

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO  
LOCALIZADO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO  
(*ORYZA SATIVA L.*)**

**TESE DE DOUTORADO**

**Reges Durigon**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO LOCALIZADO NA  
CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (*ORYZA SATIVA L.*)**

**Por**

**Reges Durigon**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. José Fernando Schlosser**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

D962a

Durigon, Reges, 1972-

Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa L.*). / por Reges Durigon; orientador José Fernando Schlosser. – Santa Maria, 2007.  
149 f.: il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2007.

1. Engenharia agrícola 2. Georreferenciamento 3. Manejo  
4. Arroz irrigado I. Schlosser, José Fernando, orient. II. Título

CDU: 633.18.03

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

---

© 2007

Todos os direitos autorais reservados a **Reges Durigon**. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho é permitida desde que citado o **autor** como fonte da referência.

Endereço: Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas – NEMA, Campus Universitário - UFSM, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900.

Fone: (0xx) 55 3220-8175; End. Eletr: [rdurigon@smail.ufsm.br](mailto:rdurigon@smail.ufsm.br)

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

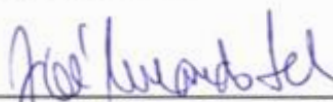
A Comissão Examinadora, Abaixo Assinada,  
Aprova a Tese de Doutorado

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO LOCALIZADO NA CULTURA DO  
ARROZ IRRIGADO (ORYZA SATIVA L.)**

Elaborada por  
**Reges Durigon**

Como requisito parcial para obtenção de grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



---

**José Fernando Schlosser – Doutor - UFSM**  
(Presidente/Orientador)



---

**Telmo Jorge Carneiro Amado - Doutor - UFSM**  
(Membro)



---

**Fábio Moreira da Silva - Doutor - UFLA**  
(Membro)



---

**Luis Antonio de Avila - PhD - UFSM**  
(Membro)



---

**Marcos Alves dos Reis - Doutor - UFSM**  
(Membro)

Santa Maria, 09 de Março de 2007.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta obra a toda a minha família, em especial a minha esposa Ronise, pelo incentivo e apoio na realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela existência e oportunidades concedidas.

Aos Pais pela vida e educação familiar.

A Universidade Federal de Santa Maria pela formação profissional e oportunidade de realização deste Curso.

Ao Prof. Dr. José Fernando Schlosser pela orientação na execução deste trabalho e contribuição na formação científica durante o convívio como colega.

A toda a família, especialmente minha esposa Ronise, pelo incentivo, apoio, companheirismo, compreensão e âncora nos momentos difíceis.

Ao Sr. Werney Doeler e Família pela disponibilidade da área e estrutura para a realização deste trabalho, bem como pela acolhida da equipe de pesquisa.

Aos colegas, bolsistas, colaboradores e amigos Valmir Werner, Marcelino João Knob, Eder Dornelles Pinheiro, Marçal Elizandro de Carvalho Dornelles, Gismael Francisco Perin, Alexandre Russini, André Casali, João Teló e Leonardo Brondani pelo auxílio nas longas e cansativas jornadas de campo durante a execução deste trabalho.

Ao acadêmico de Agronomia Eder Dornelles Pinheiro, pela atuação como meu primeiro bolsista, desempenhando de forma eficiente as suas atividades.

Ao acadêmico de Agronomia e monitor de Máquinas Agrícolas Alexandre Russini, pela construção do equipamento específico para medir a altura da lâmina de água de irrigação.

A toda a equipe do NEMA pelo apoio, especialmente ao Alberi Barbosa na função de motorista e “assador” nas inúmeras viagens realizadas a campo.

A todos os colegas do Programa de Pós graduação em Engenharia Agrícola pelo convívio durante a realização do curso.

Ao Setor de Geomática do Departamento de Engenharia Rural/CCR/UFSM, em especial ao Prof. Enio Giotto, Daniel Boemo e Dina Antunes pela disponibilidade e suporte na utilização do Software “Sistema Agropecuário CR – Campeiro 6.0”.

Aos Professores Lindolfo Storck e Alessandro D’alcol Lúcio, do Departamento de Fitotecnia/CCR/UFSM e Carlito Vieira de Moraes, do Departamento de Engenharia Rural/CCR/UFSM, pela ajuda na análise estatística dos dados.

A todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, colaboraram durante a realização deste trabalho.

Semeia um pensamento e colherás um desejo;

Semeia um desejo e colherás a ação;

Semeia a ação e colherás um hábito;

Semeia o hábito e colherás o caráter.

**(Tihamer Toth)**

# RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria

## **APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO LOCALIZADO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (*ORYZA SATIVA L.*)**

AUTOR: REGES DURIGON

ORIENTADOR: JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 09 de Março de 2007.

Enquanto que no gerenciamento agrícola tradicional a variabilidade de atributos de solo utilizados na produção vegetal não tem sido considerada, o manejo localizado visa identificar esta variabilidade. O presente trabalho objetivou comparar o manejo localizado com o manejo tradicional na cultura do arroz irrigado, descrevendo as técnicas e identificando fatores técnicos e econômicos que proporcionam uma análise de viabilidade. Por esta razão, foi conduzido um experimento em uma lavoura comercial de arroz irrigado com aplicação de técnicas de manejo localizado. A metodologia consistiu na elaboração de mapas de atributos de solo, manejo e produtividade da cultura e as correlações entre estes mapas foram utilizadas para elaborar mapas de aplicação de fertilizantes à taxa variável. Os resultados mostraram variabilidade na produtividade de arroz irrigado. As maiores correlações positivas entre produtividade de arroz e atributos de solo foram verificadas para cálcio e magnésio e as maiores correlações negativas para alumínio trocável e saturação por alumínio. A aplicação de calcário em taxa variável reduziu a quantidade de calcário necessária comparada à aplicação em taxa fixa e incrementou a margem líquida na produção, proporcionando uma lucratividade de 71% com a operação. Os resultados mostram viabilidade técnica e econômica para utilização das técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado.

Palavras-chaves: Georreferenciamento, manejo, arroz irrigado.



# ABSTRACT

Doctorate Thesis  
Graduate Program in Agricultural Engineering  
Federal University of Santa Maria

## APPLICATION OF SITE-SPECIFIC MANAGEMENT TECHNIQUES IN FLOODED RICE CROP (*ORYZA SATIVA* L.)

Author: Reges Durigon

Adviser: José Fernando Schlosser

Place and Date of the Defense: Santa Maria, March 9<sup>th</sup> 2007.

While in the traditional agricultural management soil attributes variability used in the crop production has not been considered, the site-specific management aims to identify this variability. The main objective of the present work was to compare the site-specific management to the traditional management in the flooded rice crop describing the techniques and identifying economical and technicals factors that provide a viability analysis. For this reason, an experiment was carried out in a commercial flooded rice field with application of site-specific management techniques. The methodology consisted in the elaboration of soil attributes, management and yield maps and the correlations among these maps were used to elaborate maps of fertilizers application variable rate. The results showed variability in the flooded rice yield. The biggest positive correlations between the rice yield and soil attributes were verified for calcium and magnesium and the biggest negative correlations were for exchangeable aluminum and aluminum saturation. The application of lime at variable rate reduced the total amount lime used when compared to the application at the fixed rate and increased the profit margin yield, providing profitability of 71% with the operation. The results showed the technical and economical viability of use site-specific management techniques in the flooded rice crop.

Key Words: Georeferencing, management, flooded rice.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mapa do Estado do Rio Grande do Sul com a localização do município de São Francisco de Assis, RS .....	46
FIGURA 2 - Mapa de contorno da área do experimento e malha de amostragem com os pontos georreferenciados .....	47
FIGURA 3 – GPS de navegação para localização dos pontos e trado calador utilizado para a coleta de solo na malha de amostragem .....	48
FIGURA 4 - Desuniformidade na emergência das plantas de arroz irrigado ocorrida na safra 2004/05 .....	50
FIGURA 5 - Vista da desuniformidade da altura da lâmina de água de irrigação na cultura de arroz verificada na safra 2004/05 .....	51
FIGURA 6 - Vista do equipamento (a), altura indicada na fita métrica (b) durante a determinação da altura da lâmina de água (c) na cultura de arroz irrigado .....	52
FIGURA 7 - Quadro de amostragem utilizado na coleta manual de plantas de arroz irrigado para estimativa da produtividade da cultura .....	53
FIGURA 8 - Mapa com estimativa de produtividade de arroz irrigado ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nas safras 2004/05 (a) e 2005/06 (b) determinado com técnicas de manejo localizado .....	58
FIGURA 9: Produtividade média de arroz irrigado obtida no município de São Francisco de Assis-RS, no experimento e respectiva diferença entre ambas nas safras 2004/05 e 2005/06 .....	61
FIGURA 10: Insolação nas safras 2004/05 e 2005/06 comparada à média histórica segundo a Estação Meteorológica do Departamento de Fitotecnia da UFSM .....	61
FIGURA 11 - Mapa de teores de cálcio (a) e magnésio (b) do solo ( $\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$ ) na safra 2004/05 determinados com técnicas de manejo localizado .....	64
FIGURA 12 - Mapa de teores de cálcio (a) e magnésio (b) do solo ( $\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$ ) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado .....	65
FIGURA 13 - Mapa de teores de argila (a) e matéria orgânica (b) do solo (%) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado .....	65

FIGURA 14 - Mapa de alumínio trocável ( $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$ ) (a) e de saturação de alumínio do solo (%) (b) na safra 2004/05 determinados com técnicas de manejo localizado .....	66
FIGURA 15 - Mapa com estimativa de produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (a) e população de plantas de arroz (milhões. $\text{ha}^{-1}$ ) (b) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado .....	69
FIGURA 16 - Mapa do número de panículas de arroz ( $\text{panículas}\cdot\text{m}^{-2}$ ) (a) e altura da lâmina de água de irrigação (cm) (b) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado .....	70
FIGURA 17 – Gráfico com autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2004/05 .....	78
FIGURA 18 – Gráfico com autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2005/06 .....	79
FIGURA 19: Mapa com escores da componente principal 1 (a) e mapa com estimativa de produtividade de arroz irrigado (b) para cada ponto da malha de amostragem na safra 2004/05 .....	80
FIGURA 20: Mapa com escores da componente principal 1 (a) e mapa com estimativa de produtividade de arroz irrigado (b) para cada ponto da malha de amostragem na safra 2005/06 .....	80
FIGURA 21 - Mapa do índice SMP do solo na safra 2004/05 (a) e do número de quadros existentes na área do experimento determinados com técnicas de manejo localizado .....	81
FIGURA 22 - Mapa teórico de recomendação de calagem com duas doses (a) e mapa de aplicação de calcário em doses variáveis (b) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado .....	82
FIGURA 23 - Produtividade de arroz irrigado em função da aplicação de doses de calcário na safra 2005/06 .....	83
FIGURA 24 - Mapa de margem líquida (produtividade – custo de produção em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na produção de arroz irrigado na safra 2004/05 (a) e na safra 2005/06 (b) determinados com técnicas de manejo localizado .....	85
FIGURA 25 - Área (ha) em cada categoria de margem líquida na produção de arroz irrigado nas safras 2004/05 e 2005/06 .....	86

FIGURA 26 - Mapa das zonas de manejo (produtividade de grãos em kg.ha <sup>-1</sup> ) na cultura de arroz irrigado na safra 2004/05 (a) e na safra 2005/06 (b) determinados com técnicas de manejo localizado .....	88
FIGURA 27 - Área de cada zona de manejo na cultura de arroz irrigado nas safras 2004/05 e 2005/06 .....	89
FIGURA 28 - Mapa dos quadros existentes na área do experimento com respectivo número de identificação .....	116

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Custo de produção médio de arroz irrigado no RS na safra 2004/05 .....	54
TABELA 2 - Critérios utilizados na determinação das zonas de manejo (produtividade) .....	55
TABELA 3 - Estimativa de produtividade de arroz irrigado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem nas safras 2004/05 e 2005/06 .....	59
TABELA 4 – Parâmetros comparativos da estimativa de produtividade de arroz irrigado entre as safras 2004/05 e 2005/06 .....	60
TABELA 5 – Coeficiente de Variação (CV) encontrado na estimativa de produtividade de arroz irrigado em cada ponto amostral entre as safras 2004/05 e 2005/06 .....	62
TABELA 6 - Correlações entre atributos químicos do solo e a estimativa de produtividade de arroz irrigado analisados nas safras 2004/05 e 2005/06 .....	63
TABELA 7 – Valor mínimo, máximo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para cada atributo de solo analisado na safra 2004/05 .....	67
TABELA 8 – Valor mínimo, máximo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para cada atributo de solo analisado na safra 2005/06 .....	68
TABELA 9 - Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2004/05 .....	72
TABELA 10 - Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2005/06 .....	73
TABELA 11 - Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2004/05 .....	74
TABELA 12 - Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2004/05 .....	75
TABELA 13 - Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2005/06 .....	76
TABELA 14 - Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2005/06 .....	77
TABELA 15 - Análise econômica simplificada comparando a aplicação de calcário à taxa fixa e taxa variável na área do experimento na safra 2005/06 ...	83

TABELA 16 - Análise simplificada da viabilidade econômica do manejo localizado na cultura do arroz irrigado .....	84
TABELA 17 - Dados de produtividade de grãos de arroz irrigado utilizados na determinação das zonas de manejo .....	87
TABELA 18 - Intervalo de produtividade de grãos de arroz irrigado utilizado na determinação de cada zona de manejo .....	87
TABELA 19 - População de plantas de arroz irrigado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem na safra 2005/06 .....	112
TABELA 20 - Número de panículas de arroz irrigado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem na safra 2005/06 .....	113
TABELA 21 - Altura da lâmina de água de irrigação na cultura de arroz irrigado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem na safra 2005/06 ...	114
TABELA 22 - Margem líquida na produção de arroz irrigado (produtividade – custo de produção em kg.ha <sup>-1</sup> ) em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem nas safras 2004/05 e 2005/06 .....	115
TABELA 23 - Área correspondente a cada quadro existente na área do experimento .....	117
TABELA 24 – Recomendações de doses de calcário para corrigir a acidez do solo, visando elevar o pH em água a 5,5 pelo método do Índice SMP (Comissão de fertilidade do solo RS/SC, 2004) .....	118

## LISTA DE ABREVIATURAS

Al – Alumínio trocável

Arg – Argila

Ca – Cálcio trocável

Ca/Mg – Relação Cálcio/Magnésio trocável

Ca/K – Relação Cálcio/Potássio trocável

CTCE – Capacidade de Troca de Cátions Efetiva

CTC7 – Capacidade de Troca de Cátions à pH 7

CV – Coeficiente de Variação

GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

ha - hectare

H + Al – Hidrogênio + Alumínio trocável

IAF – Índice de Área Foliar

IRGA – Instituto Rio-Grandense do Arroz

K – Potássio trocável

$K\sqrt{Ca+Mg}$  – Relação Potássio/Cálcio + Magnésio trocável

LaAg – Lâmina de Água de irrigação

Mg – Magnésio trocável

MO – Matéria Orgânica

Mg/K – Relação Magnésio/Potássio trocável

Npan – Número de panículas de arroz

P – Fósforo Disponível

pH – pH em água do solo

Pop – População de plantas de arroz

ROLAS – Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo

SatAl – Saturação de Alumínio

SatBa – Saturação de bases

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SMP – Índice SMP do solo

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira Arroz Irrigado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1	Caracterização do problema .....	17
1.2	Justificativa .....	18
1.3	Objetivos .....	19
1.4	Hipótese .....	19
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
2.1	Variabilidade espacial de atributos do solo .....	21
2.2	Benefícios do manejo localizado .....	22
2.3	Correlações entre atributos de solo e produtividade .....	25
2.4	Técnicas geoestatísticas utilizadas em manejo localizado .....	29
2.5	Mapas de produtividade .....	32
2.6	Unidades de manejo .....	35
2.7	Aplicação de insumos à taxa variável .....	41
2.8	Manejo localizado na cultura do arroz .....	44
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>46</b>
3.1	Localização da área experimental .....	46
3.2	Mapeamento da área e georreferenciamento das amostras .....	47
3.3	Determinação de atributos químicos do solo .....	48
3.4	Determinação de atributos de manejo e da cultura de arroz irrigado .....	49
3.4.1	Semeadura da cultura de arroz irrigado .....	49
3.4.2	Determinação da população de plantas de arroz irrigado .....	50
3.4.3	Determinação da altura da lâmina de água de irrigação .....	50
3.4.4	Amostragem de plantas de arroz irrigado para estimativa da produtividade da cultura .....	52
3.4.5	Determinação do número de panículas de arroz irrigado por área .....	53
3.5	Aplicação de insumos em taxas variáveis .....	53
3.6	Determinação da margem líquida na produção de arroz irrigado ...	54
3.7	Determinação de zonas de manejo (produtividade) na cultura de arroz irrigado .....	55



3.8	Elaboração e correlação de modelos digitais .....	56
3.9	Análise multivariada dos dados (Componentes Principais) .....	56
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>58</b>
4.1	Estimativa de produtividade de arroz irrigado .....	58
4.2	Correlações entre atributos químicos do solo e estimativa de produtividade de arroz irrigado .....	63
4.3	Correlações entre atributos de manejo, da cultura e estimativa de produtividade de arroz irrigado .....	68
4.4	Análise de componentes principais entre atributos químicos do solo, de manejo, da cultura e estimativa de produtividade de arroz irrigado .....	71
4.5	Aplicação de calcário à taxa variável .....	81
4.6	Margem líquida na produção de arroz irrigado .....	85
4.7	Zonas de manejo (produtividade) na cultura de arroz irrigado .....	86
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>90</b>
6	<b>RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>91</b>
7	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>92</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>111</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Caracterização do problema

A agricultura praticada é enfocada em grandes áreas entendidas como homogêneas, levando ao conceito da necessidade média para a aplicação de insumos, o que faz com que a mesma quantidade de insumos seja utilizada para toda a área, atendendo apenas as necessidades médias e não considerando as necessidades específicas de cada parte da lavoura. No sistema de gerenciamento agrícola tradicional, geralmente não se leva em conta a variabilidade espacial dos atributos de solos e da amostragem de solo, usada para a recomendação de adubação e calagem.

O manejo localizado, também conhecido genericamente como “agricultura de precisão” é um conceito de manejo de solo-planta-atmosfera, baseado em princípios de gerenciamento agrícola de informações sobre variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade. Esta forma de manejo propõe-se a aumentar a eficiência do gerenciamento na atividade agrícola, através da utilização de um conjunto de ferramentas que modificam substancialmente as técnicas existentes, permitindo a identificação da variabilidade dos atributos da lavoura e a sua intervenção de forma específica. O sistema de amostragem de solo em grade é uma técnica que vem sendo utilizada com sucesso para a detecção da variabilidade dos atributos do solo, que consiste no georreferenciamento das amostras de solo através do uso do GPS (Global Positioning System). A adoção desta ferramenta de gerenciamento se justifica pelo fato de que as áreas de cultivo podem ter consideráveis variações espaciais em seus atributos, tais como tipo de solo, características físicas, produtividade e necessidade de nutrientes.

Estas novas técnicas utilizam máquinas, equipamentos, eletrônica, computação (softwares) e pessoal especializado, com o objetivo de prover uma ferramenta mais apurada no que diz respeito a administração agrícola, colocando a disposição tecnologias que proporcionam informações capazes de transformar a atividade agrícola em empresarial. O aperfeiçoamento na utilização dos recursos disponíveis proporciona melhoria na conservação do meio ambiente e na qualidade dos produtos, o que resultará em aumento da competitividade no agronegócio. Para

isto, há necessidade de profissionais capazes de interrelacionar todas as informações que envolve a agricultura, proporcionando um alto nível de controle do uso de insumos e das práticas agrícolas na produção vegetal.

A aplicação das técnicas de manejo localizado pode gerar um incremento na eficiência de uso destes recursos aplicados, maximizando os lucros e protegendo o meio ambiente pela diminuição do uso indevido. Excesso de fertilizante pode gerar impactos negativos na qualidade do solo e da água e reduzir as margens de lucro, enquanto que a sua falta pode restringir a produtividade e a qualidade da cultura.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizados para confeccionar cartas e mapas, auxiliam a representação espacial de distribuição dos dados adquiridos e registrados, sob a forma de um sistema de coordenadas. Diferentes informações podem ser registradas e representadas, como a produtividade da lavoura e os atributos do solo, produzindo-se diferentes mapas, os quais são úteis para o gerenciamento agrícola e ambiental, fornecendo importantes modelos agrônômicos para tomada de decisão.

## **1.2 Justificativa**

Atualmente, as técnicas de manejo localizado estão mais difundidas nas culturas de soja, milho e trigo, através da elaboração de mapas de produtividade, de atributos de solo e aplicação de insumos em taxas variáveis. Entretanto, para a cultura do arroz irrigado, estas técnicas ainda não foram avaliadas, representando uma área potencial para desenvolvimento desta estratégia de gerenciamento agrícola, pois somente no Estado do Rio Grande do Sul são cultivados anualmente aproximadamente um milhão de hectares com esta cultura. O rendimento do arroz é afetado por vários fatores como preparo e manejo do solo, nível de fertilidade do solo, aplicação de fertilizantes e densidade de semeadura. A produtividade média de arroz no RS é de  $5500 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto o potencial produtivo da maioria das cultivares é de  $10000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### 1.3 Objetivos

O objetivo geral do trabalho foi comparar o manejo localizado com o manejo tradicional na cultura do arroz irrigado, descrevendo as suas técnicas e seus pressupostos e identificando os fatores técnicos e econômicos correlatos de modo a proporcionar uma análise de viabilidade.

Os objetivos específicos do trabalho são os seguintes:

- Dimensionar a variabilidade espacial de atributos de solo e produtividade de grãos da cultura do arroz irrigado;
- Elaborar mapas de produtividade de grãos da cultura de arroz irrigado, de atributos de solo, de manejo e de aplicação de insumos a taxas variáveis;
- Determinar as correlações entre os mapas de atributos solo, de manejo e de produtividade de grãos da cultura de arroz irrigado;
- Identificar as variáveis que explicam a maior parte da variabilidade na produção de arroz irrigado, bem como a relação existente entre elas;
- Determinar a margem líquida na produção de arroz irrigado;
- Determinar zonas de manejo na cultura de arroz irrigado em função da produtividade de grãos;
- Analisar a viabilidade técnica e econômica da aplicação das técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado.

### 1.4 Hipótese

A eficiência técnica e econômica é aumentada na produção de arroz irrigado utilizando o manejo localizado, identificando fatores limitantes à produção através da determinação de correlações entre atributos de solo, de manejo e da cultura.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O manejo localizado consiste em aplicar no local correto (espaço), no momento adequado (tempo), as quantidades de insumos necessários (quantidade) à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam (Dobermann & Ping, 2004). Também pode ser caracterizado como um conceito de manejo de solo-planta, baseado em princípios de gerenciamento agrícola de informações sobre variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade (Mercante et al., 2004). A adoção desta ferramenta de gerenciamento justifica-se pelo fato de que, apesar da maioria dos produtores agrícolas considerar o solo uniforme, as áreas de cultivo podem ter consideráveis variações espaciais em seus atributos, tais como tipo de solo, características físicas, produtividade e necessidade de nutrientes.

A interpretação de um mapa de produtividade, com a finalidade do gerenciamento da lavoura, deve considerar principalmente as causas consistentes de variabilidade. As dificuldades consistem na identificação e na separação de cada uma das classes de variabilidade e na investigação das suas causas. Estas causas só podem ser compreendidas acompanhando e analisando os possíveis fatores que influenciam a variabilidade durante safras seguidas (Camargo et al., 2004). Deste modo, Molin (2002) utilizou mapas sequenciais de produtividade para determinação de unidades de gerenciamento. A metodologia utilizava mapas normalizados em torno da produtividade média do talhão e uma análise da variabilidade local a partir de um coeficiente de variação limite, estabelecido em 30%, para considerar produtividades inconsistentes acima deste valor.

O rendimento de arroz é afetado por vários fatores. Neste sentido, Dobermann (1994) verificou que o nível de fertilidade do solo, o preparo do solo, a aplicação de fertilizante nitrogenado, a densidade de semeadura e a disponibilidade de fósforo explicaram 56% da variação no rendimento de arroz e que o pH do solo, o microrelevo, o crescimento de plantas daninhas e a densidade de semeadura são os principais fatores que afetam o rendimento do arroz. O autor propõe o pH do solo como um critério para mapeamento da fertilidade do solo.

Casanova et al. (2002) concluíram que para quantificar o rendimento de arroz a campo, além do número de panículas e espiguetas, são necessários, o percentual

de grãos estéreis, a intensidade de infestação de plantas daninhas e a heterogeneidade espacial da área. Em trabalho de pesquisa diagnosticaram que a precisão na correlação de rendimento destas cinco variáveis foi de 94% e quatro fatores principais limitaram o crescimento do arroz, sendo eles, deficiência de potássio e de zinco, estabelecimento da planta e comprimento do ciclo de crescimento, com correlação de 76%.

## **2.1 Variabilidade espacial de atributos de solo**

A variabilidade do solo é causada por variações no clima, topografia, material de origem, vegetação, processos geológicos e pedológicos complexos e práticas de manejo do solo. Estes fatores influenciam a variabilidade em diferentes escalas (Cahn et al., 1994; Cambardella et al., 1994; Mallarino, 1996). Em escala regional, fatores climáticos, sistemas de uso do solo, cobertura vegetativa e características da superfície do solo são os principais fatores que afetam a variação. Em escala de campo, os principais fatores que influenciam a variabilidade são o tipo de solo, a topografia, a cultura anterior e as práticas de manejo do solo. Em menor escala, a orientação da linha da cultura, o método de aplicação de nutrientes, o cultivo e a compactação podem predominar como as causas de variabilidade.

A agricultura convencional, praticada pela maioria dos agricultores, geralmente faz uso maciço de insumos agrícolas. Estes, além de aumentar os custos de produção, podem causar contaminação das águas superficiais e subterrâneas, comprometendo assim a utilização deste recurso natural, imprescindível à humanidade. O desenvolvimento sustentável obriga a adoção de tecnologias avançadas, com o objetivo de diminuir as diferenças entre a produtividade experimental e real, não obstante as particularidades dos diferentes agroecossistemas.

Tentativas de dividir a lavoura em parcelas e tratá-las de forma diferenciada já foram propostas e testadas, mas apenas recentemente, com o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, tem sido possível realizar esse tipo de procedimento de forma mais simples e rápida (Lamparelli et al., 2001).

A análise da variabilidade regionalizada do solo e da sua gênese tem sido explorada como um dos recursos de definição de unidades de gerenciamento. A

análise de uma sequência de mapas de produtividade é uma forma de definir tais unidades em um talhão, associando-se às características de solo.

O estudo da dependência espacial de variáveis relacionadas com a agricultura é importante e necessária para caracterizar a área e na geração de mapas temáticos, os quais facilitam a compreensão do comportamento e ocorrência dessas variáveis nas áreas estudadas e, conseqüentemente, a interferência no processo de produção.

A dependência espacial pode ser modelada se os dados apresentarem variabilidade espacial contínua na área de estudo. Ao tratar da variabilidade espacial ou dependência espacial em atributos físicos e químicos do solo, cujos dados tem natureza contínua, pode levar a entender que somente dados contínuos apresentam variabilidade espacial contínua. No entanto, dados de natureza discreta, como é o caso de dados obtidos pelo processo de contagem, também podem variar continuamente no espaço, caracterizando, desta forma, variação contínua e conseqüentemente, modelar estruturas de dependência espacial (Roman et al., 2004). Segundo os autores acima citados, a correlação espacial da variável emergência de plântulas e número de perfilhos foi detectada e modelada pelas técnicas geoestatísticas, sendo possível de se conhecer o comportamento de suas variações no espaço em que foram amostradas. Essas variáveis são influenciadas uma pelas outras até um raio de 200 metros e depois deste raio, suas ocorrências são independentes.

## **2.2 Benefícios do manejo localizado**

O manejo localizado consiste de um conjunto de técnicas que envolvem máquinas, equipamentos, softwares e pessoal especializado, com o objetivo de prover uma ferramenta mais apurada no que diz respeito ao gerenciamento agrícola, colocando a disposição tecnologias que proporcionam informações capazes de transformar a atividade agrícola em empresarial. Nesta lógica de atuação, há necessidade de profissionais com visão holística, capazes de interrelacionar todas as informações que envolvem a agricultura (Focht et al., 2004).

Neste sentido, o manejo localizado foge ao contexto de manejo em sítio específico para um sistema de maior amplitude, onde as variáveis não dizem

respeito somente a produtividade, mas também a fatores ambientais e agrônômicos. As técnicas empregadas em manejo localizado visam a maximização da utilização dos recursos disponíveis, buscando constantemente a minimização dos custos associada a incrementos de produtividade, o que resulta em aumento da margem final.

A dosagem, época e metodologia empregada na aplicação de determinado insumo interferem diretamente sobre a sua resposta final sobre a produtividade. Em virtude disso, a tomada de decisão durante o processo de implantação e condução das atividades de manejo localizado em uma determinada área não podem limitar-se somente a modelos e cálculos de quantidades, devendo-se dar atenção aos demais critérios a serem abordados.

Difícilmente se consegue solucionar ou minimizar um problema sem que se conheça sua(s) causa(s) (Malavolta, 1980). Assim, para que se possa planejar e implementar adequadamente técnicas para resolução de problemas e que resultem oportunamente em incrementos de produtividade, se faz necessária a caracterização da área trabalhada. Para tanto, lança-se mão de diferentes metodologias de caracterização, tal como a malha de amostragem, proposta por Roloff & Focht (2002).

A prática de adubação de solos é considerada uma das principais etapas no processo de produção agrícola. A sua determinação é feita, principalmente, com base em dados de análise química de solo, os quais são coletados de forma a representar de maneira mais fiel a fertilidade da área em questão, porém, buscando-se sempre uma razão econômica. Atualmente, a maior parte das amostragens de solo são realizadas de forma a representar talhões.

Raj (1991) recomenda a delimitação de glebas homogêneas em até 10 ha, sendo retiradas de 15 a 20 subamostras, as quais irão compor a amostra referente a esta área. Em caso de haver certa variabilidade espacial das características do solo dentro desta área, ocorrerá conseqüentemente um excesso ou falta de fertilizante em algumas partes da área. Excesso de fertilizantes pode gerar impactos negativos na qualidade das águas subterrâneas e reduzir as margens de lucro, enquanto que a sua falta pode restringir a produtividade e a qualidade da cultura (Mohamed et al., 1996).

O manejo localizado vem se destacando como uma forma de gerenciamento localizado da lavoura, realizada através da disponibilização de ferramentas que



permitem a identificação da variabilidade dos atributos da lavoura e a sua intervenção de forma localizada. Molin (1998) reforça a importância do sistema de localização GPS (Sistema de Posicionamento Global) como responsável pela impulsão do manejo localizado. O sistema de amostragem de solo em grade é uma técnica que vem sendo utilizada com sucesso para a detecção da variabilidade dos atributos do solo, que consiste no georreferenciamento das amostras de solo através do uso do GPS.

A variabilidade espacial dos atributos físico-químicos do solo é um fato e pode ocorrer em várias escalas, sendo que Rajj (1991) cita variação destas propriedades em distâncias medidas em centímetros. Esta variabilidade, detectada pelas amostras de solo, podem ser visualizadas através de mapas gerados em programas específicos para o gerenciamento de dados espacializados, denominados SIG (Sistema de Informação Geográfica). As amostragens de solo feitas para a geração de mapas de fertilidade, em sua grande maioria, são realizadas de acordo com uma grade amostral definida previamente com base nas características da área e na densidade amostral desejada. Molin (2000) cita que agricultores norte-americanos têm conseguido detectar a variabilidade espacial contida nos talhões utilizando 1 a 2,5 amostras/hectare. A densidade amostral que vem sendo comumente utilizada para esta finalidade por parte dos produtores brasileiros varia em torno de 1 amostra a cada 5 hectare para áreas mais homogêneas e 1 amostra a cada 3 hectare para áreas mais heterogêneas.

Os mapas de fertilidade são criados através da inserção dos dados de posicionamento e dos teores de nutrientes da análise química no software apropriado, o qual processa os dados através de uma técnica geoestatística denominada interpolação, que estima valores para as regiões não amostradas. A partir dos pontos amostrais são criadas quadrículas, menor unidade de resolução dos mapas, que representam áreas de no mínimo 100 m<sup>2</sup> no mapa, sendo-lhes atribuídos valores de fertilidade e posicionamento. Com base nos mapas de fertilidade, mapas de recomendação de adubação podem ser gerados por determinados softwares, através da aplicação de uma equação de cálculo de adubação a cada quadrícula do mapa. Sendo assim, todo o mapa terá uma recomendação de adubação baseada no valor inerente de cada quadrícula (Menegatti et al., 2004).

Sendo identificada a variabilidade espacial da fertilidade do solo, é possível realizar a intervenção localizada através da aplicação variável do fertilizante. Esta técnica pode ser realizada através de máquinas adubadoras providas de um sistema controlador de dosagem hidráulico-eletrônico. Este tipo de equipamento, associado a um GPS, permite que a máquina adubadora aplique o fertilizante de acordo com um mapa de recomendação estabelecido previamente.

Resultados obtidos por Menegatti et al. (2004) mostraram uma redução no consumo de 35% para calcário e 39% para fósforo com aplicação em taxa variada, quando comparada com a aplicação em taxa fixa. A tecnologia de manejo localizado vai além da aplicação em taxa variada, a qual deve ser encarada como uma nova maneira de gerenciar grandes áreas e não apenas como uma recomendação diferente da tradicional. A adoção de outras tecnologias complementares pode facilitar e melhorar a implementação do manejo localizado.

Segundo Schiebelbein et al. (2004), o mapeamento dos atributos do solo associado ao mapeamento da produtividade, mostrou-se fundamental para determinação dos fatores limitantes. As aplicações realizadas em taxa variável foram efetivas nas correções necessárias, respeitando a variabilidade existente na área. O incremento de produtividade é o resultado de um conjunto de medidas, onde não basta determinar a causa dos problemas se as suas correções não forem realizadas de forma adequada.

### **2.3 Correlações entre atributos de solo e produtividade**

O manejo localizado difere do manejo agrícola tradicional por tentar identificar e mostrar a variabilidade espacial do solo e exigências da cultura em escala dentro do campo. Para modelar as relações entre propriedades de solo e rendimento é necessário identificar, em ordem, as causas da variação do rendimento e determinar que mudanças, para o manejo do ambiente de solo, deveriam indicar para realização.

