, its implementation brings great movement of soil with cut in relatively high point and filled in the lower part. The objective of this study was to know the effect of the land leveling on behavior of average of physical, chemical and biological soil attributes. An experiment was conducted in an area of 0.81 ha, in the Lowlands Experimental Station of Embrapa Temperate Agriculture, Capão do Leão, Rio Grande do Sul State, Brazil. In a grid of 100 points in equidistant arrangement of 10 x 10m, soil samples were collected before and after the land leveling, with the purpose of obtaining physical, chemical and biological soil attributes. Land leveling alters the soil attributes magnitude, and this change is related to the characteristics of the soil profile that will be cut on land leveling process. A cut/fill map overlay from the depth to the top of B horizon can be used to minimize problems of shallow soils after leveling. In average, there was a soil fertility loss. However, the relationship between chemical attributes and the magnitudes of cuts and/or fills*

*indicates that the cuts and fills map may be a useful tool for degraded soil recuperation. About the physical attributes, a negative effect was verified, mainly by the increase of soil bulk density, and decrease of the macroporosity and weighted average diameter of aggregates. This effect occurred over the whole area and not specifically in the cut or fill areas.*

*Keywords: lowland; land forming; rice.*

## Introdução

Os solos de várzea ocupam uma área de aproximadamente 5,4 milhões de hectares no RS, o que representa 20% da área total do estado. Esses solos são normalmente encontrados nas planícies de rios e lagos e formaram-se em condições de deficiência de drenagem (hidromorfismo), em consequência do relevo plano. Predominam cores acinzentadas ou escurecidas, indicativas de baixa permeabilidade (REICHERT et al., 2006).

A superfície natural dos solos de várzeas apresenta-se, do ponto de vista do macrorrelevo, como um terreno plano; porém, seu microrrelevo geralmente é formado por pontos altos e zonas com depressões. A sistematização do solo consiste no processo de adequação da superfície natural do terreno, de forma a transformá-lo num plano ou numa superfície curva organizada (PARFITT et al., 2004). Essa prática é muito utilizada mundialmente e visa aperfeiçoar o uso agrícola do solo de terras baixas, facilitando o manejo da água tanto de irrigação como de drenagem e as operações agrícolas de implantação de culturas, tratos culturais e colheita. De acordo com Righes (2006), a sistematização em solo de várzea aumenta a eficiência de controle da água de irrigação e de operação das máquinas agrícolas, tanto no processo de semeadura como na colheita, além de permitir a redução da altura da lâmina de água sobre o solo, reduzindo seu uso.

Em estudo realizado em mais de 40 lavouras, sistematizadas e não sistematizadas, no Estado do Mississippi, EUA, Laughlin e Mehrle (1996) concluíram que a sistematização trouxe um incremento na rentabilidade do arroz de US\$ 201 ha<sup>-1</sup> em função do aumento do seu rendimento em 550 kg ha<sup>-1</sup> e de diminuição dos custos de produção em US\$129 ha<sup>-1</sup>.

No Brasil, a sistematização é uma prática relativamente recente e, basicamente, foi iniciada em algumas regiões do País com o programa Provárzeas, em 1982. Nessas regiões foram realizados trabalhos de

sistematização diretamente em áreas do sistema produtivo, sem muito fundamento científico, ocorrendo problemas em muitos casos. Durante o processo de sistematização, para transformar a superfície num perfeito plano, ocorrem significativos movimentos de solo com cortes nas partes relativamente altas e aterros nas partes relativamente baixas, acarretando alterações no ambiente em que a planta se desenvolve, com reflexo sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. O processo de sistematização, portanto, tem efeito sobre os principais indicadores de qualidade do solo (PARFITT, 2009).

A avaliação da qualidade do solo é fundamental na determinação da sustentabilidade dos sistemas de manejo utilizados. A determinação de indicadores de qualidade de solo se faz necessária para possibilitar a identificação de áreas problemáticas utilizadas na produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar mudanças na qualidade ambiental e auxiliar agências governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra (DORAN et al., 1994).

Os indicadores físicos estão relacionados ao arranjo das partículas e do espaço poroso do solo, incluindo densidade, porosidade, estabilidade de agregados, textura, encrostamento superficial, compactação, condutividade hidráulica e capacidade de armazenagem de água disponível. Refletem, primariamente, limitações ao crescimento radicular, à emergência das plântulas, à infiltração e/ou movimento da água no interior do perfil do solo e à disponibilidade de água às plantas. O pH, condutividade elétrica, capacidade de troca de cátions, capacidade de suprimento de nutrientes às plantas, concentrações de elementos que podem ser potencialmente contaminantes (metais pesados, compostos radioativos, etc.), ou necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas, são considerados indicadores químicos. Os atributos químicos do solo afetam as relações solo-planta, a qualidade da água, o poder tampão, a disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos, a mobilidade de contaminantes e algumas condições físicas, como a tendência de

formação de crostas superficiais (GOMES et al., 2006).

Este trabalho teve por objetivo monitorar os efeitos da sistematização sobre atributos físicos, químicos e biológicos do solo, utilizados como indicadores de sua qualidade.