As propriedades do solo que limitam o rendimento podem ser manejáveis ou não manejáveis. As propriedades manejáveis podem ser alteradas para evitar que as mesmas limitem o rendimento. Os fatores não manejáveis praticamente não podem ser alterados e determinarão o potencial máximo de rendimento atingível em

um local. Como as exigências da cultura variam com o rendimento, as necessidades específicas de manejo mudarão, dependendo dos potenciais de rendimentos, por exemplo, o requerimento de fertilizante pode ser reduzido em áreas de baixo rendimento (Shatar & Mcbratney, 1999).

Mais especificamente, os modelos de resposta de rendimento são necessários para previsão dos rendimentos (potenciais de rendimento) e determinar as exigências da cultura para obter estes rendimentos. A identificação das relações locais é necessária para identificar a ordem dos fatores limitantes à produção e avaliar mais precisamente as exigências da cultura. Por exemplo, as recomendações tradicionais de fertilizantes geralmente são derivadas de uma resposta média de rendimento calculado para uma área grande, a qual diminui a precisão das recomendações para determinado local, porque são ignoradas diferenças nos fatores limitantes do rendimento (Sudduth et al., 1997).

Pesquisando as relações entre o rendimento e as propriedades locais e do solo, Sudduth et al. (1996) encontraram diferenças na resposta do rendimento entre lavouras e entre regiões dentro das lavouras e sugeriu que outros métodos utilizados para subdividir as lavouras precisam ser estudados para facilitar a subdivisão em áreas que têm resposta de rendimento uniforme. Em estudo semelhante, Mallarino et al. (1996) encontraram que algumas propriedades locais e do solo podem ser altamente variáveis sem estar relacionadas à variação de rendimento e que as causas da variação de rendimento são provavelmente diferentes entre lavouras. Subdividindo uma lavoura de acordo com as propriedades locais ou de solo podem não resultar na criação de áreas com resposta de rendimento uniforme. Portanto, algum método de identificação dos fatores que limitam o rendimento em diferentes locais é necessário.

A produção dos vegetais depende de fatores extrínsecos e intrínsecos à planta. Como exemplo de extrínsecos, cita-se a disponibilidade de CO<sub>2</sub>, de água, de nutrientes e de radiação. Como exemplo de intrínsecos, cita-se o ciclo de fixação de CO<sub>2</sub>, o aparato fotossintético e a arquitetura foliar, entendendo-se como arquitetura foliar as dimensões e ângulo da folha em relação ao plano vertical, os quais são importantes determinantes da população e distribuição espacial de plantas. Os fatores extrínsecos, com exceção à radiação, podem ser manejados pelo homem e, portanto, não se constituem em empecilho ao aumento de produtividade (Machado, 1985; Duvick, 1992; Machado et al., 2001).

A distribuição de plantas pode ser traduzida como a uniformidade do Índice de Área Foliar (IAF) na cultura, sendo que uma distribuição uniforme reduz o coeficiente de extinção da luz no dossel, resultando em maior produtividade (Loomis & Willians, 1969; Sachulze & Caldwell, 1995). Teoricamente, a estrutura ideal de dossel é aquela que maximiza a interceptação da radiação e minimiza a irradiação, o que é obtido com a maximização e uniformidade do Índice de Área Foliar (IAF) da cultura (Kiniry et al., 2002).

Com relação às condições ambientais, aspectos relacionados à nutrição e ao solo são importantes componentes do rendimento, visto que os aumentos de rendimentos verificados não são decorrentes de aumentos na produção biológica, mas sim, da melhor adaptação ecológica das cultivares e do uso intensivo de tecnologia, principalmente a fertilização, filosofias da chamada Revolução Verde (Lovenstein et al., 1995; Horton, 2000).

As necessidades nutricionais variam em função da produção da planta, que por sua vez, é função da interação com o ambiente; portanto, na exploração sustentada existe a necessidade de se disponibilizar à planta o total de nutrientes extraído, os quais devem ser fornecidos pelo solo e pelas adubações (Lovenstein et al., 1995).

Molin (2000) e Braga & Jones (2001) consideram essenciais, e ao mesmo tempo escassas, informações para quantificar a interação das cultivares e técnicas de manejo com a oferta ambiental, notadamente aspectos relacionados ao solo. Em geral, a escassez dessas informações é decorrente da complexidade na instalação de experimentos em delineamentos tradicionais, a exemplo de blocos em parcelas com repetições, para avaliação das interações entre população e distribuição espacial de plantas com atributos do solo (Warick & Nielsen, 1980; Luchiari et al., 2000; Braga & Jones, 2001).

Com o advento de sistemas de navegação global por satélites e dos Sistemas de Informações Geográficas, os quais permitem facilmente a localização geográfica de pontos e também o armazenamento de informações referentes àquele ponto (Luchiari et al., 2000; Molin, 2001; Braga & Jones, 2001), vislumbra-se a possibilidade de aplicação dessas técnicas para estudos agronômicos, a exemplo das interações entre população e distribuição espacial de plantas com teores de nutrientes no solo, mantendo-se os princípios básicos da estatística experimental,

quais sejam, unidade experimental, repetição e casualização (Gomes, 1963; Weiss & Hassett, 1982).

Segundo Vieira Junior et al. (2004), a metodologia do emprego de parcelas amostrais georreferenciadas e análise de regressão mostrou-se aplicável ao estudo dos efeitos da população e distribuição espacial de plantas, sendo possível, ainda, estimar os efeitos dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e saturação de bases sobre o rendimento de grãos de milho.

O crescimento e desenvolvimento da planta que as leva a produzir grãos dependem da harmonia de uma série de fatores ambientais. A absorção de nutrientes é um dos fatores importantes para que se tenha boas produções e qualquer obstáculo que restrinja o crescimento radicular reduz a absorção.

Existem diversos fatores que ocasionam um crescimento deficiente do sistema radicular de plantas cultivadas, como danos causados por insetos e moléstias, deficiências nutricionais, acidez do solo, drenagem insuficiente, baixa taxa de oxigênio, temperatura imprópria do solo, compactação do solo e dilaceramento celular. Dentre essas limitações, a compactação do solo atinge, muitas vezes, dimensões sérias, pois ao causar restrições ao crescimento e desenvolvimento radicular, acarreta uma série de problemas que afetam a produção das plantas. Os problemas de ordem agrônômica são aumento da resistência mecânica à penetração radicular, redução da aeração, alteração do fluxo de água e calor e da disponibilidade de água e nutrientes (Silva et al., 2004).

Segundo Torres & Saraiva (1999), o ideal seria que as medidas para quantificar a resistência do solo fossem feitas por métodos diretos, ou seja, através do próprio sistema radicular. Porém esses métodos são de difícil aplicação prática, principalmente nas culturas de grande valor comercial, onde se cultivam milhares de hectares e o planejamento do preparo do solo na maioria das vezes é feito às pressas. Mesmo assim, os penetrômetros, apesar das limitações, ainda são um meio importante para avaliar a resistência do solo. No momento da determinação da resistência mecânica à penetração no campo, deve-se ter uma atenção redobrada com a umidade, pois ela pode interferir nos resultados ao longo do perfil do solo.

No monitoramento da compactação é necessário estudar o histórico de produção e de manejo da área. Faz-se necessário também observar algumas causas que estão relacionadas a compreensão da compactação do solo (intensidade, extensão, profundidade, espessura e tempo). Há necessidade da

verificação do que possa causar um decréscimo da produção, como problemas climáticos, pragas ou doenças, deficiências nutricionais, acidez do solo e outras (Silva, 2002).

Analisando as correlações entre atributos de solo e produtividade de soja, Werner (2004) encontrou correlações positivas de 39,4% para o cálcio, 37% para o magnésio, 23% para o potássio, 18% para a matéria orgânica, 13,8% para o pH e 10,5% para a população de plantas da cultura. Quanto as correlações negativas, estas foram de 46% para a resistência à penetração, 27% para as plantas invasoras, 9,1% para o fósforo e 0,4% para o teor de argila.

## **2.4 Técnicas geoestatísticas utilizadas em manejo localizado**

Com a crescente necessidade de manter o ambiente, mais atenção está sendo dada ao manejo da variação no rendimento pela variação nas contribuições. Assim, a tecnologia de manejo localizado depende do conhecimento adequado das propriedades do solo ao longo do campo. Isso possibilitará que fertilizantes sejam aplicados de acordo com o requerimento de diferentes partes do campo. Deste modo, os produtores não estão interessados somente em conhecer a variação espacial das propriedades do solo, mas também em identificar as fontes de variação devido as atividades de manejo e ao tipo de solo (Bourennane et al., 2004).

As técnicas da geoestatística trabalham com problemas de espacialização de variáveis e representam uma promissora ferramenta para trabalhos em Sistema de Informação Geográfica em três aplicações básicas: (a) estimativas: para inferir atributos em pontos diferentes daqueles originais, isto é, onde estes não foram coletados; (b) previsões: para detectar tendências e locais de máximos e mínimos; (c) desenhos de experimentos: para otimizar a segmentação da área em unidades de espaço (Valeriano & Prado, 2001).

As relações espaciais entre o rendimento e as propriedades do solo no manejo em local específico foram estudadas usando análise geoestatística univariada (Cassel et al., 2000; Frogbrook et al., 2002) e técnica geoestatística multivariada, como análise de krigagem (Bourennane et al., 2004).

Para determinar escalas de dependência espacial, a análise de krigagem desenvolvida por Matheron (1982) e previamente usada em ciência do solo

(Goovaerts, 1992) foi executada. Esta técnica geoestatística multivariada descreve as relações espaciais como também separa as fontes de variação de acordo com a escala espacial à qual ela trabalha.

Segundo Bourennane et al. (2004), as técnicas geoestatísticas multivariadas, como a análise de krigagem, são satisfatórias em fornecer medidas quantitativas de interações complexas entre propriedades de solo e pode ser particularmente útil para formulação de hipóteses da causa da variabilidade. Deste modo, um melhor manejo da variabilidade espacial e temporal associado com todos os aspectos do manejo localizado, torna-se possível melhorar o desempenho da cultura e a qualidade ambiental.

A técnica da krigagem minimiza o erro (variância) associado a cada estimativa. Além da estimativa do valor da variável, a técnica possibilita a estimativa da variância amostral para cada ponto. Isto permite a seleção de esquemas de amostragem para o mapeamento ótimo de variáveis espacializadas (Valeriano & Prado, 2001).

Outro método para analisar as correlações espaciais e determinar a escala de dependência espacial entre propriedades do solo é executar análise de co-regionalização. Esta técnica geoestatística descreve e resume as relações espaciais das propriedades do solo selecionadas. Estudos prévios mostraram claramente que uma análise de co-regionalização seria mais esclarecedora que uma análise geoestatística univariada (Bocchi et al., 2000; Bourennane et al., 2003; Castrignano et al., 2000a,b; Dobermann et al., 1997; Goovaerts & Webster, 1994; Webster et al., 1994).

A escala de variação do rendimento da cultura pode ser relacionada às propriedades de solo. Isso tem implicações importantes para o manejo localizado no sentido de que dados auxiliares como o rendimento, o qual é facilmente obtido por muitos produtores, poderia fornecer informação sobre a escala de variação das propriedades de solo.

Atualmente, o mapeamento da produtividade é realizado usando-se sistemas de informação geográfica, a partir dos valores de rendimento da cultura adquiridos a campo, por sensores acoplados em colhedoras, em função do tempo de aquisição. Porém, este tipo de mapeamento apresenta as áreas de maior ou menor produtividade segundo um critério de divisão em classes distintas, sem levar em

consideração a correlação espacial entre os valores adquiridos a campo (Aguiar et al., 2004).

Apesar de se saber que a produtividade de uma cultura agrícola é função, entre outras coisas, da fertilidade do solo, trabalhos realizados analisando-se a correlação de fatores químicos de solo com produtividade têm evidenciado uma baixa correlação entre os dados. Porém, a técnica de análise de regressão utilizada na maioria destes estudos não se fundamenta em um critério espacial, mas sim na análise isolada de cada ponto no espaço.

De acordo com a Teoria da Variabilidade (Deming, 1990), pode-se incorrer em dois erros quando se pretende melhorar um determinado processo: tratar como causa especial qualquer falha, quando realmente essa deficiência é procedente de causa comum; e atribuir a causas comuns qualquer falha, quando realmente essas deficiências são precedentes de uma causa especial. A partir desta teoria se materializa o conceito do Controle Estatístico de Processo, que nada mais é que o conhecimento dos procedimentos visando a menor perda econômica advinda dos dois erros acima citados.

Várias pesquisas têm sido realizadas para descrever e quantificar a variabilidade espacial do solo, especialmente a adoção da geoestatística por cientistas do solo (Mcbratney & Pringle, 1999). A variabilidade espacial do solo pode ser vista em uma variedade de escalas, entre regiões, entre campos ou em uma micro escala. O entendimento da variabilidade do solo é uma necessidade para melhorar o controle em cima do ambiente físico, porque o solo é o meio de crescimento para as culturas e estudando suas propriedades e padrões de variabilidade espacial podemos buscar a modificação do crescimento da cultura.

Algumas pesquisas em amostragem de solo para manejo localizado foram realizadas usando malha de amostragem ou uma maneira dirigida, baseada em conhecimentos anteriores sobre as relações de solo na paisagem. Wollenhaupt et al. (1997) apresentaram uma revisão de amostragem de solo e técnicas de interpolação e recomendaram o uso de uma sistemática de amostragem não alinhada para manejo em local específico, porque ela diminui a chance de que padrões importantes escapem por desatenção.

Segundo Moita Neto & Moita (1998), a redução de variáveis através de critérios objetivos, permitindo a construção de gráficos bidimensionais contendo maior informação estatística, pode ser conseguida através da técnica de estatística



multivariada denominada de análise de componentes principais. A análise de componentes principais consiste essencialmente em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixo mais conveniente para a análise dos dados.

Em outras palavras, as n-variáveis originais geram, através de suas combinações lineares, n-componentes principais, cuja principal característica, além da ortogonalidade, é que são obtidos em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a componente principal 1 detém mais informação estatística que a componente principal 2, que por sua vez tem mais informação estatística que a componente principal 3 e assim por diante. Este método permite a redução da dimensionalidade dos pontos representativos das amostras pois, embora a informação estatística presente nas n-variáveis originais seja a mesma dos n-componentes principais, é comum obter em apenas 2 ou 3 das primeiras componentes principais mais que 90% desta informação.

As novas variáveis, as componentes principais, são combinações lineares das variáveis originais e derivadas em ordem decrescente de importância tal que, por exemplo, a primeira componente principal é a combinação linear normalizada com variância máxima. Isto permite reduzir o número de variáveis e/ou analisar quais as variáveis ou quais conjuntos de variáveis explicam a maior parte da variabilidade total, revelando que tipo de relacionamento existe entre eles (Marques & Marques, 2005).

## **2.5 Mapas de produtividade**

O manejo localizado é praticado como um sistema de gerenciamento da produção agrícola, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores a ela relacionados. Segundo Senay et al. (1998), o manejo da variabilidade espacial da produção começa com o mapeamento da produtividade. Mapas de produtividade fornecem elementos básicos para o balanço de nutrientes e na avaliação de manchas de fertilidade (Schung et al., 1993), o que permite organizar o campo em zonas específicas de manejo, levando a uma eficiência no controle de todo o sistema. Como as culturas estão sujeitas aos efeitos integrados do clima, estresse (doenças, nutrientes e água) e propriedades do solo, o zoneamento possibilita o monitoramento e a tomada de decisão in loco.

Um dos questionamentos da adoção de ferramentas de manejo localizado está no custo de aquisição e depreciação dos equipamentos utilizados. Dentre estes equipamentos, os mais essenciais nas culturas de grãos são os sensores e monitores de produtividade, utilizados na geração de dados para a confecção de mapas de produtividade após a colheita, pois eles são os aferidores de qualquer atitude de manejo agrônomo localizado adotado na área. Segundo alguns autores (Makepeace, 1996; Molin, 2000), os mapas de produtividade são responsáveis por materializar a resposta da cultura e em alguns casos são essenciais.

Até o momento na geração de mapas de produtividade, todas as colhedoras devem possuir a instrumentação embarcada, isto é, sensores, monitores e GPS. Porém, devido à intensidade de coleta de dados dos monitores comerciais em geral, foi percebido por alguns agricultores que quando eles alternavam algumas passadas da colhedora instrumentada para otimizar o uso da mesma no mapeamento da produtividade, não perdiam as grandes tendências do mapa de produtividade. Desta forma, alguns agricultores já colhem suas áreas com colhedoras instrumentadas associadas a outras sem a instrumentação embarcada, gerando mapas de grandes tendências de produtividade (Shiratsuchi et al., 2004).

Já existem algumas pesquisas feitas com o objetivo de identificação de erros na configuração do tamanho da plataforma de colheita e a quantidade de grãos colhidos, onde é possível verificar os possíveis erros cometidos pelo erro de configuração e colheitas associadas com colhedoras não instrumentadas. Um método chamado MPGM (Multiple Purpose Grid Mapping) proposto por Taylor et al. (2000) não encontrou diferença ao se comparar tamanho de grades (malha) de 2 a 4 vezes a largura da plataforma, e segundo os autores uma grade de 2 vezes a largura da plataforma não compromete o detalhe de informação do mapa de produtividade e diminui a quantidade de dados coletados e armazenados eletronicamente.

Segundo Shiratsuchi et al. (2004), a interpolação por krigagem possibilitou a geração de mapas de produtividade de milho com a retirada de até seis faixas de 5,6 m. Isto possibilita realizar a colheita com uma colhedora instrumentada associada a outras 5 sem a instrumentação para o mapeamento da produtividade. Mapas por interpolação pelo inverso da distância podem ser gerados com intervalos de até quatro faixas de 5,6 m, depois da aplicação da MCF (Média Circular da Faixa) aos dados de produtividade georreferenciados. Desta forma, a interpolação pelo inverso

da distância possibilita a realização da colheita com uma colhedora instrumentada associada a outras três sem a instrumentação.

O mapa de produção é apenas uma etapa de todo o processo que envolve o manejo localizado e representa o efeito combinado de diversas fontes de variabilidade espacial e temporal. Uma parte desta variabilidade pode ser atribuída a fatores que são constantes ou variam lentamente, enquanto outros fatores são transitórios, mudando em sua importância e distribuição espacial e temporal de uma safra para outra (Capelli, 2003).

O método que permite a geração dos mapas detalhados de produtividade exige uma certa sofisticação para a obtenção dos dados essenciais. Inicialmente assume-se que o mapa de produtividade de um talhão é um conjunto de muitos pontos. Cada ponto representa uma pequena porção da lavoura (Molin, 2000).

Ao interpretar um mapa de produção com a finalidade de futuro gerenciamento localizado do campo, deve-se levar em conta principalmente as causas consistentes de variabilidade, já que para as que não persistem no tempo pode-se ter pouco ou nenhum controle. Aqui aparece uma das primeiras dificuldades que consiste na identificação e na separação de cada uma dessas classes de variabilidade (Borém et al., 2000).

Ainda neste sentido, a próxima dificuldade encontra-se na investigação das causas consistentes. Estas causas só podem ser compreendidas acompanhando-se e analisando-se os possíveis fatores que influenciam na variabilidade durante safras seguidas. Com esta metodologia espera-se resultados a partir da terceira safra e solução do problema da uniformidade da produção possivelmente após a quinta colheita.

A interpretação do mapa de produtividade é imprescindível para a correção dos fatores de produção que persistem ao longo do tempo, tais como, variação do tipo de solo na área plantada, acidez do solo em locais específicos, deficiência de fertilizantes, ou mesmo, formulação inadequada de N-P-K e locais com falta ou excesso de água (Capelli, 2003).

A comparação de mapas de colheita para diferentes anos é uma etapa muito importante no processo de identificação de zonas de manejo. O método estatístico usualmente utilizado para avaliar diferenças de médias de duas amostras de dados é o teste t de Student. Entretanto, as condições para que este teste seja apropriadamente aplicado são de que as amostras devem ser independentes e

normalmente distribuídas. O problema é que estas condições raramente se aplicam em mapas de produtividade devido às dependências espacial e temporal das observações (Carvalho et al., 2001).

Outra forma de comparação de mapas é através do índice de Kappa (k) de concordância (Carvalho et al., 2001). Este método testa a associação entre mapas e ajuda a entender se os mapas diferem devido a alguma variação causal ou se há uma real concordância. Há também os métodos de classificação cruzada, coeficiente de similaridade de Qui-Quadrado e Cremer. Embora existam diversas maneiras de se tratar o problema de comparação de mapas, a maioria delas depende de condições pré-estabelecidas que normalmente não se verificam para dados temporais e espacialmente dependentes.

## **2.6 Unidades de manejo**

O manejo localizado é um conjunto de tecnologias que visa o aumento da eficiência com base no manejo diferenciado de áreas agrícolas. Neste contexto, é importante estabelecer metodologias onde informações de produtividade, solo ou indicadores compostos possam ser utilizados para a determinação de unidades de manejo (Milani et al., 2004). Segundo Queiroz et al. (2000), o objetivo do manejo localizado consiste em manusear pequenas áreas, dentro do campo de produção, visando reduzir o uso de produtos químicos e aumentar a produtividade.

De forma a conseguir a máxima eficiência dos insumos agrícolas aplicados, pela utilização dessas técnicas, unidades de gerenciamento devem ser criadas, as quais representem uma combinação homogênea de fatores potenciais limitantes da produtividade (Fridgen et al., 2000). No contexto do manejo localizado essas unidades são referentes a regiões geográficas que possuem atributos de relevo e do solo com mínima heterogeneidade (Luchiari Jr. et al., 2000). Segundo Amado et al. (2006), com base nestas zonas pode-se prescrever interferências de manejo visando corrigir aqueles atributos que estão comprometendo o rendimento, permitindo a elevação do potencial produtivo. Alternativamente, se os fatores limitantes aos rendimentos não são solucionáveis, deve-se ajustar a quantidade de insumos ao potencial produtivo da zona, aumentando a eficiência no uso dos mesmos.

Comumente, a determinação dessas áreas homogêneas dentro do talhão é difícil devido a complexa combinação entre os fatores que podem influenciar a produtividade das culturas. Diversas metodologias para se definir essas unidades de gerenciamento foram propostas, entre elas a utilização da topografia, fotografias aéreas, imagens do dossel das culturas e sensoriamento remoto, além do mapeamento da produtividade, que é, dentre essas camadas de informações, a mais divulgada atualmente (Castro & Molin, 2004).

No entanto, Lund et al. (2000) afirmam que muitos produtores têm dúvidas quanto a estabelecer metas de produtividades localizadas na lavoura utilizando somente dados de produtividade, por causa da incerteza sobre se dados históricos dessa variável são provas suficientemente fortes de uma tendência existente na lavoura. Nesse sentido alguns autores citam que aliado a essa informação contida nos mapas de produtividade para a prática do manejo localizado ser bem sucedida, métodos precisos e eficientes de avaliar a variabilidade espacial do potencial produtivo do solo devem ser utilizados (Fridgen et al., 2000; Lund et al., 2000).

Com a adoção das técnicas e conceitos de manejo localizado surgiram questões sobre a interpretação do grande volume de informações e de como usá-las como ferramentas que auxiliem na tomada de decisão frente a variabilidade espacial existente nas áreas agrícolas brasileiras. Têm-se, por exemplo, dificuldades na interpretação de mapas de produtividade (Carvalho et al., 2001).

Produtores e profissionais agrícolas da área freqüentemente expressam frustração com o desconhecimento dos motivos pelo qual a produtividade de grãos varia dentro dos talhões. Ressaltam que não está claro quais atributos do solo ou topográficos são mais correlacionados com a produtividade e que trabalhar com enorme volume de dados coletados tem sido uma barreira à adoção do manejo localizado. Por isto, outros procedimentos e softwares para transformar estes dados em critérios de decisão seriam altamente desejáveis, facilitando o trabalho (Milani et al., 2004).

Neste sentido, dentre as ferramentas que se utilizam para o levantamento dos atributos a serem utilizados na definição das unidades de manejo, se destacam a amostragem do solo, o levantamento topográfico e a medição da condutividade elétrica do solo, dentre as técnicas de contato e o mapeamento espectral do solo nú e cultivado, dentre as técnicas de Sensoriamento Remoto. Todas elas levantam uma grande quantidade de dados que são convertidos em mapas temáticos após um

processo de interpolação, que normalmente utiliza técnicas geoestatísticas. O próximo e complicado passo é encontrar atributos mais correlacionados com a produtividade e então, através de um processo de tomada de decisão, dividir o talhão em unidades de manejo.

Johann (2001) estudando a variabilidade espacial dos atributos do solo e da produtividade em uma área piloto sob cultivo convencional e de manejo localizado observou por meio de mapas que dentre os atributos físicos estudados, a resistência mecânica a penetração na camada de 0-10 cm de profundidade foi a variável que melhor correlacionou-se com a produtividade.

Muitos pesquisadores utilizaram mapas de produtividade para definição de unidades de manejo (Kitchen et al., 2003; Colvin et al., 1997; Molin, 2002), com relativo sucesso. Com a inclusão de outros mapas temáticos, espera-se um aprimoramento na geração de unidades de manejo, como sugerido por Kitchen et al. (2003).

O processo de cultivo e colheita de culturas remove nutrientes do solo. A menos que os níveis destes nutrientes sejam excessivamente altos, estes nutrientes necessitam ser repostos para o solo permanecer produtivo. A análise de solo é a ferramenta comumente usada para determinar a necessidade de fertilizante fosfatado e potássico para as culturas. O nível de fertilidade, a remoção de nutrientes em produtos colhidos e a reposição destes nutrientes com fertilizantes normalmente não é uniforme em toda a área. A determinação desta variação é um fator importante que deve ser considerado ao planejar um programa de análise de solo (Mallarino & Wittry, 2004).

Os pesquisadores e produtores reconhecem que a variabilidade espacial em propriedades do solo levam a diferenças em níveis de análise de solo, necessidade de fertilizante e rendimento da cultura dentro de um campo. Porém, tradicionalmente o fertilizante tem sido aplicado a uma única taxa ao longo de uma área (Carr et al., 1991; Sawyer, 1994; Schnitkey et al., 1996). Em função da alta variabilidade nos níveis de nutrientes na maioria dos campos agrícolas, aplicações uniformes de fertilizante provavelmente conduzirá à fertilização excessiva em algumas áreas e deficiente em outras (Wibawa et al., 1993; Mohamed et al., 1996).

Vários estudos (Cambardella et al., 1994; Mallarino, 1996; Nolin et al., 1996; Penney et al., 1996; Schnitkey et al., 1996; Gupta et al., 1997) mostraram coeficientes de variação de 30 a 55% para fósforo e 19 a 43% para potássio.

McGraw (1994) relatou que de 392 campos amostrados no Oeste e Sul de Minnesota usando métodos de amostragem em malha, a variação dos valores de fósforo e potássio do solo ficaram em torno de quatro a cinco classes de interpretação de análise de solo, em 86% dos campos para fósforo e 61% para potássio. Além disso, a estrutura espacial de variabilidade de análise de solo é freqüentemente local específico e nutriente específico (Mallarino, 1996; Borges & Mallarino, 1998).

Diversos autores concluem que maneiras de amostragem que subdividem a área em pequenas unidades identificam mais a variabilidade e fornece mais informação sobre níveis de análise de solo comparados com uma amostra composta coletada de toda a área ou grandes áreas de amostragem (Wibawa et al., 1993; Bullock et al., 1994; Birrell et al., 1996; Gotway et al., 1996; Rehm et al., 1996).

Franzen & Peck (1995) relatam que os padrões de pH, fósforo e potássio nem sempre são relacionados a séries de solo ou outras unidades do mapa de solo e sugerem que o modo de amostragem em malha (Wollenhaupt et al., 1994) pode ser superior ao modo baseado somente em mapas de pesquisa de solo.

Vários autores têm recomendado tamanhos de células ótimas de uma malha de amostragem para culturas na região Norte-Central dos Estados Unidos. Hammond (1993) recomenda um tamanho de malha de aproximadamente 60 x 60 metros e sugeriu que subdivisões de 120 x 120 metros ou maiores são inadequadas. Wollenhaupt et al. (1994) recomendaram utilizar malhas máximas de 60 x 60 metros e sugeriram que alguns campos pudessem precisar de uma malha menor. Franzen & Peck (1995) citam que um tamanho de malha de 66 x 66 metros foi melhor que um tamanho de 100 x 100 metros. Mallarino & Wittry (1997) citam que células com tamanho maior que 0.8 hectares normalmente não representam adequadamente os níveis de fósforo e potássio. Rehm et al. (1996) relatam que amostragens em pontos da malha às vezes fornece uma estimativa pobre do atual nível de nutriente dentro da malha.

Além disso, outros pesquisadores (Wollenhaupt et al., 1994; Mallarino, 1996; Pocknee et al., 1996) sugerem que amostragem em pontos da malha, isto é, amostragem de áreas pequenas na interseção de linhas da malha usado para subdividir um campo pode ser influenciado se as malhas são sistematicamente usadas alinhadas, porque padrões periódicos de nutrientes no solo são freqüentemente observados. Han et al. (1994) resumiram bem o problema

concluindo que o tamanho ótimo depende da variação espacial e que uma maneira ótima de amostragem variará entre campos.

Zonas de amostragem têm sido sugerido recentemente para reduzir o número de amostras e os custos de amostragem, mantendo informação aceitável sobre a variação de nutrientes dentro dos campos. A amostragem através de zonas assume que as áreas de amostragem podem ser identificadas baseado em zonas com diferente solo ou características de cultura e que os prováveis padrões permaneçam temporariamente estáveis (Franzen et al., 2000).

Os critérios usados para delimitar zonas de manejo variam amplamente. Estudos anteriores propuseram a divisão de campos em unidade de mapa de solo e posição de paisagem (Carr et al., 1991). A maneira de amostragem pela zona de manejo (Fleming et al., 2000; Franzen et al., 2000) integra várias camadas de informação para definir áreas de amostragem. A topografia e imagens do solo e da cultura podem ser consideradas para identificar zonas de amostragem porque elas tendem a refletir diferentes propriedades do solo e podem ser de baixo custo (McCann et al., 1996; Franzen et al., 1998; Chen et al., 2000; Schepers et al., 2000). Mapas de rendimento podem ser usados para definir áreas com diferente produtividade do solo, que junto com outros níveis de informações podem ser usados para estabelecer zonas de amostragem (Stafford et al., 1998). Porém, a interpretação do mapa de rendimento não é sempre direta porque pesquisas têm mostrado que padrões de variação de rendimento estáveis são observados, com o passar do tempo, em algum campos, mas não em outros (Colvin et al., 1997).

A eficácia e custo de um modo de amostragem de solo dependem em grande parte do número de unidades de amostragem e do tamanho da amostra (Wollenhaupt et al., 1994; Birrell et al., 1996; Gotway et al., 1996; Mohamed et al., 1996; Rehm et al., 1996). Uma maneira efetiva de amostragem deveria conseguir minimizar a variabilidade da análise de solo dentro de unidades de amostragem comparada com diferenças médias de análise através de unidades de amostragem dentro de um campo.

A eficiência da metodologia de zona de manejo para melhorar a confiabilidade nas recomendações de fertilizante depende da localização dos limites de zona com precisão. Neste sentido, Chang et al. (2003) mostraram que a malha de células de amostragem foi mais consistente em reduzir a variabilidade da análise de solo dentro da zona, comparada a outras técnicas testadas.



Os pioneiros do manejo localizado diagnosticaram que a variedade da cultura será a segunda contribuição mais importante para o manejo em taxa variável (Dudding et al., 1995). A variedade da cultura é uma contribuição de assunto ideal para o manejo localizado porque a variação de rendimento devido a seleção de variedade é ultimamente manejável, isto é, plantar a variedade ótima em diferentes partes do campo. Inúmeros pesquisadores demonstraram a presença de interação significativa entre genótipo e ambiente, sugerindo o potencial para aplicação de genótipos variáveis (Giauffret et al., 2000; Kang & Gorman, 1989; Signor et al., 2001).

As pesquisas recentes em manejo localizado têm focalizado no uso de zonas de manejo como um método para categorizar a variação na paisagem. As zonas de manejo, no contexto de manejo localizado, referem-se a áreas geográficas que possuem atributos homogêneos em condição de solo e terreno. Quando homogêneos em uma área específica, estes atributos deveriam conduzir aos mesmos resultados em potencial de rendimento da cultura, eficiência de utilização e impacto ambiental.

As maneiras para delinear as zonas de manejo variam. A topografia tem sido sugerida como uma base lógica para definir zonas homogêneas em campos agrícolas (Franzen et al., 1998) e foi encontrado como sendo um método útil por Kravchenko & Bullock (2000).

Também foram sugeridas fotografias aéreas do solo descoberto ou imagens da cobertura da cultura e mapas de rendimento como maneiras para delimitar zonas de manejo (Schepers et al., 2000). Outra maneira promissora para definir os limites das zonas de manejo envolvem o uso de indução magnética para medir a condutividade elétrica aparente, a qual tem sido usada eficientemente em mapas de variações de propriedades de solo na superfície como salinidade, conteúdo de água, e percentual de argila (Sudduth et al., 1998).

Na determinação de zonas de manejo, Shanahan et al. (2004) observaram fortes associações entre a variação de rendimento e as avaliações de atributos da paisagem. Estas medidas parecem ser uma avaliação indireta de importantes propriedades químicas, físicas e biológicas do solo conhecidas por ter impacto direto na produtividade da cultura. Desde que avaliações indiretas sejam mais convenientes e baratas que medidas diretas de propriedades do solo, elas apresentam-se como meios práticos e talvez econômicos de delinear zonas de

manejo, as quais poderiam servir como um modelo para aplicação variável de densidades de plantas. Porém, pesquisas adicionais a campo podem ser requeridas para melhorar as prescrições para aplicação variável de densidades de planta.

Diker et al. (2004) conduziu uma pesquisa para desenvolver uma metodologia para delimitar zonas de resposta de rendimento usando dois estados de análise de frequência aplicados em mapas de rendimento para 3 anos e dois locais de produção de milho. A zona foi identificada pelo número de anos que o rendimento foi igual ou maior que o rendimento médio em um determinado ano. Classes que produziram rendimentos estatisticamente semelhantes foram combinadas resultando em três zonas potenciais de rendimento. Os resultados indicaram que a variabilidade espacial e temporal do rendimento poderia ser avaliada com sucesso ao mesmo tempo, sem as desvantagens de calcular os dados médios de diferentes anos.

A análise de frequência de dados de rendimento de vários anos poderia ser um modo efetivo para estabelecer zonas de resposta de rendimento. 17 % da área do primeiro estudo produziu rendimento consistentemente menor que a média, enquanto que 43 % da área produziu rendimento acima da média. Os valores correspondentes à área de estudo 2 foram 6 % e 42 %. O restante da área produziu rendimentos oscilantes entre os anos. Estes acurados mapas de resposta de rendimento espacialmente e temporalmente podem ser usados para identificar os fatores limitantes do rendimento em zonas onde o rendimento é baixo ou oscilante. Os mapas de resposta de rendimento também poderiam ser úteis para delimitar potenciais zonas de manejo com auxílio de recursos como zonas de condutividade elétrica e mapas de solo, junto com os resultados diretos da amostragem de solo.

A utilização de modelos digitais (mapas) de produtividade para criação de zonas de manejo (alta, média e baixa produtividade) é recomendada por Sulzbach (2003), o qual também preconiza a utilização de modelos digitais de fertilidade do solo visando a elaboração de planos de adubação a taxa variável de culturas agrícolas.

## **2.7 Aplicação de insumos à taxa variável**

A aplicação de fertilizantes em taxa variável baseado na variabilidade nas propriedades do solo dentro de um campo tem um potencial para reduzir sub e super

aplicações de fertilizantes, e assim melhorar a eficiência de uso de fertilizantes, o rendimento das culturas e o lucro líquido da propriedade (Fiez et al., 1994).

A tecnologia de taxa variável tem potencial para aumentar o rendimento de culturas e melhorar a qualidade da água comparado à tecnologia de taxa uniforme. Os efeitos na rentabilidade e qualidade da água da adoção da tecnologia de taxa variável para nitrogênio e calcário foi avaliada para a produção de milho sob condições climáticas médias a boas. O rendimento de milho esperado foi predito baseado na profundidade da camada superficial, pH do solo, taxa de nitrogênio e calcário (Wang et al., 2003).

Neste sentido, os benefícios na qualidade da água da tecnologia de taxa variável comparada à tecnologia de taxa uniforme foram avaliados com base no potencial de nitrogênio lixiviável. Os resultados mostraram que a tecnologia de taxa variável foi mais lucrativa que a tecnologia de taxa uniforme, sendo que a maior variação em profundidade da camada superficial e do pH do solo proporcionaram maior rentabilidade e maiores benefícios na qualidade da água com a tecnologia de taxa variável.

Os resultados da análise econômica da aplicação de fertilizantes à taxa variável comparada com a taxa fixa são apresentados por Amado et al. (2006) em duas propriedades no Estado do RS com comportamento distinto. Na primeira propriedade, a aplicação de fertilizantes à taxa variável permitiu que houvesse uma racionalização no uso dos fertilizantes com redução na ordem de 53% na quantidade aplicada, em relação aquela em que o produtor tradicionalmente aplicava à taxa fixa. Com a melhor alocação dos insumos tornou-se possível a correção nas subáreas que se encontravam com teores deficientes e economizar fertilizante nas subáreas com teores muito alto de nutrientes.

Neste caso, a racionalização do uso de fertilizantes proporcionou uma economia de R\$ 7.979,00 em fertilizantes. Já os custos operacionais, incluindo amostragem de solo (1 ponto ha<sup>-1</sup>), análise de laboratório, geração de mapas e a aplicação à taxa variável de fósforo e potássio foram mais elevados, resultando em um aumento de R\$ 2.442,00. Os custos operacionais na aplicação à taxa fixa foram estimados em R\$ 60,00 ha<sup>-1</sup>, incluindo somente uma análise de solo por lavoura, acrescida dos custos de semeadura. O resultado final para esta propriedade, incluindo custos operacionais e de fertilizantes representou economia de R\$ 5.537,00 quando da aplicação à taxa variável.

Na segunda propriedade, a diferença entre o custo do fertilizante a taxa variável comparado ao custo da taxa fixa ficou na ordem de 25% menor, representando uma economia de R\$ 2.400,00. Por outro lado, o custo operacional a taxa variável foi R\$ 2.835,00 a mais em relação a taxa fixa. O resultado final foi ligeiramente superior (R\$ 435,00) na aplicação a taxa variável em relação a aplicação a taxa fixa.

Pesquisas também mostram efeitos positivos de doses variáveis de calagem em alguns solos utilizados na produção de arroz. Medeiros & Cordeiro (2005), no Estado de Roraima, verificaram que a aplicação de 25% e 100% da necessidade de calcário proporcionou um incremento na produtividade de 8,5% e 17%, respectivamente em relação a produtividade de arroz sem calagem. Estes resultados corroboram com os obtidos por Lopes et al. (1995) os quais concluíram que em solos ácidos e com a presença de alumínio trocável, a calagem aumenta a produtividade de grãos de arroz. Isso se deve ao aumento da disponibilidade dos nutrientes no solo, principalmente, cálcio e magnésio que são elementos essenciais para o desenvolvimento vegetativo e para a produtividade de grãos da cultura.

Do ponto de vista econômico, ainda no trabalho de Medeiros & Cordeiro (2005), a utilização de calagem, aplicando-se uma dose de 25% da necessidade de calcário estimada pelo método SMP favoreceu um incremento estimado em torno de 8 sacos de arroz em casca por hectare, proporcionando um aumento da receita bruta estimada em cerca de R\$ 200,00 por hectare com um custo de aproximadamente R\$ 160,00, resultando numa renda líquida estimada em torno de R\$ 40,00 por hectare.

Em outro trabalho, Medeiros et al. (2005) verificaram que em área de segundo ano de cultivo a calagem favoreceu a produtividade de grãos de arroz em todos os níveis de potássio, bem como houve aumento significativo da mesma com o incremento dos níveis de potássio, cujos valores se ajustaram a um modelo de regressão linear crescente. Assim para cada 1 kg de potássio aplicado por hectare, correspondeu um acréscimo na produtividade de 6,63 e de 2,78 kg de grãos de arroz obtido no solo com e sem aplicação de uma tonelada de calcário por hectare, respectivamente. Isso se deve a maior disponibilidade de nutrientes no solo tais como cálcio, magnésio, fósforo e potássio dentre outros, propiciada pela calagem e pelos níveis de potássio.

## 2.8 Manejo localizado na cultura do arroz

Segundo Roel et al. (2004), a tecnologia de manejo localizado contribui de duas formas. A primeira forma refere-se ao aumento da eficiência de uso de insumos, através da aplicação de insumos a taxas variáveis, tendo efeitos ambientais positivos na qualidade do ecossistema do arroz, o qual tem sido uma preocupação constante. A segunda forma de contribuição seria através da análise de mapas de rendimento para determinar modificações nas práticas de manejo.

Interpretando padrões de rendimento de arroz em manejo localizado na Califórnia, Roel et al. (2004) ao considerar aspectos espaciais dos dados de rendimento, verificaram duas áreas principais e distinguíveis, de rendimento consistente (estável) baixo ou alto, com pequenas manchas de comportamento variável. A análise de custos mostrou uma margem líquida positiva na maioria da área, com pequenas manchas onde a margem líquida era negativa. Os autores concluem que a maioria dos atributos de solo analisados não apresentarem uma relação linear com o rendimento, mas isto não significa que não há uma relação entre eles.

Analisando a variabilidade espacial dentro de um campo de produção de arroz, Chung et al. (2005) verificaram que o rendimento máximo da cultura foi maior que o dobro do rendimento mínimo. Várias propriedades do solo, incluindo condutividade elétrica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio e silício mostraram grande variação espacial. Observações visuais e análise estatística indicaram a presença de grande tendência espacial em certas áreas do campo para algumas propriedades do solo, conteúdo de clorofila e rendimento. Segundo estes mesmos autores, os mapas mostraram claramente a presença de variabilidade tanto em larga escala (tendência) quanto variabilidade em pequena escala, mesmo em pequenas áreas onde seria razoável encontrar uniformidade. Estes resultados indicam um potencial para aplicação dos princípios da tecnologia de manejo localizado para entender e controlar a variabilidade espacial.

Avaliando o manejo de nutrientes em local específico comparado à prática de fertilização tradicional no Sudeste da China, Wang et al. (2001) verificaram que o rendimento médio de grãos aumentou de 5900 para 6400 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a absorção de N, P e K aumentaram de 8 para 14%. O retorno total referente ao custo

do fertilizante foi aproximadamente 10% maior com o manejo em local específico em relação à prática de fertilização tradicional e a eficiência agrônômica de utilização de nitrogênio (aumento de rendimento de grãos por kg de fertilizante aplicado) foi 80% maior com manejo em local específico.

O processo de sistematização utilizado por orizicultores consiste no nivelamento da superfície do solo, utilizando o solo das cotas mais elevadas (originando áreas de corte) para aterrar o solo de cotas inferiores (originando áreas de aterro). O terreno plano formado apresenta vantagens em relação à superfície original, como um melhor manejo da água, menor incidência de pragas e doenças, menor oscilação da temperatura da água e solo, maior eficiência nos tratos culturais, economia de insumos e melhor aproveitamento do solo devido à redução da área ocupada com taipas, além da incorporação de áreas para o cultivo de arroz irrigado não adequadas para tal nas condições originais (Anbumozhi et al., 1998).

Nesse processo, ocorre mobilização de solo e uma mistura de horizontes, originando solos com estratificação de material nas áreas de aterro e, muitas vezes, a exposição do horizonte subsuperficial nas áreas de corte. As condições naturais do solo são modificadas, afetando várias de suas características, reduzindo a produtividade das culturas em áreas de exposição da subsuperfície do solo em razão da baixa concentração de nutrientes e de matéria orgânica (Nunes et al., 2002).

Devido à inundação de áreas usadas para produção de arroz, o micro-relevo pode ser um fator importante para manejo em local específico em lavouras rizícolas. Shoji et al. (2005) encontraram correlações negativas significativas do rendimento de grãos de arroz e teor de proteína com o micro-relevo, indicando que em baixas elevações o rendimento de grãos aumenta gradativamente com o teor de proteína. A variabilidade espacial no rendimento e teor de proteína foi atribuída à disponibilidade de água e absorção de nutrientes em locais com micro-relevo diferente.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Localização da área experimental

O experimento a que se refere este trabalho localiza-se a  $29^{\circ} 39' 25''$  de latitude sul e a  $54^{\circ} 51' 50''$  de longitude oeste, conduzido em uma lavoura comercial de arroz irrigado pertencente a Fazenda Buricaci, Município de São Francisco de Assis-RS, distante aproximadamente 142 km de Santa Maria-RS e 420 km de Porto Alegre-RS (Figura 1). O clima da região é do tipo Cfa segundo a classificação de Köppen.



Figura 1 – Mapa do Estado do Rio Grande do Sul com a localização do município de São Francisco de Assis.

A área total utilizada para o experimento foi 70 hectares, em solo do tipo planossolo, pertencente a unidade de mapeamento Vacacaí, cujas características gerais são a presença de um horizonte B textural, com incremento no teor de argila do horizonte A para o B, com fertilidade baixa a moderada, apresentando normalmente baixos teores de matéria orgânica e deficiência de fósforo.

### 3.2 Mapeamento da área e georreferenciamento das amostras

A área experimental foi conduzida com manejo localizado (georreferenciamento), sendo o mapeamento da mesma realizado através de um GPS de navegação, com o qual se demarcou os vértices da área, para posterior geração do mapa e da malha de amostragem. A malha de amostragem utilizada tinha um espaçamento de 100 x 100 metros, caracterizando um ponto (amostra) por hectare (Figura 2), sendo o mesmo determinado e georreferenciado através do software “Sistema Agropecuário CR - Campeiro 6” desenvolvido pelo Setor de Geomática do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria.

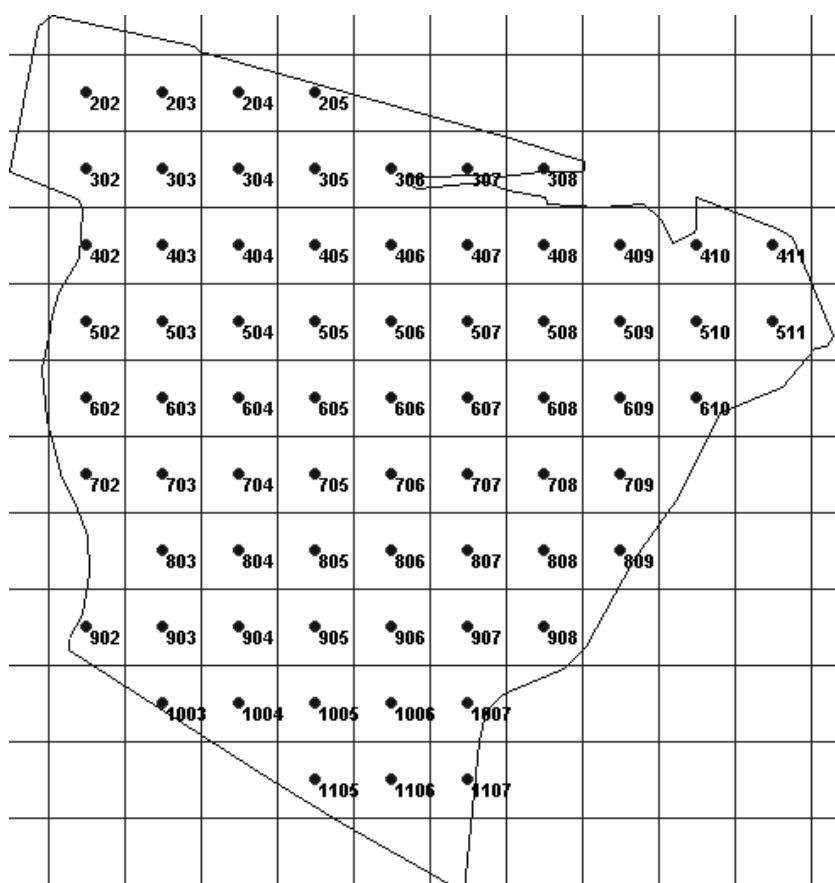


Figura 2 - Mapa de contorno da área do experimento e malha de amostragem com os pontos georreferenciados.



### 3.3 Determinação de atributos químicos do solo

A amostragem do solo para análise química foi realizada através da coleta de cinco subamostras em cada ponto da malha (hectare), por meio de trado calador, na profundidade de 0-0,2 metros (Figura 3), para compor a amostra a ser enviada ao Laboratório de Análises de Solos/UFSM, integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos (ROLAS). Na safra 2004/05 a coleta de amostras de solo ocorreu na primeira quinzena de outubro, enquanto na safra 2005/06 a coleta ocorreu na primeira quinzena de setembro, imediatamente antes da aplicação de calcário.



Figura 3 – GPS de navegação para localização dos pontos e trado calador utilizado para a coleta de solo na malha de amostragem.

Os resultados da análise de solo foram usados para elaborar os modelos digitais (mapas) específicos para cada atributo químico do solo. Para a definição das classes nos mapas de atributos de solo foi utilizado o critério de interpretação segundo as recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão de fertilidade do solo RS/SC, 2004). As recomendações técnicas de adubação e calagem para a cultura de arroz irrigado também seguiram as prescrições da mesma Comissão.

### 3.4 Determinação de atributos de manejo e da cultura de arroz irrigado

#### 3.4.1 Semeadura da cultura de arroz irrigado

O sistema de preparo do solo utilizado foi o convencional, caracterizando-se pelo revolvimento da camada superficial do solo através de grade de disco, até a profundidade aproximada de 0,12 metros, com posterior nivelamento do solo por meio de plaina, visando uniformidade no micro-relevo e na altura da lâmina de água de irrigação.

A cultivar de arroz irrigado semeada no experimento foi IRGA 422 CL, a qual possui tolerância ao herbicida Only, sendo recomendada exclusivamente para o sistema de produção Clearfield, cujo principal objetivo é o controle do arroz vermelho.

As principais características fisiológicas e agronômicas das plantas de arroz desta cultivar é o alto vigor inicial, a resistência ao acamamento e a alta capacidade de afilamento. O ciclo da cultivar é médio, com 121 dias até a maturação fisiológica, apresentando resistência intermediária à degranação, peso de 1000 grãos com casca de 29 gramas, produtividade média na região da Campanha (São Francisco de Assis-RS) de 9000 kg ha<sup>-1</sup> e densidade de semeadura de 125 kg ha<sup>-1</sup> de sementes aptas para o sistema de semeadura em linha, sendo o período favorável de semeadura definido pelo zoneamento agroclimático para esta região de 21 de setembro a 20 de novembro (Sosbai, 2005).

Na safra 2004/05, a semeadura do arroz ocorreu na primeira quinzena de novembro, com densidade de 250 kg ha<sup>-1</sup> de sementes e aplicação de 385 kg ha<sup>-1</sup> de adubo da fórmula 08-18-28 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), enquanto que na safra 2005/06, a semeadura ocorreu na primeira semana de novembro, com densidade de 155 kg ha<sup>-1</sup> de sementes e aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de adubo da fórmula 08-18-28 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O).

A semeadura da cultura foi realizada em linha e em solo seco, utilizando-se uma semeadora de fluxo contínuo, cujo mecanismo dosador de sementes é um cilindro acanalado, com espaçamento entrelinhas de 0,17 metros. A introdução da água de irrigação na área ocorreu aproximadamente 20 dias após a emergência das plantas de arroz.

### 3.4.2 Determinação da população de plantas de arroz irrigado

Na safra 2004/05, não foi possível determinar a população de plantas da cultura de arroz irrigado em função da desuniformidade na emergência das plantas (Figura 4), provocada pela estiagem ocorrida no estágio de emergência.



Figura 4 - Desuniformidade na emergência das plantas de arroz irrigado ocorrida na safra 2004/05.

Na safra 2005/06, a determinação da população de plantas da cultura de arroz irrigado foi realizada aproximadamente 15 dias após a emergência das plantas e imediatamente antes da entrada da água de irrigação na lavoura, através da contagem do número de plantas em uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, com quatro repetições por ponto da malha. Os resultados desta determinação foram usados para elaborar o modelo digital (mapa) de população de plantas por hectare.

### 3.4.3 Determinação da altura da lâmina de água de irrigação

A altura da lâmina de água de irrigação na cultura de arroz foi determinada apenas na safra 2005/06, em virtude da desuniformidade verificada na safra anterior (Figura 5).



Figura 5 - Vista da desuniformidade da altura da lâmina de água de irrigação na cultura de arroz verificada na safra 2004/05.

Para esta determinação foi utilizado um equipamento projetado e confeccionado exclusivamente para esta finalidade. O equipamento consiste de uma fita métrica presa a uma haste metálica, a qual desloca-se tendo como guia outra haste metálica fixa. Na extremidade inferior da haste fixa localiza-se uma base de apoio do equipamento ao solo e na extremidade inferior da haste móvel localiza-se outra base para posicioná-la na superfície da água. A diferença de altura entre os dois pontos citados corresponde a altura da lâmina de água, indicada na escala métrica presente no equipamento (Figura 6a).

A determinação da altura da lâmina de água foi realizada em quatro repetições para cada ponto da malha no estágio de floração do arroz (Figura 6b e c). Essa determinação foi feita porque o nível de água aumenta o efeito termoregulador e também afeta o perfilhamento da cultura (Sosbai, 2005). A média aritmética das quatro repetições para cada ponto da malha foi utilizada para elaborar o modelo digital (mapa) de altura da lâmina de água na cultura do arroz.

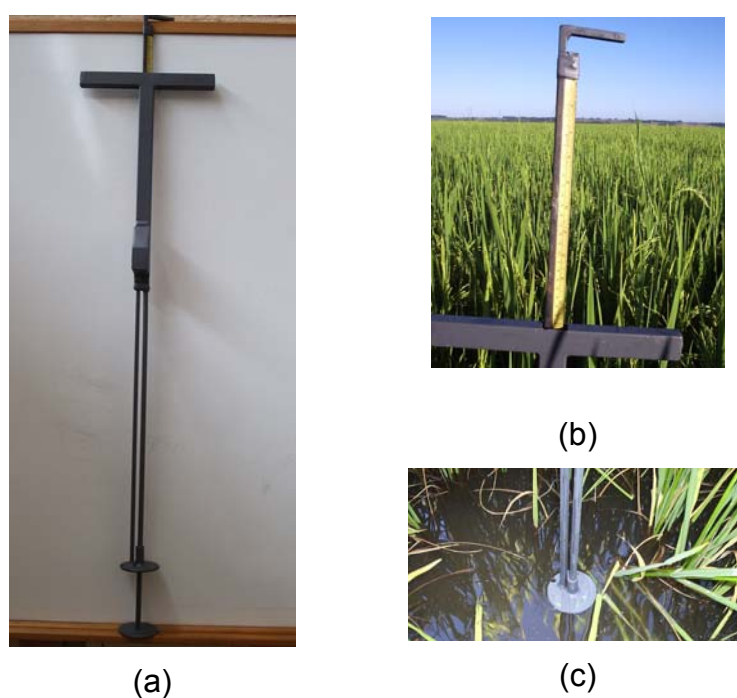


Figura 6 - Vista do equipamento (a), altura indicada na fita métrica (b) durante a determinação da altura da lâmina de água (c) na cultura de arroz irrigado.

#### 3.4.4 Amostragem de plantas de arroz irrigado para estimativa da produtividade da cultura

A amostragem de plantas de arroz irrigado para estimativa da produtividade da cultura foi realizada em malha de um ponto por hectare, através da coleta manual de quatro subamostras de plantas em uma área de  $0,25 \text{ m}^2$  (Figura 7), as quais foram colocadas em sacos de papel com o respectivo número de identificação do ponto da malha. Estas subamostras de plantas foram debulhadas manualmente e posteriormente pesadas, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%. Os resultados foram utilizados para elaboração do modelo digital (mapa) de produtividade da cultura.

Na safra 2004/05, a coleta de amostras de plantas de arroz irrigado para estimativa da produtividade da cultura ocorreu em meados do mês de março e na safra 2005/06 esta coleta ocorreu no início do mês de março.



Figura 7 - Quadro de amostragem utilizado na coleta manual de plantas de arroz irrigado para estimativa da produtividade da cultura.

#### 3.4.5 Determinação do número de panículas de arroz irrigado por área

O número de panículas por área foi determinado através da contagem das mesmas em cada uma das quatro subamostras de plantas coletadas em uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, em cada ponto da malha, para estimativa da produtividade da cultura, elaborando-se o modelo digital (mapa) de número de panículas por área.

### 3.5 Aplicação de insumos em taxas variáveis

Em função dos resultados de correlações obtidas entre atributos de solo e produtividade de arroz irrigado na safra 2004/05 realizou-se a aplicação de calcário em taxas variáveis na safra 2005/06, utilizando-se o critério do índice SMP para definição da dose a ser aplicada em cada local (Comissão de fertilidade do solo RS/SC, 2004).

Para facilitar a operacionalização da aplicação de calcário a lanço com o distribuidor centrífugo, foram demarcados todos os quadros existentes na área do experimento, os quais foram delimitados através das taipas ou canais de irrigação. Para tanto, foi utilizado um GPS de navegação, com o qual foram demarcados os pontos limites entre os quadros. Após o trabalho de georreferenciamento a campo, os dados foram transferidos ao software *GPS TRACKMAKER*<sup>®</sup> onde foram geradas as figuras do contorno dos quadros.



### 3.6 Determinação da margem líquida na produção de arroz irrigado

A margem líquida na produção de arroz irrigado na área de estudo foi determinada através da diferença entre a produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e o custo de produção, convertido em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , em cada ponto (hectare) da malha de amostragem em ambas as safras. O custo de produção de arroz irrigado utilizado nesta determinação encontra-se na Tabela 1, o qual refere-se ao custo de produção médio ponderado no Estado do Rio Grande do Sul (Irga, 2006).

Tabela 1 - Custo de produção médio de arroz irrigado no RS na safra 2004/05.

ITENS DO CUSTO	R\$.ha <sup>-1</sup>	US\$.ha <sup>-1</sup>	Saco.ha <sup>-1</sup>	Participação (%)
<b>I- DESPESAS CUSTEIO LAVOURA</b>				
1- Combustível				
1.1- Operações lavoura	357,80	155,94	21,48	11,16
1.2- Irrigação	81,45	35,50	4,89	2,54
2- Energia elétrica irrigação	89,33	38,94	5,36	2,79
3- Sementes	82,89	36,13	4,98	2,59
4- Adubo (base e cobertura)	206,31	89,92	12,38	6,44
5- Agroquímicos	222,26	96,87	13,34	6,93
6- Aviação	65,66	28,62	3,94	2,05
7- Fretes	74,29	32,38	4,46	2,32
8- Transportes internos	103,79	45,23	6,23	3,24
9- Aguardor (pagamento %)	25,77	11,23	1,55	0,80
10- Administrador (pagamento %)	9,47	4,13	0,57	0,30
11- Taxas (CDO, Funrural, Licenc.)	81,65	35,59	4,90	2,55
12- Secagem	122,34	53,32	7,34	3,82
13- Juros sem VBC	71,69	31,25	4,30	2,24
14- Juros s/ capital próprio (custeio)	192,62	83,95	11,56	6,01
15- Terra (arrendamento)	156,86	68,37	9,42	4,89
16- Salários	246,78	107,56	14,81	7,70
17- Reformas e Manutenções	324,85	141,58	19,5	10,13
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>	<b>2.515,82</b>	<b>1.096,50</b>	<b>151,01</b>	<b>78,47</b>
<b>II- CUSTOS FIXOS</b>				
1- Depreciação	321,81	140,26	19,32	10,04
2- Renda Fatores (amortização)	368,27	160,51	22,11	11,49
<b>CUSTOS FIXOS</b>	<b>690,08</b>	<b>300,76</b>	<b>41,42</b>	<b>21,53</b>
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>3.205,90</b>	<b>1.397,27</b>	<b>192,43</b>	<b>100,00</b>
Custo/saco (R\$)	27,98			
Custo variável/saco (R\$)	21,96			
Custo fixo/saco (R\$)	6,02			
Preço arroz levantamento (R\$/sc)	16,66			
Produtividade média (sc/ha)	114,58			
R\$/US\$	2,29			

Fonte: Equipe de Política Setorial/DCI – IRGA (2006).

### 3.7 Determinação de zonas de manejo (produtividade) na cultura de arroz irrigado

As zonas de manejo (produtividade) na cultura de arroz irrigado foram determinadas segundo a metodologia proposta por Molin (2002), a qual estabelece um conjunto de limites e condições que caracterizam diferentes unidades de manejo em função da variabilidade espacial e temporal da produtividade de cada quadrícula (ponto), conforme descrito abaixo:

- Produtividade alta e consistente: produtividade do ponto acima de 105% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30%;
- Produtividade média e consistente: produtividade do ponto entre 95% e 105% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30%;
- Produtividade baixa e consistente: produtividade do ponto abaixo de 95% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30%;
- Produtividade inconsistente: produtividade do ponto com coeficiente de variação maior que 30%.

Neste trabalho foram delimitadas apenas as zonas de manejo de baixa, média e alta produtividade de arroz irrigado (Tabela 2). A partir destes critérios foram produzidos mapas de espacialização das unidades de manejo, onde são identificadas as distintas regiões.

Tabela 2 - Critérios utilizados na determinação das zonas de manejo (produtividade).

Zona de Manejo	Produtividade de arroz irrigado (kg.ha <sup>-1</sup> )
Baixa	Mínima até 95% da média
Média	95% da média até 105% da média
Alta	105% da média até máxima



### **3.8 Elaboração e correlação de modelos digitais**

Os resultados das análises de atributos do solo, de variáveis de manejo e da cultura de arroz irrigado foram utilizados para elaboração de modelos digitais (mapas) através do software “Sistema Agropecuário CR - Campeiro 6”.

O método geoestatístico de interpolação utilizado na elaboração dos modelos digitais foi a krigagem, com raio máximo de pesquisa de 150 metros. Este método geoestatístico de interpolação é um processo de estimação de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, sendo bastante importante e utilizado quando a densidade de pontos amostrais é pequeno e para variáveis de custo elevado ou de difícil determinação.

As correlações entre modelos digitais foram determinadas baseado no método de correlação de Pearson, ao nível de probabilidade de 5%, através do software “Sistema Agropecuário CR - Campeiro 6”. Para tanto, os modelos digitais selecionados para gerar correlações entre si eram espacialmente idênticos, isto é, com a mesma origem, mesmo espaçamento e mesmo número de linhas e de colunas. Estas correlações foram utilizadas como referência para as recomendações de aplicação de insumos em taxas variáveis no sistema de agricultura de precisão (mapas de aplicação de insumos).

### **3.9 Análise multivariada dos dados (Componentes Principais)**

A análise de componentes principais também foi realizada através do software citado acima. Segundo Hair Jr. et al. (2005), a análise de componentes principais consiste na transformação das variáveis originais em novas variáveis, de tal modo que a primeira nova variável computada seja responsável pela maior variação possível existente no conjunto de dados, a segunda pela maior variação possível restante e assim por diante até que toda a variação do conjunto de dados tenha sido explicada.

Esta análise iniciou com o cálculo dos autovalores e correspondentes autovetores de uma matriz de correlação entre variáveis. O primeiro autovalor a ser determinado corresponderá à maior porcentagem da variabilidade total presente e

assim sucessivamente. Geralmente os dois ou três primeiros autovalores encontrados explicarão a maior parte da variabilidade presente.

Os autovetores correspondem às componentes principais e são o resultado do carregamento das variáveis originais em cada um deles. Tais carregamentos podem ser considerados como uma medida da relativa importância de cada variável em relação às componentes principais e os respectivos sinais, se positivos ou negativos, indicam relações diretamente e inversamente proporcionais.

A matriz de carregamentos de cada variável nas componentes principais ao ser multiplicada pela matriz original de dados fornecerá a matriz de contagens (scores) de cada caso em relação às componentes principais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estimativa de produtividade de arroz irrigado

Os dados de estimativa de produtividade da cultura de arroz irrigado mostraram variabilidade espacial em ambas as safras (Figura 8), encontrando-se pontos que produziram a metade em relação à outras (Tabela 3).

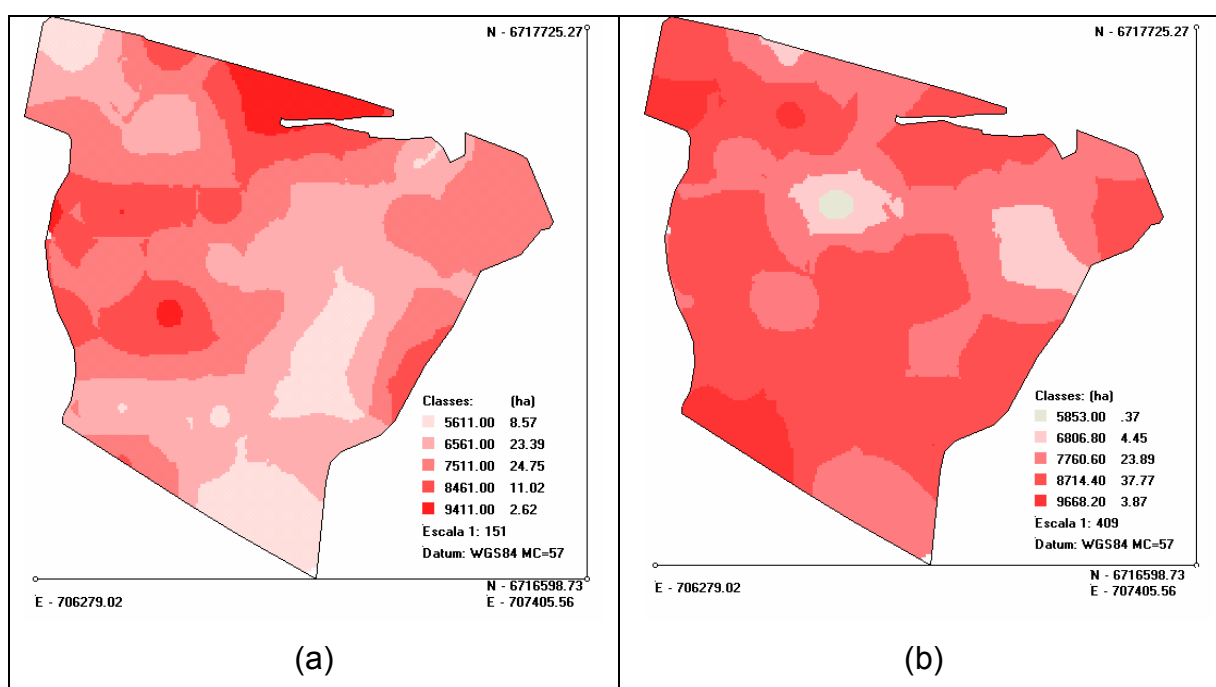


Figura 8 - Mapa com estimativa de produtividade de arroz irrigado (kg ha<sup>-1</sup>) nas safras 2004/05 (a) e 2005/06 (b) determinado com técnicas de manejo localizado.

Na safra 2004/05, a produtividade mínima verificada foi de 4855 kg ha<sup>-1</sup>, média de 7711 kg ha<sup>-1</sup> e máxima de 10309 kg ha<sup>-1</sup>, apresentando um Coeficiente de Variação (CV) entre os pontos amostrais de 15,6%. Na safra 2005/06, a produtividade mínima verificada foi de 5853 kg ha<sup>-1</sup>, média de 8628 kg ha<sup>-1</sup> e máxima de 10812 kg ha<sup>-1</sup>, com um CV de 11,6% entre os pontos amostrais (Tabela 4). Estes dados representam um aumento na produtividade de arroz irrigado na segunda safra avaliada, verificando-se um acréscimo de 20% na produtividade mínima, 12% na produtividade média, 5% na produtividade máxima e 12% na produtividade total,

indicando maior facilidade em aumentar a produtividade, através do manejo, em zonas com baixa produtividade.

Tabela 3 - Estimativa de produtividade de arroz irrigado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem nas safras 2004/05 e 2005/06.