## **Material e Métodos**

### **Localização e caracterização da área experimental**

Numa área de 0,81 ha, pertencente à Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, situada no Município do Capão do Leão, RS (31° 49' 12,75" S; 52° 27' 59" O), foi estabelecida uma malha de 100 pontos, distanciados entre si em 10 m em ambas as direções (mesmo local antes e depois da sistematização). O clima da região, conforme classificação de Köppen, é Cfa, sendo o local representativo de ambiente subtropical, marítimo, de verão subúmido, e o resto do ano úmido ou superúmido.

Na área foram encontrados solos de duas classes taxonômicas, conforme EMBRAPA (2006): nas partes relativamente altas, PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico gleissólico, e nas partes relativamente baixas GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico solódico. Esses dois solos, embora de classes diferentes, não apresentavam descontinuidade no campo, sendo essa situação comum nas várzeas arrozeiras do Rio Grande do Sul. A área experimental foi cultivada, nas últimas três safras agrícolas, com as culturas do arroz irrigado (dois anos), e por último sorgo granífero (um ano), ambas em sistema convencional.

Foi realizado levantamento topográfico plano-altimétrico, e a partir desse foi calculado o plano projeto de sistematização, aplicando-se o método dos mínimos quadrados, conforme descrito em Parfitt et al. (2004). A

sistematização foi realizada em janeiro de 2008, com Scraper equipado com controle a raios laser. A declividade resultante foi de 0,15%, ou seja, 0,15 m/100 m no sentido leste-oeste. O volume de terra movimentado foi de 518,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sendo que aproximadamente metade da área foi cortada, pontos que relativamente ao plano projeto se encontravam em cota superior, e a outra, aterrada, pontos que relativamente ao plano projeto se encontravam em cota inferior. A magnitude máxima de corte foi de 20,8 cm e o máximo aterro de 17,2 cm. O mapa de cortes e aterros é apresentado na Figura 1.

Em cada um dos 100 pontos foi determinada a profundidade do topo do horizonte B com o auxílio de um trado de rosca antes da sistematização. A profundidade do topo do B após a sistematização foi obtida pela soma das magnitudes de corte ou aterro com a profundidade do topo do B determinada antes da sistematização.

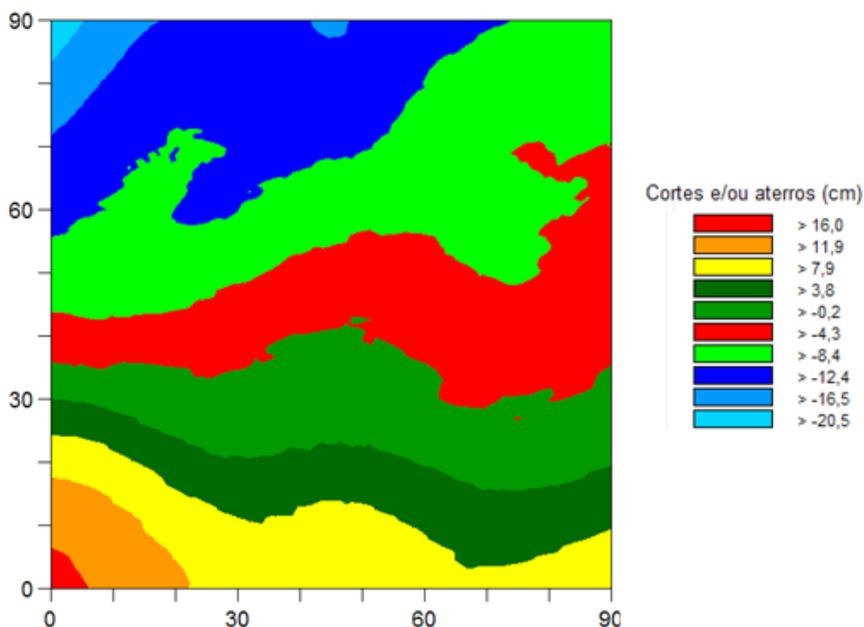


Figura 1. Mapa das magnitudes de cortes e aterros da área.

## **Análises físicas, químicas e biológicas do solo em laboratório**

Foram coletadas amostradas de solo deformadas e com a estrutura preservada em cada um dos 100 pontos demarcados, aproximadamente oito meses antes da sistematização, período este sem cultura implantada na área experimental, e logo após a sistematização da área. As amostras de solo deformadas foram coletadas com pá de corte na camada de 0-20 cm e destinadas à determinação dos seguintes atributos químicos: pH em água, P disponível, K extraível, Ca e Mg trocáveis e CTC (pH 7,0) seguindo métodos descritos em Tedesco et al. (1995). Foi determinado também o teor do carbono orgânico, com o qual se calculou o teor de matéria orgânica do solo (MO), conforme metodologia proposta em Embrapa (1997).

Para a determinação da distribuição de tamanho e estabilidade dos agregados (diâmetro médio ponderado, DMP), foi coletado um cubo de solo de 5x5x20cm, procurando-se não desagregar a amostra no campo, seguindo metodologia descrita em Kemper e Rosenau (1986) e calculada conforme Palmeira et al. (1999).

Para a determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM), foram coletadas amostras com trado de rosca na mesma camada, mantendo-se o solo em congelador para posterior análise. O CBM foi determinado segundo metodologia descrita por Vance et al. (1987), sendo que em substituição ao clorofórmio, foi usado um forno de micro-ondas por quatro minutos para eliminar os microrganismos e provocar a liberação dos componentes celulares, conforme sugerido por Ferreira et al. (1999).

As amostras de solo com estrutura preservada para as determinações da densidade (Ds), porosidade total (Pt), macro (Macro) e microporosidade (Micro) e curva de retenção de água no solo (nas tensões de: 1; 6; 10; 33; 100 e 1500 kPa) foram coletadas a 10 cm de profundidade, utilizando-se anéis de 5 cm de diâmetro e 3 cm de altura. A capacidade de água disponível no solo (CAD), em cada

um dos 100 pontos na camada de 0-20 cm, foi calculada segundo Reichardt e Timm (2008), considerando-se o conteúdo de água retido na tensão 10 kPa como a capacidade de campo, e o retido na tensão de 1500 kPa como ponto de murcha permanente.

Todas as análises físicas, químicas e biológicas do solo foram realizadas nos Laboratórios do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (Faem) da Universidade Federal de Pelotas (UFpel), com exceção da estabilidade dos agregados do solo, que foi realizada no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS).

### **Análises estatísticas**

Os conjuntos de dados, antes e depois da sistematização do solo, foram inicialmente analisados por meio da estatística descritiva, calculando-se a média, valor mínimo e máximo, variância e os coeficientes de assimetria e de curtose. Também foi aplicado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade de cada conjunto de dados, sendo considerada normal quando a distância máxima (D) calculada entre a distribuição da variável em estudo e a distribuição normal padrão fosse menor que o valor crítico de D tabelado ao nível de 5% (COSTA NETO, 2002).

Embora sem repetição verdadeira, mas com pseudorrepetição no tempo, foi aplicado o teste de dados pareados, no qual os atributos foram comparados, individualmente, antes e depois da sistematização (FERREIRA, 2005), verificando-se assim o efeito da sistematização no teor médio de cada um dos atributos do solo estudados. Quando a distribuição do conjunto de dados avaliado foi normal, antes e depois da sistematização, o teste de hipóteses foi paramétrico (estatística t); entretanto, quando em uma das situações, ou em ambas, a distribuição foi não normal, aplicou-se o teste hipótese não paramétrico para avaliar o efeito da sistematização.

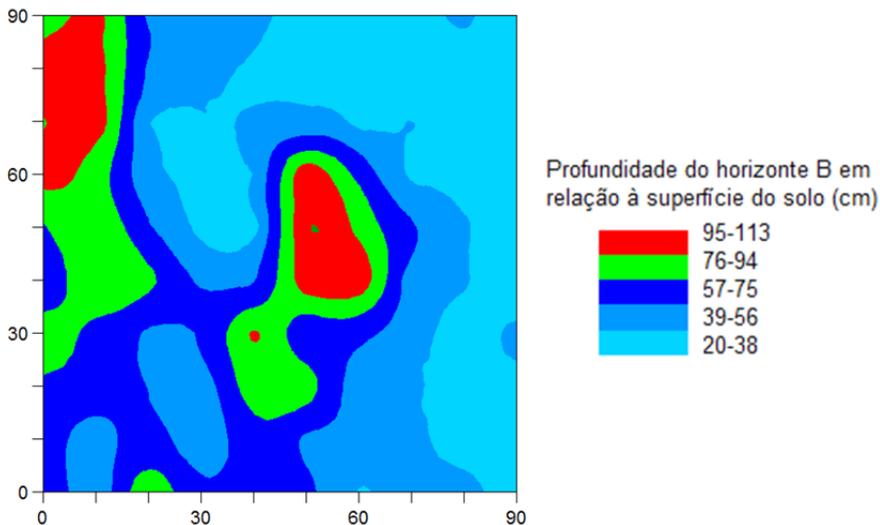
Análises de regressão simples entre as magnitudes de corte e aterro e os valores dos atributos do solo após a sistematização foram realizadas com objetivo de determinar quais atributos do solo foram mais afetados pela sistematização e com isso poder indicar práticas de manejo a serem conduzidas futuramente na área sistematizada.

## **Resultados e Discussão**

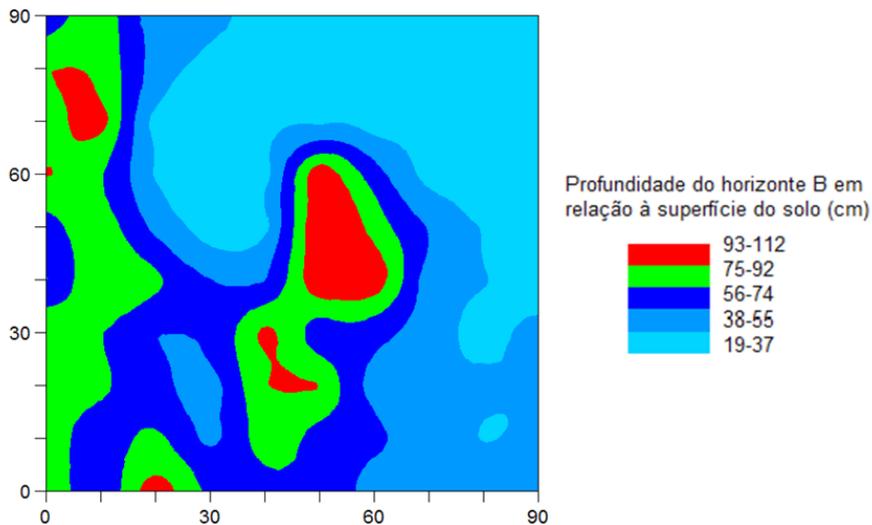
### **Efeito da sistematização na distribuição espacial da profundidade do horizonte B em relação à superfície do solo**

Um efeito importante da sistematização é a mudança da profundidade do horizonte B em relação à superfície do solo, ou seja, da profundidade agrônômica efetiva do solo. Observa-se na Figura 2a que mesmo antes da sistematização da área a profundidade do horizonte B é muito variável com valor médio de 77 cm, e mínima e máxima profundidade de 20 e 113 cm, respectivamente. Este comportamento está ligado aos processos de formação dos Planossolos e Gleissolos desta região, que tiveram origem na planície costeira durante os ciclos transgressivos-regressivos controlados pelas oscilações glácio-eustáticas do nível do mar (Tomazelli et al., 2000).