Ponto	Produtividade de arroz (kg ha <sup>-1</sup> )		Ponto	Produtividade de arroz (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Safra 2004/05	Safra 2005/06		Safra 2004/05	Safra 2005/06
202	6336	9390	606	6743	6568
203	6551	7058	607	6657	9360
204	8721	7615	608	7321	10644
205	9658	8858	609	7444	6898
302	8094	10142	610	6948	7712
303	7203	7822	702	8716	8674
304	6655	10264	703	6553	8831
305	8829	7489	704	9944	7966
306	10309	8374	705	8351	7389
307	9170	8119	706	8010	8956
308	10096	9095	707	7654	8698
402	9394	10812	708	6290	8640
403	7670	7705	709	4855	7299
404	7977	8166	803	8278	9422
405	7921	8576	804	6844	8128
406	6825	7627	805	8044	9462
407	8050	9651	806	7532	7727
408	7265	9076	807	5611	8500
409	6373	8825	808	5603	7630
410	6748	7630	809	8894	9205
411	8307	8241	902	9621	8426
502	6268	8218	903	6358	9593
503	9505	9304	904	8048	8750
504	9440	8252	905	6450	9428
505	9045	5853	906	7662	10048
506	9483	8449	907	6518	8890
507	6771	7884	908	6201	8556
508	8220	9530	1003	8547	10622
509	8162	7694	1004	7014	9500
510	8945	7953	1005	6715	8863
511	8358	9331	1006	7668	10447
602	7857	9214	1007	6986	9701
603	7452	9180	1105	8734	9043
604	7584	7919	1106	6041	7829
605	6707	9467	1107	7570	7743

Tabela 4 – Parâmetros comparativos da estimativa de produtividade de arroz irrigado entre as safras 2004/05 e 2005/06.

Parâmetro	Safra 2004/05	Safra 2005/06	Variação (%)
Produtividade Mínima (kg ha <sup>-1</sup> )	4855	5853	+ 20
Produtividade Média (kg ha <sup>-1</sup> )	7711	8628	+ 12
Produtividade Máxima (kg ha <sup>-1</sup> )	10309	10812	+ 5
Produtividade Total Área (kg)	538372	603931	+ 12
Desvio Padrão (kg ha <sup>-1</sup> )	1201	1002	- 17
Coefficiente de Variação (%)	15,6	11,6	- 26

Ainda comparando a produtividade de arroz irrigado na safra 2005/06 em relação à safra 2004/05, verifica-se que também houve um aumento na produtividade média no município de São Francisco de Assis-RS (Figura 9), o que pode estar relacionado às condições climáticas mais favoráveis, como a maior insolação nos meses de fevereiro e março na safra 2005/06 (Figura 10). Segundo Yoshida & Parao (1976), a produtividade de arroz é influenciada quando o sombreamento ocorre durante as fases reprodutivas e de maturação, pela redução do número e do enchimento das espiguetas, respectivamente. Entretanto, a diferença de produtividade do arroz obtido no experimento em relação à média do município foi de 2221 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2004/05 e de 2628 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2005/06, mostrando efeito do manejo executado na área (aplicação de calcário à taxa variável).

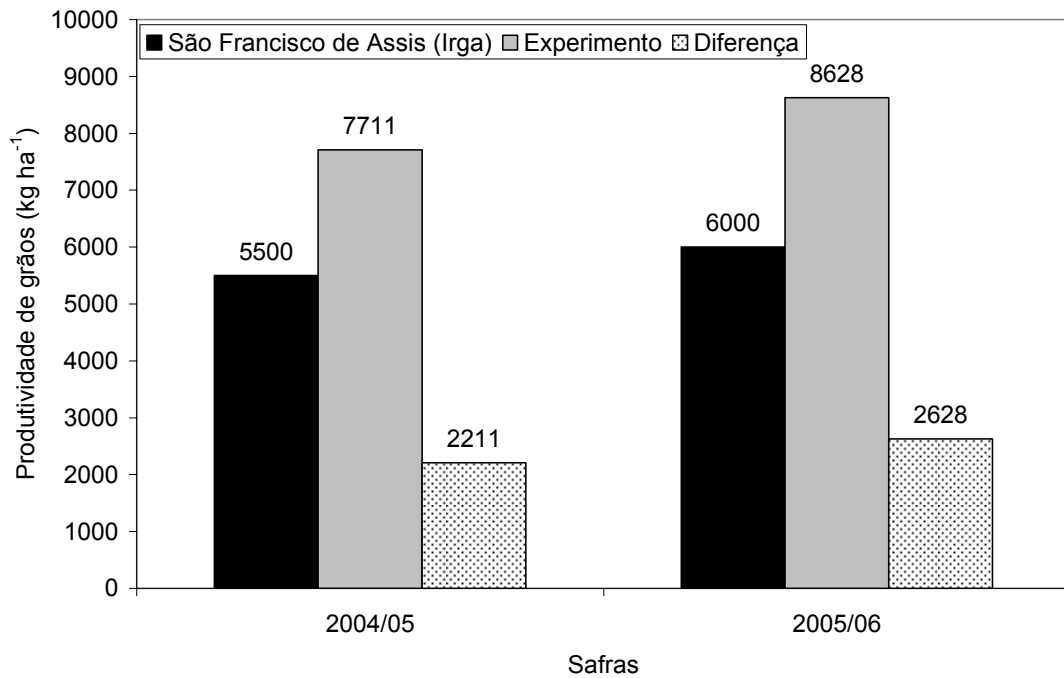


Figura 9: Produtividade média de arroz irrigado obtida no município de São Francisco de Assis-RS, no experimento e respectiva diferença entre ambas nas safras 2004/05 e 2005/06.

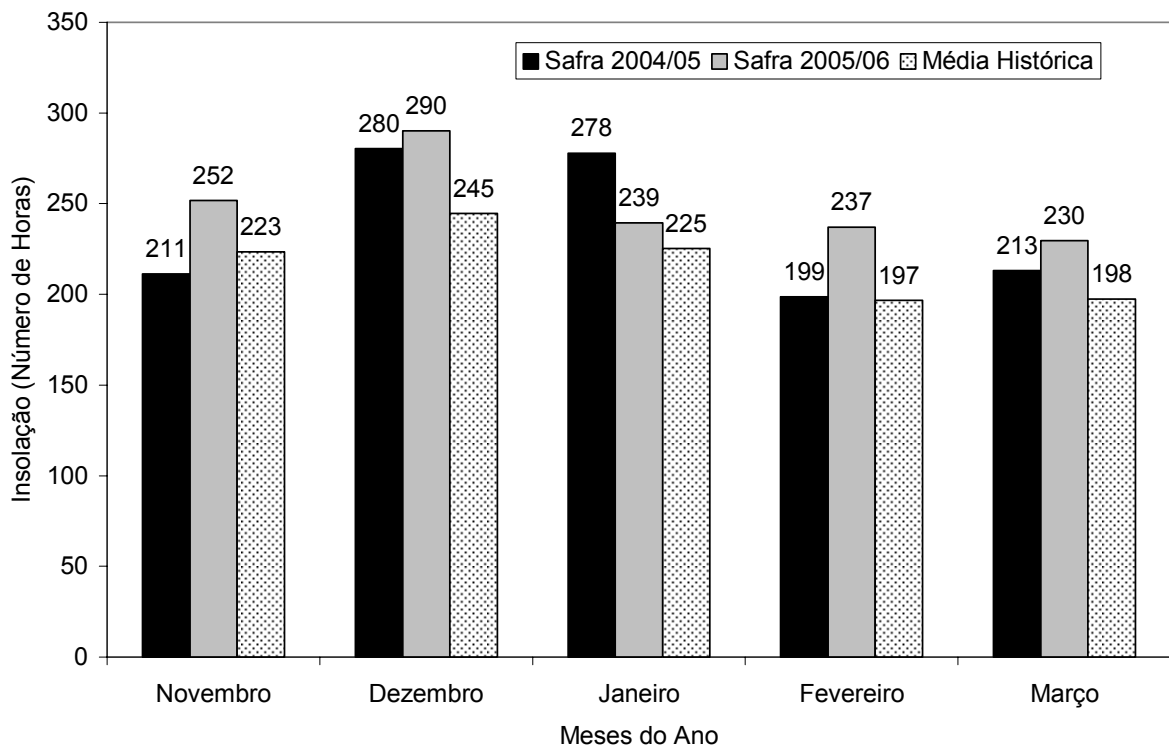


Figura 10: Insolação nas safras 2004/05 e 2005/06 comparada à média histórica segundo a Estação Meteorológica do Departamento de Fitotecnia da UFSM.

Analisando a estimativa de produtividade de arroz irrigado em cada ponto amostral entre as safras 2004/05 e 2005/06, verifica-se que o coeficiente de variação máximo encontrado foi de 30% (Tabela 5), caracterizando-se como produtividade consistente segundo a metodologia proposta por Molin (2002).

Tabela 5 – Coeficiente de Variação (CV) encontrado na estimativa de produtividade de arroz irrigado em cada ponto amostral entre as safras 2004/05 e 2005/06.

Ponto	CV (%)	Ponto	CV (%)
202	27,5	606	1,9
203	5,3	607	23,9
204	9,6	608	26,2
205	6,1	609	5,4
302	15,9	610	7,4
303	5,8	702	0,3
304	30,0	703	20,9
305	11,6	704	15,6
306	14,6	705	8,6
307	8,6	706	7,9
308	7,4	707	9,0
402	9,9	708	22,3
403	0,3	709	28,4
404	1,7	803	9,1
405	5,6	804	12,1
406	7,8	805	11,5
407	12,8	806	1,8
408	15,7	807	29,0
409	22,8	808	21,7
410	8,7	809	2,4
411	0,6	902	9,4
502	19,0	903	28,7
503	1,5	904	5,9
504	9,5	905	26,5
505	30,1	906	19,0
506	8,1	907	21,8
507	10,7	908	22,6
508	10,4	1003	15,3
509	4,2	1004	21,3
510	8,3	1005	19,5
511	7,8	1006	21,7
602	11,2	1007	23,0
603	14,7	1105	2,5
604	3,1	1106	18,2
605	24,1	1107	1,6

## 4.2 Correlações entre atributos químicos do solo e estimativa de produtividade de arroz irrigado

As correlações entre os atributos químicos do solo e a estimativa de produtividade de arroz irrigado analisados nas safras 2004/05 e 2005/06 foram variáveis, encontrando-se valores positivos e negativos (Tabela 6).

Tabela 6 - Correlações entre atributos químicos do solo e a estimativa de produtividade de arroz irrigado analisados nas safras 2004/05 e 2005/06.

Atributos do solo	Correlações com a produtividade de arroz irrigado <sup>1</sup> (%)	
	Safra 2004/05	Safra 2005/06
Cálcio	38	38
Magnésio	36	31
Saturação de Bases	33	27
Relação Mg/K	31	28
CTC Efetiva	29	34
CTC pH 7,0	27	27
Relação Ca/K	22	32
Argila	14	34
Potássio	13	14
H + Al	3	5
pH H <sub>2</sub> O	20	-1
Fósforo	15	-33
Relação $K/\sqrt{Ca+Mg}$	9	-19
Matéria Orgânica	-18	21
Alumínio Trocável	-20	1
Índice SMP	-6	-7
Relação Ca/Mg	-11	-7
Saturação de Alumínio	-38	-33

<sup>1</sup>Correlações obtidas com 70 pontos amostrais pelo método de Pearson ao nível de probabilidade de 5%.



Na safra 2004/05, os nutrientes cálcio e magnésio apresentaram maiores correlações positivas com a produtividade de arroz irrigado, sendo estas correlações de 38% e 36%, respectivamente, tendência refletida também na correlação de 33% para a saturação de bases (Tabela 6). Segundo Medeiros & Cordeiro (2005), a absorção de nitrogênio, cálcio e magnésio pelas plantas é favorecida pela aplicação de calcário, aumentando a estatura das plantas, o número de grãos cheios por panícula e a produtividade de grãos. Correlações semelhantes entre cálcio e magnésio com a produtividade também foram encontradas por Werner (2004) para a cultura da soja. A distribuição espacial dos teores de cálcio e magnésio na área experimental é apresentada na Figura 11a e b, respectivamente.

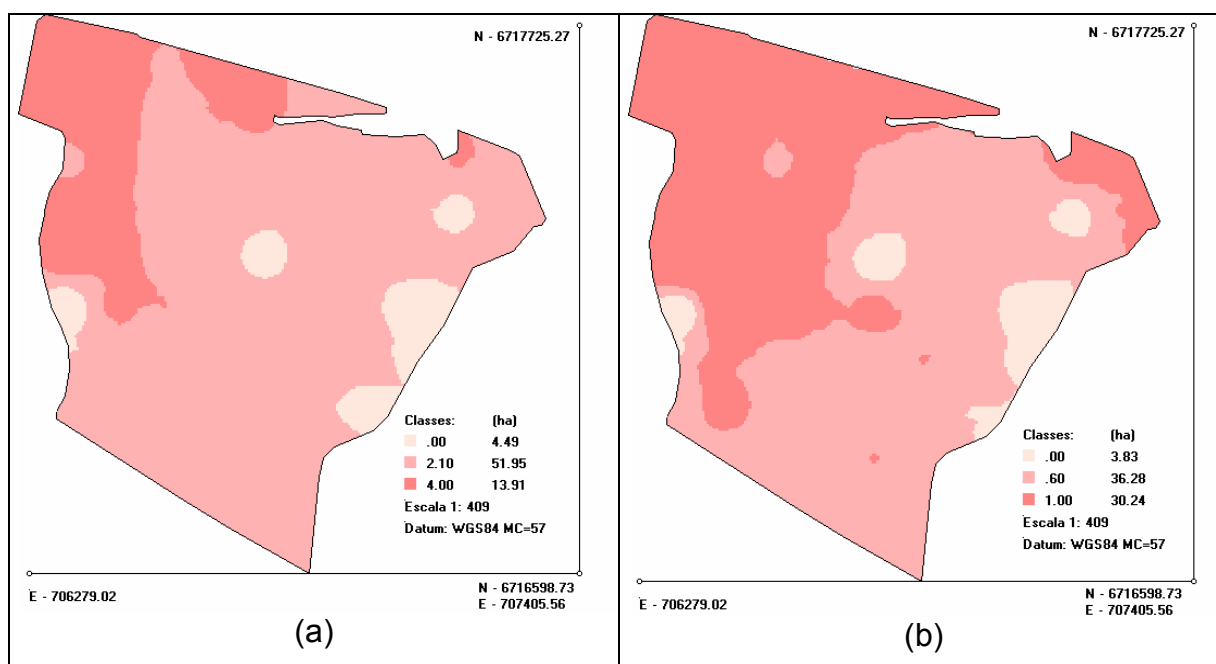


Figura 11 - Mapa de teores de cálcio (a) e magnésio (b) do solo (cmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>) na safra 2004/05 determinados com técnicas de manejo localizado.

Na safra 2005/06, os nutrientes cálcio e magnésio também apresentaram maiores correlações positivas com a estimativa de produtividade de arroz irrigado, sendo estas correlações de 38% e 31%, respectivamente (Tabela 6). A distribuição espacial dos teores de cálcio e magnésio na área experimental encontra-se na Figura 12a e b, respectivamente.

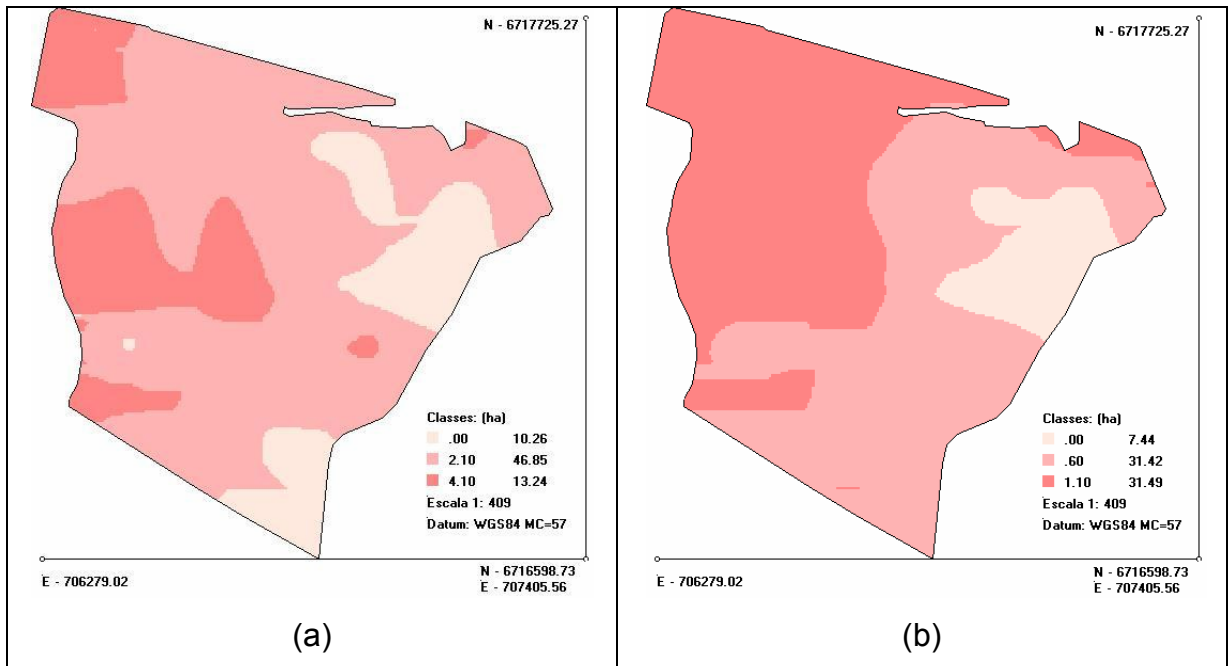


Figura 12 - Mapa de teores de cálcio (a) e magnésio (b) do solo ( $\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$ ) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado.

Nesta safra também houve correlação positiva entre a produtividade de arroz e o teor de argila do solo (34%), o que pode estar relacionado ao fato da argila ser o principal “sitio” de adsorção de nutrientes (cálcio e magnésio), principalmente quando o teor de matéria orgânica no solo é baixo (Figura 13a e b).

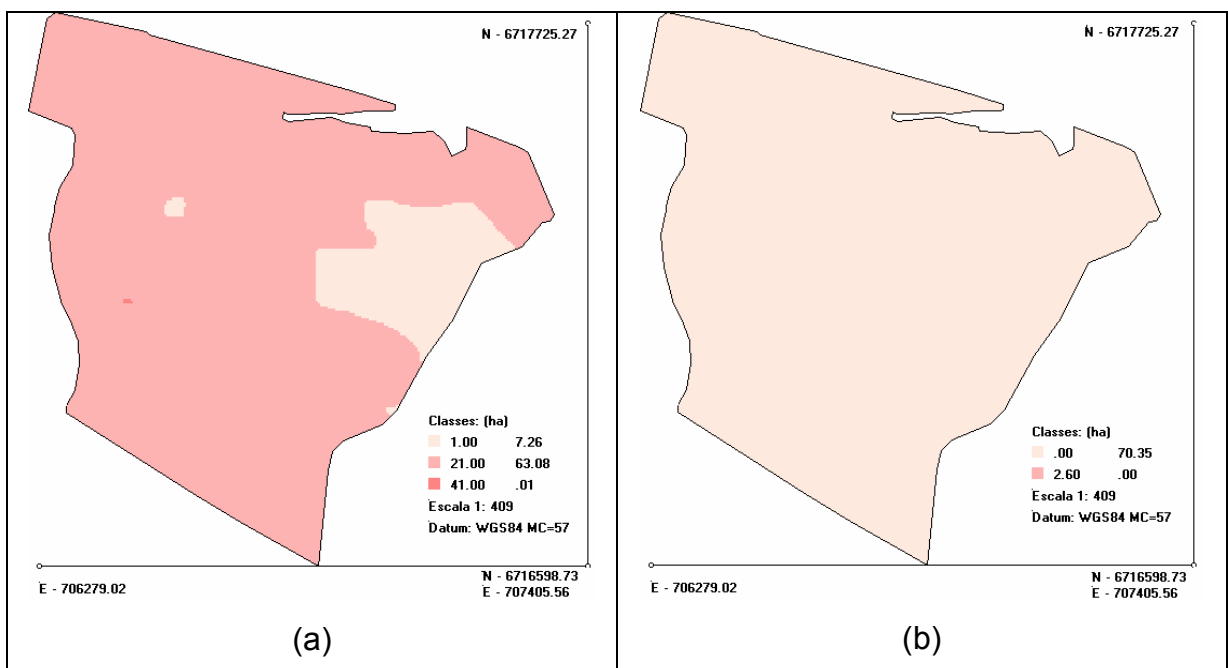


Figura 13 - Mapa de teores de argila (a) e matéria orgânica (b) do solo (%) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado.

As maiores correlações negativas entre a produtividade de arroz irrigado e os atributos químicos do solo, analisados na safra 2004/05, foram verificadas para o alumínio trocável e para a saturação de alumínio (Figura 14a e b), as quais foram de -20% e -38%, respectivamente (Tabela 6), mostrando a necessidade de neutralização do alumínio trocável. Em termos de manejo isto pode ser obtido através da antecipação da entrada da água de irrigação na área ou com a aplicação de calcário.

A estratégia mais indicada seria a aplicação de calcário, pois quando o arroz é semeado em solo seco e a inundação é iniciada 30 dias após a emergência, a correção da acidez e as condições de solo mais adequadas ao crescimento da cultura, provocadas pela inundação, ocorrem apenas próximo ao fim da fase vegetativa (40 a 60 dias após a emergência). Considerando-se que é nesse período que a planta absorve grande parte dos nutrientes essenciais, a calagem corrige a acidez e propicia melhores condições para o desenvolvimento das plantas desde o início do ciclo. Neste caso, recomenda-se a correção da acidez sempre que o pH em água for menor que 5,5 (Sosbai, 2005), o que reforça a proposta de utilização do pH do solo como critério para mapeamento da fertilidade do solo sugerido por Dobermann (1994).

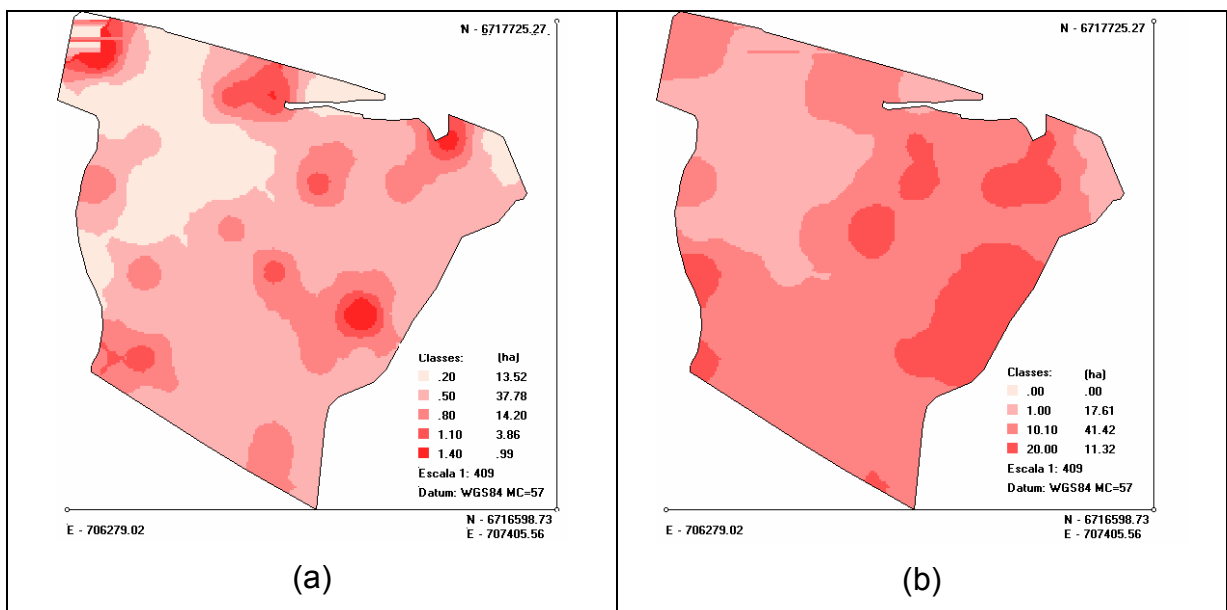


Figura 14 - Mapa de alumínio trocável (cmol<sub>c</sub>.L<sup>-1</sup>) (a) e de saturação de alumínio do solo (%) (b) na safra 2004/05 determinados com técnicas de manejo localizado.

Outra correlação com a produtividade de arroz que apresentou uma considerável modificação entre as duas safras foi para o alumínio trocável, a qual foi de -20% na safra 2004/05 e passou para 1% na safra 2005/06 (Tabela 6), o que pode ser justificado pela aplicação de calcário em taxas variáveis anteriormente à safra 2005/06.

Analisando os valores mínimo, médio e máximo para cada atributo de solo, verifica-se que o fósforo apresentou o maior coeficiente de variação entre os atributos analisados, sendo de 75,4% na safra 2004/05 (Tabela 7) e de 76,4% na safra 2005/06 (Tabela 8).

Tabela 7 – Valor mínimo, máximo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para cada atributo de solo analisado na safra 2004/05.

Atributo de Solo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Médio	Desvio Padrão	Coeficiente Variação (%)
Textura	2	4	3	0,6	18,4
Argila (%)	15	44	26	5,4	20,7
pH água (1:1)	4,5	5,2	4,8	0,2	3,5
Índice SMP	5,1	6,4	6,1	0,26	4,3
Fósforo (mg.L <sup>-1</sup> )	1	24	5,5	4,1	75,4
Potássio (mg.L <sup>-1</sup> )	48	124	72	14,6	20,3
Matéria Orgânica (%)	0,5	2	1,4	0,3	19,7
Alumínio Trocável (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,2	1,7	0,7	0,3	47,5
Cálcio (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,7	5,2	3	1	32,7
Magnésio (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,1	1,9	1	0,4	41,3
H + Al (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	2,5	6,7	3,3	0,8	25,5
CTC Efetiva (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	1,5	9	4,9	1,5	29,7
CTC pH 7 (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	4,4	12,7	7,4	1,8	24,3
Saturação Alumínio (%)	3	30	14	6,7	47,7
Saturação Bases (%)	25	71	56	9,3	16,6
Relação Ca/Mg	2,5	9	3	0,8	26,9
Relação Ca/K	3,4	29,6	16,3	5,5	34
Relação Mg/K	0,6	10,1	5,4	2,2	40,5
Relação K√Ca/Mg	0,06	0,22	0,09	0,03	29,5

Tabela 8 – Valor mínimo, máximo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação para cada atributo de solo analisado na safra 2005/06.

Atributo de Solo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Médio	Desvio Padrão	Coeficiente Variação (%)
Textura	2	4	3	0,4	14,2
Argila (%)	10	42	26	6,1	23,3
pH água (1:1)	4,5	5,6	4,9	0,2	4,5
Índice SMP	4,9	6,5	5,8	0,4	6,4
Fósforo (mg.L <sup>-1</sup> )	1,5	18,9	4,6	3,5	76,4
Potássio (mg.L <sup>-1</sup> )	24	92	46	15	33,4
Matéria Orgânica (%)	0,6	1,7	1	0,2	23,3
Alumínio Trocável (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,3	2,4	0,9	0,5	53,8
Cálcio (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,6	5,7	3,2	1,1	35,3
Magnésio (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,2	2	1	0,4	42,7
H + Al (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	2,5	15,4	6,4	2,8	44
CTC Efetiva (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	1,6	9,8	5,2	1,7	32,4
CTC pH 7 (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	3,5	20,8	10,7	3,3	30,6
Saturação Alumínio (%)	6	53	18	9	50,1
Saturação Bases (%)	12	67	41	13	30,8
Relação Ca/Mg	1,6	7,5	3,4	1	29,7
Relação Ca/K	5,3	63,5	29,1	13	44,6
Relação Mg/K	0,9	17,6	8,9	3,6	40,5
Relação K <sup>1/2</sup> /Ca/Mg	0,03	0,14	0,06	0,02	37,3

#### 4.3 Correlações entre atributos de manejo, da cultura e estimativa de produtividade de arroz irrigado

A produtividade de arroz irrigado na safra 2005/06 mostrou correlação negativa (-28%) com a população de plantas, indicando que áreas com maiores populações de plantas resultaram em menores produtividades da cultura (Figura 15a e b).

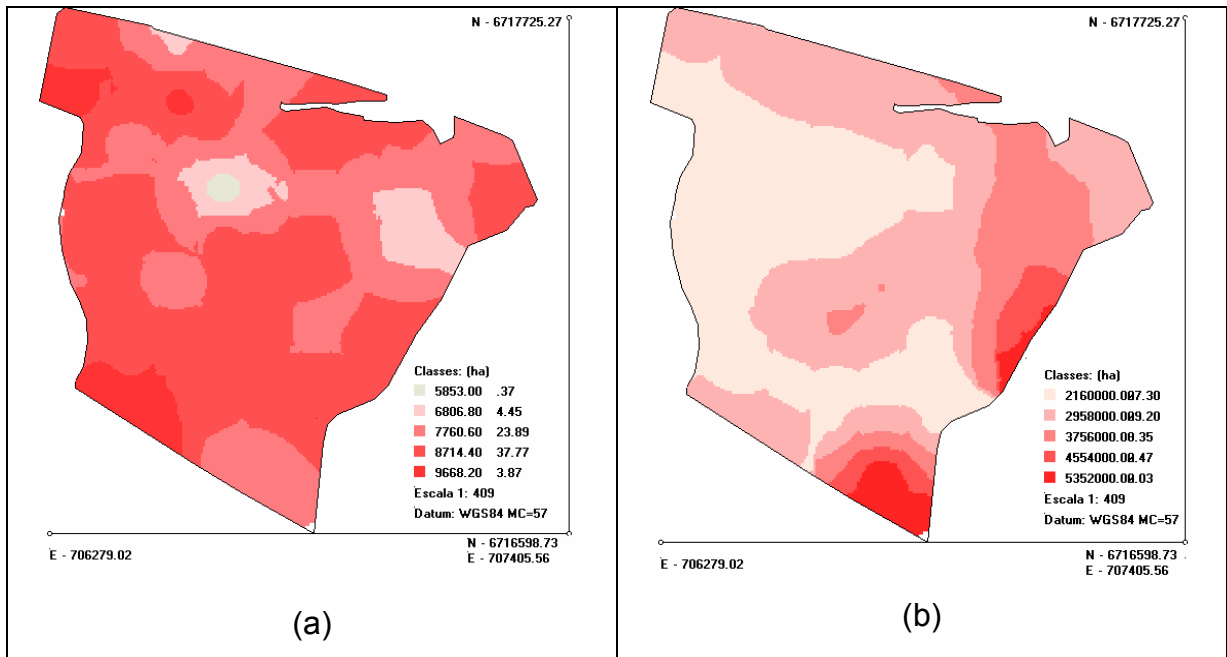


Figura 15 - Mapa com estimativa de produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (a) e população de plantas de arroz (milhões  $\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (b) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado.

Considerando-se uma semente de boa qualidade, um solo bem preparado e condições climáticas favoráveis, recomenda-se a densidade de 400 a 500 sementes aptas por metro quadrado ( $\text{m}^2$ ), para a semeadura em linha. O objetivo é garantir uma população de 200 a 300 plantas por  $\text{m}^2$ , uniformemente distribuídas, para obter alto rendimento (Sosbai, 2005). Neste sentido, aproximadamente 50% da área apresentou população de plantas superior a recomendação técnica, corroborando com a correlação negativa encontrada entre a produtividade e este atributo.

Segundo Luzzardi et al. (2005), a redução da densidade de semeadura propicia um melhor aproveitamento e utilização dos recursos disponíveis como água, luz e nutrientes. A melhor interceptação da luz solar, propiciada por menores densidades de semeadura, faz com que a cultura se desenvolva mais rapidamente. O desenvolvimento antecipado da cultura, além de aumentar a produtividade através do aumento da fotossíntese, também torna a cultura mais resistente a estresses ambientais, ataques de pragas e doenças e os colmos tendem a ser mais grossos e fortes, aumentando a tolerância ao acamamento.

A população de plantas também apresentou correlação negativa (-11%) com o número de panículas de arroz por área (Figura 16a). Segundo Sosbai (2005), a capacidade de perfilhamento faz com que o arroz tenha uma resposta elástica à

densidade de semeadura, podendo compensar baixas populações de plantas com maior número de perfilhos emitidos por planta. A capacidade de perfilhamento depende da cultivar, densidade de semeadura, temperatura do solo, disponibilidade de nitrogênio no solo e da altura da lâmina de água de irrigação.

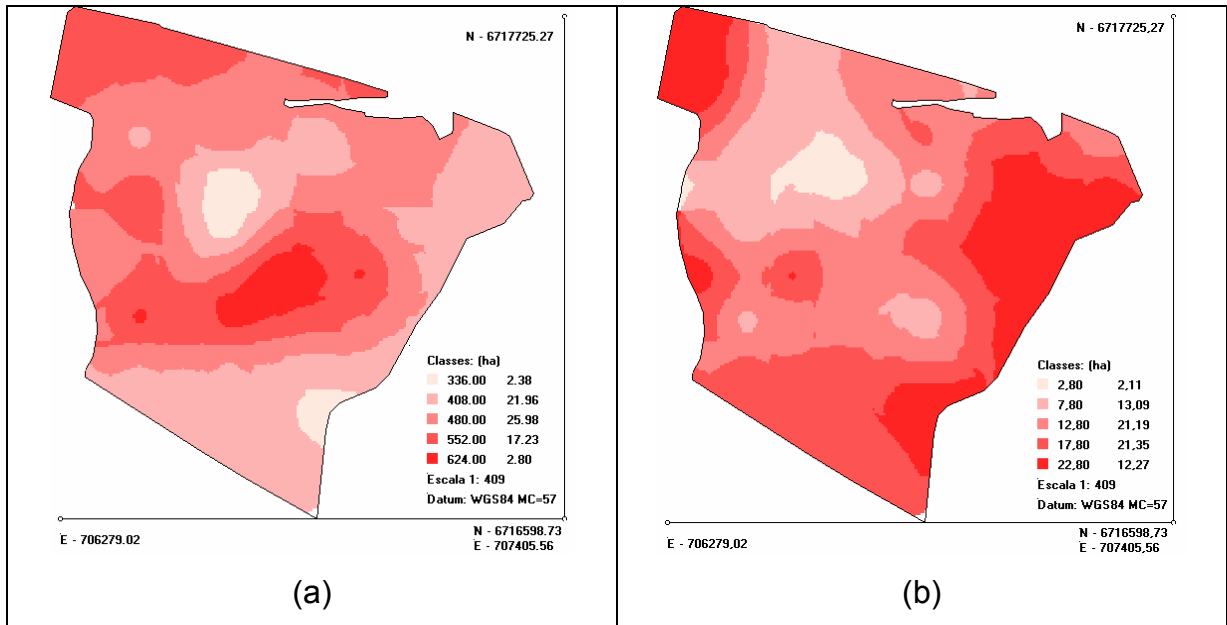


Figura 16 - Mapa do número de panículas de arroz (panículas.m<sup>-2</sup>) (a) e altura da lâmina de água de irrigação (cm) (b) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado.

Considerando como ideal para obter alto rendimento de grãos uma planta que contenha 3 a 4 perfilhos produtivos (panículas) e uma população de 200 a 300 plantas por metro quadrado, verifica-se que a maior parte da área estudada apresentou um número de panículas inferior ao ideal (Figura 16a). Isto pode ser explicado pela correlação negativa (-11%) obtida entre o número de panículas e a população de plantas por área, evidenciando que maiores populações de plantas propiciaram um menor perfilhamento das mesmas.

A altura da lâmina de água de irrigação (Figura 16b) possivelmente também contribuiu para um menor perfilhamento das plantas de arroz, pois apresentou uma correlação negativa (-18%) com o número de panículas por área. Segundo Sosbai (2005), as cultivares tradicionais de arroz suportam uma lâmina de água mais elevada sem prejudicar o desenvolvimento, enquanto as cultivares modernas se desenvolvem melhor quando a lâmina de água não ultrapassa a 10 cm de altura.

Neste sentido, verificou-se que aproximadamente 50% da área apresentava uma altura da lâmina de água superior a 10 cm, inclusive com locais onde esta lâmina de água chegou a 30 cm de altura, indicando que possa ter ocorrido o afogamento de plantas de arroz e comprometido o perfilhamento das mesmas, pois a altura crítica para que isso ocorra é 15 cm.

O número de panículas por metro quadrado é um dos principais componentes do rendimento de grãos de arroz, juntamente com o número de grãos por panícula e peso de grãos (Sosbai, 2005). Neste trabalho, verificou-se uma correlação positiva (26%) entre o número de panículas por metro quadrado e a produtividade de grãos de arroz. O número de panículas por área está diretamente relacionado com o perfilhamento da planta e este é afetado pela adubação nitrogenada e pela altura da lâmina de água de irrigação.

#### **4.4 Análise de componentes principais entre atributos químicos do solo, de manejo, da cultura e estimativa de produtividade de arroz irrigado**

A análise de componentes principais pode ser usada para julgar a importância das variáveis originais escolhidas, ou seja, as variáveis originais com maior peso na combinação linear dos primeiros componentes principais são as mais importantes (Moita Neto & Moita, 1998).

Na análise de componentes principais na safra 2004/05 observa-se que a primeira componente apresentou um autovalor de 7,82 e explicou 43,47% da variação existente entre as variáveis analisadas. Associada à componente principal 2, cujo autovalor foi de 3,90, ambas explicaram 65,15% da variação existente entre as variáveis (Tabela 9). Na safra 2005/06, a primeira componente principal apresentou um autovalor de 7,00 e explicou 33,33% da variação existente entre as variáveis analisadas. Associada à componente principal 2, cujo autovalor foi de 3,93, ambas explicaram 52,04% da variação existente entre as variáveis (Tabela 10).



Tabela 9 - Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2004/05.

Componente Principal	Autovalor	Percentual (%) Explicada	Percentual (%) Explicada Acumulada
1	7,82	43,47	43,47
2	3,90	21,68	65,15
3	1,74	9,67	74,82
4	1,04	5,78	80,60
5	0,87	4,84	85,44
6	0,75	4,17	89,61
7	0,69	3,84	93,45
8	0,44	2,45	95,90
9	0,37	2,06	97,96
10	0,21	1,17	99,13
11	0,09	0,50	99,63
12	0,03	0,17	99,80
13	0,02	0,11	99,91
14	0,01	0,06	99,97
15	0,01	0,03	100,00
16	0,00	0,00	100,00
17	0,00	0,00	100,00
18	0,00	0,00	100,00

Tabela 10 - Autovalores e percentual (%) da variação total explicada pelas componentes principais na safra 2005/06.

Componente Principal	Autovalor	Percentual (%) Explicada	Percentual (%) Explicada Acumulada
1	7,00	33,33	33,33
2	3,93	18,71	52,04
3	2,88	13,71	65,75
4	1,98	9,43	75,18
5	1,23	5,86	81,04
6	1,09	5,19	86,23
7	0,87	4,14	90,37
8	0,63	3,00	93,37
9	0,36	1,71	95,08
10	0,34	1,62	96,70
11	0,25	1,19	97,89
12	0,18	0,86	98,75
13	0,11	0,52	99,27
14	0,06	0,29	99,56
15	0,04	0,19	99,75
16	0,02	0,10	99,85
17	0,01	0,05	99,90
18	0,01	0,05	99,95
19	0,01	0,05	100,00
20	0,00	0,00	100,00
21	0,00	0,00	100,00

Analisando os autovetores correspondentes à componente principal 1, os quais são o resultado do carregamento das variáveis originais sobre esta componente e representam uma medida da relativa importância de cada variável em relação à mesma, destacam-se novamente os nutrientes cálcio e magnésio na safra 2004/05 (Tabela 11), os quais apresentaram maiores correlações positivas (diretamente proporcional) sobre esta componente (Tabela 12). Isto também refletiu

em outros atributos de solo como CTC e relações entre cálcio, magnésio e potássio. Dentre os autovetores da componente principal 1 com maiores correlações negativas (inversamente proporcional) destaca-se a saturação de alumínio.

Tabela 11 - Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2004/05.

Variável	Componente Principal						
	1	2	3	4	5	6	7
Argila	0,233	0,271	0,233	-0,174	-0,058	0,028	0,056
pH	0,209	-0,151	0,024	-0,385	0,380	0,366	0,223
SMP	-0,061	-0,460	0,153	-0,050	-0,175	-0,140	-0,134
P	-0,134	-0,040	-0,364	0,644	0,103	-0,250	0,107
K	0,093	-0,033	0,504	0,257	0,122	-0,264	0,645
MO	0,036	0,072	0,438	0,412	-0,453	0,563	-0,048
Al	-0,004	0,426	0,092	-0,134	-0,301	-0,313	-0,206
Ca	0,348	0,048	0,005	0,041	0,063	-0,150	-0,059
Mg	0,345	0,019	0,027	0,023	0,082	-0,119	-0,053
H +Al	0,065	0,464	-0,145	0,104	0,159	0,141	0,126
CTC Efetiva	0,334	0,135	0,043	0,011	-0,009	-0,215	-0,089
CTC pH 7	0,302	0,246	-0,046	0,086	0,128	-0,044	0,029
Sat. Al	-0,257	0,297	0,066	-0,162	-0,158	-0,149	-0,067
Sat. Bases	0,297	-0,239	0,076	0,009	-0,135	-0,192	-0,152
Rel. Ca/Mg	0,297	-0,239	0,076	0,009	-0,135	-0,192	-0,152
Rel. Ca/K	0,280	-0,010	-0,300	0,164	-0,124	0,241	-0,107
Rel. Mg/K	0,307	-0,031	-0,227	0,123	-0,073	0,193	-0,051
Rel. $K\sqrt{Ca+Mg}$	-0,096	0,052	0,391	0,249	0,605	0,043	-0,601

Tabela 12 - Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2004/05.

Variável	Componente Principal						
	1	2	3	4	5	6	7
Argila	0,652	0,536	0,307	-0,177	-0,054	0,024	0,046
pH	0,583	-0,298	0,031	-0,393	0,354	0,317	0,185
SMP	-0,171	-0,908	0,201	-0,050	-0,163	-0,121	-0,111
P	-0,376	-0,080	-0,480	0,657	0,096	-0,217	0,089
K	0,259	-0,065	0,665	0,263	0,114	-0,229	0,536
MO	0,100	0,142	0,578	0,420	-0,422	0,488	-0,040
Al	-0,011	0,842	0,121	-0,136	-0,280	-0,271	-0,171
Ca	0,973	0,095	0,007	0,042	0,059	-0,130	-0,049
Mg	0,964	0,037	0,036	0,023	0,076	-0,103	-0,044
H +Al	0,181	0,915	-0,192	0,106	0,148	0,122	0,105
CTC Efetiva	0,934	0,267	0,056	0,011	-0,009	-0,186	-0,074
CTC pH 7	0,845	0,486	-0,060	0,087	0,120	-0,038	0,024
Sat. Al	-0,718	0,586	0,087	-0,165	-0,147	-0,129	-0,056
Sat. Bases	0,829	-0,473	0,100	0,009	-0,126	-0,166	-0,126
Rel. Ca/Mg	0,829	-0,473	0,100	0,009	-0,126	-0,166	-0,126
Rel. Ca/K	0,783	-0,020	-0,394	0,167	-0,116	0,209	-0,089
Rel. Mg/K	0,859	-0,062	-0,299	0,125	-0,068	0,167	-0,042
Rel. $K\sqrt{Ca+Mg}$	-0,269	0,103	0,516	0,254	0,565	0,037	-0,499

Os autovetores correspondentes à componente principal 1 na safra 2005/06 também destacam os nutrientes cálcio e magnésio (Tabela 13) com maiores correlações positivas sobre esta componente (Tabela 14). Outro fator importante a ser ressaltado nesta safra é a correlação negativa da altura da lâmina de água de irrigação e a população de plantas de arroz com a componente principal 1.

Tabela 13 - Autovetores normalizados para cada componente principal na safra 2005/06.

Variável	Componente Principal						
	1	2	3	4	5	6	7
Argila	0,290	-0,195	0,043	0,095	0,035	0,242	0,192
pH	0,144	-0,043	0,348	-0,333	-0,170	0,157	0,294
SMP	-0,108	0,450	0,088	0,137	-0,044	0,134	0,099
P	-0,261	0,106	-0,046	0,129	0,355	-0,053	-0,336
K	0,062	-0,157	0,410	0,396	-0,126	0,084	-0,075
MO	0,127	0,013	0,243	0,104	0,623	-0,193	-0,141
Al	0,089	-0,266	-0,298	0,339	-0,107	0,139	0,133
Ca	0,330	0,094	-0,104	0,214	-0,026	0,113	-0,095
Mg	0,337	0,041	0,177	0,099	0,106	0,110	-0,041
H +Al	0,102	-0,449	-0,065	-0,152	0,080	-0,163	-0,115
CTC Efetiva	0,334	-0,007	-0,104	0,275	-0,025	0,147	-0,038
CTC pH 7	0,246	-0,351	-0,065	-0,040	0,072	-0,086	-0,138
Sat. Al	-0,225	-0,249	-0,219	0,212	-0,067	0,085	0,102
Sat. Bases	0,191	0,395	0,068	0,185	-0,040	0,160	0,048
Rel. Ca/Mg	-0,192	0,074	-0,350	0,250	-0,157	-0,047	-0,023
Rel. Ca/K	0,232	0,148	-0,406	-0,087	0,042	-0,023	-0,027
Rel. Mg/K	0,309	0,112	-0,180	-0,196	0,168	0,002	0,021
Rel. $K\sqrt{Ca+Mg}$	-0,197	-0,193	0,329	0,301	-0,097	-0,002	-0,060
Lâm. Água	-0,175	-0,062	-0,089	0,060	0,418	0,573	-0,090
N° Pan.	0,066	0,066	-0,021	0,340	0,212	-0,565	0,527
Pop. Plantas	-0,189	-0,108	-0,044	-0,097	0,335	0,262	0,603

Tabela 14 - Correlação entre componentes principais e variáveis originais na safra 2005/06.

Variável	Componente Principal						
	1	2	3	4	5	6	7
Argila	0,768	-0,386	0,073	0,133	0,039	0,253	0,179
pH	0,382	-0,086	0,590	-0,468	-0,189	0,164	0,274
SMP	-0,285	0,892	0,149	0,193	-0,049	0,140	0,092
P	-0,689	0,210	-0,078	0,181	0,394	-0,055	-0,313
K	0,164	-0,311	0,695	0,557	-0,139	0,088	-0,070
MO	0,337	0,027	0,413	0,146	0,691	-0,201	-0,132
Al	0,235	-0,527	-0,505	0,477	-0,118	0,145	0,124
Ca	0,874	0,187	-0,177	0,301	-0,029	0,118	-0,089
Mg	0,891	0,081	0,300	0,140	0,117	0,114	-0,038
H +Al	0,269	-0,891	-0,109	-0,214	0,089	-0,171	-0,108
CTC Efetiva	0,884	-0,013	-0,176	0,386	-0,028	0,153	-0,035
CTC pH 7	0,652	-0,696	-0,110	-0,056	0,080	-0,090	-0,129
Sat. Al	-0,595	-0,495	-0,371	0,298	-0,074	0,088	0,095
Sat. Bases	0,506	0,782	0,116	0,260	-0,044	0,168	0,044
Rel. Ca/Mg	-0,507	0,148	-0,594	0,352	-0,174	-0,049	-0,022
Rel. Ca/K	0,614	0,293	-0,689	-0,122	0,046	-0,024	-0,025
Rel. Mg/K	0,817	0,222	-0,306	-0,276	0,186	0,002	0,019
Rel. $K\sqrt{Ca+Mg}$	-0,521	-0,382	0,558	0,423	-0,108	-0,002	-0,056
Lâm. Água	-0,463	-0,124	-0,151	0,084	0,464	0,598	-0,084
N° Pan.	0,176	0,131	-0,035	0,479	0,235	-0,590	0,491
Pop. Plantas	-0,500	-0,215	-0,074	-0,136	0,372	0,273	0,563

O gráfico com autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 fornece uma janela privilegiada para observação da importância das variáveis. Na safra 2004/05, os atributos Ca e Mg, seguidos da CTC Efetiva, CTC a pH 7 e Argila apresentaram os maiores pesos na componente principal 1, enquanto os atributos Al e H + Al apresentaram os maiores pesos sobre a componente principal 2 (Figura 17). Entretanto, isto não significa que a

componente principal 3 não possa fornecer informações relevantes para entendimento do sistema em estudo.

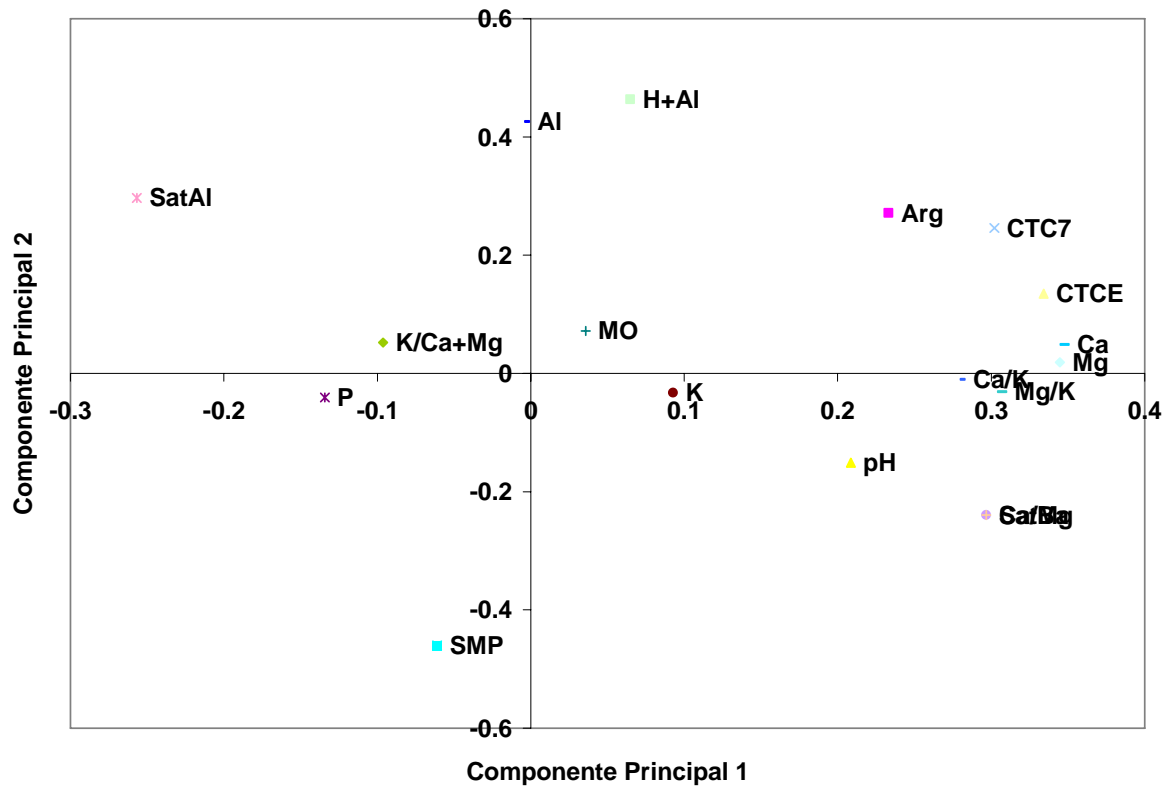


Figura 17 – Gráfico com autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2004/05.

Na safra 2005/06, o gráfico com autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 também destaca os atributos Ca e Mg, seguidos da CTC Efetiva, relação Mg/K, argila, relação Ca/K e CTC a pH 7 com os maiores pesos na componente principal 1, enquanto os atributos Índice SMP e Saturação de Bases apresentaram os maiores pesos sobre a componente principal 2 (Figura 18).

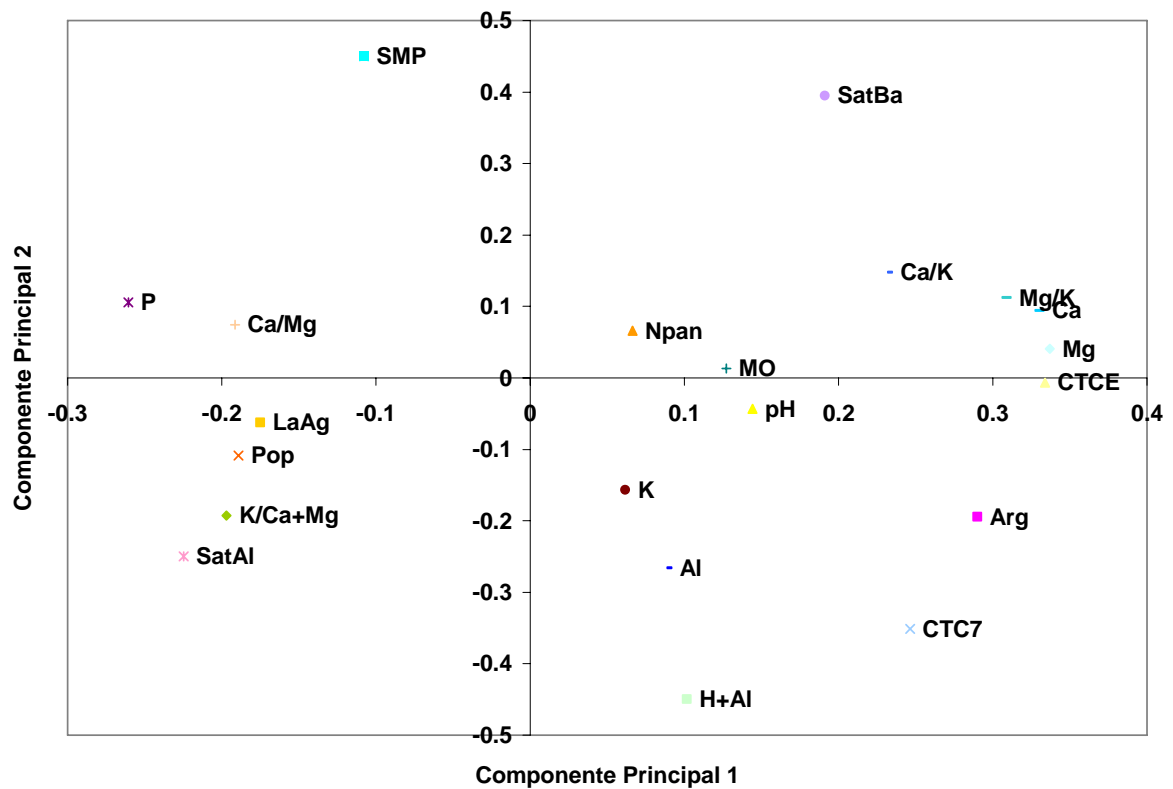


Figura 18 – Gráfico com autovetores normalizados da componente principal 1 versus a componente principal 2 na safra 2005/06.

A matriz de carregamentos de cada variável nas componentes principais ao ser multiplicada pela matriz original de dados fornecerá a matriz de contagens (escores) de cada caso em relação às componentes principais.

Na safra 2004/05, o modelo digital (mapa) com os escores da componente principal 1 para cada ponto da malha de amostragem (Figura 19a) apresentou uma correlação de 34% com a estimativa de produtividade de arroz irrigado (Figura 19b). Para a safra 2005/06, a correlação entre o mapa de escores da componente principal 1 (Figura 20a) e a estimativa de produtividade de arroz irrigado (Figura 20b) foi de 28%.



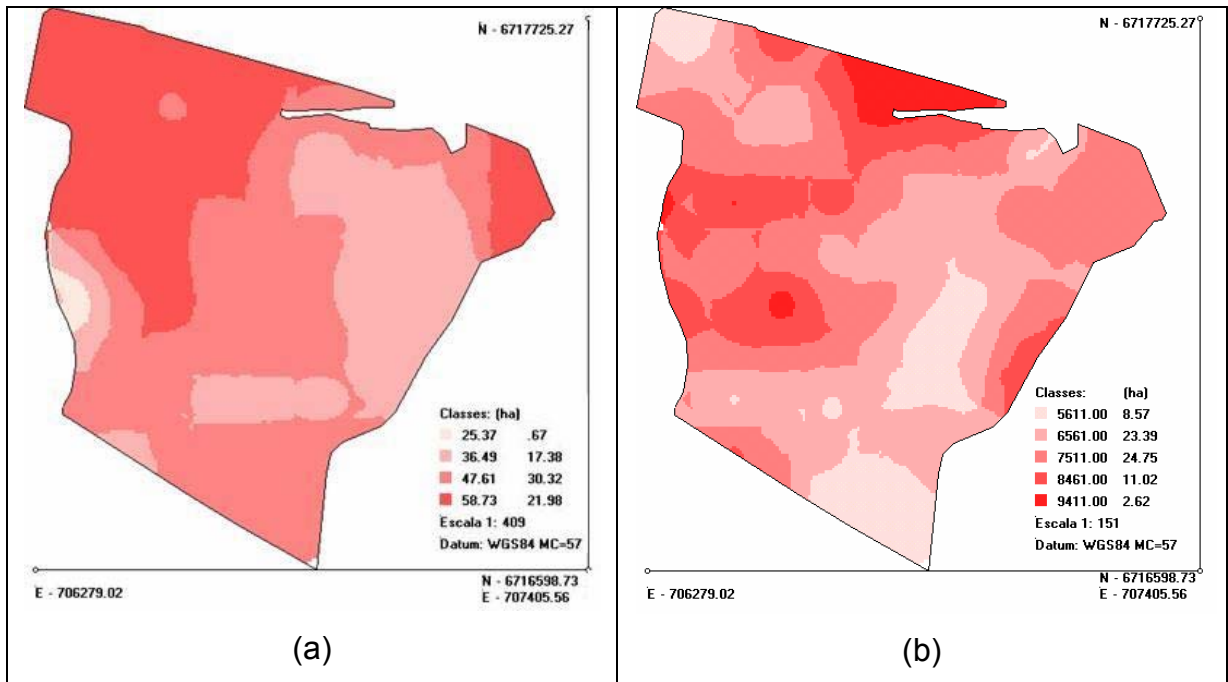


Figura 19: Mapa com escores da componente principal 1 (a) e mapa com estimativa de produtividade de arroz irrigado (b) para cada ponto da malha de amostragem na safra 2004/05.

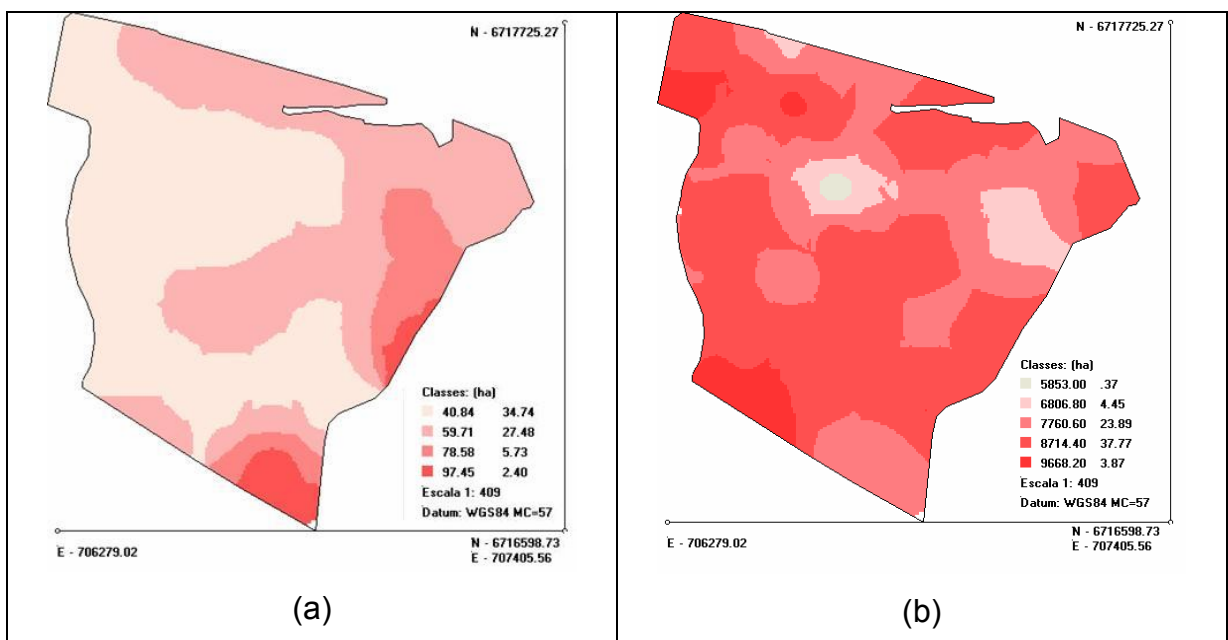


Figura 20: Mapa com escores da componente principal 1 (a) e mapa com estimativa de produtividade de arroz irrigado (b) para cada ponto da malha de amostragem na safra 2005/06.

#### 4.5 Aplicação de calcário à taxa variável

A aplicação de calcário à taxa variável realizada na safra 2005/06 foi baseada no critério do índice SMP (Figura 21a) para definição da dose a ser aplicada em cada local (Comissão de fertilidade do solo RS/SC, 2004). A demarcação dos quadros existentes na área do experimento em função das taipas ou canais de irrigação (Figura 21b) facilitou a definição de zonas de manejo, as quais consistiam de conjuntos de quadros com características homogêneas de solo, permitindo a aplicação de fertilizantes em taxas específicas para cada local da área.

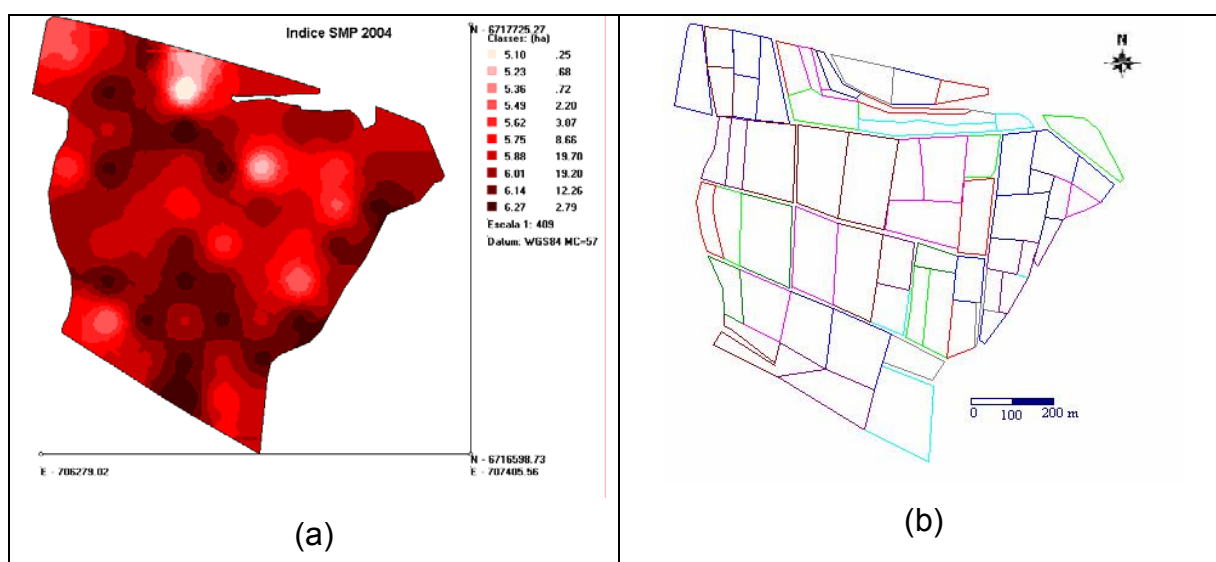


Figura 21 - Mapa do índice SMP do solo na safra 2004/05 (a) e do número de quadros existentes na área do experimento determinados com técnicas de manejo localizado.

Após a interpretação do critério do Índice SMP elaborou-se o mapa de recomendação de calagem em duas doses (Figura 22a), visando a correção da acidez para pH em água  $\geq 5,5$  (Comissão de fertilidade do solo RS/SC, 2004). Para localizar as áreas no campo em função das doses de calcário, digitalizou-se as coordenadas geográficas das mesmas no modelo digital (mapa). Estas coordenadas foram localizadas a campo e demarcadas com estacas, ajustando-se o limite destas áreas em função do limite dos quadros da área.

Para facilitar a operação do equipamento de distribuição à lanço de calcário a campo, a aplicação de calcário foi realizada por quadros da área, nas doses de 0, 2 e 4 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 22b). A aplicação de calcário foi realizada inicialmente com uma dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> em toda a área (exceto a testemunha) e, posteriormente, uma segunda passada nas áreas que necessitavam uma dose de 4 Mg ha<sup>-1</sup>. Esta aplicação ocorreu na segunda quinzena de setembro, ou seja, quarenta dias antes da semeadura, proporcionando efeito de correção da acidez do solo na safra subsequente, pois resultados experimentais demonstram que a aplicação de calcário de ótima qualidade (PRNT próximo de 100%) produz retorno econômico já no primeiro cultivo, quando aplicado até 30 dias antes da semeadura (Sosbai, 2005).

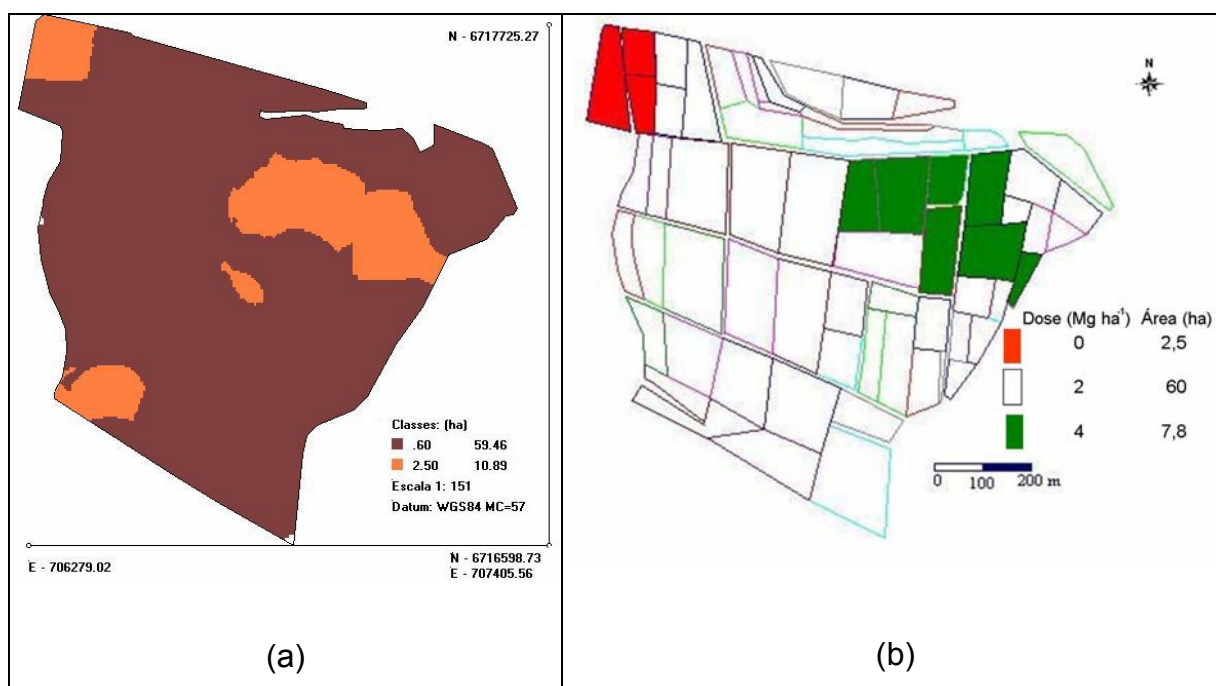


Figura 22 - Mapa teórico de recomendação de calagem com duas doses (a) e mapa de aplicação de calcário em doses variáveis (b) na safra 2005/06 determinados com técnicas de manejo localizado.

A área do experimento definida como testemunha (0 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário) não serviu como referência para avaliação do efeito de doses de calcário, mesmo indicando a necessidade de uma dose de 4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário (Figura 22a), pois apresentou maior produtividade de arroz irrigado (Figura 23). Isto se deve ao fato da recomendação de calagem ter sido definida pelo método do índice SMP, mas esta

área apresentava alto teor de cálcio e magnésio, os quais mostraram as maiores correlações positivas com a produtividade de grãos de arroz. Além disso, na área sem aplicação de calcário foi verificado menor população de plantas e maior número de panículas por área, influenciando positivamente na produtividade de grãos.