A)



B)



**Figura 2.** Variabilidade espacial da profundidade do horizonte B em relação à superfície do solo antes (a) e depois (b) da sistematização.

Analisando conjuntamente os mapas de corte e aterro (Figura 1), da profundidade do B antes da sistematização (Figura 2a) e após a sistematização (Figura 2b), observa-se que a máxima profundidade de corte foi feita à noroeste da área, onde o solo era relativamente profundo. A área onde o solo era mais raso está localizada à leste, mais especificamente à nordeste, onde também foram feitos cortes de solo. Em média depois da sistematização a profundidade do topo do B variou entre 40 e 66 cm. Entretanto poderia ter ocorrido uma situação diferente, por exemplo, ocorrer que os cortes máximos fossem justamente onde o topo do B fosse o mais raso o que inviabilizaria a sistematização desta área. Assim em projetos de sistematização estas informações devem ser consideradas, caso contrário pode-se inviabilizar áreas para a produção agrícola como já tem ocorrido em situações reais.

### **Atributos químicos e biológicos**

Antes da sistematização, os valores dos atributos químicos do solo (Tabela 2) são interpretados segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (2004) da seguinte maneira: os valores do pH em água encontram-se nas classes baixo e muito baixo, os teores de matéria orgânica são interpretados como baixos, os quais têm importância por serem um indicador da disponibilidade de nitrogênio no solo; a CTC, cujos valores estão entre 7,24 e 11,69  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , encontra-se na faixa média da interpretação, os teores de 16,48 e 91,76  $\text{mg dm}^{-3}$  de potássio encontram-se nas faixas de muito baixa à média; os teores de P disponível, entre 4,50 e 26,13  $\text{mg dm}^{-3}$ , são interpretados como médios até muito altos para a cultura do arroz irrigado; os teores de Ca, de 1,61 a 4,53  $\text{mg dm}^{-3}$ , são interpretados desde baixo a alto; e os teores de Mg (0,84 a 2,47  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) de médio a alto.

**Tabela 1** – Estatística descritiva, teste de normalidade e de hipótese aplicados aos atributos químicos e biológicos do solo determinados, antes e depois da sistematização, na área experimental.

Atributo	Média	Mínimo	Máximo	Variância	Coefficiente de assimetria	Coefficiente de curtose	D
pH <sup>1</sup> (H <sub>2</sub> O)	4,88	4,52	5,42	0,03	0,41	0,22	0,05 <sup>N</sup>
pH <sup>2</sup> (H <sub>2</sub> O)	4,88 <sup>NS</sup>	4,52	5,56	0,03 <sup>NS</sup>	1,23	2,58	0,07 <sup>N</sup>
CTC <sup>1</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,68	7,24	11,69	1,00	-0,42	-0,64	0,08 <sup>N</sup>
CTC <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,21 <sup>***</sup>	6,14	9,68	0,61 <sup>NS</sup>	-0,38	-0,45	0,08 <sup>N</sup>
MO <sup>1</sup> (%)	2,09	1,70	2,60	0,03	0,28	0,21	0,08 <sup>N</sup>
MO <sup>2</sup> (%)	1,68 <sup>***</sup>	0,85	2,11	0,08 <sup>**</sup>	-0,63	-0,48	0,13 <sup>NN</sup>
Ca <sup>1</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,15	1,61	4,53	0,36	-0,63	0,14	0,14 <sup>NN</sup>
Ca <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,70 <sup>***</sup>	1,53	3,74	0,26 <sup>**</sup>	-0,40	-0,78	0,08 <sup>N</sup>
Mg <sup>1</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,61	0,84	2,47	0,12	-0,63	-0,19	0,12 <sup>NN</sup>
Mg <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,06 <sup>***</sup>	0,27	1,67	0,08 <sup>NS</sup>	-0,13	-0,74	0,10 <sup>NN</sup>
P <sup>1</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	12,54	4,50	26,13	26,8	0,72	-0,09	0,10 <sup>NN</sup>
P <sup>2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	8,32 <sup>***</sup>	0,52	16,27	14,6 <sup>NS</sup>	-0,02	-0,86	0,06 <sup>N</sup>
K <sup>1</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	30,73	16,48	91,76	179,3	2,33	6,07	0,15 <sup>NN</sup>
K <sup>2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	37,75 <sup>***</sup>	18,16	64,08	144,0 <sup>NS</sup>	0,4	-0,96	0,13 <sup>NN</sup>
CBM <sup>1</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	296,7	118,18	527,27	6841	0,75	0,19	0,11 <sup>NN</sup>
CBM <sup>2</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	510,3 <sup>***</sup>	290,00	802,00	14857 <sup>***</sup>	0,34	-0,45	0,06 <sup>N</sup>

<sup>1</sup>: valor do atributo determinado antes da sistematização; <sup>2</sup>: valor do atributo determinado depois da sistematização.