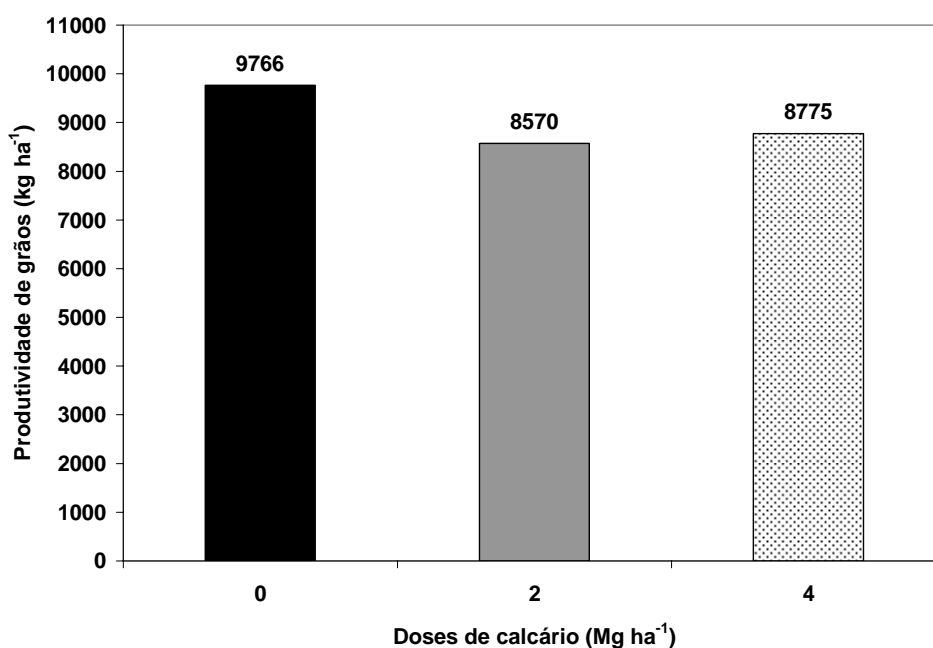


Figura 23 - Produtividade de arroz irrigado em função da aplicação de doses de calcário na safra 2005/06.

Sob o ponto de vista econômico, verificou-se que a aplicação de calcário em taxa variável proporcionou uma economia de 6 Mg de calcário quando comparada com a aplicação de uma taxa fixa de calcário em toda a área, representando uma economia de R\$ 390,00 na área estudada (Tabela 15), o equivale a R\$ 5,57 ha<sup>-1</sup>.

Tabela 15 - Análise econômica simplificada comparando a aplicação de calcário à taxa fixa e taxa variável na área do experimento na safra 2005/06.

Variável	Forma de Aplicação	
	Taxa Fixa <sup>(1)</sup>	Taxa Variável <sup>(2)</sup>
Quantidade Total de Calcário (Mg)	162	156
Custo Total (R\$)	10530,00	10140,00

<sup>(1)</sup> 2,3 Mg ha<sup>-1</sup> x 70,3 ha x R\$ 65,00 Mg<sup>-1</sup>; <sup>(2)</sup> [(4 Mg ha<sup>-1</sup> x 7,8 ha) + (2 Mg ha<sup>-1</sup> x 62,5 ha)] x R\$ 65,00 Mg<sup>-1</sup>

Analisando de forma simplificada, verifica-se que é viável economicamente aplicar as técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado, pois a receita obtida com a economia em calcário, somada ao aumento de produtividade de grãos, resultou em uma receita total de R\$ 143,40 ha<sup>-1</sup>, enquanto o custo total (análise de solo + operação de aplicação de calcário) foi de R\$ 41,30 ha<sup>-1</sup> (Tabela 16). Isto proporcionou um lucro de R\$ 102,10 ha<sup>-1</sup>, o que equivale a aproximadamente 308 kg ha<sup>-1</sup> de arroz e uma lucratividade de 71% com a aplicação de calcário à taxa variável.

A magnitude deste lucro com a aplicação em taxa variável pode ser ampliada quando se trabalha com áreas maiores e principalmente com fertilizantes, os quais apresentam um custo maior em relação ao calcário.

Outro ponto a ser ressaltado é o custo da análise de solo (R\$ 18,00 amostra<sup>-1</sup>), que representa apenas 0,5% do custo total de produção de arroz irrigado, mesmo quando se utiliza uma malha de amostragem densa (1 ponto ha<sup>-1</sup>).

Tabela 16 - Análise simplificada da viabilidade econômica do manejo localizado na cultura do arroz irrigado.

ITENS	VALOR (R\$ ha <sup>-1</sup> )
RECEITA	143,40
Aumento de produtividade de grãos <sup>(1)</sup>	137,80
Economia em calcário <sup>(2)</sup>	5,60
CUSTO	41,30
Análise de Solo <sup>(3)</sup>	18,00
Operação de aplicação de calcário <sup>(4)</sup>	23,30
LUCRO	102,10

<sup>(1)</sup> Aumento do experimento – aumento no município = 417 kg ha<sup>-1</sup> x R\$ 0,33 kg<sup>-1</sup>;

<sup>(2)</sup> Taxa fixa – taxa variável = (6 Mg x R\$ 65,00 Mg<sup>-1</sup>)/ 70 ha;

<sup>(3)</sup> Malha 1 ha = 1 amostra ha<sup>-1</sup> x R\$ 18,00 amostra<sup>-1</sup>;

<sup>(4)</sup> 2ª passada em 7,8 ha do conjunto trator + distribuidor com capacidade operacional de 5,6 ha hora<sup>-1</sup> (largura = 10 m; Velocidade de trabalho = 7 km h<sup>-1</sup>; Eficiência operacional = 80%), Tempo = 1,4 hora (7,8 ha), custo operacional de R\$ 66,50 hora<sup>-1</sup>; custo dividido em 4 anos (reaplicação de calcário).

#### 4.6 Margem líquida na produção de arroz irrigado

A margem líquida na produção de arroz irrigado, representada pela diferença entre a produtividade de grãos e o custo de produção em  $\text{kg ha}^{-1}$ , aumentou na safra 2005/06 (Figura 24b) comparativamente a safra 2004/05 (Figura 24a).

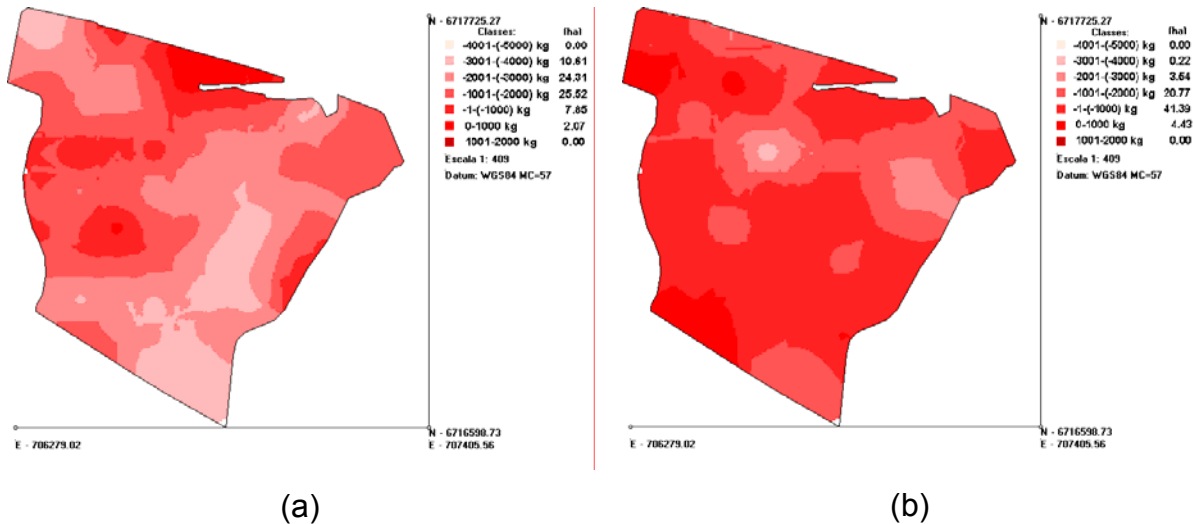


Figura 24 - Mapa de margem líquida (produtividade – custo de produção em  $\text{kg ha}^{-1}$ ) na produção de arroz irrigado na safra 2004/05 (a) e na safra 2005/06 (b) determinados com técnicas de manejo localizado.

A área do experimento com margem líquida positiva passou de 4 ha na safra 2004/05 para 9 ha na safra 2005/06, o que em termos percentuais representa um aumento de 5,7% para 13% nas respectivas safras (Figura 25). Quanto a margem líquida negativa na safra 2005/06, verificou-se uma significativa redução das áreas enquadradas nas categorias mais negativas (-2000 a -5000  $\text{kg ha}^{-1}$ ), concentrando-se nas categorias de margem líquida menos negativa (-1 a -2000  $\text{kg ha}^{-1}$ ). Isto pode ser atribuído ao aumento da produtividade de grãos verificada nesta safra comparativamente a safra anterior.



Figura 25 - Área (ha) em cada categoria de margem líquida na produção de arroz irrigado nas safras 2004/05 e 2005/06.

A margem líquida negativa na maior parte da área em estudo é atribuída ao baixo preço do arroz, o qual não cobre o custo de produção, embora a produtividade tenha se mantido nos últimos anos. Dentre os principais fatores que tem contribuído para o aumento do custo de produção de arroz destacam-se o combustível (óleo diesel) e os fertilizantes (Beust, 2006). Este último item é considerado como o principal fator do custo de produção que pode ser manejado através de técnicas de manejo localizado visando aumentar a rentabilidade da atividade agrícola.

#### 4.7 Zonas de manejo (produtividade) na cultura de arroz irrigado

Na Tabela 17 encontram-se os dados de produtividade mínima, máxima e média de arroz irrigado, bem como os valores de produtividade equivalentes a 95 e 105% em relação a média para as safras 2004/05 e 2005/06, os quais foram

utilizados na determinação das zonas de manejo. O intervalo de produtividade de arroz para as zonas de manejo baixa, média e alta encontram-se na Tabela 18.

A zona de manejo caracterizada como produtividade inconsistente não foi apresentada em função do baixo coeficiente de variação encontrado na produtividade entre as duas safras, inferior a 30% em todos os pontos amostrados.

Tabela 17 - Dados de produtividade de grãos de arroz irrigado utilizados na determinação das zonas de manejo.

Safr	Produtividade de grãos de arroz irrigado (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Mínima	Máxima	Média	95% Média	105% Média
2004/05	4855	10309	7711	7325	8097
2005/06	5853	10812	8628	8197	9060

Tabela 18 - Intervalo de produtividade de grãos de arroz irrigado utilizado na determinação de cada zona de manejo.

Safr	Zona de Manejo (Produtividade de grãos – kg ha <sup>-1</sup> )		
	Baixa	Média	Alta
2004/05	4855 – 7325	7325 – 8097	8097 – 10309
2005/06	5853 – 8197	8197 – 9060	9060 – 10812

Analisando a distribuição espacial das zonas de manejo (produtividade) verifica-se uma grande variabilidade das mesmas (Figura 26), o que pode ser justificado pela variabilidade na produtividade entre as duas safras de arroz irrigado (variabilidade temporal), sendo grande parte desta variabilidade induzida pela aplicação de calcário a taxa variável anteriormente a safra 2005/06.



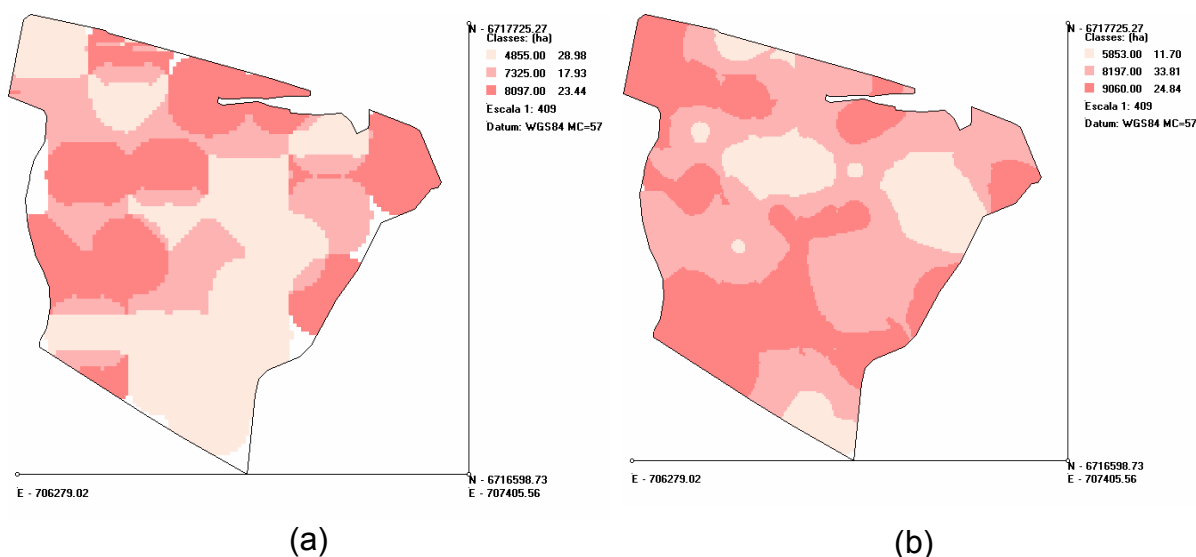


Figura 26 - Mapa das zonas de manejo (produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>) na cultura de arroz irrigado na safra 2004/05 (a) e na safra 2005/06 (b) determinados com técnicas de manejo localizado.

Na safra 2004/05, a área da zona de manejo de baixa produtividade foi de 29 hectares, enquanto na safra 2005/06 a área foi de 12 hectares (Figura 27), representando uma redução de 41% na área desta zona de manejo (produtividade). Em contrapartida, a área na zona de manejo de média produtividade passou de 18 hectares na safra 2004/05 para aproximadamente 34 hectares na safra 2005/06, representando um aumento de 89% na área desta zona de manejo. Para a zona de manejo de alta produtividade houve um aumento de 9%, passando de 23 hectares na safra 2004/05 para 25 hectares na safra 2005/06.

A análise do mapa de zonas de manejo (produtividade) na cultura de arroz irrigado em apenas duas safras não permitiu obter informações seguras a respeito da distribuição espacial das zonas de baixa, média e alta produtividade dentro do talhão. Segundo Molin (2002), a quantidade de safras monitoradas (mapas individuais) vai definir a qualidade da informação, pois quanto maior esse número, maior será a população de dados e melhor o ajuste da medição da variabilidade temporal e maior será a segurança na delimitação das zonas de manejo.

Segundo esse mesmo autor, existem várias possibilidades de se abordar o processo de tomada de decisão para a intervenção com tratamentos localizados. As estratégias vão depender das particularidades e do conhecimento prévio da área, dos princípios de gerenciamento e das circunstâncias econômicas e financeiras

envolvidas. Para fins de tomada de decisão é necessário estabelecer critérios. Um deles pode ser a variabilidade espacial e temporal da produtividade. Porém, ainda existem outros aspectos gerenciais a serem considerados, como atuar nas áreas de alta produtividade buscando otimizá-las ou isolar as áreas de produtividade baixa para intervir nelas.

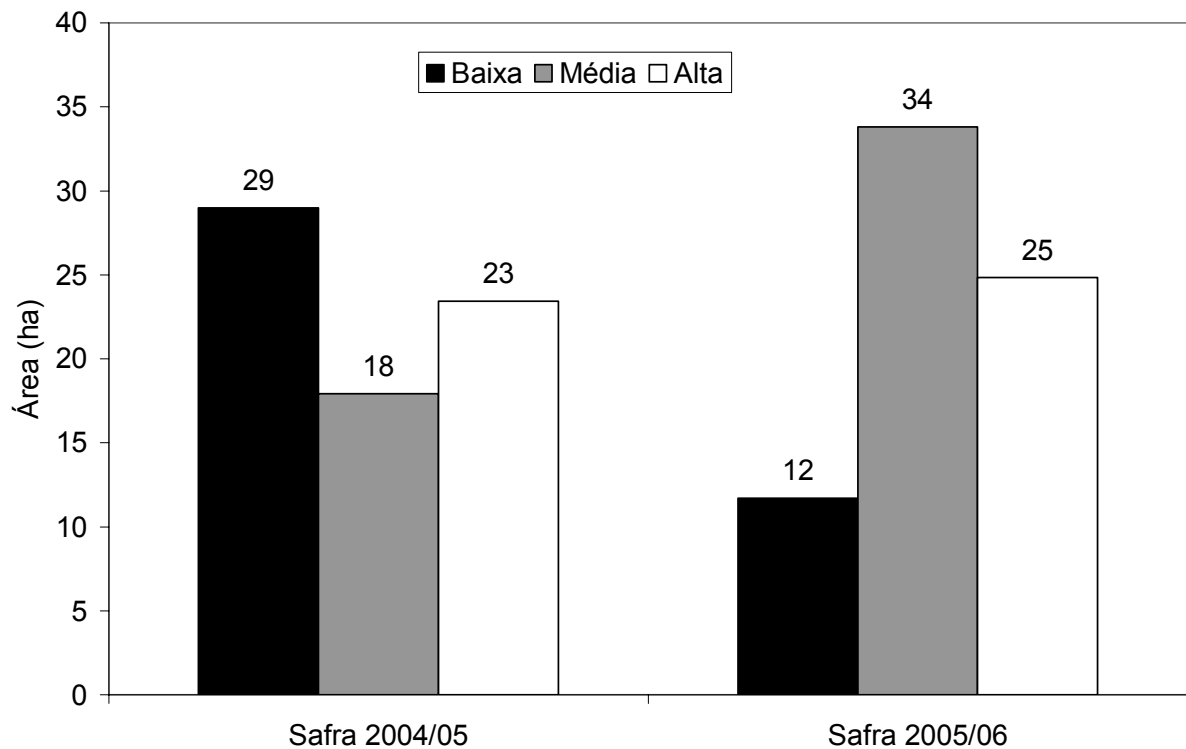


Figura 27 - Área de cada zona de manejo na cultura de arroz irrigado nas safras 2004/05 e 2005/06.

## 5 CONCLUSÕES

A produtividade de arroz irrigado apresentou variabilidade espacial e temporal na área estudada;

As maiores correlações positivas entre produtividade de arroz e atributos químicos do solo foram verificadas para cálcio e magnésio e as maiores correlações negativas foram verificadas para alumínio trocável e saturação de alumínio, indicando viabilidade de aplicação de calcário em taxa variável para correção da acidez do solo;

A produtividade de arroz irrigado apresentou correlação negativa com a população de plantas e positiva com o número de panículas, indicando que áreas com maiores populações de plantas resultaram em menores produtividades da cultura;

A altura da lâmina de água de irrigação apresentou correlação negativa com o número de panículas por área e com a produtividade da cultura;

A análise do mapa de zonas de manejo na cultura de arroz irrigado, em apenas duas safras, não permitiu distinguir a distribuição espacial das diferentes zonas de produtividade, em função da grande variabilidade espacial e temporal;

A aplicação de calcário em taxa variável proporcionou economia na quantidade de calcário necessária quando comparada com a aplicação à taxa fixa, resultando numa lucratividade de 71% com a operação;

Os resultados mostram viabilidade técnica e econômica para utilização das técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado.

## 6 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Avaliar a utilização de diferentes tamanhos de malha amostral na coleta de informações de atributos de solo, da cultura de arroz irrigado e de manejo;

Avaliar a utilização de outros métodos de recomendação de calagem (saturação de bases, teor de matéria orgânica + alumínio trocável, teor de cálcio e magnésio) na cultura do arroz irrigado;

Avaliar o desempenho de sensores de massa e umidade utilizados na colhedora em função da abrasividade da palha e da casca de arroz irrigado;

Avaliar a acuracidade de mapas de produtividade da cultura de arroz irrigado gerados pelo sistema de agricultura de precisão em colhedoras;

Comparar as informações de produtividade obtidas pelo sistema de agricultura de precisão na colhedora e manualmente, correlacionando essas informações com atributos químicos, físicos e biológicos do solo;

Avaliar sensores para monitoramento de semeadoras, possibilitando a implantação de culturas com densidades variáveis de sementes por área, inclusive com aplicação de taxas variáveis de fertilizantes na linha de semeadura.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, J.; DAINESE, R.C.; PUGLIESE, P.B. JORGE, L.A.C. Análise estatística de áreas com anormalidade de produtividade para a definição de zonas homogêneas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- AMADO, T.J.C.; BELLÉ, G.L.; DELLAMEA, R.B.C.; PES, L.Z.; FULBER, R.; PIZZUTI, L.; SCHENATO, R.B.; LEMAINSKI, C.L. Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de agricultura de precisão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 91, p. 39-47, 2006.
- ANBUMOZHI, V.; YAMAJI, E.; TABUCHI, T. Rice crop growth and yield as influenced by changes in ponding water depth, water regime and fertigation level. **Agric. Water Manag.**, V. 37, P. 241-253, 1998.
- BEUST, M.M. Fatura e bolso vazio: Produção de arroz cresce no Estado, mas preço baixo não paga o custo do plantio. **Diário de Santa Maria**, Santa Maria, 12 abr. 2006. Caderno Economia, p.13.
- BIRRELL, S.J.; SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R. Nutrient mapping implications of short-range variability. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.207-216, 1996.
- BOCCHI, S.; CASTRIGNANO, A.; FORNARO, F.; MAGGIORE, T. Application of factorial kriging for mapping soil variation at field scale. **European Journal of Agronomy**, v. 13, p. 295-308, 2000.

- BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. **Agricultura de precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 467 p.
- BORGES, R.; MALLARINO, A.P. Significance of spatially variable soil phosphorus and potassium for early growth and nutrient content of no-till corn and soybean. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 29, p. 2589-2605, 1998.
- BOURENNANE, H.; SALVADOR-BLANES, S.; CORNU, S.; KING, D. Scale of spatial dependence between chemical properties of topsoil and subsoil over a geologically contrasted area (Massif Central, France). **Geoderma**, v. 112, p. 235-251, 2003.
- BOURENNANE, H.; NICOUILLAUD, B.; COUTURIER, A.; KING, D. Exploring the Spatial Relationships Between Some Soil Properties and Wheat Yields in Two Soil Types. **Precision Agriculture**, v. 5, p. 521-536, 2004.
- BRAGA, R.P.; JONES, J.W. Interaction among soil-water, plant population, soil depth, texture, crop growth, yield components, terrain attributes and impacts on spatial yield. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE AND OTHER RESOURCE MANAGEMENT, 5, 2000, Minnesota, Proceedings. ASA, CSSA, SSSA, 2001. 1 CD-ROM.
- BULLOCK, D.G.; HOEFT, R.G.; DORMAN, P.; MACY, T.; OLSON, R. Nutrient management with intensive soil sampling and differential fertilizer spreading. **Better Crops with Plant Food**, v. 78, p. 10-12, 1994.
- CAHN, M.D.; HUMMEL, J.W.; BROUER, B.H. Spatial analysis of soil fertility for soil-specific crop management. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1240-1248, 1994.

- CAMARGO, W.P.; SOUZA, A.B.M.; NAGUMO, G.K.; MOLIN, J.P. Análise temporal da produtividade espacial de mapas de produtividade (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.
- CAPELLI, N.L. Agricultura de precisão: Novas tecnologias para o processo produtivo. Disponível em: <http://www.bases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/capelli> Acesso em 26 de outubro de 2003.
- CARR, P.M.; CARLSON, G.R.; JACOBSEN, J.S.; NIELSEN, G.A.; SKOGLEY, E.O. Farming soils not fields: A strategy for increasing fertilizer profitability. **Journal of Production Agriculture**, v. 4, p. 57-61, 1991.
- CARVALHO, J.R. de P.; VIEIRA, S.R.; MORAN, R.C.C.P. **Como avaliar similaridade entre mapas de produtividade**. Campinas: Relatório Técnico/Embrapa Informática Agropecuária 10, 1ª edição, 2001, 24p.
- CASANOVA, D; GOUDRIAAN, J.; CATALA FORNER, M.M.; WITHAGEN, J.C.M. Rice yield prediction from yield components and limiting factors. **European Journal of Agronomy**, v.17, p.41-61, 2002.
- CASSEL, D.K.; WENDROTH, O.; NIELSEN, D.R. Assessing spatial variability in an agricultural experimental station field: Opportunities arising from spatial dependence. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 706-714, 2000.
- CASTRIGNANO, A.; GIUGLIARINI, L.; RISALITI, R.; MARTINELLI, N. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. **Geoderma**, v. 97, p. 39-60, 2000a.

- CASTRIGNANO, A.; GOOVAERTS, P.; LULLI, L.; BRAGATO, G. A geostatistical approach to estimate probability of occurrence of Tuber melanosporum in relation to some soil properties. **Geoderma**, v. 98, p.95-113, 2000b.
- CASTRO, C.N.; MOLIN, J.P. Definição de unidades de gerenciamento do solo através da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas utilizando classificação Fuzzy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- CHANG, J.; CLAY, D.E.; CARLSON, C.G.; CLAY, S.A.; MALO, D.D.; BERG, R.; KLEINJAN, J.; WIEBOLD, W. Different Techniques to Identify Management Zones Impact Nitrogen and Phosphorus Sampling Variability. **Agronomy Journal**, v. 95, p. 1550-1559, 2003.
- CHEN, F.; KISSEL, D.E.; WEST, L.T.; ADKINS, W. Field-scale mapping of surface soil organic carbon using remotely sensed imagery. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 746-753, 2000.
- CHUNG, S.O.; SUNG, J.H.; SUDDUTH, K.A.; DRUMMOND, S.T.; HYUN, B.K. **Spatial variability of yield, chlorophyll content, and soil properties in a Korean rice paddy field.** In: <http://www.fse.missouri.edu/ARS/pubs/chung.PDF>. Acesso em 19 de Abril de 2005.
- COLVIN, T.S.; JAYNES, D.B.; KARLEN, D.L.; LAIRD, D.A.; AMBUEL, J.R. Yield variability within a central Iowa field. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 40, p. 883-889, 1997.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 394p.
- DEMING, W.E. Qualidade: A revolução da Administração. Trad. AUBERT, F.H. et al. Rio de Janeiro, Marques-Saraiva, 1990. 367 p.



- DIKER, K.; HEERMANN, D.F.; BRODAHL, M.K. Frequency Analysis of Yield for Delineating Yield Response Zones. **Precision Agriculture**, v. 5, p. 435-444, 2004.
- DOBERMANN, A. Factors causing field variation of direct-seeded flooded rice. **Geoderma**, v.62, p.125-150, 1994.
- DOBERMANN, A.; GOOVAERTS, P.; NEUE, H.U. Scale-dependent correlations among soil properties in two tropical lowland rice fields. **Soil Science Society of American Journal**, v. 61, p. 1483-1496, 1997.
- DOBERMANN, A.; PING, J.L. Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. **Agronomy Journal**, v.96, n.1, p.285-297, 2004.
- DUDDING, J.P.; ROBERT, P.C.; BOT, D. Site-specific soybean seed variety management in iron chlorosis inducing soils. *Agronomy Abstract (ASA, CSSA, and SSSA, Madison, USA)*, p.291. 1995.
- DUVICK, D.N. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. *Maydica*, v.37, p.69-79, 1992.
- FIEZ, T.E.; MILLER, B.C.; PAN,W.L. Assessment of spatially variable nitrogen fertilizer management in winter wheat. **Journal of Production Agriculture**, v. 7, p. 86-93, 1994.
- FLEMING, K.L.; WESTFALL, D.G.; WIENS, D.W.; BRODAHL, M.C. Evaluating farmer defined management zone maps for variable rate fertilizer application. **Precision Agriculture**, v. 2, p. 201-215, 2000.

- FOCHT, D.; ROLOFF, G.; SCHIEBELBEIN, L.M. Benefícios agronômicos, ambientais e monetários do uso da agricultura de precisão em diferentes cenários brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- FRANZEN, D.W.; CIHACEK, L.J.; HOFMAN, V.L.; SWENSON, L.J. Topography-based sampling compared to grid sampling in the Northern Great Plains. **Journal of Production Agriculture**, v. 11, p. 364-370, 1998.
- FRANZEN, D.W.; HALVORSON, A.D.; KRUPINSKY, J.; HOFMAN, V.L.; CIHACEK, L.J. Directed sampling using topography as a logical basis. In: PROCEEDINGS OF FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE IN PRECISION AGRICULTURE, edited by ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LARSON, W.E. (ASA, CSSA, SSSA, Madison, USA), p.1559-1568, 1998. 1 CD-ROM.
- FRANZEN, D.W.; HALVORSON, A.D.; HOFMAN, V.L. Management zones for soil N and P levels in the Northern Great Plains. In: PROCEEDINGS OF THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), CD-ROM computer file. 2000. 1 CD-ROM.
- FRIDGEN, J.J.; KITCHEN, N.R.; SUDDUTH, K.A. Variability of soil and landscape attributes within sub-field management zones. In: International Conference on Precision Agriculture, 5., 2000, Bloomington. Proceedings eletrônicos do 5th International Conference on Precision Agriculture, Bloomington: ASA-CSSA-SSSA, 2000. 1CD.
- FROGBROOK, Z.L.; OLIVER, M.A.; SALAHI, M.; ELLIS, R.H. Exploring the spatial relations between cereal yield and soil chemical properties and the implications for sampling. **Soil Use and Management**, v. 18, p. 1-9, 2002.

- GIAUFFRET, C.; LOTHROP, J.; DORVILLEZ, D.; GOUESNARD, B.; DERIE, M. Genotype x environment interactions in maize hybrids from temperate or highland tropical origin. **Crop Science**, v. 40, p. 1004-1012, 2000.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1963. 58 p.
- GOOVAERTS, P. Factorial kriging analysis: a useful tool for exploring the structure of multivariate spatial information. **Journal of Soil Science**, v.43, p. 597-619, 1992.
- GOOVAERTS, P.; WEBSTER, R. Scale-dependent correlation between topsoil copper and cobalt concentrations in Scotland. **European Journal of Soil Science**, v. 45, p. 79-95, 1994.
- GOTWAY, C.A.; FERGUSON, R.B.; HERGERT, G.W. The effects of mapping and scale on variable-rate fertilizer recommendations for corn. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.321-330, 1996. 1 CD-ROM.
- GUPTA, R.K.; MOSTAGHIMI, S.; MCCLELLAN, P.W.; ALLEY, M.M.; BRANN, D.E. Spatial variability and sampling strategies for NO<sub>3</sub> -N, P and K determinations for site-specific farming. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 40, p.337-343, 1997.
- HAIR JR., J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HAMMOND, M.W. Cost analysis of variable fertility management of phosphorus and potassium for potato production in central Washington. In: SOIL-SPECIFIC CROP MANAGEMENT, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-SSSA-CSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.213-228, 1993. 1 CD-ROM.

- HAN, S.; HUMMEL, J.W.; GOERING, C.E.; CAHN, M.D. Cell size selection for site-specific crop management. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 37,p. 19-26, 1994.
- HORTON, P. Prospects for crops improvement through the genetic manipulation of photosynthesis: morphological and biochemical aspects of light capture. **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.475-485, 2000.
- INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). Custo de Produção Médio Ponderado de Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul - Safra 2004/05. Disponível em [http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=dados\\_safra\\_detalhes&cod\\_dica](http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=dados_safra_detalhes&cod_dica). Acesso em 25 abr. 2006.
- JOHANN, J.A. **Variabilidade espacial dos atributos do solo e da produtividade em uma área piloto sob cultivo convencional e de agricultura de precisão**. 2001. 88f. Dissertação (Mestrado) – UNIOESTE, Cascavel-PR, 2001.
- KANG, M.S.; GORMAN, D.P. Genotype x environment interaction in maize. **Agronomy Journal**, v.81, p. 662-664, 1989.
- KINIRY, J.R.; GERIK, T.J.; XIE, Y. Similarity of maize seed number responses for a diverse set of sites. **Agronomie**, v.22, p.265-272, 2002.
- KITCHEN, N.R.; SUDDUTH, K.A.; HUGUES, D.F.; BIRRELL, S.T. **Na Evaluation Of Methods For Determining Site Specific Management Zones**. Disponível em: <http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs.pdf>. Acesso em 10 de fev. de 2003.
- KRAVCHENKO, A.N.; BULLOCK, D.G. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 75-83, 2000.
- LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão**. Ed. Agropecuária, 2001. 118p.

- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crops stands: pattern with leaves. In: EASTIN, J.D. (ed.) Physiological aspects of crop yield. Madison: **American Society of Agronomy**, p.27-47, 1969.
- LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M.; FRIZZO, C.; GADEA, A.D.C.; TROJAHN, G.L. Resposta da cultura do arroz irrigado à aplicação de calcário. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21, 1995, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995, p.169-171.
- LOVENSTEIN, H.; LANTINGA, E.A.; RABBINGE, R.; KEULEN, H. Principles of production ecology. Wageningen: Agricultural University of Wageningen, 1995. 85p.
- LUCHIARI JR., A.; SHANAHAN, J.; FRANCIS, D.; SCHLEMMER, M.; SCHEPERS, J.; LIEBIG, M.; SCHEPERS, A.; PAYTON, S. Strategies for establishing management zones for site specific nutrient management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2000, Bloomington. Proceedings eletrônicos do 5th International Conference on Precision Agriculture, Bloomington: ASA-CSSA-SSSA, 2000. 1CD-ROM.
- LUND, E.D.; CHRISTY, C.D.; DRUMMOND, P.E. Using yield and soil electrical conductivity maps to derive crop production performance information. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2000, Bloomington. Proceedings eletrônicos do 5th International Conference on Precision Agriculture, Bloomington: ASA-CSSA-SSSA, 2000. 1CD-ROM.
- LUZZARDI,R.; PASQUALLI, L.; BOCK, F.; WEBER, L. Redução da densidade de semeadura e sua influência na produtividade de arroz híbrido irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI, 2005. p.342-343.
- MACHADO, E.C. Eficiência fotossintética. In: SEMINÁRIO DE BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA, Piracicaba, 1985. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.175-200, 1985.

- MACHADO, S.; BYNUM, E.D.; ARCHER, T.L.; LASCANO, R.J.; BORDOVSKY, J.; BRONSON, K.; NESMITH, D.M.; SEGARRA, E.; ROSENOW, D.T.; PETERSON, G.C.; XU, W. Spatial and temporal variability of sorghum and corn yield: interactions of biotic and abiotic factors. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE AND OTHER RESOURCE MANGEMENT, 5, 2000, Minnesota, Proceedings. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 10p. 1 CD-ROM.
- MAKEPEACE, R.J. Benefits and limitations of precision farming. In: CONFERENCE ON PESTS AND DISEASES, 1., 1996, Brighton, Proceedings, Brighton: Brighton University Express, 1996. P.1235-1242, 1996. 1 CD-ROM.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronomica Ceres, 1980.
- MALLARINO, A.P. Spatial variability patterns of phosphorus and potassium in no-tilled soils for two sampling scales. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, p. 1473-1481, 1996.
- MALLARINO, A.P.; WITTRY, D.J. Use of DGPS, yield monitors, soil testing and variable rate technology to improve phosphorus and potassium management. In: PROCEEDINGS OF THE INTEGRATED CROP MANAGEMENT CONFERENCE (Iowa State University Extension, Ames, Iowa, USA), p.267-275, 1997.
- MALLARINO, A.P.; WITTRY, D.J. Efficacy of grid and zone soil sampling approaches for site-specific assessment of phosphorus, potassium, pH and organic matter. **Precision Agriculture**, v. 5, p. 131-144, 2004.
- MARQUES, J.M.; MARQUES, M.A.M. As componentes principais no descarte de variáveis em um modelo de regressão múltipla. **Rev. FAE**, v.8, n.1, p.93-101, 2005.
- MATHERON, G. Pour une analyse krigeante des données régionalisées (factorial kriging analysis of regionalized data). Technical Report N-732, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, France. 1982.

MCBRATNEY, A.B.; PRINGLE, M.J. Estimating Average and Proportional Variograms of Soil Properties and Their Potential Use in Precision Agriculture. **Precision Agriculture**, v. 1, p.125-152, 1999.

MCCANN, B.L.; PENNICK, D.J.; VAN KESSEL, C.; WALLEY, F.L. The development of management units for site-specific farming. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.295-302, 1996. 1 CD-ROM.

MCGRAW, T. Soil test variability in southern Minnesota. **Better Crops with Plant Food**, v. 78, p. 24-25, 1994.

MEDEIROS, R.D. de; CORDEIRO, A.C.C. Efeitos do preparo do solo e de doses de calcário sobre os componentes de produção e na produtividade de grãos de arroz irrigado em Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI, 2005. p.299-301. 1 CD-ROM.

MEDEIROS, R.D. de; CORDEIRO, A.C.C.; VILARINHO, A.A. Influência de doses de potássio e de calcário sobre a produtividade de grãos de arroz irrigado em Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI, 2005. p. 415-417. 1 CD-ROM.

MENEGATTI, L.A.A.; KORNDORFER, G.; SOARES, R.A.B.; OLIVEIRA, P.F.M.; GOES, S.L. Estudo de caso sobre investimento agrícola: oportunidades com agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.

- MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M.A.; JOHANN, J.A.; SOUZA, E.G. Variabilidade temporal da produtividade da soja em uma área experimental com e sem manejo químico localizado utilizando semivariogramas escalonados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- MILANI, L.; SOUZA, E.G.; JOHANN, J.A.; URIBE-OPAZO, M.A.; SILVA, E.A.A. Determinação de unidades de manejo em área de soja cultivada com técnicas de agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- MOHAMED, S.B.; EVANS, E.J.; SHIEL, R.S. Mapping techniques and intensity of soil sampling for precision farming. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.217-226, 1996. 1 CD-ROM.
- MOITA NETO, J.M.; MOITA, G.C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v.21, n.4, p.467-469, 1998.
- MOLIN, J.P. Utilização de GPS em agricultura de precisão. **Engenharia Agrícola**, v.17, p.121, 1998.
- MOLIN, J.P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. **Agricultura de Precisão**. Viçosa-MG, p. 237-257, 2000.
- MOLIN, J.P. **Circuito Brasil de Agricultura de Precisão**. Etapa Ponta Grossa, 13 e 14 de março de 2000, 34p.
- MOLIN, J.P. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho**. Castro: Fundação ABC, 2000. 72p.



- MOLIN, J.P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para a agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M.P. del; QUEIROZ, D.M. de; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. **Agricultura de Precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.237-258.
- MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão – o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: José Paulo Molin, 2001. 83p.
- MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. Jaboticabal, **Engenharia Agrícola**, v.22, p.83-92, 2002.
- NOLIN, M.C.; GUERTIN, S.P.; WANG, C. Within-field spatial variability of soil nutrients and corn yield in a Montreal lowlands clay soil. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.257-270, 1996. 1 CD-ROM.
- NUNES, M.L.; KLAMT, E.; REICHERT, J.M.; DALMOLIN, R.S.D. Características de solos sistematizados em duas áreas cultivadas com arroz sob inundação. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 395-406, 2002.
- PENNEY, D.C.; NOLAN, S.C.; MCKENZIE, R.C.; GODDARD, T.W.; KRYZANOWSKI, L. Yield and nutrient mapping for site specific fertilizer management. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 27, p. 1265-1279, 1996.
- POCKNEE, S.; BOYDELL, B.C.; GREEN, H.M.; WATERS, D.J.; KVIEN, C.K. Directed soil sampling. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.159-168, 1996. 1 CD-ROM.

- QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P.; MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão na produção de grãos. **Agricultura de Precisão**. Viçosa-MG, p.237-257, 2000.
- RAIJ,B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Campinas, Associação brasileira para pesquisa do potassio e do fosfato, 1991. 90p.
- REHM, G.W.; LAMB, J.A.; DAVIS, J.G.; MALZER, G.L. P and K grid sampling: What does it yield us? In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.949-956, 1996. 1 CD-ROM.
- ROEL, A.; PLANT, R.E.; YOUNG, J.A.; PETTYGROVE, G.S.; DENG, J.; WILLIAMS, J.F. **Interpreting yield patterns for california rice precision farm management**. In: [http://agronomy.ucdavis.edu/uccerice/images/roel et al.pdf](http://agronomy.ucdavis.edu/uccerice/images/roel_et_al.pdf). Acesso em 12 de março de 2004.
- ROLOFF, G.; FOCHT, D. **Mapeamento dos atributos do solo – malha ou zona de manejo**. p. 104-114. In: BALASTREIRE, L.A. Avanços na Agricultura de Precisão do Brasil no período de 1999-2001. Piracicaba: 2002.
- ROMAN, M.; URIBE-OPAZO, M.A.; NÓBREGA, L.H.P.; VILAS BOAS, M.A.; JOHANN, J.A. Variabilidade espacial de variáveis discretas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- SÁ, M.F.M. **Abordagem quantitativa na predição espacial de atributos do solo e geração de zonas de manejo agrícola**. 2001. 117F. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- SACHULZE, E.D.; CALDWELL, M.M. **Ecophysiology of photosynthesis**. Berlin: Spring Verlang, 1995. 576p.

- SAWYER, J.E. Concepts of variable rate technology with considerations for fertilizer application. **Journal of Production Agriculture**, v. 7, p. 195-201, 1994.
- SCHEPERS, J.S.; SCHLEMMER, M.R.; FERGUSON, R.B. Site-specific considerations for managing phosphorus. **Journal of Environmental Quality**, v. 29, p. 125-130, 2000.
- SCHEPERS, J.S.; SHANAHAN, J.F.; LUCHIARI, A. Precision agriculture as a tool for sustainability. In: **BIOLOGICAL RESOURCE MANAGEMENT: CONNECTING SCIENCE AND POLICY**, edited by BALAZS, E. (Springer, Berlin, New York), p.129-135, 2000.
- SCHIEBELBEIN, L.M.; FOCHT, D.; ROLOFF, G. Aumento de produtividade com o uso da Agricultura de Precisão ao longo do tempo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- SCHNITKEY, G.D.; HOPKINS, J.W.; TWEETEN, L.G. An economic evaluation of precision fertilizer applications on corn-soybean fields. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.977-987, 1996. 1 CD-ROM.
- SCHUNG, E.; MURPHY, D.; EVANS, E.; HANEKLAUS, S.; LAMP, J. Yield mapping and application of yield maps to computer-aided local resource management. In: I PROC. SOIL SPECIFIC CROP MANAGE. Madison, Wis.: Am. Society of Agronomy, 1993.
- SENAY, G.B.; WARD, A.D.; LYON, J.G.; FAUSEY, N.R.; NOKES, S.E. Manipulation of high spatial resolution aircraft remote sensing data for use in site-specific farming. **Transactions of the ASAE**. v.41, p. 489-495, 1998.

- SHANAHAN, J.F.; DOERGE, T.A.; JOHNSON, J.J.; VIGIL, M.F. Feasibility of Site-Specific Management of Corn Hybrids and Plant Densities in the Great Plains. **Precision Agriculture**, v. 5, p. 207-225, 2004.
- SHATAR, T.M. & MCBRATNEY, A.B. Empirical Modeling of Relationships Between Sorghum Yield and Soil Properties. **Precision Agriculture**, v. 1, p. 249-276, 1999.
- SHIRATSUCHI, L.S.; MACHADO, A.L.T.; FACCIONI, G.C. Geração de mapas de produtividade de milho: efeito do espaçamento entre faixas de colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- SHOJI, K.; KAWAMURA, T.; HORIO, H.; NAKAYAMA, K.; KOBAYASHI, N. Variability of Micro-elevation, Yield, and Protein Content within a Transplanted Paddy Field. **Precision Agriculture**, v.6, p.73-86, 2005.
- SIGNOR, C.E.; DOUSSE, S.; LORGEOU, J.; DENIS, J.B.; BONHOMME, R.; CAROLO, P.; CHARCOSSET, A. Interpretation of genotype x environment interactions for early maize hybrids over 12 years. **Crop Science**, v. 41, p. 663-669, 2001.
- SILVA, G. **Métodos auxiliares para diagnóstico da necessidade de subsolagem de solos agrícolas**. 2002. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- SILVA, G.D.; CAPELLI, N.L.; UMEZU, C.K.; LEITE, I.R.C. Penetrômetro eletrônico geo-referenciado: técnica alternativa para o planejamento e conservação dos solos agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, XXVI Reunião da Cultura do Arroz Irrigado.** Santa Maria: SOSBAI, 2005.

STAFFORD, J.V.; LARK, R.M.; BOLAM, H.C. Using yield maps to regionalize fields into potential management units. In: PROCEEDINGS OF THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA), p.225-237, 1998. 1 CD-ROM.

SUDDUTH, K. A.; DRUMMOND, S.T.; BIRRELL, S.J.; KITCHEN, N.R. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, edited by P. C. Robert, R. H. Rust, and W. E. Larson ASA, CSSA, SSSA, Madison, 1996, p.129. 1 CD-ROM.

SUDDUTH, K.A.; DRUMMOND, S.T.; BIRRELL, S.J.; KITCHEN, N.R. In: **Precision Agriculture 97 Volume I: Spatial Variability in Soil and Crop**, edited by J. V. Stafford BIOS Scientific Publishers Ltd, Oxford. 1997, p.439.

SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R.; DRUMMOND, S.T. Soil conductivity sensing on claypan soil: Comparison of electromagnetic induction and direct methods. In: PROCEEDINGS OF FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE IN PRECISION AGRICULTURE, edited by ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LARSON, W.E. (ASA, CSSA, SSSA, Madison, USA), p.979-990, 1998. 1 CD-ROM.

SULZBACH, L.A. de S. **Tecnologia de agricultura de precisão: estudo de caso: integração de modelos digitais de atributos químicos do solo e modelos digitais de culturas agrícolas.** 2003, 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

- TAYLOR, R.K.; KASTENS, D.L.A.; KASTENS, T.L. Creating yield maps from yield monitor data using multipurpose grid mapping (MPGM). In: PRECISION AGRICULTURE CONFERENCE, 5., 2000, MINNEAPLIS, Anais eletrônicos. Minnesota, 2000. Disponível em: [http://www.oznet.ksu.edu/pr\\_prcag/pubs/mpgm](http://www.oznet.ksu.edu/pr_prcag/pubs/mpgm). Acesso em 01 de novembro de 2003.
- TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23). Londrina: Embrapa Soja, 1999.
- VALERIANO, M.M.; PRADO, H. Técnicas de geoprocessamento e de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p. 997-1005, 2001.
- VIEIRA JUNIOR, P.A. **Milho**. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (ed.) Ecofisiologia dos cultivos anuais. São Paulo: Nobel, 1999. p.41-72.
- VIEIRA JUNIOR, P.A.; MOLIN, J.P.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P.; MASCARIN, L.S.; FAULIN, G.C.; DETOMINI, E.R. Relações entre população, distribuição espacial de plantas, atributos de solo e rendimento de grãos de milho (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 1 CD-ROM.
- WANG, G.; DOBERMANN, A.; WITT, C.; SUN, Q.; FU, R. Performance of Site-Specific Nutrient Management for Irrigated Rice in Southeast China. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 869-878, 2001.
- WANG, D.; PRATO, T.; QIU, Z.; KITCHEN, N.R.; SUDDUTH, K.A. Economic and environmental evaluation of variable rate nitrogen and lime application for claypan soil fields. **Precision Agriculture**, v. 4, p. 35-52, 2003.

- WARICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.
- WEBSTER, R.; ATTEIA, O.; DUBOIS, J.P. Co-regionalization of trace metals in the soil in the Swiss Jura. **European Journal of Soil Science**, v. 45, p. 205-218, 1994.
- WEISS, N.A.; HASSETT, M. **Introductory statistics**. London: Addison-Wesley publishing company. 1982. 651p.
- WERNER, V. **Utilização de recursos de agricultura de precisão na geração de mapas de atributos, mapas de produtividade e aplicação de insumos a taxas variáveis**. 2004, 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- WIBAWA, W.D.; DLUDLU, D.L.; SWENSON, L.J.; HOPKINS, D.G.; DAHNKE, W.C. Variable fertilizer application based on yield goal, soil fertility and soil map unit. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, p. 225-261, 1993.
- WOLLENHAUPT, N.C.; WOLKOWSKI, R.P.; CLAYTON, M.K. Mapping soil test phosphorus and potassium for variable-rate fertilizer application. **Journal of Production Agriculture**, v. 7, p. 441-448, 1994.
- WOLLENHAUPT, N.C.; MULLA, D.J.; GOTWAY, C.A. Soil sampling and interpolation for mapping spatial variability of soil properties. In: Pierce, F.J. & Sadle, E.J. **The state of site-specific management for agriculture**. (ed.) ASA, CSSA, SSSA, Madison, p.19-53. 1997.
- YOSHIDA, S.; PARAO, F.T. Climatic influence on yield and yield components of low-land rice in the tropics. **Climate & rice**, p.471-494, 1976.

## **ANEXOS**



Tabela 19 - População de plantas de arroz irrigado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem na safra 2005/06.

Ponto	População (Plantas ha <sup>-1</sup> )	Ponto	População (Plantas ha <sup>-1</sup> )
202	3010000	606	2840000
203	2400000	607	3280000
204	3670000	608	3410000
205	2760000	609	4480000
302	2770000	610	4140000
303	2600000	702	2540000
304	3270000	703	2030000
305	3110000	704	3470000
306	3490000	705	3680000
307	3940000	706	3810000
308	4000000	707	2890000
402	2580000	708	3630000
403	2160000	709	4560000
404	2450000	803	2850000
405	2690000	804	4060000
406	4040000	805	3840000
407	2920000	806	4590000
408	2820000	807	2630000
409	3750000	808	3150000
410	4110000	809	5380000
411	3320000	902	3390000
502	2310000	903	2630000
503	2630000	904	2900000
504	2850000	905	2600000
505	2370000	906	4800000
506	2680000	907	2800000
507	2740000	908	4530000
508	2860000	1003	3700000
509	4210000	1004	3780000
510	3870000	1005	2810000
511	3680000	1006	3490000
602	2930000	1007	2710000
603	2170000	1105	3050000
604	3680000	1106	6150000
605	2570000	1107	5260000

População Mínima = 2030000 Plantas ha<sup>-1</sup>

População Máxima = 6150000 Plantas ha<sup>-1</sup>

População Média = 3332429 Plantas ha<sup>-1</sup>

Desvio Padrão = 825047 Plantas ha<sup>-1</sup>

Coefficiente de Variação = 24,8 %

Tabela 20 - Número de panículas de arroz irrigado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem na safra 2005/06.

Ponto	N° Panículas (Panículas m <sup>-2</sup> )	Ponto	N° Panículas (Panículas m <sup>-2</sup> )
202	604	606	412
203	424	607	584
204	568	608	536
205	476	609	452
302	552	610	416
303	492	702	496
304	548	703	496
305	464	704	532
306	540	705	536
307	504	706	704
308	584	707	488
402	520	708	632
403	456	709	616
404	504	803	644
405	528	804	520
406	500	805	660
407	416	806	528
408	548	807	596
409	512	808	528
410	488	809	476
411	464	902	348
502	336	903	484
503	580	904	544
504	444	905	476
505	344	906	440
506	564	907	448
507	496	908	532
508	476	1003	416
509	508	1004	480
510	576	1005	432
511	416	1006	428
602	592	1007	380
603	564	1105	512
604	648	1106	444
605	364	1107	600

Número Mínimo = 336 Panículas m<sup>-2</sup>

Número Máximo = 704 Panículas m<sup>-2</sup>

Número Médio = 506 Panículas m<sup>-2</sup>

Desvio Padrão = 78 Panículas m<sup>-2</sup>

Coefficiente de Variação = 15,4 %

Tabela 21 - Altura da lâmina de água de irrigação na cultura de arroz irrigado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem na safra 2005/06.

Ponto	Lâmina de água (cm)	Ponto	Lâmina de água (cm)
202	26,8	606	11,5
203	9,5	607	20,7
204	9,3	608	19,8
205	20,3	609	30,7
302	26,2	610	25,5
303	11,7	702	26,3
304	9,3	703	19,5
305	15,3	704	23,7
306	17,3	705	12
307	11,3	706	15
308	12,2	707	17,8
402	30,2	708	21,8
403	9,7	709	13,7
404	6,7	803	10,3
405	7,3	804	23,5
406	5,7	805	13,2
407	18,8	806	12,5
408	17,3	807	9,2
409	22	808	18,8
410	25,5	809	23,5
411	14	902	28,6
502	31,5	903	19,7
503	7,8	904	10,7
504	9,5	905	21,2
505	5,7	906	23,7
506	2,8	907	18,5
507	9,8	908	21,8
508	26,2	1003	19,7
509	24,5	1004	18,8
510	21,7	1005	20,7
511	24,7	1006	24,5
602	23,5	1007	29,3
603	8,8	1105	15,7
604	5,5	1106	19,7
605	12,8	1107	16,5

Altura Mínima = 2,8 cm

Altura Máxima = 31,5 cm

Altura Média = 17,4 cm

Desvio Padrão = 7,2 cm

Coefficiente de Variação = 41,3 %

Tabela 22 - Margem Líquida na produção de arroz irrigado (produtividade – custo de produção em kg ha<sup>-1</sup>) em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem nas safras 2004/05 e 2005/06.

Ponto	Margem Líquida (kg ha <sup>-1</sup> )		Ponto	Margem Líquida (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Safra 2004/05	Safra 2005/06		Safra 2004/05	Safra 2005/06
202	-3286	-232	606	-2879	-3054
203	-3071	-2564	607	-2965	-262
204	-901	-2007	608	-2301	1022
205	36	-764	609	-2178	-2724
302	-1528	520	610	-2674	-1910
303	-2419	-1800	702	-906	-948
304	-2967	642	703	-3069	-791
305	-793	-2133	704	322	-1656
306	687	-1248	705	-1271	-2233
307	-452	-1503	706	-1612	-666
308	474	-527	707	-1968	-924
402	-228	1190	708	-3332	-982
403	-1952	-1917	709	-4767	-2323
404	-1645	-1456	803	-1344	-200
405	-1701	-1046	804	-2778	-1494
406	-2797	-1995	805	-1578	-160
407	-1572	29	806	-2090	-1895
408	-2357	-546	807	-4011	-1122
409	-3249	-797	808	-4019	-1992
410	-2874	-1992	809	-728	-417
411	-1315	-1381	902	-1	-1196
502	-3354	-1404	903	-3264	-29
503	-117	-318	904	-1574	-872
504	-182	-1370	905	-3172	-194
505	-577	-3769	906	-1960	426
506	-139	-1173	907	-3104	-732
507	-2851	-1738	908	-3421	-1066
508	-1402	-92	1003	-1075	1000
509	-1460	-1928	1004	-2608	-122
510	-677	-1669	1005	-2907	-759
511	-1264	-291	1006	-1954	825
602	-1765	-408	1007	-2636	79
603	-2170	-442	1105	-888	-579
604	-2038	-1703	1106	-3581	-1793
605	-2915	-155	1107	-2052	-1879

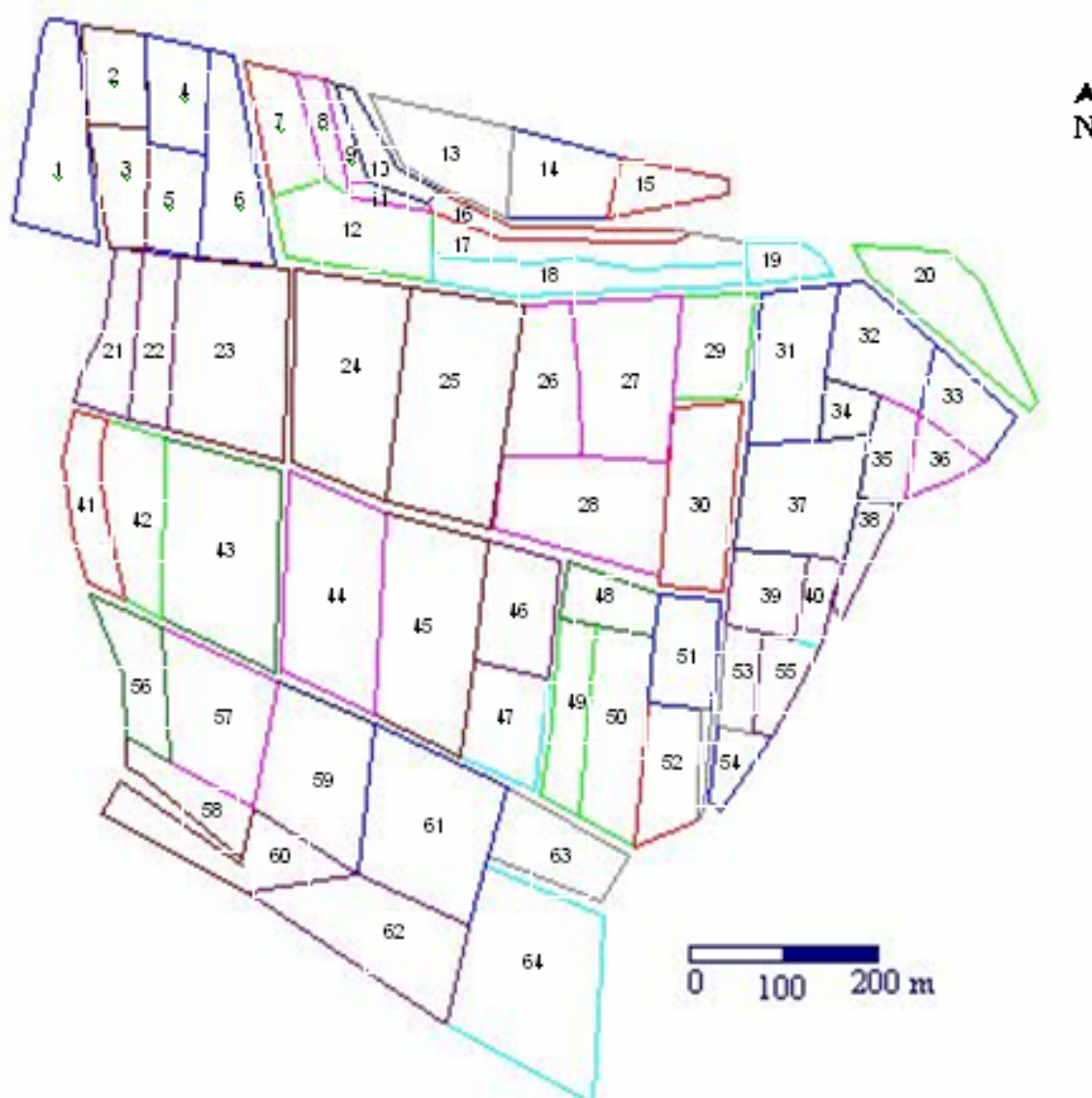


Figura 28 - Mapa dos quadros existentes na área do experimento com respectivo número de identificação.

Tabela 23 - Área correspondente a cada quadro existente na área do experimento.

Quadro	Área (ha)	Quadro	Área (ha)
1	1.3539	33	0.6323
2	0.6534	34	0.3127
3	0.6231	35	0.3827
4	0.7185	36	0.3571
5	0.6351	37	1.2316
6	1.1502	38	0.3641
7	0.697	39	0.6368
8	0.3052	40	0.295
9	0.6349	41	0.7082
10	0.3511	42	1.0789
11	0.1336	43	2.427
12	1.2366	44	2.1689
13	1.0538	45	2.2836
14	0.8914	46	0.978
15	0.5035	47	0.9023
16	0.4155	48	0.5193
17	0.8613	49	0.7795
18	0.9657	50	1.2846
19	0.3262	51	0.7974
20	1.1715	52	0.8394
21	0.6862	53	0.3948
22	0.7162	54	0.3099
23	2.3264	55	0.45
24	2.4047	56	0.713
25	2.712	57	1.501
26	1.0986	58	0.5934
27	1.701	59	1.6789
28	1.7588	60	1.0826
29	0.8094	61	2.1222
30	1.3363	62	1.6765
31	1.2566	63	0.8961
32	1.0045	64	2.7116

Área Total do Perímetro: 70,44 ha

Área Aproveitável: 65,60 ha

Área Inaproveitável: 4,84 ha

Aproveitamento: 93,12%

Área Inaproveitável: 6,88%

Número de Quadros: 64

Maior Quadro: 2,712 ha

Menor Quadro: 0,1336 ha

Tabela 24 – Recomendações de doses de calcário para corrigir a acidez do solo, visando elevar o pH em água a 5,5 pelo método do Índice SMP (Comissão de fertilidade do solo RS/SC, 2004).

Índice SMP	Recomendação de calcário (Mg ha <sup>-1</sup> )
5,1	6,0
5,2	5,3
5,3	4,8
5,4	4,2
5,5	3,7
5,6	3,2
5,7	2,8
5,8	2,3
5,9	2,0
6,0	1,6
6,1	1,3
6,2	1,0
6,3	0,8
6,4	0,6

**LAUDOS DE ANÁLISE DE SOLO – 2004**



## MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

### Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade:  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	5617	2	43	4,8	5,6	3,2	76,0	1,1	1,7	5,2	1,9
2	5618	3	36	5,0	5,9	3,2	100,0	1,3	0,5	4,7	1,9
3	5619	3	27	5,0	6,2	3,2	54,0	1,2	0,3	3,9	1,4
4	5620	3	31	4,8	5,3	6,3	58,0	1,3	0,7	4,4	1,4
5	5621	3	30	5,0	6,0	7,2	78,0	1,3	0,2	4,8	1,8

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5617	5,1	9,0	12,4	19	59	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5618	3,9	7,4	10,8	7	64	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5619	3,0	5,7	8,4	5	65	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5620	6,7	6,6	12,7	11	47	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5621	3,6	7,0	10,4	3	66	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca·Mg
1	1 - 202	-x-	-x-	-x-	-x-	2,7	26,7	9,8	0,073
2	2 - 203	-x-	-x-	-x-	-x-	2,5	18,3	7,4	0,100
3	3 - 204	-x-	-x-	-x-	-x-	2,8	28,2	10,1	0,060
4	4 - 205	-x-	-x-	-x-	-x-	3,1	29,6	9,4	0,062
5	5 - 302	-x-	-x-	-x-	-x-	2,7	24,0	9,0	0,078

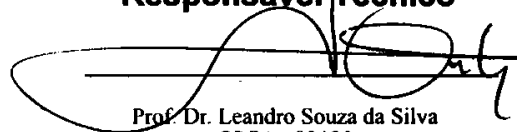
SELO DE QUALIDADE

Análise Básica

2004

ROLAS - NRS - SBCS

**Responsável Técnico**



Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495

## MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

### Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade: -  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	5622	3	29	5,2	6,3	4,0	98,0	1,2	0,2	4,7	1,8
2	5623	4	18	4,9	6,1	6,3	66,0	1,1	0,3	3,4	1,0
3	5624	3	34	4,9	5,5	3,2	64,0	1,1	1,2	4,0	1,3
4	5625	3	34	4,8	5,8	8,0	70,0	1,5	1,4	4,6	1,4
5	5626	3	26	4,9	6,0	6,3	80,0	1,5	0,3	3,4	1,1

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5622	2,7	7,0	9,5	3	71	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5623	3,3	4,9	7,8	6	58	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5624	5,6	6,7	11,1	18	49	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5625	4,3	7,6	10,4	18	59	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5626	3,6	5,0	8,3	6	57	-x-	-x-	-x-	-x-

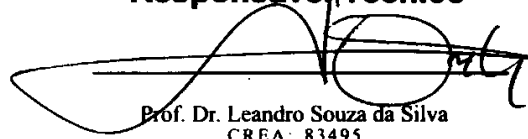
Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

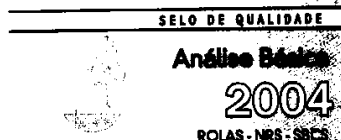
CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca·Mg
1	6 - 303	-x-	-x-	-x-	-x-	2,6	18,7	7,2	0,099
2	7 - 304	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	20,1	5,9	0,081
3	8 - 305	-x-	-x-	-x-	-x-	3,1	24,4	7,9	0,071
4	9 - 306	-x-	-x-	-x-	-x-	3,3	25,6	7,8	0,073
5	10 - 307	-x-	-x-	-x-	-x-	3,1	16,6	5,4	0,097

**Responsável Técnico**



Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495



## MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

### Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade:  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

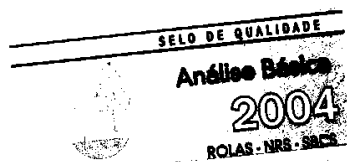
Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	5627	3	29	4,7	6,0	6,3	124,0	1,4	0,5	3,7	1,1
2	5628	3	32	4,8	6,0	2,5	80,0	1,3	0,6	4,5	1,6
3	5629	3	26	4,8	6,2	3,2	70,0	1,1	0,4	3,3	0,9
4	5630	4	24	5,2	6,4	5,5	58,0	1,0	0,2	3,5	1,3
5	5631	3	26	4,8	6,1	4,0	84,0	1,2	0,5	3,2	0,9

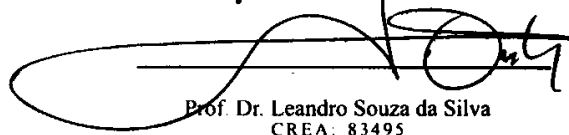
Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5627	3,6	5,6	8,7	9	59	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5628	3,6	7,0	9,9	9	64	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5629	3,0	4,8	7,4	8	60	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5630	2,5	5,1	7,4	4	67	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5631	3,3	4,8	7,6	10	57	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g  
CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo  
CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca·Mg
1	11 - 402	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	11,6	3,5	0,145
2	12 - 403	-x-	-x-	-x-	-x-	2,8	21,9	7,8	0,083
3	13 - 404	-x-	-x-	-x-	-x-	3,7	18,4	5,0	0,088
4	14 - 405	-x-	-x-	-x-	-x-	2,7	23,5	8,7	0,068
5	15 - 406	-x-	-x-	-x-	-x-	3,6	14,9	4,2	0,106

**Responsável Técnico**



  
 Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
 CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

## Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade:  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al	Ca	Mg
									cmol/L	cmol/L	cmol/L
1	5632	4	22	4,5	5,9	7,2	68,0	1,3	0,8	2,2	0,6
2	5633	3	29	5,0	6,1	3,2	72,0	0,9	0,8	2,9	0,8
3	5634	4	18	4,8	6,1	3,2	80,0	1,0	0,7	3,0	0,8
4	5635	3	34	4,8	5,9	2,5	92,0	1,5	1,5	4,1	1,3
5	5636	3	27	4,9	5,9	3,2	92,0	1,1	0,4	3,7	1,2

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5632	3,9	3,8	6,9	21	43	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5633	3,3	4,7	7,1	17	54	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5634	3,3	4,7	7,3	15	55	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5635	3,9	7,1	9,5	21	59	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5636	3,9	5,5	9,0	7	57	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca·Mg
1	16 - 407	-x-	-x-	-x-	-x-	3,7	12,6	3,4	0,104
2	17 - 408	-x-	-x-	-x-	-x-	3,6	15,7	4,3	0,096
3	18 - 409	-x-	-x-	-x-	-x-	3,8	14,6	3,9	0,105
4	19 - 4010	-x-	-x-	-x-	-x-	3,2	17,4	5,5	0,102
5	20 - 4011	-x-	-x-	-x-	-x-	3,1	15,7	5,1	0,107

**Responsável Técnico**

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria

## Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

### Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade:  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al	Ca	Mg
									cmol/L	cmol/L	cmol/L
1	5637	2	44	4,8	5,7	4,0	106,0	1,0	4,8	1,7	
2	5638	3	26	5,0	6,3	7,2	72,0	0,9	4,1	1,5	
3	5639	4	24	4,9	6,1	5,5	72,0	0,9	3,7	1,2	
4	5640	4	25	5,0	5,9	4,8	74,0	0,9	3,6	1,2	
5	5641	4	21	4,8	6,3	4,8	88,0	1,0	2,4	0,7	

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5637	4,7	7,8	11,4	13	59	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5638	2,7	6,1	8,5	5	68	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5639	3,3	5,4	8,3	6	61	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5640	3,9	5,4	8,9	7	56	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5641	2,7	3,8	6,0	13	55	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca·Mg
1	21 - 5002	-x-	-x-	-x-	-x-	2,8	17,7	6,3	0,107
2	22 - 5003	-x-	-x-	-x-	-x-	2,7	22,2	8,1	0,078
3	23 - 5004	-x-	-x-	-x-	-x-	3,1	20,0	6,5	0,083
4	24 - 5005	-x-	-x-	-x-	-x-	3,0	19,0	6,3	0,087
5	25 - 5006	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	10,6	3,1	0,128

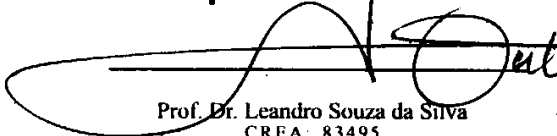
SELO DE QUALIDADE

Análise Básica

2004

ROLAS - NRS - SCS

Responsável Técnico



Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria

## Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

### Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade:  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al	Ca	Mg
									cmol/L	cmol/L	cmol/L
1	5642	3	27	4,9	5,7	3,2	60,0	0,9	1,2	3,0	0,8
2	5643	4	22	4,5	5,8	9,7	50,0	1,1	0,7	2,3	0,7
3	5644	3	26	4,5	5,7	15,8	52,0	1,1	0,9	2,2	0,6
4	5645	4	16	4,6	6,1	18,5	62,0	0,9	0,7	1,6	0,4
5	5646	3	27	4,8	6,1	8,8	66,0	0,9	0,5	3,7	1,0

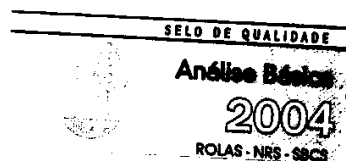
Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5642	4,7	5,2	8,6	23	46	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5643	4,3	3,8	7,4	18	42	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5644	4,7	3,8	7,6	23	39	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5645	3,3	2,9	5,4	24	40	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5646	3,3	5,4	8,1	9	60	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

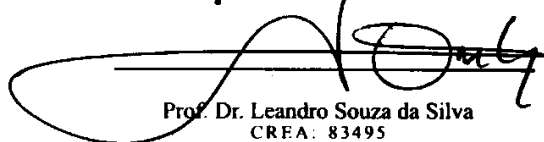
CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca·Mg
1	26 - 5007	-x-	-x-	-x-	-x-	3,8	19,5	5,2	0,079
2	27 - 5008	-x-	-x-	-x-	-x-	3,3	17,9	5,5	0,074
3	28 - 5009	-x-	-x-	-x-	-x-	3,7	16,5	4,5	0,080
4	29 - 5010	-x-	-x-	-x-	-x-	4,0	10,1	2,5	0,112
5	30 - 5011	-x-	-x-	-x-	-x-	3,7	21,9	5,9	0,078



**Responsável Técnico**

  
 Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
 CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

## Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade:  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al	Ca	Mg
									cmol/L	cmol/L	cmol/L
1	5647	3	29	4,9	6,1	6,3	70,0	1,2	0,5	5,1	1,8
2	5648	4	25	4,9	6,1	6,3	80,0	1,2	0,3	4,5	1,6
3	5649	4	24	4,6	5,9	8,0	72,0	1,2	0,5	3,6	1,0
4	5650	3	30	4,6	5,8	4,8	88,0	1,0	0,9	3,4	1,0
5	5651	4	24	4,8	6,0	4,8	68,0	0,8	0,5	0,9	0,1

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
2	5648	3,3	6,6	9,6	5	66	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5649	3,9	5,3	8,7	9	55	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5650	4,3	5,5	8,9	16	52	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5651	3,6	1,7	4,7	30	25	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca · Mg
1	31 - 6002	-x-	-x-	-x-	-x-	2,8	28,4	10,0	0,068
2	32 - 6003	-x-	-x-	-x-	-x-	2,8	21,9	7,8	0,083
3	33 - 6004	-x-	-x-	-x-	-x-	3,6	19,5	5,4	0,086
4	34 - 6005	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	15,1	4,4	0,108
5	35 - 6006	-x-	-x-	-x-	-x-	9,0	5,2	0,6	0,174

SELO DE QUALIDADE

Análise Básica

2004

ROLAS - NRS - SBCS

**Responsável Técnico**

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria

## Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

### Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade:  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	5652	4	24	4,7	6,1	7,2	52,0	0,9	0,5	2,9	0,7
2	5653	4	22	4,7	6,0	13,0	86,0	1,2	0,7	2,5	0,6
3	5654	4	23	4,7	5,6	20,5	60,0	1,6	0,7	2,4	0,6
4	5655	4	16	4,7	6,3	24,0	74,0	0,6	0,5	2,3	0,6
5	5656	3	28	4,8	6,1	5,5	80,0	1,3	0,4	0,7	0,2

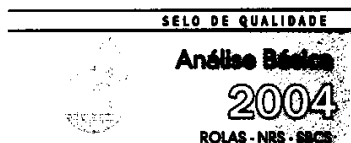
Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5652	3,3	4,2	7,0	12	53	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5653	3,6	4,0	6,9	17	48	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5654	5,1	3,9	8,3	18	38	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5655	2,7	3,6	5,8	14	53	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5656	3,3	1,5	4,4	27	25	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca+Mg
1	36 - 6007	-x-	-x-	-x-	-x-	4,1	21,8	5,3	0,070
2	37 - 6008	-x-	-x-	-x-	-x-	4,2	11,3	2,7	0,125
3	38 - 6009	-x-	-x-	-x-	-x-	4,0	15,6	3,9	0,089
4	39 - 6010	-x-	-x-	-x-	-x-	3,8	12,1	3,2	0,111
5	40 - 7002	-x-	-x-	-x-	-x-	3,5	3,4	1,0	0,216



Responsável Técnico

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495



# MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

## Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade:  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al	Ca	Mg
									cmol/L	cmol/L	cmol/L
1	5657	3	32	4,8	5,9	4,8	60,0	1,2	1,0	4,4	1,5
2	5658	3	26	4,6	6,0	8,0	60,0	0,9	0,5	4,0	1,5
3	5659	3	27	4,7	6,2	7,2	64,0	0,9	0,5	3,3	1,0
4	5660	3	29	4,5	5,7	4,0	66,0	1,0	1,2	3,6	1,2
5	5661	4	23	4,6	6,0	8,0	54,0	0,9	0,6	3,1	0,9

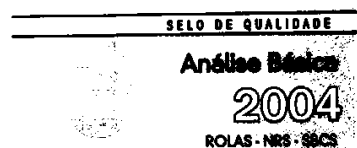
Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5657	3,9	7,1	10,0	14	61	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5658	3,6	6,2	9,2	8	61	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5659	3,0	5,0	7,4	10	60	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5660	4,7	6,2	9,6	19	52	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5661	3,6	4,7	7,7	13	54	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

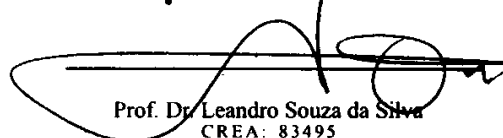
CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√(Ca+Mg)
1	41 - 7003	-x-	-x-	-x-	-x-	2,9	28,6	9,8	0,063
2	42 - 7004	-x-	-x-	-x-	-x-	2,7	26,0	9,8	0,066
3	43 - 7005	-x-	-x-	-x-	-x-	3,3	20,1	6,1	0,079
4	44 - 7006	-x-	-x-	-x-	-x-	3,0	21,3	7,1	0,077
5	45 - 7007	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	22,4	6,5	0,069



**Responsável Técnico**

  
 Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
 CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria

## Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

### Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON

Endereço: -

Fone: -

Fax: -

Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS

Localidade: -

Data entrada: 04/11/2004

Data Emissão: 04/11/2004

Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al	Ca	Mg
									cmol/L	cmol/L	cmol/L
1	5662	4	19	4,6	5,8	10,5	70,0	1,2	0,8	2,3	0,7
2	5663	4	15	4,5	6,2	11,5	50,0	0,5	0,7	1,4	0,3

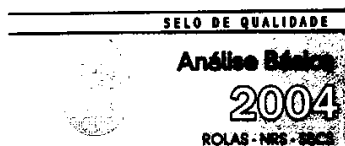
Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5662	4,3	4,0	7,4	20	43	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5663	3,0	2,5	4,8	28	38	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g


CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√(Ca+Mg)
1	46 - 7008	-x-	-x-	-x-	-x-	3,3	12,8	3,9	0,104
2	47 - 7009	-x-	-x-	-x-	-x-	4,7	10,9	2,3	0,098



**Responsável Técnico**

  
Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

## Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: -  
Fone: -  
Fax: -  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade: -  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	5664	4	24	4,7	6,3	5,5	72,0	1,5	0,6	3,1	1,0
2	5665	4	25	4,8	6,1	5,5	70,0	1,1	0,7	2,8	0,8
3	5666	4	22	4,6	6,3	5,5	78,0	1,3	0,5	2,7	0,8
4	5667	4	22	4,5	6,2	2,5	70,0	1,3	0,8	2,4	0,7
5	5668	3	31	4,9	5,9	1,0	90,0	1,3	0,9	3,4	1,0

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5664	2,7	4,9	7,0	12	61	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5665	3,3	4,5	7,0	16	34	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5666	2,7	4,2	6,4	12	58	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5667	3,0	4,1	6,3	20	52	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5668	3,9	5,5	8,5	16	54	-x-	-x-	-x-	-x-

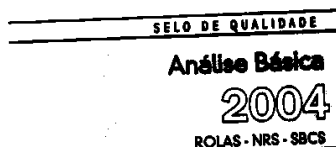
Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca·Mg
1	48 - 8003	-x-	-x-	-x-	-x-	3,1	16,8	5,4	0,091
2	49 - 8004	-x-	-x-	-x-	-x-	3,5	15,6	4,5	0,095
3	50 - 8005	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	13,5	4,0	0,107
4	51 - 8006	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	13,4	3,9	0,102
5	52 - 8007	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	14,7	4,3	0,110

**Responsável Técnico**



PESQUISA

ESTE LAUDO NÃO VALE

Prof. Dr. **ANDRÉ SOUZA DA SILVA**

CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria

## Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

### Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON

Endereço: -

Fone: -

Fax: -

Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS

Localidade: -

Data entrada: 04/11/2004

Data Emissão: 04/11/2004

Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	5669	3	34	4,7	5,5	1,5	64,0	1,1	1,7	3,0	0,9
2	5670	4	21	4,6	6,1	10,5	86,0	1,2	0,6	1,8	0,4
3	5671	3	30	4,5	5,8	8,0	80,0	1,9	1,1	3,1	0,8
4	5672	3	32	4,8	5,5	4,8	88,0	1,6	1,2	3,8	1,2
5	5673	3	26	4,6	6,3	6,3	74,0	1,8	0,7	2,4	0,8

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5669	5,6	5,8	9,7	29	42	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5670	3,3	3,0	5,7	20	43	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5671	4,3	5,2	8,4	21	49	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5672	5,6	6,4	10,8	19	48	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5673	2,7	4,1	6,1	17	55	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/ΣCa+Mg
1	53 - 8008	-x-	-x-	-x-	-x-	3,3	18,3	5,5	0,083
2	54 - 8009	-x-	-x-	-x-	-x-	4,5	8,2	1,8	0,149
3	55 - 9002	-x-	-x-	-x-	-x-	3,9	15,1	3,9	0,104
4	56 - 9003	-x-	-x-	-x-	-x-	3,2	16,8	5,3	0,101
5	57 - 9004	-x-	-x-	-x-	-x-	3,0	12,6	4,2	0,106

### Responsável Técnico

 PESQUISA

ESTE LAUDO NÃO VALE

SEM FINANCIAMENTO BANCÁRIO

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva

CREA: 83495

SELO DE QUALIDADE

Análise Básica

2004

ROLAS - NRS - SBCS

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

## Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
Endereço: \_\_\_\_\_  
Fone: \_\_\_\_\_  
Fax: \_\_\_\_\_  
Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
Localidade: \_\_\_\_\_  
Data entrada: 04/11/2004  
Data Emissão: 04/11/2004  
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al	Ca	Mg
									cmol/L	cmol/L	cmol/L
1	5674	3	26	4,8	6,0	3,2	48,0	1,1	0,7	2,1	0,6
2	5675	4	24	4,6	6,3	6,3	106,0	1,5	0,6	2,1	0,6
3	5676	4	24	4,5	6,0	4,8	68,0	1,3	0,9	2,1	0,6
4	5677	4	20	4,6	6,3	5,5	82,0	1,2	0,7	1,7	0,5
5	5678	4	25	4,6	5,9	4,8	66,0	1,4	0,7	2,4	0,7

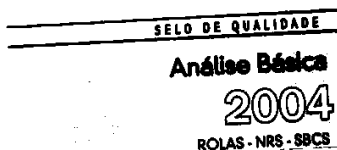
Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5674	3,6	3,5	6,4	20	44	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5675	2,7	3,6	5,7	17	52	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5676	3,6	3,8	6,4	24	45	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5677	2,7	3,1	5,1	23	47	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5678	3,9	4,0	7,2	18	46	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√(Ca+Mg)
1	58 - 9005	-x-	-x-	-x-	-x-	3,5	17,1	4,9	0,075
2	59 - 9006	-x-	-x-	-x-	-x-	3,5	7,7	2,2	0,165
3	60 - 9007	-x-	-x-	-x-	-x-	3,5	12,0	3,4	0,106
4	61 - 9008	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	8,1	2,4	0,142
5	62 - 1003	-x-	-x-	-x-	-x-	3,4	14,2	4,1	0,096



Responsável Técnico

 PESQUISA

ESTE LAUDO NÃO VALE  
SEM FINANCIAMENTO BANCÁRIO

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

## Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

## Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON

Endereço: -

Fone: -

Fax: -

Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS

Localidade: -

Data entrada: 04/11/2004

Data Emissão: 04/11/2004

Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	5679	3	26	4,8	6,0	4,0	70,0	1,5	0,8	2,8	0,9
2	5680	4	25	4,8	6,3	4,0	60,0	1,5	0,6	2,6	0,8
3	5681	3	29	4,6	6,0	8,0	82,0	2,0	0,7	3,1	1,0
4	5682	4	25	4,9	6,3	3,2	58,0	1,3	0,6	2,9	0,9
5	5683	3	31	4,9	6,4	2,5	68,0	1,5	0,7	3,0	0,9

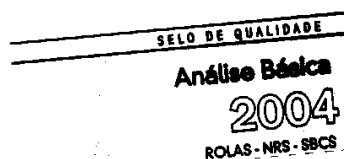
Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5679	3,6	4,7	7,4	17	52	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5680	2,7	4,2	6,3	14	57	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5681	3,6	5,0	7,9	14	55	-x-	-x-	-x-	-x-
4	5682	2,7	4,5	6,7	13	59	-x-	-x-	-x-	-x-
5	5683	2,5	4,8	6,6	15	62	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca + Mg
1	63 - 1004	-x-	-x-	-x-	-x-	3,1	15,6	5,0	0,093
2	64 - 1005	-x-	-x-	-x-	-x-	3,2	16,9	5,2	0,083
3	65 - 1006	-x-	-x-	-x-	-x-	3,1	14,7	4,8	0,104
4	66 - 1007	-x-	-x-	-x-	-x-	3,2	19,5	6,1	0,076
5	67 - 1105	-x-	-x-	-x-	-x-	3,3	17,2	5,2	0,088



**Responsável Técnico**

ESTE LAUDO NÃO VALE  
SEM FINANCIAMENTO BANCÁRIO

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
CREA: 83495

# MEC - Universidade Federal de Santa Maria

## Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

**Laboratório Central de Análises de Solo**  
 Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695  
 Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>  
 Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

### Laudo de Análise de Solo

Nome: PROF. REGIS DURIGON  
 Endereço: -  
 Fone: -  
 Fax: -  
 Solicitante: MESMO

Município: SAO FRANCISCO DE ASSIS  
 Localidade:  
 Data entrada: 04/11/2004  
 Data Emissão: 04/11/2004  
 Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H <sub>2</sub> O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	5684	3	31	4,8	5,8	2,5	58,0	1,1	1,0	3,0	0,8
2	5685	4	25	4,9	6,0	4,8	62,0	1,5	0,5	2,2	0,6
3	5686	3	26	4,8	6,1	5,5	72,0	1,4	0,7	3,0	1,0

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	5684	4,3	4,9	8,2	20	48	-x-	-x-	-x-	-x-
2	5685	3,6	3,5	6,5	14	45	-x-	-x-	-x-	-x-
3	5686	3,3	4,9	7,4	14	56	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g  
 CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo  
 CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca·Mg
1	68 - 1106	-x-	-x-	-x-	-x-	3,8	20,2	5,4	0,076
2	69 - 1107	-x-	-x-	-x-	-x-	3,7	13,8	3,8	0,095
3	70 - AMOSTRA MEDIA	-x-	-x-	-x-	-x-	3,0	16,3	5,4	0,092


SELO DE QUALIDADE  
**Análise Básica**  
**2004**  
 ROLAS - NRS - SBCS

**Responsável Técnico**  
 PESQUISA  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 SEMENTAMENTO BANCÁRIO

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva  
 CREA: 83495

**LAUDOS DE ANÁLISE DE SOLO – 2005**



	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_  
 21/09/05 10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7139	203				
7140	204				
7141	205				
7142	302				
7143	303				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7139	5,2	3,8	1,7	1	3,5	6,7	15	62	6,2
7140	5,2	3,5	1,4	0,3	3,1	5,3	6	62	6,3
7141	4,9	3,7	1,4	1	10,9	6,2	16	33	5,2
7142	5,1	4,1	2	0,4	2,8	6,7	6	69	6,4
7143	5,2	4	1,8	0,7	5,5	6,7	10	52	5,8

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7139	1,4	36	3	2,2	-X-	9,2	68
7140	1,3	25	3	2,2	-X-	8,1	56
7141	1,5	31	3	4,5	-X-	16,1	52
7142	1,6	32	3	4,5	-X-	9,1	64
7143	1,2	33	3	3	-X-	11,5	92

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares


Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7139	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,2	21,8	9,8	0,074
7140	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,5	24,4	9,8	0,065
7141	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,6	27,8	10,5	0,059
7142	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2	25	12,2	0,066
7143	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,2	17	7,7	0,098

Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC


**PESQUISA**  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 Eng. Agrônomo Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

N

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELLO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_  
 21/09/05 10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7144	304				
7145	305				
7146	306				
7147	307				
7148	308				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7144	5,2	3,4	1,2	0,6	6,9	5,4	11	41	5,6
7145	5,2	3,8	1,6	0,5	5,5	6	8	50	5,8
7146	4,9	3,2	1,2	1,3	10,9	5,8	22	29	5,2
7147	5,1	2,4	1	0,4	4,4	3,9	10	44	6
7148	5,2	3	1,2	0,4	3,5	4,7	9	55	6,2

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK


Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pl17</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7144	1,2	29	3	3,7	-X-	11,7	72
7145	1,4	29	3	3	-X-	11	56
7146	1,7	35	3	5,3	-X-	15,4	40
7147	1,3	25	3	3,7	-X-	7,9	44
7148	1,2	29	3	2,2	-X-	7,8	44

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares


Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7144	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,8	18,5	6,5	0,086
7145	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,4	26,5	11,2	0,082
7146	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,7	31,3	11,7	0,049
7147	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,4	21,3	8,9	0,061
7148	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,5	26,7	10,7	0,055

Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC


**PESQUISA**  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 Eng. Agrônomo Goulart da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

N

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>



Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: **REGES DURIGON** Endereço: **REGES DURIGON**  
 Localidade: **SÃO FRANCISCO DE ASSIS** Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_  
21/09/05 10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundi- dade, cm	Georeferen- ciamento
7149	402				
7150	403				
7151	404				
7152	405				
7153	406				

**Diagnóstico para calagem do solo**

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7149	4,9	2,7	1	0,6	10,9	4,5	13	27	5,2
7150	5,3	3,4	1,6	0,6	10,9	5,8	10	32	5,2
7151	5,3	3,1	1,1	0,6	4,4	4,9	12	50	6
7152	5,1	2,4	1,1	0,3	6,2	3,9	8	37	5,7
7153	5,3	2,3	1	0,9	12,3	4,3	21	22	5,1

**Diagnóstico para recomendação de adubação NPK**

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7149	1,4	25	3	6	-X-	14,8	88
7150	1	31	3	3	-X-	16,1	64
7151	0,8	24	3	2,2	-X-	8,7	44
7152	1	22	3	4,5	-X-	9,8	44
7153	0,9	32	3	3	-X-	15,7	56

**Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares**


Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7149	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,7	12	4,4	0,117
7150	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,1	20,8	9,8	0,073
7151	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,8	27,5	9,8	0,055
7152	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,2	21,3	9,8	0,06
7153	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,3	16,1	7	0,079

**Busca**

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

**PESQUISA**  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 FINANCIAMENTO BANCÁRIO  
 Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

**N**

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>



Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_  
 21/09/05 10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7154	407				
7155	408				
7156	409				
7157	410				
7158	411				

**Diagnóstico para calagem do solo**

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol./dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7154	4,8	1,8	0,7	0,7	4,4	3,3	21	37	6
7155	5	1,6	0,7	1,2	8,7	3,7	32	22	5,4
7156	4,9	3,4	1	1,1	6,2	5,7	19	42	5,7
7157	5	4,1	1,2	1,5	8,7	7	21	39	5,4
7158	5,2	3,6	1,1	0,7	4,9	5,5	13	50	5,9

**Diagnóstico para recomendação de adubação NPK**

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol./dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7154	1,2	22	3	4,5	-X-	7	40
7155	1,1	28	3	3	-X-	11,2	68
7156	0,9	28	3	3	-X-	10,8	68
7157	0,9	35	3	1,5	-X-	14,2	76
7158	0,8	27	3	2,2	-X-	9,7	40

**Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares**


Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7154	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,6	17,6	6,8	0,065
7155	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,3	9,2	4	0,115
7156	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,4	19,6	5,8	0,083
7157	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,4	21,1	6,2	0,084
7158	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,3	35,2	10,8	0,047

Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UF SM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

**PESQUISA**  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 SEM O PAGAMENTO BANCÁRIO  
 Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

N

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georreferenciamento
7159	502				
7160	503				
7161	504				
7162	505				
7163	506				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7159	5	4	1,4	1,6	4,4	7,2	22	56	6
7160	5,1	4,4	1,6	0,4	4,4	6,5	6	58	6
7161	5	3,2	1	0,3	2,5	4,6	7	63	6,5
7162	5,1	4,2	1,3	0,8	5,5	6,4	12	50	5,8
7163	5	2,9	0,8	0,5	3,9	4,3	12	49	6,1

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7159	0,9	31	3	3,7	-X-	10	72
7160	1,2	24	3	5,3	-X-	10,5	44
7161	0,8	19	4	5,3	-X-	6,8	40
7162	0,9	28	3	2,2	-X-	11,1	40
7163	0,8	20	4	3	-X-	7,7	36

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares


Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7159	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,9	21,7	7,6	0,079
7160	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,8	39,1	14,2	0,046
7161	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,2	31,3	9,8	0,05
7162	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,2	41,1	12,7	0,044
7163	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,6	31,5	8,7	0,048

Busca

N

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

**PESQUISA**  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 Eng. Agr. Leandra Colares da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: **REGES DURIGON** Endereço: **REGES DURIGON**  
 Localidade: **SÃO FRANCISCO DE ASSIS** Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7164	507				
7165	508				
7166	509				
7167	510				
7168	511				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7164	5	3,1	0,8	2,4	12,3	6,5	37	25	5,1
7165	4,7	1,8	0,4	0,8	3,9	2,9	28	35	6,1
7166	4,7	2,4	0,6	0,9	4,9	4	22	39	5,9
7167	4,5	0,7	0,2	0,6	2,5	1,6	37	29	6,5
7168	4,8	3,8	1	1	4,4	5,9	17	53	6

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7164	1,1	31	3	2,2	-X-	16,4	80
7165	1	19	4	4,5	-X-	6	36
7166	1,4	21	3	8,4	-X-	8	40
7167	0,6	19	4	14,4	-X-	3,5	44
7168	0,8	30	3	2,2	-X-	9,3	40

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7164	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,9	15,2	3,9	0,104
7165	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4	17,4	4,3	0,065
7166	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4	23,5	5,9	0,059
7167	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,5	6,2	1,8	0,119
7168	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,8	37,1	9,8	0,047


Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UF SM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

PESQUISA

N

ESTE LAUDO NÃO VALE  
 SEM O BANCÁRIO  
 Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: **REGES DURIGON** Endereço: **REGES DURIGON**  
 Localidade: **SÃO FRANCISCO DE ASSIS** Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7169	602				
7170	603				
7171	604				
7172	605				
7173	606				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol./dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7169	5	5,3	1,8	0,8	4,4	8	10	62	6
7170	5	5	1,8	0,6	3,5	7,5	8	67	6,2
7171	4,8	3,6	1	0,5	3,9	5,2	10	55	6,1
7172	4,7	4,8	1,3	1,45	6,9	7,7	19	47	5,6
7173	5	3,6	1	1	7,7	5,7	18	38	5,5

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH</sub> cmol./dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7169	1,2	31	3	3	-X-	11,6	40
7170	1,1	27	3	4,5	-X-	10,4	48
7171	1,1	20	4	7,8	-X-	8,6	48
7172	1	32	3	3	-X-	13,1	40
7173	1	27	3	2,2	-X-	12,4	44

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares


Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7169	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,9	51,8	17,6	0,038
7170	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,8	40,7	14,7	0,047
7171	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,6	29,3	8,1	0,057
7172	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,7	46,9	12,7	0,041
7173	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,6	32	8,9	0,052

Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

**PESQUISA**  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 SEM O ASSINADO BANCÁRIO  
 Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

N

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>



Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7174	607				
7175	608				
7176	609				
7177	610				
7178	702				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>coltiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7174	4,8	2,6	0,7	0,8	3,9	4,2	19	46	6,1
7175	4,8	2,3	0,6	0,6	4,4	3,6	17	40	6
7176	4,8	1,8	0,4	0,7	4,4	3	23	35	6
7177	4,6	1	0,2	0,8	3,5	2,1	38	27	6,2
7178	5,1	4,8	1,6	0,4	4,4	6,9	6	60	6

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pl17</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7174	1,2	19	4	12,6	-X-	7,3	28
7175	1,1	20	4	15,3	-X-	7,4	28
7176	1,1	20	4	13,5	-X-	6,7	44
7177	0,8	10	4	18,9	-X-	4,8	36
7178	1,1	22	3	3,7	-X-	10,9	56

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7174	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,7	36,3	9,8	0,039
7175	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,8	32,1	8,4	0,042
7176	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,5	16	3,6	0,076
7177	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	5	10,9	2,2	0,084
7178	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3	33,5	11,2	0,057


## Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

## PESQUISA

ESTE LAUDO NÃO VALE  
 SEM O PAGAMENTO BANCÁRIO  
 Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico



	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7179	703				
7180	704				
7181	705				
7182	706				
7183	707				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetivo</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7179	4,8	5,1	1,6	3	9,7	9,8	31	41	5,3
7180	4,6	4,1	1,2	1,5	6,2	6,9	22	46	5,7
7181	5	4,5	1,3	0,7	10,9	6,6	11	35	5,2
7182	4,5	4,1	1	2	7,7	7,2	28	40	5,5
7183	4,7	2,2	0,5	0,8	6,2	3,6	22	31	5,7

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7179	1	42	2	2,2	-X-	16,5	44
7180	1	31	3	4,5	-X-	11,6	36
7181	0,9	29	3	2,2	-X-	16,8	40
7182	1	30	3	2,2	-X-	12,9	32
7183	0,8	19	4	4,5	-X-	9	36

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7179	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,2	45,3	14,2	0,043
7180	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,4	44,5	13	0,04
7181	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,5	44	12,7	0,042
7182	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,1	50,1	12,2	0,036
7183	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,4	23,9	5,4	0,056

Busca


Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

PESQUISA

ESTE LAUDO NÃO VALE SEM O PAGAMENTO BANCÁRIO

N

Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7184	708				
7185	709				
7186	803				
7187	804				
7188	805				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>total</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7184	4,7	1,5	0,2	1	3,5	2,8	36	35	6,2
7185	4,6	0,6	0,1	0,9	6,2	1,7	53	12	5,7
7186	4,9	1,6	0,5	0,3	6,2	2,5	12	26	5,7
7187	5	3,6	1	1,1	4,9	5,8	19	49	5,9
7188	4,9	3,8	1	0,4	3,5	5,3	8	58	6,2

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pl17</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7184	1	14	4	9,3	-X-	5,3	52
7185	0,6	10	4	10,9	-X-	7	44
7186	1,1	27	3	3	-X-	8,4	40
7187	1	28	3	3	-X-	9,6	40
7188	0,9	22	3	3	-X-	8,4	28

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7184	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	7,5	11,3	1,5	0,102
7185	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	6	5,3	0,9	0,135
7186	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,2	15,6	4,9	0,071
7187	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,6	35,2	9,8	0,048
7188	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,8	53,1	14	0,033

Busca


Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

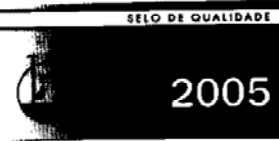
PESQUISA

ESTE LAUDO NÃO VALE  
SEM O ASSINAMENTO BANCÁRIO

Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

N

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>



Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7189	806				
7190	807				
7191	808				
7192	809				
7193	902				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7189	4,8	3,8	0,9	1,5	7,7	6,3	24	38	5,5
7190	4,9	4,1	0,9	1,5	5,5	6,6	23	48	5,8
7191	4,8	4,5	1	1,3	6,9	7	19	45	5,6
7192	4,9	2,8	0,6	0,5	3,9	4	12	48	6,1
7193	4,6	4,7	1,2	1	5,5	7	14	52	5,8

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7189	0,9	27	3	2,2	-X-	12,5	24
7190	0,7	32	3	1,5	-X-	10,6	44
7191	0,8	32	3	2,2	-X-	12,6	68
7192	0,9	20	4	6,8	-X-	7,4	52
7193	1,5	33	3	9,3	-X-	11,5	44

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares


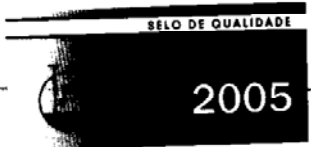
Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7189	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,2	61,9	14,7	0,028
7190	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,6	36,4	8	0,05
7191	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,5	25,9	5,8	0,074
7192	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,7	21,1	4,5	0,072
7193	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,9	41,8	10,7	0,046

Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

PESQUISA  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 Eng. Agr. Leandro SOBRAL SILVA  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

N

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>	
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>	

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_  
 21/09/05 10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7194	903				
7195	904				
7196	905				
7197	906				
7198	907				

**Diagnóstico para calagem do solo**

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol./dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7194	4,9	4,3	1,2	0,6	5,5	6,2	10	51	5,8
7195	4,8	4,1	1,2	0,9	15,4	6,3	14	26	4,9
7196	4,9	3,3	0,8	1,1	6,9	5,3	21	38	5,6
7197	4,9	3,2	0,8	0,4	5,5	4,5	9	43	5,8
7198	4,8	3,1	0,7	0,6	5,5	4,5	13	41	5,8

**Diagnóstico para recomendação de adubação NPK**

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol./dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7194	1,4	26	3	4,5	-X-	11,1	44
7195	1,1	24	3	3,7	-X-	20,8	32
7196	0,8	24	3	2,2	-X-	11,1	36
7197	1	20	4	4,5	-X-	9,6	48
7198	0,8	21	3	3,7	-X-	9,4	32

**Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares**


Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7194	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,6	38,2	10,7	0,048
7195	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,4	50,1	14,7	0,036
7196	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,1	35,8	8,7	0,045
7197	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4	26,1	6,5	0,061
7198	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,4	37,9	8,6	0,042

**Busca**

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

**PESQUISA**  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 SEM O PAGAMENTO BANCÁRIO  
 Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

**N**

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Area (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7199	908				
7200	1003				
7201	1004				
7202	1005				
7203	202				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>refativa</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7199	4,9	2,9	0,7	0,5	6,2	4,3	12	38	5,7
7200	4,9	3,4	0,7	1	4,9	5,2	19	46	5,9
7201	4,8	3,9	0,9	1,3	7,7	6,2	21	39	5,5
7202	5,2	3,5	0,8	0,8	6,2	5,2	15	41	5,7
7203	5	5,7	2	1,3	6,9	9,2	14	53	5,6

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

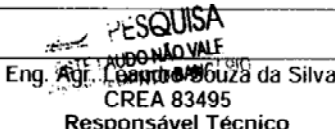
Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7199	0,9	21	3	5,3	-X-	10	60
7200	0,8	29	3	3,7	-X-	9,1	32
7201	0,7	28	3	3	-X-	12,6	24
7202	0,9	29	3	2,2	-X-	10,6	32
7203	1,1	38	3	2,2	-X-	14,8	84

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares


Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7199	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,1	18,9	4,6	0,081
7200	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,9	41,5	8,6	0,04
7201	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,3	63,5	14,7	0,028
7202	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	4,4	42,8	9,8	0,039
7203	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,9	26,5	9,3	0,077

Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UF SM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

  
 Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

N

	<b>MEC – Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Ciências Rurais – Departamento de Solos</b>
	<b>Laudo de Análise de Solo</b>

SELO DE QUALIDADE

2005

Nome: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Município: REGES DURIGON Endereço: REGES DURIGON  
 Localidade: SÃO FRANCISCO DE ASSIS Entrada: \_\_\_\_\_ Emissão: \_\_\_\_\_

21/09/05

10/10/05

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade, cm	Georeferenciamento
7204	1006				
7205	1007				
7206	1105				
7207	1106				
7208	1107				

## Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>Cefativa</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
7204	4,9	1,6	1	0,7	10,9	3,4	21	20	5,2
7205	5,2	1,9	0,8	0,8	6,9	3,6	22	29	5,6
7206	5,3	2	1,1	0,9	10,9	4,1	22	23	5,2
7207	5,4	2,1	0,9	0,9	12,3	4	22	20	5,1
7208	5,6	1,8	0,8	0,7	6,2	3,4	21	30	5,7

## Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% argila m/v	textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	CTC <sub>pH7</sub> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
7204	1,2	30	3	4,5	-X-	13,6	44
7205	0,9	29	3	2,2	-X-	9,7	40
7206	0,9	32	3	2,2	-X-	14,1	32
7207	0,9	30	3	2,2	-X-	15,4	40
7208	1	28	3	2,2	-X-	8,9	36

## Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....							Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
7204	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	1,6	14,2	8,9	0,07
7205	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,4	18,6	7,8	0,062
7206	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	1,8	24,4	13,4	0,046
7207	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,3	20,5	8,8	0,059
7208	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	2,3	19,6	8,7	0,057

Busca

Laboratório de Análises de Solo  
 Departamento de Solos/CCR/UFSM  
 Santa Maria/RS. CEP 97105-900  
 Fone/Fax: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/solos>  
 Vinculado à ROLAS - RS e SC

Eng. Agr. Leandro Souza da Silva  
 CREA 83495  
 Responsável Técnico

PESQUISA  
 ESTE LAUDO NÃO VALE  
 SEM O ASSINAMENTO BANCÁRIO

N