\*\*\* diferença significativa ao nível de 1 %, \*\* em nível de 1%, e <sup>NS</sup> não significativo, pelo teste hipótese t sobre as médias antes e depois da sistematização respectivamente;

D: Valor da estatística calculada do teste Kolmogorov-Smirnov, em que N: normal ao nível de 5% de significância; NN não normal em nível de 5% de significância.

Analisando-se a tabela 1, constata-se que somente o pH não foi alterado significativamente na área experimental depois da sistematização do terreno. Cabe ressaltar que os valores médios do pH permaneceram os mesmos. Os demais atributos foram influenciados pela sistematização, sendo que para a maior parte deles, a sistematização provocou redução nos teores médios dos atributos

na camada estudada. Desta forma, constata-se que a sistematização afetou a fertilidade da área experimental com prováveis consequências na produtividade das futuras lavouras implantadas na área. Estudando as transformações decorrentes da sistematização, Dario (2001), em uma área de várzea localizada no estado de São Paulo, onde a altura de corte média foi de 60 cm, concluiu que a sistematização reduziu os níveis de matéria orgânica e de fósforo, bem como o rendimento médio do arroz pela metade, inviabilizando a área para seu cultivo. Concluiu, também, que para a realização da sistematização, é necessário um adequado conhecimento agrônômico, executando-a de preferência com mínimo movimento de terra, para que o solo preserve seus atributos químicos.

Ao contrário do esperado, o teor médio de K aumentou de 31 mg dm<sup>-3</sup>, antes da sistematização para 38 mg dm<sup>-3</sup> após a sistematização (Tabela 1). O aumento do teor de K no solo pode ter ocorrido pela exposição do horizonte textural, nas áreas de corte, e com isso dos argilominerais presentes nesse horizonte. Brye et al. (2004), em estudo conduzido no estado de Arkansas, em solo similar, também constataram um aumento não explicado no teor médio do K após a sistematização. Esses autores atribuíram esse comportamento do K aos argilominerais componentes do solo, principalmente à illita.

Os valores médios do CBM aumentaram de 297 para 510 mg kg<sup>-1</sup> com a sistematização, isto pode ser atribuído à quebra dos agregados maiores devido a intensa movimentação do solo, o que por sua vez, pode ter aumentado a população dos microrganismos no solo. Por outro lado, a sistematização do solo resultou numa redução média de 20% da MO na camada de 0-20 cm, o que pode representar uma perda substancial do potencial da fertilidade natural do solo para a produção de culturas (Ramos & Martínez-Casasnovas, 2006).

De maneira geral, com exceção do teor médio de K, estes resultados podem ser explicados pelo fato de que nas zonas de corte houve uma exposição das camadas sub-superficiais do Planossolo, que

têm uma composição química diferente da camada superficial (Tabela 2). Observa-se que os valores de Ca, Mg, CTC, P e MO, diminuem no perfil do solo, a mesma tendência foi observada depois da sistematização. Partindo do princípio que o perfil do solo caracterizado representa adequadamente a composição vertical e horizontal do solo na área de corte, a mudança nos atributos do solo após a sistematização (Tabela 1), deveria ser esperada. Assim, é possível prever a tendência do comportamento do teor médio dos atributos químicos após a sistematização se o perfil de corte do solo é previamente conhecido.

**Tabela 2.** Atributos químicos do perfil do Planossolo Háptico Eutrófico na area experimental antes da sistematização.

Horizonte	Profundidade	pH	Ca	Mg	CTC	K	P	MO
	cm		----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----			-----mg kg <sup>-1</sup> -----		g kg <sup>-1</sup>
A	0 -20/33	4,9	2,9	1,5	8,7	55	15,0	21,0
AE	20/33 – 30/40	4,6	1,2	1,0	5,8	16	2,4	6,1
E	30/40 – 60/75	4,8	1,5	1,4	6,2	16	0,9	2,9
BE/E	60/75 – 70/90	4,8	3,6	3,5	12,1	35	1,4	5,0
B1	70/90 – 103/118	4,9	4,7	4,8	14,2	47	1,4	3,8
B2	103/118 – 120/140	5,1	4,8	4,8	13,5	51	1,2	2,1
BC	120/140 – 160/170	5,3	4,8	4,8	13,1	47	1,5	1,6
C	160/170 cm+	5,4	5,2	5,0	13,0	47	1,9	0,5

pH: pH em água, Ca: cálcio trocável, Mg: magnésio trocável, CTC: capacidade de troca de cátions, K: potássio extraível, P: fósforo disponível, MO: matéria orgânica.

### Atributos físicos

Analisando a Tabela 3, constata-se que os valores médios dos atributos físicos do solo da área experimental, camada de 0-20 cm de profundidade, estão em concordância com os determinados por

Palmeira et al. (1999) para solos de várzeas, quando cultivados com arroz irrigado em preparo convencional.

**Tabela 3.** Estatística descritiva, teste de normalidade e de hipótese aplicados aos atributos físicos do solo determinados, antes e depois da sistematização, na área experimental.

Atributo	Média	Mínimo	Máximo	Variância	Coefficiente de assimetria	Coefficiente de curtose	D
Ds <sup>1</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	1,60	1,36	1,75	0,005	-0,52	0,52	0,08 <sup>N</sup>
Ds <sup>2</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	1,67 <sup>***</sup>	1,43	1,92	0,008 <sup>NS</sup>	-0,32	0,01	0,08 <sup>N</sup>
Porosidade total <sup>1</sup> (%)	43,85	36,8	51,1	7,24	0,02	0,13	0,05 <sup>N</sup>
Porosidade total <sup>2</sup> (%)	36,7 <sup>***</sup>	24,1	48,4	11,76 <sup>NS</sup>	0,00	0,02	0,05 <sup>N</sup>
Macroporosidade <sup>1</sup> (%)	9,59	4,71	15,6	4,20	0,12	0,03	0,04 <sup>N</sup>
Macroporosidade <sup>2</sup> (%)	5,93 <sup>***</sup>	0,44	13,3	7,90 <sup>*</sup>	-0,02	-0,36	0,07 <sup>N</sup>
Microporosidade <sup>1</sup> (%)	34,26	30,32	41,50	3,53	0,16	-0,57	0,07 <sup>N</sup>
Microporosidade <sup>2</sup> (%)	30,77 <sup>***</sup>	18,10	38,28	9,86 <sup>**</sup>	0,41	-0,87	0,08 <sup>N</sup>
DMP <sup>1</sup> (mm)	1,71	0,79	2,95	0,24	0,53	-0,15	0,08 <sup>N</sup>
DMP <sup>2</sup> (mm)	1,06 <sup>***</sup>	0,53	1,82	0,12 <sup>NS</sup>	0,49	-0,93	0,13 <sup>NN</sup>
CAD <sup>1</sup> (mm)	24,88	8,67	38,97	50,4	-0,16	-0,83	0,09 <sup>N</sup>
CAD <sup>2</sup> (mm)	18,70 <sup>***</sup>	7,75	32,80	36,5 <sup>NS</sup>	0,26	-0,56	0,08 <sup>N</sup>

<sup>1</sup>: valor do atributo determinado antes da sistematização; <sup>2</sup> : valor do atributo determinado depois da sistematização.

\*\*\* diferença significativa ao nível de 1%, \*\* ao nível de 1%, \* em nível de 5% e NS não significativo, pelo teste hipótese t sobre as médias antes e depois da sistematização respectivamente;

D: Valor da estatística calculada do teste Kolmogorov-Smirnov, onde N: normal ao nível de 5% de significância; NN não normal em nível de 5% de significância.

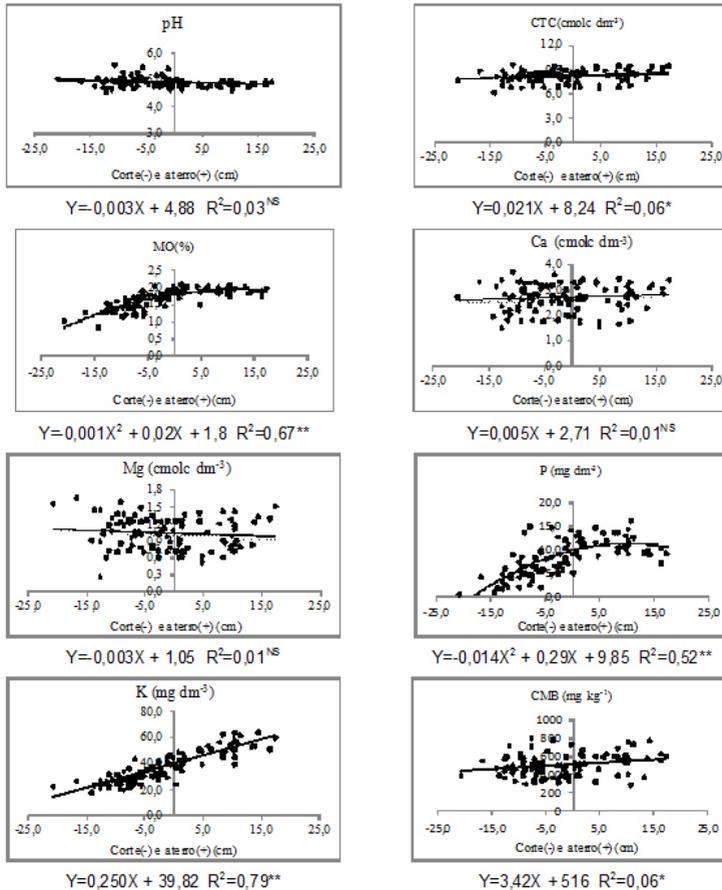
O valor médio da porosidade total do solo é de 43,8%, que se encontra dentro da faixa de valores de porosidade normalmente encontrados para esse tipo de solo. Verifica-se também a predominância da microporosidade, quando comparada à macroporosidade (relação maior que 3:1), o que confere a essa camada de solo, já no horizonte A, movimento restritivo de água (WINKLER; GOEDERT, 1972), sendo o valor da capacidade de água disponível (CAD) normal para solos de textura média, segundo Pereira et al. (2002).

Como previsto, a sistematização, em razão da grande movimentação de solo e do intenso tráfico de máquinas, afetou os atributos físicos do solo, verificando-se aumento nos valores médios da densidade do solo (aumento de 4,4%) e diminuição da porosidade total (redução de 16,3%), principalmente do valor médio da macroporosidade (redução de 38,2%) da camada de 0-20 cm de profundidade.

Houve também diminuição de 6,2 mm no valor médio da CAD como consequência da diminuição da microporosidade do solo (redução de 10,2%), que é a parte do espaço poroso responsável pelo armazenamento de água. Em virtude das mesmas causas, o diâmetro médio dos agregados estáveis em água (DMP) reduziu de 1,7 para 1,06 mm (38%), constatando-se assim o já conhecido efeito do revolvimento do solo, que, na maioria das vezes, provoca quebra dos agregados maiores.

### **Relação entre a magnitude dos cortes e/ou aterros e os atributos químicos, biológicos e físicos do solo.**

Não houve relação significativa entre os valores de pH, Ca e Mg com as magnitudes de corte e aterro. No entanto, houve uma relação significativa quadrática entre a MO e P e as magnitudes de corte e/ou aterro, indicando aumento desses atributos em áreas de corte e estabilidade em áreas de aterro. O K apresentou uma relação linear positiva, ou seja o aumento nos teores de K nas áreas de aterro (Figura 3).



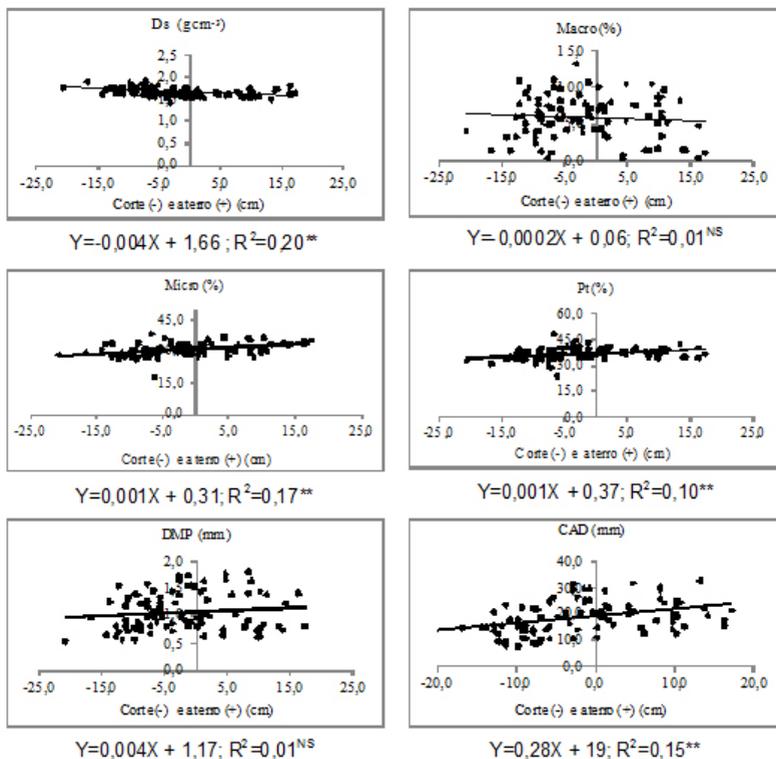
**Figura 3.** Regressões entre as magnitudes de cortes (-) e aterros (+) e o pH (H<sub>2</sub>O), capacidade de troca de cátions (CTC), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K) e carbono microbiano (CMB). \*\*significativo a 1% pelo teste t, \* significativo a 5% pelo teste t e <sup>NS</sup> não significativo pelo teste t.

As relações entre os atributos do solo e as profundidades de cortes e aterro obtidos neste estudo sugerem que o mapa de corte e aterro poderia ser utilizado pelo produtor como uma ferramenta prática para o sistema de produção, Torne-se possível melhorar a fertilidade do

solo através da aplicação de fertilizantes inorgânicos e/ou orgânicos de uma forma mais racional para obter maior produtividade das culturas a serem introduzidas no solo recentemente sistematizado. No caso do potássio quanto maior a profundidade de corte maior é a necessidade de uma suplementação desse nutriente. Por outro lado, para a MO a aplicação de N seria homogênea nas zonas de aterro. Desta forma, a aplicação de um determinado nutriente pode ser feita tendo em conta a homogeneidade das zonas de corte.

Não se observou relação entre os atributos físicos do solo e as magnitudes de corte e aterro (Figura 4). No entanto, houve um aumento significativo dos valores médios de  $D_s$  e redução dos valores de  $P_t$  após a sistematização (Tabela 1). Embora tenha havido uma diminuição significativa do valor médio de macro após a sistematização (Tabela 1) observa-se que seus valores apresentam uma distribuição aleatória em função das magnitudes de cortes e/ou aterros (Figura 4). A partir deste resultado, pode-se dizer, de uma maneira indireta, que houve uma compactação do solo na área total depois da sistematização mas sem relação com as magnitudes dos cortes e/ou aterros.

A CTC e o CMB apresentaram relação significativa com as magnitudes de corte e aterro, no entanto observa-se que o  $R^2$  de ambas as regressões foi baixo (Figura 3). O mesmo comportamento também foi observado para os atributos físicos do solo (Figura 4). Embora os valores de  $R^2$  sejam estatisticamente significativos, graficamente pode-se observar que não há uma relação definitiva entre os valores de atributos do solo e as magnitudes de cortes e aterros, o que é confirmado pelos coeficientes  $R^2$  muito baixos. De acordo com Charnet et al. (1999), com o aumento do número de observações, existe uma tendência de aumento da importância do coeficiente  $R^2$ , no entanto, pode não ser observada uma relação satisfatória entre as variáveis. Os baixos valores das inclinações das regressões em relação aos respectivos interceptos mostram que o efeito da sistematização sobre esses atributos do solo, ocorreu sobre toda a área, e não especificamente nas áreas de corte ou aterro.



**Figura 4.** Regressões entre as magnitudes de cortes (-) e aterros (+) e a densidade do solo(Ds), macroporosidade (Macro). Microporosidade (Micro), porosidade total (Pt), diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), e capacidade de água disponível (CAD). \*\*significativo a 1% pelo teste t e <sup>NS</sup> não significativo pelo teste t. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, 2011.

## Considerações Finais

A partir dos resultados obtidos neste estudo podemos afirmar que a sistematização de uma área altera a magnitude média dos atributos

químicos e que essa alteração está relacionada ao perfil do solo que será cortado no processo da sistematização. No caso de um Planossolo em associação com um Gleissolo houve uma perda da fertilidade média da área, já que, os principais nutrientes indicadores da fertilidade como P, MO, Ca e Mg do solo tiveram os seus valores diminuídos. A boa relação observada entre os atributos químicos e a profundidade dos cortes e/ou aterros indica que o mapa de cortes e aterros, obtido no projeto da sistematização, é uma ferramenta útil para a recuperação do solo nas zonas degradadas através de adição de corretivos e/ou fertilizantes químicos ou orgânicos.

Em relação aos atributos físicos do solo verificou-se que o efeito, imediatamente após a sistematização, foi também negativo devido ao incremento da densidade do solo e decréscimo da porosidade total, macro e micro porosidade, diâmetro médio dos agregados estáveis em água e capacidade de armazenamento da água. Em relação aos atributos físicos o efeito ocorreu em toda a área e não estão relacionados com áreas de cortes ou aterros. Isto indica que a recuperação física do solo após a sistematização deve ser uma ação que atinja a área total e não por áreas específicas.

Para projetos de sistematização recomenda-se sobrepor os mapas de cortes e aterros e o da profundidade do topo do horizonte B para evitar que ocorra locais com problemas de corte excessivo em relação à profundidade efetiva do solo o qual será um ponto problemático praticamente definitivo.

## Referências

BRYE, K. R.; SLATON N. A.; MOZAFFARI, M.; SAVIN, M. C.; NORMAN, R. J.; MILLER, D. M. Short-term effects of land leveling on soil chemical properties and their relationships with microbial biomass. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 924-934, 2004.

CHARNET, R.; BONVINO, H.; FREIRE, C. A. de L.; CHARNET, E.M.R. **Análise de modelos de regressão linear. Com aplicações.** São Paulo: Unicamp, 1999. 354p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10 ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística.** São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 266 p.

DARIO, G. J. A. Sistematização de áreas para o cultivo do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado e suas conseqüências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 161.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Science Society of America Journal, 1994. (SSSA. Special Publication, 35). p. 3-22.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise do solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microrganismos na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 991-996, 1999.

FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. Lavras: Editora UFLA, 2005. 664 p.

GOMES, A. da S.; SILVA, C. A. S. da; PARFIT, J. M. B.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. **Caracterização de Indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 40 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 169).

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, 1986. p. 425-441.

LAUGHLIN, D. H.; MEHRLE, R. K. **Costs, returns and investment in landforming**. Contour level vs. Straight levee rice systems. Memphis: Delta FCAD-Press, 1996.

MATTOS, M. L. T.; SCIVITARO, W. B.; MARTINS, J. F. da S.; SANTOS, M. B. dos. Carbono e nitrogênio da biomassa e atividade microbiana em um solo cultivado com arroz irrigado orgânico e manejado com diferentes adubos verdes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., 2005, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, 2005. p. 490-492.

MIORELLI, D.; CASTILHOS, D. D.; GOMES, A. da S.; PAULETO, E. A. Biomassa e atividade de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2005, Pelotas. **Anais**. Pelotas: UFPEL, 2005. 1 CD-ROM.

PALMEIRA, P. R. T.; PAULETTO, E. A.; TEIXEIRA, C. F. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 189-195, 1999.

PARFITT, J. M. B.; SILVA, C. A. S.; PETRINI, J. A. Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 8, p. 237-257.

PARFITT, J. M. B. **Impacto da sistematização sobre atributos físicos, químicos e biológico em solos de várzea**. 2009. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

RAMOS, M.C.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A. Impact of land leveling on soil moisture and runoff variability in vineyards under different rainfall distributions in a Mediterranean climate and its influence on crop productivity. **Journal of Hydrology**, v.321, p.131–146, 2006.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2008. 478 p.

REICHERT, J. M.; LIMA, C. L. R.; DALMOLIN, R. S. D.; REINERT, D. J.; GONÇALVES C. NUNES, M. Agregação de um planossolo sistematizado há um ano e sob cultivo de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 837-844, 2006.

RIGHES, A. A. Eficiência em sistemas com inundação: o caso do arroz. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 2., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. 1 CD-ROM.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S.R.; VILLWOCK, J. A. Late quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 30, p.474-476, 2000.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass Csi. **Soil Biology Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.

WINKLER, E. I. G.; GOEDERT, W. J. Características Hídricas dos Solos de Pelotas, Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Brasília, v. 7, p. 1-4, 1972.



**Embrapa**

*Clima Temperado*

CGPE 10898

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA