

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**QUALIDADE DE SOLOS HIDROMÓRFICOS SOB ARROZ  
ECOLÓGICO**

Marthin Zang  
(Dissertação)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**QUALIDADE DE SOLOS HIDROMÓRFICOS SOB ARROZ  
ECOLÓGICO**

MARTHIN ZANG  
Engenheiro Agroecólogo (IALA Paulo Freire)

Dissertação apresentada como um  
dos requisitos à obtenção do Grau  
de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil  
Junho de 2020

## CIP - Catalogação na Publicação

ZANG, MARTHIN  
QUALIDADE DE SOLOS HIDROMÓRFICOS SOB ARROZ  
ECOLÓGICO / MARTHIN ZANG. -- 2020.  
113 f.  
Orientador: PAULO CÉSAR DO NASCIMENTO.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-RS,  
2020.

1. ARROZ ECOLÓGICO. 2. SOLOS HIDROMÓRFICOS. 3.  
FERTILIDADE DO SOLO. 4. CARBONO ORGÂNICO. 5. ESTRUTURA  
DO SOLO. I. DO NASCIMENTO, PAULO CÉSAR, orient. II.  
Título.

MARTHIN ZANG  
Engenheiro Agroecólogo  
(IALA Paulo Freire, Barinas/Venezuela)

## DISSERTAÇÃO

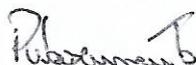
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO**

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 24/03/2020  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 21/04/2021  
Por



PAULO CÉSAR DO NASCIMENTO  
Orientador-PPG Ciência do Solo



ALBERTO VASCONCELLOS INDA JR  
Coordenador do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo

DEBORAH PINHEIRO DICK  
PPG Ciência do Solo/UFRGS  
(através de videoconferência/Skype)

GETÚLIO COUTINHO FIGUEIREDO  
PPG Ciência do Solo/UFRGS  
(através de videoconferência/Skype)

IBANOR ANGHINONI  
IRGA  
(através de videoconferência/Skype)



CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade  
de Agronomia

*“Lutar pela terra, lutar pelas plantas, lutar pela agricultura, porque se não vivermos dentro da agricultura, vamos acabar. Não tem vida que continue sem terra, sem agricultura”.*

Ana Primavesi  
(1920 – 2020)

Dedicado à minha esposa e filho.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço à minha esposa e filho por percorrer esse caminho juntos, pelas discussões, parceria, encorajamento, pelo apoio e carinho.

Ao professor e orientador Paulo César do Nascimento pela acolhida, pelo diálogo e orientação.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos e ao NEXUS II - Chamada MCTIC/CNPq Nº 20/2017 - pelo suporte financeiro e metodológico.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao Departamento de Solos e a o Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo.

Agradeço ao professor Alberto Bracagioli pelo incentivo e confiança.

Aos professores do programa de pós-graduação, em especial à professora Deborah Pinheiro Dick e ao professor Getulio Coutinho Figueiredo.

Aos técnicos e bolsistas dos laboratórios do Departamento de Solos e do Instituto de Química da UFRGS.

Aos colegas Cezar Augusto Gama Detoni, Edsleine Ribeiro Silva; aos bolsistas Caio de Mello Mocelin; Gustavo Vodzik; Cássio Martinez e Gabriela Rodriguez Machado.

Aos agricultores assentados no P.A. Viamão, em especial os produtores de arroz de base ecológica.

Agradeço o apoio da Associação dos Moradores do Assentamento Filhos de Sepé e das cooperativas COPERAV, COOTAP e COCEARGS.

Ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul – IFRS Campus Viamão.

Agradeço também a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA), representada pela gestão da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos e APA do Banhado Grande.

Ao Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), com atenção à Estação Experimental de Cachoeirinha, em especial ao Francisco Alexandre de Moraes e Rafael Santos e ao Núcleo de Assistência Técnica (NATE) de Viamão, ao Edivane Portela e Ricardo Diel.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho, o meu agradecimento.

# QUALIDADE DE SOLOS HIDROMÓRFICOS SOB ARROZ ECOLÓGICO<sup>1</sup>

**Autor:** Marthin Zang

**Orientador:** Paulo Cesar do Nascimento

## RESUMO

Solos hidromórficos ocupam 20 % da área do estado do RS, com superfície de 53.000 km<sup>2</sup> dos quais, aproximadamente 18 % são cultivados anualmente com arroz irrigado. A utilização do sistema pré-germinado possibilita, pela sistematização das áreas e o preparo do solo, conjugado ao uso de uma lâmina d'água, suprimir o uso de herbicidas, lançando, desta forma, bases para uma agricultura ecológica nesses ambientes. Com o objetivo de avaliar a qualidade física e química de um conjunto de solos hidromórficos cultivados com arroz ecológico ao longo do tempo, selecionaram-se, no município de Viamão, três ordens de solos: a) Planossolos; b) Gleissolos e c) Organossolos, cujos tratamentos referem-se às diferentes frequências acumuladas de uso: a) zero – áreas de referência; b) 1 a 4 anos – frequência baixa; c) 5 a 8 anos – frequência média e d) 9 a 11 anos – frequência alta de uso, em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. Definiu-se um conjunto de atributos para avaliar a qualidade do solo (QS) submetendo os dados aos testes de variância – ANOVA e Kruskal Wallis, bem como comparação múltipla das médias através do teste de Tukey e Dunn ao nível de 5 % de significância, para dados paramétricos e não paramétricos, respectivamente. Utilizaram-se ferramentas estatísticas de correlação e análises multivariadas de agrupamento e componentes principais. Os solos estudados apresentam baixa fertilidade natural, principalmente baixos níveis de fósforo e potássio disponíveis, o que demanda um programa de recuperação dos solos adaptado às condicionantes da agricultura orgânica. Os resultados obtidos permitem inferir que os solos submetidos ao cultivo do arroz de base ecológica sofrem alterações nas suas características originais em distintos graus. Com o aumento da frequência de uso, verificou-se redução da fertilidade, principalmente em Organossolos que, de forma geral, demonstram maior suscetibilidade às perdas de carbono e nitrogênio; redução da CTC<sub>pH 7,0</sub> e dos teores de nutrientes; aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade total, sendo mais suscetíveis à degradação química e física quando submetidos ao cultivo de arroz.

**Palavras-chave:** Fertilidade do solo, aptidão agrícola, suscetibilidade, carbono orgânico.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. (113 p.) – março, 2020.

## QUALITY OF HYDROMORPHIC SOILS UNDER ECOLOGICAL RICE<sup>2</sup>

**Author:** Marthin Zang

**Adviser:** Paulo Cesar do Nascimento

### ABSTRACT

Hydromorphic soils occupy 20 % of the area of the state of RS, with an area of 53,000 km<sup>2</sup> where 18 % are annually cultivated with irrigated rice. The systematization and preparation of the soil combined with the use of a water blade in the pre-germinated system eliminates the need for the use of herbicides, thus laying the foundations for ecological agriculture in these environments. In order to evaluate the physical and chemical quality of a set of flooded soils cultivated with ecological rice over time, three orders of soils were selected in the municipality of Viamão: a) Planossolos; b) Gleissolos and c) Organossolos, whose treatments refer to the different frequencies of use: a) zero - reference areas; b) 1 to 4 years - low frequency; c) 5 to 8 years - medium frequency and d) 9 to 11 years - high frequency of use, in a completely randomized design, with 4 repetitions. A set of attributes was defined to assess soil quality (QS) by submitting the data to variance tests - ANOVA and Kruskal Wallis, as well as multiple comparison of means using Tukey and Dunn at the 5% level of significance, for parametric and non-parametric data, respectively. Statistical correlation tools and multivariate cluster and principal component analysis were used. The studied soils present low natural fertility, mainly low levels of available phosphorus and potassium, which demands a soil recovery program adapted to the constraints of organic agriculture. The results obtained allow us to infer that the soils submitted to the cultivation of ecologically rice suffer alterations in their original characteristics to varying degrees. With the increased frequency of use, there was a reduction in fertility, especially in Organossolos which, in general, show greater susceptibility to carbon and nitrogen losses; reduction of CTC<sub>pH 7.0</sub> and nutrient levels; increased soil density and decreased total porosity, being more susceptible to chemical and physical degradation when submitted to rice cultivation.

**Keywords:** Soil fertility, agricultural aptness, susceptibility, organic carbon.

---

<sup>2</sup> Master's Dissertation in Soil Science – Soil Science Graduate Program, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. (113 p.) – march, 2020.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1 Agricultura e a Agroecologia .....	3
2.2 Agroecologia e o manejo do solo .....	5
2.3 Qualidade do solo.....	8
2.4 Solos hidromórficos .....	10
2.5 Cultivo de arroz em sistema pré-germinado.....	12
2.6 Arroz agroecológico nos assentamentos de reforma agrária .....	13
2.7 Questão conceitual: orgânico ou agroecológico.....	13
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>16</b>
<b>4. HIPÓTESE.....</b>	<b>18</b>
<b>5. OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
5.1 Objetivo geral .....	19
5.2 Objetivos específicos.....	19
<b>6. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
6.1 Localização e composição do Assentamento Filhos de Sepé.....	20
6.2 Clima, relevo e solos do Assentamento Filhos de Sepé.....	23
6.3 Caracterização do sistema produtivo .....	26
6.3.1 Preparo do solo.....	27
6.3.2 Manejo da lâmina d'água .....	28
6.3.3 Adubação e calagem.....	31
6.4 Delineamento experimental.....	32
6.5 Coleta e processamento das amostras .....	35
6.6 Atributos químicos para avaliação da qualidade dos solos .....	35
6.6.1 Análises químicas do complexo sortivo.....	35
6.6.2 Carbono orgânico total e nitrogênio orgânico total.....	36
6.7 Atributos físicos para avaliação da qualidade dos solos .....	37
6.7.1 Estabilidade de agregados.....	37
6.7.2 Densidade do solo, macro e microporosidade .....	38
6.8 Análise estatística.....	39
6.8.1 Análise univariada .....	39
6.8.2 Análise bivariada .....	39

6.8.3	Análise multivariada .....	39
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
7.1	pH, Índice SMP e Al trocável.....	41
7.2	Carbono orgânico e nitrogênio total.....	43
7.3	Macronutrientes.....	50
7.4	Complexo sortivo dos solos.....	53
7.5	Teores de enxofre e ferro, risco de toxidez por Fe <sup>2+</sup> e saturação de Na <sup>+</sup> .....	56
7.6	Micronutrientes.....	59
7.7	Densidade e porosidade do solo .....	60
7.8	Estabilidade de agregados do solo.....	63
7.9	Correlação entre os atributos avaliados .....	66
7.10	Qualidade dos solos hidromórficos.....	68
7.11	Análises multivariadas.....	71
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
<b>9.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>
<b>10.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>11.</b>	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>77</b>

## RELAÇÃO DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Números de famílias e área cultivada com arroz ecológico no Assentamento Filhos de Sepé em Viamão-RS.....	16
<b>Tabela 2.</b> Histórico de uso dos solos com arroz irrigado no Assentamento Filhos de Sepé em números absolutos de lotes para cada classe de solo encontrado.....	32
<b>Tabela 3.</b> Valores de pH, índice SMP e teores de alumínio trocável em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas.....	41
<b>Tabela 4.</b> Teores de macronutrientes em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas.....	50
<b>Tabela 5.</b> Relações entre macronutrientes Ca/Mg; Ca/K e Mg/K em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo.....	52
<b>Tabela 6.</b> Capacidade de troca de cátions ( $CTC_{pH\ 7,0}$ ), acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), saturação por bases (V%) e por alumínio (m %) em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo.....	53
<b>Tabela 7.</b> Saturação da $CTC_{pH\ 7,0}$ por bases em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo.....	54
<b>Tabela 8.</b> Teores de enxofre e de ferro, risco de toxidez por $Fe^{2+}$ e saturação de $Na^+$ na $CTC_{pH\ 7,0}$ em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo.....	56
<b>Tabela 9.</b> Teores de micronutrientes em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo.....	59

<b>Tabela 10.</b> Macroporosidade, microporosidade e porosidade total em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo .....	62
<b>Tabela 11.</b> Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo. ....	64
<b>Tabela 12.</b> Escores dos solos estudados em escala multidimensional, não métrica, pelo método de análise de componentes principais.....	71
<b>Tabela 13.</b> Coeficientes de correlação dos atributos avaliados pelo método de análise de componentes principais .....	73

## RELAÇÃO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização geográfica do Assentamento Filhos de Sepé em Viamão/RS.....	20
<b>Figura 2.</b> Distribuição geográfica das áreas de moradia e de várzea do Assentamento Filhos de Sepé – Viamão/RS.....	21
<b>Figura 3.</b> Classes de solos do Assentamento Filhos de Sepé, Viamão-RS. ....	25
<b>Figura 4.</b> Áreas irrigadas do Assentamento Filhos de Sepé e reservatório Águas Claras no município de Viamão-RS.....	26
<b>Figura 5.</b> Preparo do solo a) Enxada rotativa b) Grade hidráulica. ....	28
<b>Figura 6.</b> Modelo aproximado da condução da irrigação e drenagem das lavouras. ....	31
<b>Figura 7.</b> Frequência acumulada de uso dos solos no perímetro irrigado do Assentamento Filhos de Sepé sob cultivo de arroz ecológico entre as safras 2008/09 e 2018/19.....	33
<b>Figura 8.</b> Teores de carbono orgânico total (COT) em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em três camadas de solo.....	43
<b>Figura 9.</b> Teores de nitrogênio total (NT) em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em três camadas de solo.....	44
<b>Figura 10.</b> Relação C/N em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em três camadas de solo. ....	45
<b>Figura 11.</b> Balanço do carbono orgânico total na camada de 0 a 40 cm em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso (Baixa, Média e Alta) com arroz de base ecológica, em relação às áreas de referência.....	47
<b>Figura 12.</b> Balanço do nitrogênio total na camada de 0 a 40 cm em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso (Baixa, Média e Alta) com arroz de base ecológica, em relação às áreas de referência.....	47

<b>Figura 13.</b> Risco de toxidez por ferro em Planossolos em função da porcentagem da saturação da $CTC_{pH\ 7,0}$ sob diferentes frequências de uso em duas camadas de solo. ....	57
<b>Figura 14.</b> Risco de toxidez por ferro em Gleissolos em função da porcentagem da saturação da $CTC_{pH\ 7,0}$ sob diferentes frequências de uso em duas camadas de solo. ....	57
<b>Figura 15.</b> Risco de toxidez por ferro em Organossolos em função da porcentagem da saturação da $CTC_{pH\ 7,0}$ sob diferentes frequências de uso em duas camadas de solo. ....	58
<b>Figura 16.</b> Densidade de solos hidromórficos para as diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo. ....	61
<b>Figura 17.</b> Distribuição da micro e macroporosidade de solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo. ....	63
<b>Figura 18.</b> Análise de correlação de Spearman's entre os atributos avaliados a $p < 0,05$ , em solos hidromórficos, submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica, na camada de 0 a 20 cm. ....	67
<b>Figura 19.</b> Qualidade de Planossolos submetidos à diferentes frequências de uso com arroz de base ecológica a partir de indicadores químicos e físicos na camada de 0 a 20 cm. ....	69
<b>Figura 20.</b> Qualidade de Gleissolos submetidos à diferentes frequências de uso com arroz de base ecológica a partir de indicadores químicos e físicos na camada de 0 a 20 cm. ....	69
<b>Figura 21.</b> Qualidade de Organossolos submetidos à diferentes frequências de uso com arroz de base ecológica a partir de indicadores químicos e físicos na camada de 0 a 20 cm. ....	70
<b>Figura 22.</b> Análise de componentes principais para 10 atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo. ....	72

**Figura 23.** Análise de grupos – cluster neighbour joining (euclidean) para 10 atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo.....74

## RELAÇÃO DE APÊNDICES

<b>Apêndice 1.</b> Identificação e localização das parcelas amostrais .....	85
<b>Apêndice 2.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias da argila, pH, índice SMP e Al trocável nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm .....	89
<b>Apêndice 3.</b> Estatística geral da argila, pH, índice SMP e Al trocável .....	90
<b>Apêndice 4.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos teores de COT e NT e relação C/N nas camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm .....	91
<b>Apêndice 5.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos estoques de C e N nas camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm .....	92
<b>Apêndice 6.</b> Estatística geral dos teores e estoque de COT e NT e relação C/N .....	93
<b>Apêndice 7.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos teores de macronutrientes nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm .....	94
<b>Apêndice 8.</b> Estatística geral para os teores de macronutrientes .....	95
<b>Apêndice 9.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias das relações Ca/Mg; Ca/K e Mg/K nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm .....	96
<b>Apêndice 10.</b> Estatística geral para as relações Ca/Mg; Ca/K e Mg/K .....	97
<b>Apêndice 11.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos atributos acidez potencial, $CTC_{pH\ 7,0}$ , saturação por bases e por alumínio nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm .....	98
<b>Apêndice 12.</b> Estatística geral dos atributos $H^+ + Al^{3+}$ , CTC, V % e m % .....	99
<b>Apêndice 13.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias da saturação da CTC por bases nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm .....	100
<b>Apêndice 14.</b> Estatística geral da saturação da $CTC_{pH\ 7,0}$ por bases .....	101
<b>Apêndice 15.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos teores de enxofre e de ferro, risco de toxidez por $Fe^{2+}$ e saturação de $Na^+$ na $CTC_{pH\ 7,0}$ nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm .....	102

<b>Apêndice 16.</b> Estatística geral dos teores de enxofre e de ferro, risco de toxidez por $\text{Fe}^{2+}$ e saturação de $\text{Na}^+$ na $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ .....	103
<b>Apêndice 17.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos teores de micronutrientes nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm .....	104
<b>Apêndice 18.</b> Estatística geral para os teores de micronutrientes .....	105
<b>Apêndice 19.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm .....	106
<b>Apêndice 20.</b> Estatística geral da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm.....	107
<b>Apêndice 21.</b> Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias do DMP e DMG nas camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm.....	108
<b>Apêndice 22.</b> Estatística geral para DMP e DMG dos agregados .....	109
<b>Apêndice 23.</b> Valores de correlação ( $r_s$ ) entre os atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos ao cultivo de arroz de base ecológica na camada de 0 a 20 cm (Parte I) .....	110
<b>Apêndice 24.</b> Valores de correlação ( $r_s$ ) entre os atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos ao cultivo de arroz de base ecológica na camada de 0 a 20 cm (Parte II) .....	111
<b>Apêndice 25.</b> Valores de correlação ( $r_s$ ) entre os atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos ao cultivo de arroz de base ecológica na camada de 0 a 20 cm (Parte III) .....	112
<b>Apêndice 26.</b> Valores de correlação ( $r_s$ ) entre os atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos ao cultivo de arroz de base ecológica na camada de 0 a 20 cm (Parte IV).....	113

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- AFS – Assentamento Filhos de Sepé
- COT - Carbono Orgânico Total do Solo
- CTC - Capacidade de Troca de Cátions
- CTC<sub>efetiva</sub> - Capacidade de Troca de Cátions Efetiva
- CTC<sub>pH 7,0</sub> - Capacidade de Troca de Cátions a pH 7,0
- DMP - Diâmetro Médio Ponderado de Agregados
- DMG - Diâmetro Médio Geométrico de Agregados
- Ds – Densidade do Solo
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
- GGAA – Grupo Gestor do Arroz Agroecológico
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- IRGA – Instituto Riograndense do Arroz
- M<sub>60</sub> – Amostras saturadas submetidas à tensão de 60 cm de coluna de d'água
- MOS - Matéria Orgânica do Solo
- M<sub>sat</sub> - Massa Saturada
- M<sub>sec</sub> – Massa Seca
- NT – Nitrogênio Total
- Pt – Porosidade Total
- RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre
- RVSBP – Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos
- SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – RS
- TFSA – Terra Fina Seca ao Ar
- UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz irrigado de base ecológica no Rio Grande do Sul é gerador de referências técnicas, ambientais, sociais e econômicas para produção sustentável em solos hidromórficos, destacando-se como expressão do potencial da Agroecologia, uma vez que é possível produzir em diferentes escalas, considerando as características dos agroecossistemas e incluindo, ademais, as relações sociais dos atores envolvidos.

Nesse sentido, responde às intervenções propostas pela FAO, no esforço de construção e consolidação de sistemas sustentáveis de produção agrícola que possam atender a demanda de alimentos, fibra e energia para a humanidade, com eficiência e segurança no uso de energia e dos recursos naturais, com vistas ao cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), dentro da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas.

O Rio Grande do Sul é pioneiro na produção de arroz irrigado de base ecológica. Esta experiência de produção livre de agrotóxico tem seu núcleo mais expressivo no Assentamento Filhos de Sepé (AFS), em Viamão-RS, onde se cultiva cerca de 1/3 do arroz de base ecológica do Estado com distintos níveis de cooperação, com intensos processos de gestão ambiental em meio à unidades de conservação e gestão de águas de forma comunitária.

O cultivo de arroz irrigado ecológico tem sua base tecnológica no sistema pré-geminado, pois esse apresenta eficiência no controle das plantas acompanhantes, a partir do preparo e nivelamento do solo, bem como o manejo d'água de acordo com os estádios fenológicos da planta, substituindo, dessa forma, o uso de herbicidas.

A análise e entendimento das características e do comportamento dos solos em resposta ao manejo configura-se uma ação fundamental para avaliar o sistema de produção, bem como os usos dos diferentes solos. Frente ao exposto se estabeleceu a hipótese que o cultivo de arroz irrigado de base ecológica em solos hidromórficos promove alterações nos atributos químicos e físicos dos mesmos, as quais podem tornar-se mais acentuadas ao longo do tempo.

Para testar esta hipótese o trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade física e química em três ordens de solos hidromórficos sob arroz ecológico ao longo do tempo, contribuindo assim para a construção do conhecimento agroecológico e consolidação de sistemas de produção agroecológica nestes ambientes. Ainda nesta perspectiva, são propostos indicadores químicos e físicos para a avaliação da qualidade de solos hidromórficos como base para o monitoramento dos sistemas de manejo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Agricultura e a Agroecologia**

A humanidade e agricultura evoluíram juntas em um processo de transformação ecológica e social, modificando os ecossistemas naturais originais em ecossistemas cultivados, artificializados e explorados por seus cuidados (Mazoyer e Roudart, 2008).

A manipulação dos ecossistemas naturais supõe a alteração do equilíbrio e elasticidade original através de uma combinação de fatores ecológicos e socioeconômicos (Guzmán e Molina, 1996).

A agricultura implica a simplificação da natureza, sendo as monoculturas a expressão máxima desse processo (Altieri, 2012). Neste sentido, o autor afirma que, a artificialização do ecossistema exige constante intervenção, na maioria das vezes por insumos agroquímicos, os quais conduzem ao aumento da produtividade e, por outro lado, acarretam custos ambientais e sociais indesejáveis.

No caso brasileiro, de acordo com Anghinoni et al. (2018), a capacidade de produzir alimentos aumentou notavelmente a partir dos anos 1960 quando a agricultura seguiu o caminho da especialização em grande escala, tendo por base o uso de insumos modernos, mecanização e políticas governamentais de financiamento. Segundo os autores, o preparo intensivo do solo e cultivos sucessivos ocasionou um processo acelerado de degradação, tendo como resultado a perda de solo e da eficiência dos insumos usados.

Em síntese, ainda que tenha havido um aumento significativo na produção agrícola, as tecnologias empregadas a partir da revolução verde não atingiram o objetivo fundamental de acabar com a fome dos países não industrializados (Anghinoni et al., 2018).

No mesmo sentido, Gliessman (2008) pondera que a agricultura moderna não possui potencial para produzir alimentos em uma quantidade que atenda a demanda da humanidade ao longo do tempo, precisamente porque deteriora os meios que tornam isto possível no seu processo.

A produção de alimentos está diretamente relacionada e dependente das capacidades do solo e dos agroecossistemas. A medida da eficiência de um sistema de produção agropecuária pode ser avaliada a partir de sua capacidade de se manter ao longo do tempo. Segundo Caporal e Costabeber (2004) o termo agricultura sustentável é definido por “estilos de agricultura de base ecológica que atendam aos requisitos de solidariedade entre as gerações atuais e destas para as gerações futuras”.

A sustentabilidade pode ser definida como a capacidade do agroecossistema manter sua produção ao longo do tempo, superando as tensões ecológicas por um lado, e por outro, as pressões socioeconômicas (Guzmán e Molina, 1996).

Para Venâncio (2015) a Agroecologia e a produção de alimentos situam-se em um contexto marcado por incertezas, de desigualdades sociais e de problemas ambientais que têm escapado do controle das instituições político-decisórias globais. Nesse sentido, faz-se necessário um projeto alternativo ao modelo produtivo até então adotado.

De acordo com Gliessman (2008), em virtude do crescimento da população e dos problemas identificados pelo atual modelo produtivo, a agricultura deve preocupar-se tanto com a sustentabilidade do sistema de produção, bem como ser altamente produtiva, garantindo a segurança alimentar.

Para tanto, segundo o mesmo autor, se faz necessária uma abordagem nova ao desenvolvimento agrícola e da agricultura que considere a agricultura tradicional local, e ao mesmo tempo, incorpore os conhecimentos e métodos ecológicos modernos. “Esta abordagem é configurada na ciência da Agroecologia, que é definida como a aplicação de conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis (Gliessman, 2008)”.

O termo Agroecologia foi conceitualmente desenvolvido por Howard (Machado, 2014). Em 1939, em sua obra intitulada *Um Testamento Agrícola*,

propunha métodos de manejo do solo por meio do uso de adubação verde, compostagem, reciclagem de materiais e incorporação de matéria orgânica ao solo (Howard, 2012).

Inicialmente foi proposta como a Ecologia aplicada à agricultura, derivada da Ecologia e da Agronomia, onde a primeira ocupou-se do estudo de sistemas naturais e a segunda tratou da aplicação de métodos científicos voltados à prática da agricultura (Gliessman, 2008).

No Brasil, o estudo da Ecologia vinculado ao manejo do solo teve como pioneira a Dra. Ana Primavesi, que ressaltou a necessidade do restabelecimento do equilíbrio do solo e de suas relações com o ambiente (Alcântara, 2017), bem como a importância da saúde do solo para a saúde das pessoas (Primavesi, 2006).

A Agroecologia se estabelece como Ciência transdisciplinar dedicada ao desenho de agroecossistemas sustentáveis, ou seja, uma agricultura economicamente viável, pois, é altamente produtiva e, ao mesmo tempo, adequada ambientalmente, que vem ganhando espaço no Brasil durante as últimas décadas (Venâncio, 2015).

## **2.2 Agroecologia e o manejo do solo**

A Agroecologia considera a totalidade dos recursos humanos e naturais que definem, em última instância, a estrutura e a função dos agroecossistemas. Segundo Guzmán (2006), a partir de um enfoque holístico, a Agroecologia busca uma aproximação para o estudo dos recursos naturais, assim como das interações entre os múltiplos elementos envolvidos no processo de artificialização da natureza para a produção de alimentos. Neste sentido, entende-se o agroecossistema como unidade de análise em uma dimensão local, ao mesmo tempo, em uma perspectiva integradora, conduz estudos para unidades de análises complexas, considerando os elementos humanos, ambientais e suas inter-relações nas diversas dimensões (Guzmán e Molina, 1996).

Para Altieri (2012) a Agroecologia tem suas raízes nas Ciências Agrícolas, no movimento do meio ambiente, na Ecologia, em particular na explosão de investigações sobre os ecossistemas tropicais, na análise de agroecossistemas indígenas e nos estudos sobre o desenvolvimento rural. A partir de um enfoque que integra ideias e métodos de vários subcampos,

configura-se como uma Ciência interdisciplinar. A Agroecologia pode ser um desafio normativo às maneiras em que várias disciplinas enfocam os problemas agrícolas.

De forma complementar a Agroecologia critica o pensamento científico, pois este centra sua pesquisa em uma única proposta civilizatória, e ao mesmo tempo, pretende modificá-lo incorporando as práticas camponesas e indígenas em uma perspectiva pluriepistemológica. Desta forma, pode ser definida como o “manejo ecológico dos recursos naturais através de formas de ação social coletiva que apresentam alternativas à atual crise civilizatória (Guzmán, 2011)”.

Observa-se no conjunto dos fundamentos teóricos relacionados à Agroecologia distintos enfoques e definições. Esta multiplicidade de sentidos – polissemia - é parte da própria construção histórica do conceito da Agroecologia que se estabelece como um campo aberto, ao mesmo tempo que questiona os paradigmas dominantes, fornece novas bases epistemológicas que orientam a transição dos atuais modelos hegemônicos de produção para modelos sustentáveis (Bogni e Bracagioli, 2018) tendo como base as distintas realidades locais que definem a melhor forma de materialização da Agroecologia, como um campo dinâmico, sem forma pré-definida (Caporal, Costabeber e Paulus, 2009).

Para Peterson, (2012), no caso brasileiro, a Agroecologia se afirma na sociedade assumindo três acepções: 1) como teoria crítica ao modelo de agricultura industrial fornecendo as bases científicas para o desenvolvimento de agroecossistemas sustentáveis; 2) como prática social em coerência com a teoria agroecológica e, por fim, 3) como movimento social na mobilização dos atores envolvidos teoricamente e no desenvolvimento prático da Agroecologia.

Agroecologia não se resume à produção de alimentos sem agrotóxicos, pois, implica em uma série de transformações, sobretudo, nas relações sociais de produção, exigindo a participação ativa do agricultor e uma mudança radical na relação deste com o ambiente (Guasselli e Medeiros, 2015).

A Ciência agroecológica fornece as bases metodológicas e técnicas para o desenvolvimento de agroecossistemas com dependência mínima de insumos e energia externa. Desta forma, configura-se como uma Ciência e

como prática agrícola assentada na diversidade e na complexidade para a consecução de sistemas agrícolas sustentáveis e resilientes. Entre os princípios da Agroecologia se destacam a reciclagem de nutrientes e energia; a substituição de insumos externos; aumento da matéria orgânica e da atividade biológica do solo (Altieri, 2012).

De forma complementar, a Ciência agroecológica busca resgatar os saberes que se perderam com a revolução verde e, ao mesmo tempo incorporar os extraordinários progressos científicos e tecnológicos das últimas décadas. Esta abordagem da Agroecologia defendida inclui os “pequenos”, os “familiares”, os “saberes ancestrais” (Machado, 2014).

O discurso que trata de caracterizar a Agroecologia como expressão da agricultura “pequena”, “manual”, ou “que não alimenta a sociedade” é o que se refuta neste sentido ao afirmar que a Agroecologia incorpora as tecnologias, os conhecimentos científicos e “modernos”. As tecnologias são orientadas por princípios científicos e sociais para o alcance de uma produção sustentável, ao mesmo tempo em que, reúne os conhecimentos locais e empíricos dos camponeses e das camponesas, unindo o “velho” e o “novo” (Zang, 2015).

Sobre este aspecto a experiência abordada nesta pesquisa contribui para a discussão acerca da compreensão da Agroecologia sob uma perspectiva que viabiliza a produção de comida limpa, tanto de origem vegetal como animal, em qualquer escala (Machado, 2014).

De acordo com Alcântara (2017) o solo juntamente com a água e a agrobiodiversidade são pilares de manutenção da vida, destacando-se como um princípio fundamental e, portanto, uma prioridade da pesquisa em Agroecologia.

Desde uma perspectiva agroecológica a qualidade do solo está diretamente relacionada ao seu manejo, uma vez que não se trata de um depósito de nutrientes e suporte para as plantas ou rocha alterada contendo elementos em solução, mas sim, é um sistema dinâmico de complexas inter-relações recíprocas entre seus componentes físicos, químicos e biológicos (Primavesi, 2006).

Os solos apresentam características próprias de sua formação geológica, do clima predominante, dos organismos atuantes, dentre outros fatores, não sendo, portanto, uma massa inerte de detritos, mas um ambiente

bastante heterogêneo onde a Geologia e a Biologia se encontram (Balota, 2017).

No tocante à fertilidade do solo, a produtividade e sanidade dos cultivos, são resultado da complexidade dos agroecossistemas, das interações ecológicas e os sinergismos entre seus componentes (Altieri, 2012).

De acordo com Anghinoni et al. (2018) a complexidade das interações entre e dentro dos componentes biológicos, químicos e físicos pode promover propriedades emergentes do solo, sendo estas propriedades fundamentais na regulação das funções ecossistêmicas do solo. Neste sentido, a qualidade do solo é afetada pelo grau de diversidade e de complexidade do sistema de produção.

Ainda no contexto da diversidade e da complexidade das reações que ocorrem no solo, Moreira e Siqueira (2006) entendem que o solo se comporta como uma entidade viva no contexto da bioquímica, atuando como um reator. As várias reações químicas são complexas e realizadas diretamente pelas formas de vida que no solo se desenvolvem. Desta forma, a atividade reativa desse ecossistema [solo] é produto ou implicação da diversidade metabólica, resultado da diversidade morfológica, fisiológica e funcional dos organismos do solo.

Segundo essa premissa, para sistemas agropecuários integrados mais complexos, indica-se uma abordagem semelhante aos ecossistemas naturais, onde a sustentabilidade pode ser alcançada pela diversidade, considerando a funcionalidade dos componentes do sistema, o tempo e o espaço onde ocorrem as interações entre os mesmos (Anghinoni et al., 2018).

Nota-se que a qualidade do solo, de forma axiomática, pelo discutido até o momento, vincula-se com a própria definição da Agroecologia e, portanto, da sustentabilidade. Qualidade entendida como condição de saúde do solo. Como ensina Primavesi (2006), um solo saudável mobiliza os nutrientes que a planta necessita e esta, por sua vez, os nutrientes que o ser humano precisa. Assim, um solo sadio proporciona plantas saudáveis e produtivas, logo, pessoas saudáveis.

### **2.3 Qualidade do solo**

Durante a década de 1990 as discussões sobre qualidade do solo (QS) intensificaram-se na comunidade científica frente à preocupação sobre a

importância do solo para a qualidade ambiental e sustentabilidade agrícola (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

Baseados na premissa da sustentabilidade, Lal e Pierce (1991) alertavam para a necessidade de otimizar o uso dos recursos para sustentar a produtividade ao longo do tempo e não apenas maximizar a produção.

Inicialmente Doran e Parkin (1994) propuseram uma definição de QS, a qual mais tarde foi ampliada e reformulada por Karlen et al. (1997) como a "(...) capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos Homens". Definição essa utilizada até os dias atuais.

Nesse contexto, QS é a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, que o habilita a exercer suas funções na plenitude (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

A QS pode ser definida como a capacidade do solo desempenhar suas funções no momento atual e a preservação dessas funções para uso futuro (USDA-NRCS, 2008). Com base na percepção do tempo reside a relação entre QS e sustentabilidade agrícola (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

Os componentes minerais e orgânicos, assim como, as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo determinam, em primeira instância, sua qualidade, funcionalidade e sustentabilidade, sendo influenciadas pelo manejo aplicado (Balota, 2017).

A observação das mudanças que ocorrem sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo servem como ferramenta essencial para uma avaliação da sustentabilidade do sistema agrícola (Doran e Parkin, 1994), seguro ambientalmente, com a proteção dos recursos naturais, viável economicamente e, assim, aceito pela sociedade (Vezzani, 2001). Portanto, a avaliação da qualidade do solo se estabelece como uma ferramenta para uma análise da sustentabilidade da agricultura e dos sistemas agrícolas adotados.

Os estudos sobre QS tem centrado sua atenção na identificação de índices capazes de servir como indicadores para avaliar as alterações nas propriedades e processos que ocorrem no solo ao longo do tempo em reposta ao manejo adotado (Vezzani e Mielniczuk, 2009). Este monitoramento contribui

para determinar se a QS está melhorando, estável ou declinando sob um dado tipo de uso e manejo (Shukla et al., 2006).

Indicadores de qualidade do solo podem variar de acordo com o tipo de solo, dos fatores de formação, do material de origem, portanto, a seleção de atributos deve levar em consideração as características biológicas, físicas e químicas dos solos estudados (Liebig e Doran, 1999).

A avaliação dinâmica da QS se dá através do monitoramento do desempenho do sistema ao longo do tempo (Larson e Pierce, 1994), sendo possível sua realização através de métodos clássicos de estatística (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

De acordo com Neto (2010), o manejo de solos hidromórficos podem determinar mudanças pedoambientais. Assim, a definição de indicadores sensíveis que expressem a qualidade do solo pode subsidiar o planejamento de atividades com menor impacto possível sobre os ecossistemas.

## **2.4 Solos hidromórficos**

Na condição de solo encharcado – hidromórfico – tanto a diversidade como a funcionalidade dos componentes do sistema são peculiares em razão da limitada aeração e condutividade hidráulica. Nestas circunstâncias, tanto as espécies cultivadas como os sistemas adotados são diferenciados em relação a solos bem drenados.

Segundo Klamt; Kämpf e Schneider (1985), solos de várzea são entendidos de forma genérica como aqueles encontrados nas planícies dos rios e lagos, onde se desenvolvem sobre sedimentos. O Rio Grande do Sul apresenta uma área aproximada de 53.000 km<sup>2</sup> de solos de várzea, e destes, aproximadamente 18 % são cultivados com arroz.

Ainda segundo os autores, para a ampliação das áreas cultivadas e elevação dos níveis de produtividade, sem degradação desses solos, existem limitações de ordem social, econômica, técnica e de proteção destes ambientes.

Na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) os solos hidromórficos ocupam 60 % da área, de acordo com UFRGS (2005), citado por Neto (2010).

O entendimento das características, da distribuição e das limitações dos solos hidromórficos é essencial para uma exploração agrícola adequada.

Esses ambientes de várzea e complexos de banhados, desde um ponto de vista ambiental e hidrológico desempenham importantes funções na mitigação de enchentes, recarga de aquíferos, bem como a retenção de poluentes (Guasselli et al., 2018).

Em estados do sul do Brasil, o termo “banhado” é designado para caracterizar um tipo de área úmida. Por ser uma palavra popular, utilizada no dia-a-dia pela população não científica, o termo acaba por não ganhar o merecido destaque, diante da sua importância para a manutenção dos processos ecológicos; inclusive, por muitos anos, pensou-se que essas áreas não possuíam valor nenhum, sendo muitas vezes drenadas para o cultivo agrícola (Guasselli et al., 2018).

Segundo a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM (1998), os banhados são:

zonas de transição terrestre-aquáticas periodicamente inundadas pelo reflexo lateral de rios e lagos e/ou pela precipitação direta ou pela água subterrânea e que resultam num ambiente físico-químico particular que leva a biota a responder com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas, fenológicas e/ou etológicas a produzir estruturas de comunidades características para estes sistemas.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2004), os solos de várzea são heterogêneos em função do seu material de origem e do grau de hidromorfismo, o que resulta em variações quanto às características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. Desta forma, apresentam diferentes limitações e aptidões de uso e ocupam 20 % da área total do Estado.

Na RMPA, de acordo com Neto (2010), os solos hidromórficos constituem pedoambientes pouco intemperizados e estão sujeitos a variações intensas em função da natureza do material de origem, dos diferentes graus de hidromorfismo e, ademais, são sujeitos a mudanças provocadas pelos diferentes usos e manejos.

Carlos (2017) considera que “os solos cultivados com arroz irrigado são o principal agroecossistema no mundo onde as plantas são cultivadas sob irrigação por alagamento”.

Enquanto exigências edáficas, entendidas no seu conceito clássico de funções do solo, este deve prover às plantas, ancoragem, oxigênio, água e nutrientes. Para o caso particular do arroz, o cumprimento de parte dessas funções é facilitado pela água de irrigação, somado à morfologia da cultura que, por possuir aerênquima, conduz o oxigênio ao longo de toda a planta, inclusive às raízes (SOSBAI, 2018), sendo, portanto, uma planta que se adapta às características dos solos hidromórficos.

## **2.5 Cultivo de arroz em sistema pré-germinado**

O Rio Grande do Sul se destaca como maior produtor nacional de arroz em sistema irrigado. Com área estabilizada na última década ao redor de um milhão de hectares, o estado é responsável por 70 % do arroz produzido no Brasil, predominantemente grãos da classe longo-fino (SOSBAI, 2018).

Durante as safras 2014/15 e 2015/16 o arroz foi cultivado predominantemente por cultivo mínimo, preparo convencional e pré-germinado com 60, 30 e 10 % da área total, respectivamente (SOSBAI, 2018). Já na safra de 2018/19, em uma área total de 964.537 ha, o cultivo mínimo representou 60,6 %; preparo convencional 24,9 %; plantio direto 2,5 % e pré-germinado 12 % (IRGA, 2019).

O sistema pré-germinado, portanto, ocupa área significativa no RS, com cerca de 115,7 mil ha.

Esse sistema consiste em um conjunto de operações e técnicas de preparo do solo, manejo da água, semeadura e estabelecimento das plantas de arroz em cultivo irrigado, com sementes pré-germinadas e lançadas em quadros nivelados, geralmente separados por taipas fixas e completamente inundados (Petrini et al., 2004).

Em experimento de longa duração, Carlos et al. (2015) constataram que o sistema pré-germinado apresenta maiores produtividades em comparação aos sistemas convencional e plantio direto, o que é atribuído ao melhor controle das plantas acompanhantes, devido à semeadura de sementes germinadas em solo já previamente alagado, sendo, portanto, um sistema mais eficiente e barato em comparação com controles baseados na utilização de princípios químicos.

Esse sistema se apresenta como uma alternativa viável para áreas com problemas de produtividade, principalmente por infestação de plantas

invasoras, em especial o arroz vermelho, assim como, com drenagem deficiente, o que dificulta o plantio na época recomendada (Petrini et al., 2004).

O sistema pré-germinado demonstrou alta eficiência no controle das plantas acompanhantes a partir do preparo e nivelamento do solo, bem como o manejo d'água de acordo com os estádios fenológicos da planta. Assim, a sistematização da área e o preparo do solo conjugados ao uso de uma lâmina d'água possibilitam substituir o uso de herbicidas no cultivo do arroz. Precisamente, sobre estas condições, a produção de arroz ecológico encontra sua base tecnológica.

O RS é pioneiro na produção de arroz de base ecológica. Esta experiência de produção livre de agrotóxico tem seu núcleo mais expressivo no Assentamento Filhos de Sepé (AFS), onde se cultiva cerca de 1/3 do arroz de base ecológica do Estado.

## **2.6 Arroz agroecológico nos assentamentos de reforma agrária**

A produção de arroz de base ecológica nos assentamentos de Reforma Agrária teve seu início em 1999, com experiência em pequenas áreas (3 a 4 hectares), no Assentamento da Capela, em Nova Santa Rita e no Assentamento Lagoa do Junco em Tapes (Vignolo, 2010).

No município de Viamão, a experiência com arroz ecológico iniciou com 1,7 ha no ano de 2001. As primeiras experiências foram realizadas com a associação do arroz e peixes e, em seguida, do arroz com marrecos de Pequim.

Após duas décadas de acúmulos de ordem tecnológica, econômica e social, a produção de arroz ecológico apresentou ascensão quanto à área cultivada e número de famílias envolvidas no Rio Grande do Sul, com maior concentração na RMPA, constituindo-se como um cultivo de afirmação do potencial da Agroecologia, gerador de referências técnicas e econômicas da produção (Miranda et al, 2016).

## **2.7 Questão conceitual: orgânico ou agroecológico**

O arroz de base ecológica nos assentamentos da RMPA é comercializado como produto orgânico, no entanto, se insere em um contexto agroecológico de produção.

A apropriação e consolidação do conceito de *produção agroecológica* (grifo nosso) envolve, dentre outros fatores, um conjunto de ações e transformações, sobretudo naquelas relacionadas às relações sociais o que implica em uma postura ativa e central dos agricultores na gestão de seus sistemas agroalimentares, sendo, portanto, distinto ao do *produto orgânico* (grifo nosso), que pode se resumir a uma produção sem utilização de agrotóxicos e fertilizantes químicos (Bogni e Bracagioli, 2018).

A denominação “orgânico” está associada a dois processos: a) de certificação como produto orgânico segundo as técnicas, parâmetros legais e normativos e, b) comercialização do produto com selo orgânico.

No Brasil, a Lei 10.831 de 23/12/2003 (Brasil, 2003) estabelece o marco legal para a agricultura orgânica, sendo regulamentada pelo Decreto 6.323 de 27/12/2007 (Brasil, 2007), bem como um conjunto de Instruções Normativas do Ministério da Agricultura, considerando o sistema orgânico de produção agropecuária aquele em que:

se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente.

A produção dos assentamentos é certificada via auditoria por uma entidade de inspeção externa (Instituto do Mercado Ecológico – IMO) e via certificação participativa, por Organismo Participativo de Avaliação de Conformidade (OPAC), ambos vinculados à Cooperativa Central dos Assentamentos do Rio Grande do Sul Ltda (COCEARGS), proporcionando garantias da qualidade dos produtos entregues para a sociedade (Martins, 2017).

O conceito “ecológico” se aplica sobre o contexto relacionado a sistemas agroalimentares de produção. Os atores envolvidos na cadeia produtiva do arroz ecológico produzem arroz orgânico e vivenciam um processo de transição agroecológica (Campos e Medeiros, 2014).

Como um sistema dinâmico, a produção agroecológica apresenta virtudes e potencialidades, e, por outro lado, adversidades, contradições e desafios de ordem técnico-produtivas, ambientais e econômico-sociais. Neste sentido, não se atribui à Agroecologia o sentido de meta, mas sim, de processo, considerando a construção do conhecimento agroecológico o resultado de uma vivência e reinvenção por parte dos diversos atores, não apenas como uma técnica produtiva, mas como uma maneira de compreender e se relacionar com o mundo (Bogni e Bracagioli, 2018).

Orientada pelos princípios agroecológicos há uma transformação radical nos papéis dos agricultores que deixam de serem consumidores de pacotes tecnológicos disponíveis no mercado e se tornam responsáveis por gerar inovações, atuando como observadores e pesquisadores na lavoura e estabelecendo uma nova relação com o ambiente (Guasselli e Medeiros, 2015).

Ainda, segundo Guasselli e Medeiros (2015), desde uma perspectiva agroecológica que incorpora o avanço do conhecimento científico e do progresso técnico no processo de transição de uma agricultura convencional para modelos ecológicos de produção, é pertinente destacar a experiência construída pelos agricultores participantes da cadeia produtiva do arroz ecológico dos assentamentos da RMPA. Esta experiência se sustenta nas inovações tecnológicas em que, tanto o conhecimento científico, quanto tradicional são ressignificados, e, onde as particularidades de cada ambiente são consideradas na tomada de decisões. Desta forma, os resultados aparecem em múltiplas dimensões econômicas, sociocultural, política e ambiental.

Para Martins (2017), as experiências do arroz ecológico dos assentamentos da RMPA geram processos emancipatórios, e com eles, uma nova configuração territorial. Sua atuação se caracteriza pela resistência ativa dos envolvidos que desenvolvem uma práxis social baseada na cooperação.

### 3. JUSTIFICATIVA

O Assentamento Filhos de Sepé (AFS), localizado em Águas Claras – Viamão/RS é um território livre de agrotóxicos e transgênicos. O arroz de base ecológica cultivado em uma superfície entre 1.150 e 1.600 ha destaca-se como principal atividade produtiva, desenvolvida em áreas úmidas, de forma cooperada, com intensos processos de gestão ambiental em meio a unidades de conservação e gestão de águas de forma comunitária.

O Rio Grande do Sul é pioneiro na produção de arroz ecológico. Esta experiência de produção livre de agrotóxico tem seu núcleo mais expressivo no AFS. Na Tabela 1 são apresentados os dados referentes ao número de famílias, grupos de cooperação, bem como a área cultivada em cada período nas últimas seis safras.

**Tabela 1.** Números de famílias e área cultivada com arroz ecológico no Assentamento Filhos de Sepé em Viamão-RS

<b>Safra</b>	<b>Número de famílias envolvidas</b>	<b>Número de grupos de produção</b>	<b>Área cultivada (ha)</b>
2013/14	140	15	1280
2014/15	110	21	1284
2015/16	157	25	1600 <sup>3</sup>
2016/17	176	25	1600
2017/18	180	26	1400
2018/19	112	24	1150

Na III Conferência Internacional sobre Sistemas de Produção de Arroz Orgânico (ORPIII), realizada em Porto Alegre nos dias 13 a 16 de março de 2018, foi oficialmente declarado o Assentamento Filhos de Sepé o maior território contínuo de produção orgânica da América Latina, o que já havia sido

<sup>3</sup> Superfície permitida pela licença de operação para irrigação superficial

publicado por Guasseli e Medeiros (2015), desmistificando, desta forma, a ideia de que produção ecológica só é viável em pequenas áreas.

As experiências do AFS, no aspecto tecnológico, social e ambiental, apresentam potencial para replicação nas áreas de produção em sistemas pré-germinado do Estado, seja ele de base ecológica ou não. No entanto, estudos detalhados sobre o efeito do manejo do solo deverão subsidiar informações para modificações do sistema produtivo na área de estudo, bem como, na expansão do mesmo em outras áreas.

#### **4. HIPÓTESE**

O cultivo de arroz irrigado de base ecológica em solos hidromórficos promove alterações nos atributos químicos e físicos dos mesmos, as quais tornam-se mais acentuadas ao longo do tempo.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo geral**

Avaliar a qualidade física e química de três ordens de solos hidromórficos sob cultivo de arroz ecológico ao longo do tempo.

### **5.2 Objetivos específicos**

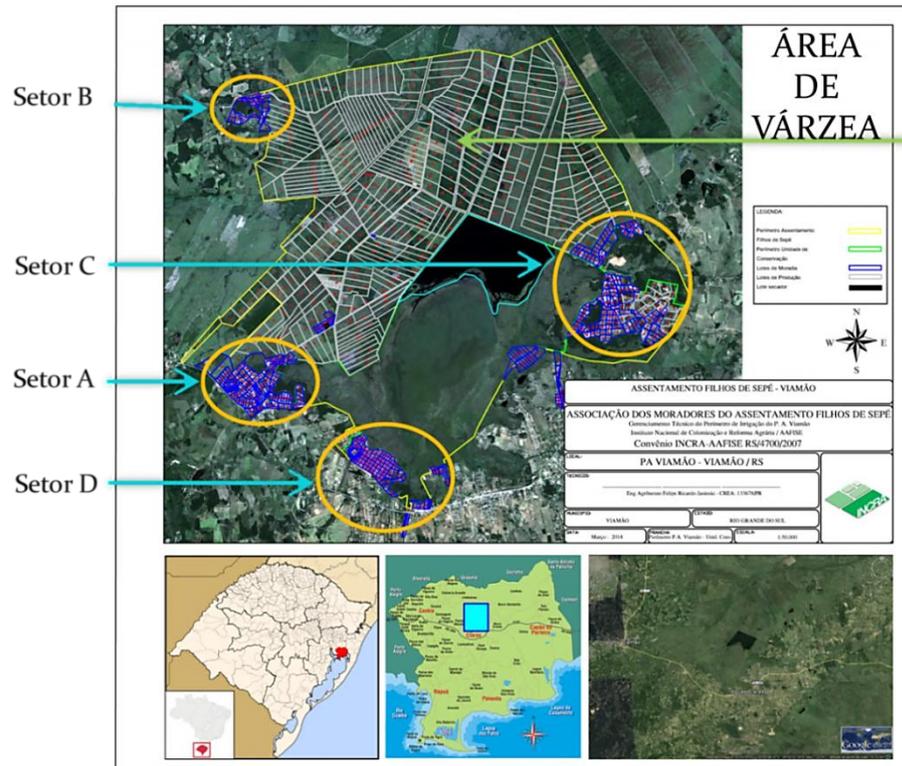
Relacionar os atributos físicos e químicos com a qualidade dos solos cultivados em diferentes frequências com arroz ecológico.

Estimar os prováveis processos de degradação, a partir de indicadores químicos e físicos, além das possíveis condições que se configuram uma ameaça à qualidade do solo e da água imediatamente envolvidos.

Contribuir para a construção do conhecimento e consolidação de sistemas de produção agroecológica em solos hidromórficos.



Com área de 6.935 ha, o AFS é organizado em quatro setores de moradia (Figura 2).



**Figura 2.** Distribuição geográfica das áreas de moradia e de várzea do Assentamento Filhos de Sepé – Viamão/RS.

**Fonte:** INCRA, adaptado pelo autor.

Os lotes ou módulos rurais do AFS apresentam duas parcelas. Uma no espaço da residência e outra nas áreas de várzea. As parcelas de moradia têm entre 1 a 5,5 ha, sendo o tamanho do lote “alto” ou “seco” proporcionalmente inverso ao lote de várzea. Compõe-se assim, uma média de 15 ha por família. O tamanho do módulo possui variações uma vez que é definido, dentre outros fatores, pelas condições de acesso, irrigabilidade, drenabilidade e tipos de solo encontrado. A distância entre as áreas de residência e as áreas de produção no lote de várzea situa-se entre 4 e 18 km (Pries, 2013).

É o maior assentamento do Rio Grande do Sul. Vivem 376 famílias beneficiárias oriundas de 115 municípios do Estado que apresentam uma diversidade de experiências em relação à agricultura, formas de produção e cultivos (Pries, 2013).

O Assentamento está totalmente inserido na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), criada em outubro de 1998 pelo Decreto Estadual nº 38.971.

Uma área de 2.543,46 ha do Assentamento foi cedida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) à Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA), com a finalidade da criação da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) em abril de 2002.

As áreas cultivadas encontram-se no entorno do RVSBP e no interior da APABG. Todas as atividades agrícolas desenvolvidas no AFS são de base agroecológica, o que qualifica as condições ambientais. Todo o cultivo de arroz e parte da produção de frutas e hortaliças são certificados como produção orgânica (Diel, 2011).

De acordo com o Plano Diretor Municipal de Viamão, aprovado em 2013, o Assentamento situa-se na macro-zona rural do município, bem como no setor de conservação do manancial e, parcialmente, na zona de amortecimento do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP).

O AFS está inserido na macro unidade de gestão Médio Gravataí na bacia hidrográfica do rio Gravataí, considerada a mais sensível da região e uma das mais degradadas do Estado.

Segundo Guasselli et al. (2018), a bacia do rio Gravataí tem sofrido, desde a década de 1940, uma série de impactos ambientais negativos. Através do programa pró-várzea do Governo Federal, o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) realizou obras de retificação em um trecho do rio Gravataí, com o objetivo de drenar as áreas úmidas (AUs) e ampliar as áreas agricultáveis, transformando o canal meandrante em retilíneo, produzindo impactos ambientais substanciais. Apresenta uma intensa demanda hídrica por parte da rizicultura. O mês de novembro é o de maior demanda de água pelo cultivo do arroz, quando cerca de 95 % do consumo da bacia é destinado a esse cultivo.

Desta forma, o AFS localiza-se em uma bacia hidrográfica com uso intenso, integra a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande e é intimamente ligado a Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

## 6.2 Clima, relevo e solos do Assentamento Filhos de Sepé

Segundo o sistema de Köppen, o clima da região onde se insere a área de estudo é classificado como Cfa, sendo um clima subtropical, caracterizado por chuvas em todos os meses e por temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e, do mês mais frio entre -3°C e 18°C (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

A precipitação total anual média é de 1.309 mm, não havendo grandes diferenças de distribuição entre as estações do ano. A diferença entre a estação mais seca, o verão e a mais chuvosa, o inverno, é de apenas 64 mm. O mês que registra a maior precipitação é junho, com 137 mm e o de menor precipitação é novembro, com 75 mm (INCRA/Hasenack et al., 2007).

O relevo do município de Viamão é homogêneo, predominantemente plano, característico da região da Depressão Central. As altitudes variam de aproximadamente 0 até cerca de 288 m, sendo que a maior parte do município tem altitudes entre 0 e 50 (aproximadamente 68.27 %). As áreas mais elevadas situam-se na porção oeste do município (INCRA/Hasenack et al., 2007).

No perímetro irrigado – área de estudo - as altitudes variam entre 6 e 15 m entre o início do Canal Águas Claras na divisa do AFS e o RVSBP e a extremidade norte das áreas de várzea, respectivamente. As áreas de várzea chegam a altitudes de 25 m na região sul do Assentamento próximo à ERS040.

Segundo Beltrame et al. (2008), a área do Assentamento situa-se no domínio referente à Planície Costeira, no leste do município, sendo formada basicamente por material sedimentar, de influências coluvial, lacustre e marinha, em relevo plano na maior parte da área. Nas porções leste e oeste do Assentamento, encontram-se áreas onde o relevo apresenta-se suave ondulado a ondulado, com áreas de drenagem mais efetiva.

A maior parte do município é constituída de Planossolos (aproximadamente 51,49 %) e Argissolos (aproximadamente 43,28 %) Com menor expressão, encontram-se ainda os Gleissolos e os Neossolos, que juntos somam cerca de 0,56 % do município (INCRA/Hasenack et al., 2007).

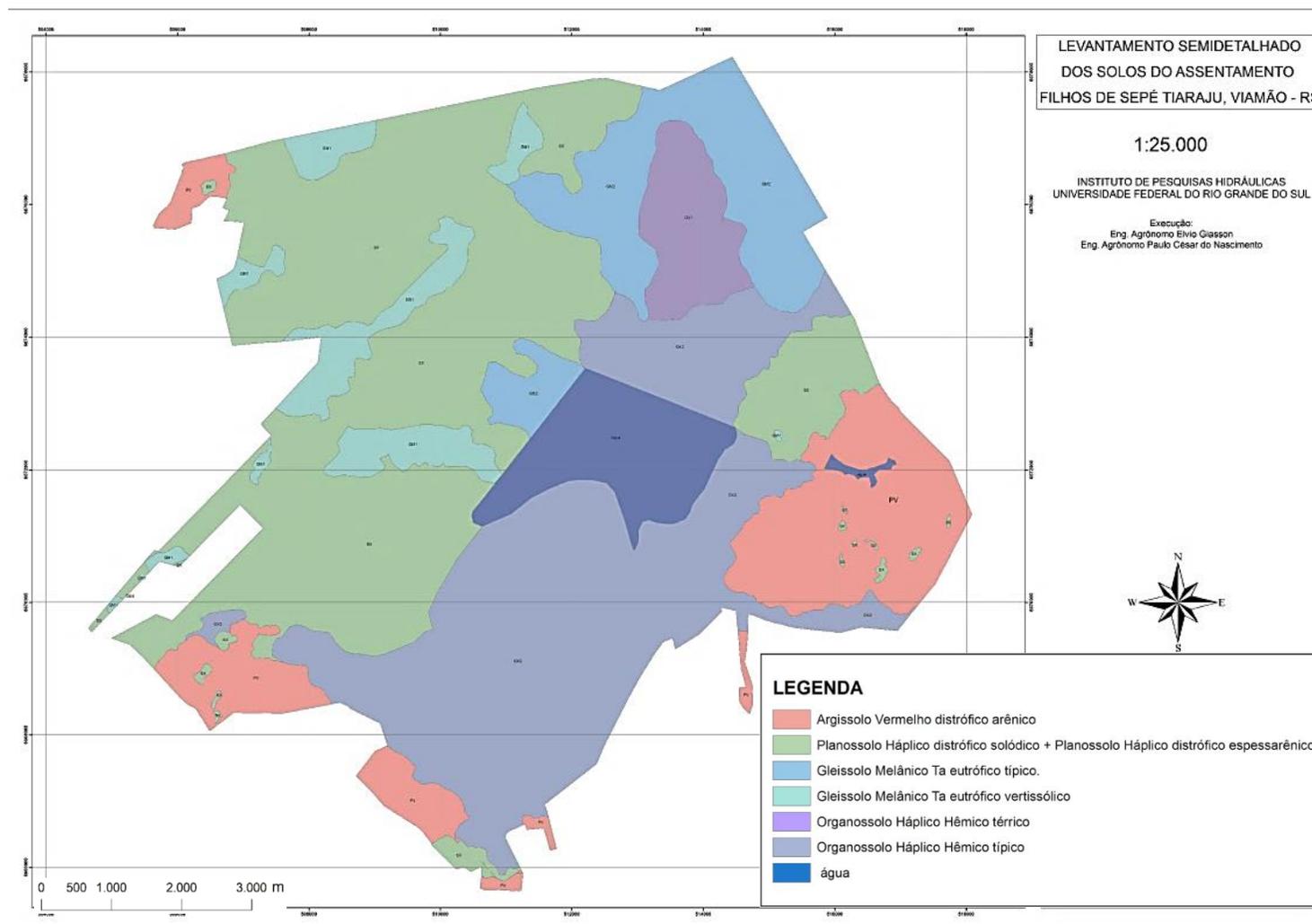
Ainda, segundo Beltrame et al. (2008), no AFS são encontrados nas áreas de moradia – lotes “altos”, fundamentalmente, Argissolos Vermelhos distróficos arênicos. Nas áreas de várzea se encontram três ordens de solos:

Planossolo Háplico distrófico; Gleissolo Melânico Ta eutrófico e Organossolo Háplico hêmico, conforme Figura 3.

Os Planossolos, no quarto nível categórico, dividem-se em solódicos e espessarênicos. Os Gleissolos dividem-se, também no quarto nível categórico, em típicos e vertisólicos e, por fim, os Organossolos, em térrico e típico.

Quanto à textura dos solos, os Planossolos apresentam em média 18,5 % e 17,5 % de argila nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm respectivamente, situando-se na classe 4 ( $\leq 20$  %), de acordo com a CQFS RS/SC (2016).

Gleissolos apresentam em média 25,7 % e 24,8 % de argila nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm respectivamente, enquadrando-se na classe 3 (21 e 40 %). Já os Organossolos apresentam em média 17,8 % e 18,6 % de argila nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm respectivamente, correspondendo a classe 4 ( $\leq 20$  %), de acordo com a CQFS RS/SC (2016).



**Figura 3.** Classes de solos do Assentamento Filhos de Sepé, Viamão-RS.  
Fonte: Beltrame et al. (2008).

A seguir se apresenta imagem aérea das áreas de várzea do AFS. No canto superior esquerdo se encontra a Barragem Águas Claras, e na direita o Banhado dos Pachecos. Na porção inferior da imagem, uma parcela das áreas cultivadas.



**Figura 4.** Áreas irrigadas do Assentamento Filhos de Sepé e reservatório Águas Claras no município de Viamão-RS.  
**Fonte:** TV UFRGS (2018).

O perímetro irrigado atual do AFS possui 3400 ha, onde, anualmente pode-se cultivar até 1600 ha, área máxima permitida pela licença de operação.

### **6.3 Caracterização do sistema produtivo**

O itinerário tecnológico construído e preconizado pelos agricultores do Grupo Gestor do Arroz Agroecológico (GGAA) estabelece quatro etapas, a saber: a) manejo da resteva e o preparo do solo; b) semeadura e estabelecimento do cultivo; c) desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e maturação e d) pré-colheita e colheita.

O manejo da resteva consiste em drenar o sistema, realizar operações de correção do terreno e a incorporação superficial da palhada. Os princípios destas operações consistem em homogeneizar a entrada de luz, calor e oxigênio no sistema, com a finalidade de aumentar a atividade biológica, a decomposição aeróbia dos resíduos da cultura anual, germinação do banco de sementes de plantas adventícias e, assim, proporcionar a ciclagem de nutrientes e melhor controle de insetos e moluscos.

O cultivo de base ecológica do arroz caracteriza-se, fundamentalmente, pela eficiência no controle das plantas acompanhantes a partir do preparo e nivelamento do solo, assim como, o manejo da lâmina d'água de acordo com os estádios fenológicos da planta.

Dada a relevância do preparo do solo e do manejo da lâmina d'água para o estudo em questão, estes são detalhados a seguir. Também são apresentados os aspectos gerais da adubação e calagem desenvolvidas na área de estudo.

### 6.3.1 *Preparo do solo*

De forma geral, independentemente do sistema de cultivo, o solo é preparado periodicamente, antes da instalação da cultura do arroz (SOSBAI, 2016). No sistema pré-germinado, este preparo ocorre, geralmente, entre os meses de julho a outubro, na saída do inverno e entrada da primavera.

O revolvimento do solo no inverno objetiva, principalmente, o controle das plantas competidoras, possibilitando, ademais, a decomposição da biomassa presente, das plantas espontâneas e restos de colheita ainda não decompostos. O preparo final e acabamento, realizados na entrada da primavera, têm por objetivo proporcionar condições ótimas para o estabelecimento da cultura, realizando o controle total das plantas indesejáveis e condicionando a área para seu posterior controle com água.

Três grupos de plantas competidoras podem ser definidos no contexto da produção de arroz de base ecológica (Nodin et al, 2015):

a) plantas passíveis de controle com lâmina d'água: Arroz preto e arroz vermelho (*Oryza sativa*); Capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*; *Echinochloa colona*); Cuminho (*Fimbristylis peruviana*); Angiquinho (*Aeschynomene spp*).

b) plantas não controladas pela lâmina d'água: Grama-boiadeira (*Luziola peruviana*); Aguapé (*Heteranthera reniformis*); Chapéu-de-couro (*Sagittaria montevidensis*).

c) plantas com controle parcial pela lâmina d'água: Junquinho (*Cyperus difformis*); Tiririca amarela (*Cyperus esculentus*); Cruz-demalta (*Ludwigia spp*).

O preparo mecânico do solo e a sistematização da área conjugado com o uso de lâmina d'água possibilitam suprimir o uso de herbicidas na

cultura do arroz pois, apresenta-se eficiente no controle de plantas competidoras.

Conjugado ao preparo de solo e da condução da irrigação, preconiza-se, ademais, o manejo preventivo das plantas competidoras. Neste sentido, é recomendável o uso de sementes isentas de plantas indesejáveis, a observação da densidade de plantas e a época de semeadura.

O revolvimento do solo no inverno é realizado com arado aiveca, grade hidráulica e grade aradora. A decisão sobre qual implemento utilizar deve-se, fundamentalmente, à condição de umidade e vegetação presente.

Diferentes estratégias de preparo final do solo são desenvolvidas. Utiliza-se entre 2 ou mais passes de grade hidráulica sobre a totalidade da área (Figura 5b) e utiliza-se, ademais, a enxada rotativa nas bordas das canchas a fim de realizar um melhor acabamento do preparo (Figura 5a). A decisão quanto ao uso da enxada rotativa deve-se, ademais, à condição de infestação de plantas competidoras, principalmente a grama-boiadeira (*Luziola peruviana*).



**Figura 5.** Preparo do solo a) Enxada rotativa b) Grade hidráulica.

Em áreas com boa condição de drenagem é realizado o preparo do solo seco e apenas o nivelamento da área é efetuado com água. No entanto, esta condição é restrita a um universo pequeno das áreas, predominando, portanto, as operações na presença de água.

O preparo em solo seco contribui, dentre outros fatores, para o controle de plantas não controladas pela lâmina d'água e moluscos.

O nivelamento e acabamento são realizados com lâminas e pranchas hidráulicas adaptadas para esta finalidade.

### 6.3.2 Manejo da lâmina d'água

O arroz, como planta palustre, resiste às diferentes condições de disponibilidade de oxigênio, desde os teores normais (normoxia), deficientes (hipoxia) ou até mesmo pela ausência (anoxia), (Beltrão e Oliveira, 2008).

De forma divergente ao estabelecido pelo Manual de boas práticas do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), o qual preconiza que o estrito manejo da água na lavoura possui vantagens, pois permite o controle de sua qualidade e quantidade, melhorando a eficiência da adubação nitrogenada e do herbicida, e na redução dos custos da lavoura (Mundstock et al – IRGA, 2011), para o caso da produção ecológica, a água é o principal método de controle das ervas acompanhantes após estabelecimento da cultura, além de cumprir função essencial na disponibilidade de nutrientes e na qualidade da lavoura.

Para um preparo e acabamento eficientes preconiza-se a utilização de uma coluna d'água baixa, o suficiente para efetuar o nivelamento do terreno, uma vez que a mesma atua como referência de nível, ao mesmo tempo em que envolve menor quantidade de água sujeita às alterações químicas e físicas ocasionadas pelo preparo.

De forma geral, mantêm-se os quadros com água após o preparo do solo por, aproximadamente, três semanas, com o objetivo de induzir e manter o banco de sementes de plantas acompanhantes em dormência, enquanto, simultaneamente, ocorre a precipitação do material suspenso na água durante o preparo do solo.

Neste período a coluna d'água utilizada pode variar entre 10 e 20 cm, sendo necessário, eventualmente, a reposição de água após o nivelamento do terreno para evitar a exposição do solo. Esta mesma coluna é rebaixada próximo ao momento de semeadura para em torno de 5 cm.

Após a semeadura a água é retirada cerca de três dias, com vistas a proporcionar as melhores condições para a fixação das plântulas ao solo (Garcia et al., 2005; Massoni et al., 2005; Macedo et al., 2007; Marchezan et al., 2007; Marchezan, Camargo e Segabinazzi, 2007;). Esta prática é realizada como forma de prevenção e redução de pragas do cultivo como pássaros e caramujo (*Pomacea canaliculata*) que predam as sementes ou o coleóptilo das plântulas.

A água drenada pode afetar negativamente o ambiente e promover a perda de nutrientes que estão adsorvidos aos sólidos em suspensão. Estas perdas de nutrientes podem ocorrer de forma mais acentuada quando da adubação de base (Garcia et al., 2005; Marchezan, Camargo e Segabinazzi, 2007), bem como pode proporcionar condições para a reinfestação de arroz

vermelho ou outras plantas indesejáveis na área drenada (Massoni et al., 2005).

Posteriormente à drenagem das áreas na pós-semeadura, a retomada da água ocorre dentro de 7 a 10 dias. Esta reposição de água é uma etapa fundamental para o controle, principalmente do arroz preto e vermelho, bem como do capim-arroz, cujo controle é eficiente até a formação da quarta folha.

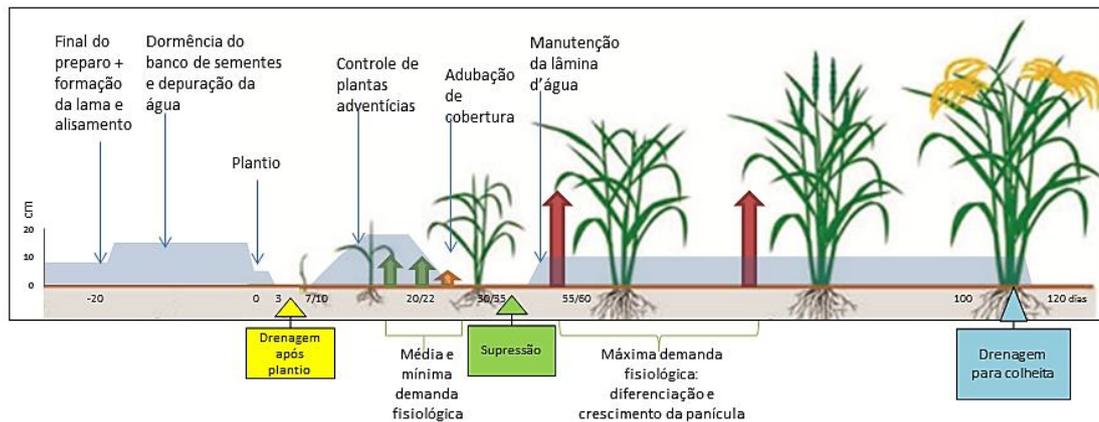
Para que o controle das plantas competidoras seja eficiente é necessário que se tenha água na época correta e no volume adequado. Utiliza-se coluna d'água de até 20 cm ao ponto de, praticamente, cobrir o arroz.

Este período de controle das plantas competidoras, que pode variar de uma a duas semanas, pode ocasionar o estiolamento das plantas. Por esse motivo, normalmente é realizada a supressão da água das canchas para permitir o melhor estabelecimento do cultivo. Esta retirada da água coincide com o período de perfilhamento das plantas e de maior produção de raízes. Neste período é recomendável a aplicação de adubos de cobertura.

Após controle das plantas competidoras e da supressão ou o rebaixamento da coluna a água, mantém-se uma coluna de aproximadamente 10 cm na sequência do ciclo do cultivo.

Para aquelas áreas onde é possível realizar a colheita em solo seco, a irrigação é suspensa quando a maior parte dos grãos atinge estado de grão pastoso e a drenagem completa da área é realizada a partir do momento que a grande maioria das plantas atingem a maturação fisiológica.

Na Figura 6 se apresenta um modelo geral do manejo d'água realizado pelos agricultores.



**Figura 6.** Modelo aproximado da condução da irrigação e drenagem das lavouras.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Devido à turbidez das águas drenadas após a semeadura, quando estas são reutilizadas em áreas subjacentes, se apresentam eficientes no controle de plantas adventícias, sendo possível inclusive, reduzir o volume de água e o período de controle.

### 6.3.3 Adubação e calagem

A adubação das lavouras no sistema pré-germinado, especificamente das áreas estudadas, consiste na aplicação e incorporação de adubos orgânicos certificados. Duas estratégias são adotadas: a) adubação de base, prévio ao preparo do solo e b) adubação de cobertura, após o estabelecimento da cultura.

São utilizados compostos de esterco puro de aves e camas de frango, também podem apresentar outros resíduos orgânicos vegetais e animais além de cinzas. Sua composição apresenta grande variabilidade de acordo com a origem e composição dos materiais empregados em cada formulação.

O principal composto usado pelos agricultores como adubação de base apresenta uma composição em base seca (65°C) de 66 % de matéria seca; 32 % de C; 2 % de N; 3,15 % de  $P_2O_5$ ; 2,90 %  $K_2O$ ; 8,20 de  $Ca^{2+}$ ; 1,00 % de  $Mg^{2+}$ ; 0,59 % de S; 0,72 % de  $Na^+$ ; 44  $mg\ kg^{-3}$  de B; 41  $mg\ kg^{-3}$  de Cu; 480  $mg\ kg^{-3}$  de Z; 1314  $mg\ kg^{-3}$  de Mn e 4384  $mg\ kg^{-3}$  de Fe total.

Por se tratar de um material de origem animal, os teores de micronutrientes são altos devido ao fato de que estes são acrescidos à ração. Estes elementos se acumulam no solo devido sua baixa extração pelas plantas (CQFS RS/SC, 2016).

Da mesma forma, a calagem é uma prática corrente nas áreas de cultivo. Utiliza-se calcário dolomítico, cerca de três meses antes do plantio, com incorporação superficial.

No entanto, tanto a adubação como a calagem são práticas que, efetivamente, não seguem um padrão de recomendação técnica e da análise do solo. Aplicações entre 0,5 e 3 Mg de calcário e entre 0,5 e 3,5 Mg de adubos orgânicos são frequentes.

#### 6.4 Delineamento experimental

Os lotes localizados no perímetro irrigado do Assentamento Filhos de Sepé foram cultivados com arroz irrigado em diferentes frequências, alternadas ou contínuas ao longo do tempo. A partir da safra 2008/09 toda a produção de arroz no AFS passou a ser cultivada de forma ecológica.

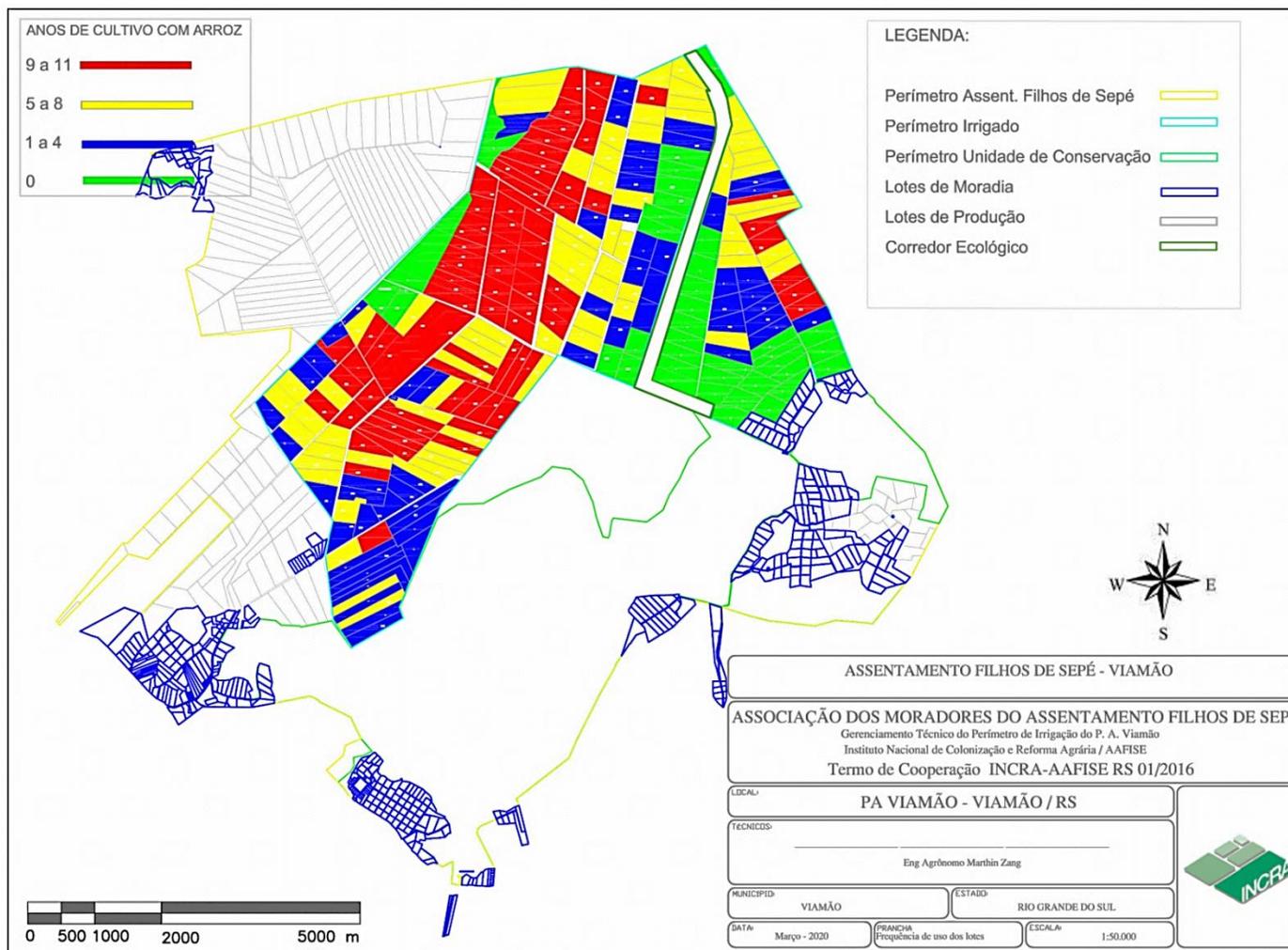
Na Tabela 2 são apresentados os dados do histórico de uso dos solos do perímetro irrigado, número total de lotes cultivados com arroz de acordo com o tipo de solo predominante, a partir da safra de 2008/09.

**Tabela 2.** Histórico de uso dos solos com arroz irrigado no Assentamento Filhos de Sepé em números absolutos de lotes para cada classe de solo encontrado

Safra	Classe de Solos					Total
	SX	GM1	GM2	OX1	OX2	
	-----número de lotes-----					
18/19	62	12	33	0	2	109
17/18	73	12	45	2	9	141
16/17	78	13	55	4	11	161
15/16	67	15	55	5	11	153
14/15	49	3	50	2	7	111
13/14	68	14	45	6	7	140
12/13	67	13	39	6	10	135
11/12	54	8	25	1	5	93
10/11	56	11	35	8	5	115
09/10	40	6	18	4	8	76
08/09	94	16	59	11	11	191

SX – Planossolo Háplico distrófico solódico + Planossolo Háplico distrófico espessarênico; GM1 – Gleissolo Melânico Ta eutrófico vertissólico; GM2 – Gleissolo Melânico Ta eutrófico típico; OX1 – Organossolo Háplico hêmico terrico; OX2 – Organossolo Háplico hêmico típico.

A partir do levantamento dos dados de 11 anos, entres safras 2008/09 e 2018/19, foi possível elaborar o mapa da frequência acumulada de uso dos solos do perímetro irrigado sob o cultivo de arroz (Figura 7).



**Figura 7.** Frequência acumulada de uso dos solos no perímetro irrigado do Assentamento Filhos de Sepé sob cultivo de arroz ecológico entre as safras 2008/09 e 2018/19.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Frente a este cenário, se estabeleceu um desenho experimental com a seleção das três ordens de solos predominantes na área de estudo: a) Planossolos; b) Gleissolos e c) Organossolos; cujos tratamentos referem-se às diferentes frequências acumuladas de uso: a) zero - referência; b) 1 a 4 anos – frequência baixa; c) 5 a 8 anos – frequência média e d) 9 a 11 anos – frequência alta; constituindo-se desta forma, 12 tratamentos.

Para cada tratamento foram selecionadas quatro repetições. No caso particular dos Organossolos, constatou-se que no maior grau de frequência de uso, apenas três lotes se enquadravam no tratamento, resultando, desta forma, 47 lotes no total.

A seleção da repetição dentro de cada tratamento foi realizada com base nos critérios: a) frequência acumulada de cultivo e b) o solo predominante em cada lote. Além disso, utilizou-se o princípio da aleatoriedade para aqueles tratamentos cujo número de lotes com enquadramento nos critérios foi superior ao número de repetições estabelecido. O desenho experimental consiste em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com amostragem baseada em critérios.

Nos tratamentos de referência foram selecionadas aquelas áreas sem histórico de cultivo nos últimos 11 anos para as três ordens de solo.

Os Organossolos, em áreas de referência, apresentavam vegetação de gramíneas e ciperáceas, típicas herbáceas desses ambientes. Os Gleissolos, em áreas de referência, apresentavam vegetação de gramíneas e estágio avançado de sucessão vegetal, com presença do gênero maricá (*Mimosa bimucronata*). Os Planossolos, em áreas de referência, apresentavam vegetação predominantemente de gramíneas.

Os lotes dentro de cada tratamento apresentavam características similares quanto à topografia e vegetação. No interior dos lotes foram definidas parcelas amostrais de, aproximadamente, 50 X 50 m para a realização das coletas de solo.

As coletas foram realizadas no interior das parcelas amostrais considerando uma margem ou bordadura de 10 m. Desta forma, se obtiveram parcelas com superfície útil para amostragem de, pelo menos, 30 x 30 m.

## 6.5 Coleta e processamento das amostras

Foram coletadas amostras compostas deformadas ao acaso, de acordo com Santos et al. (2015) e Tedesco et al. (1995), nas camadas de 0 a 20, e de 20 a 40 cm, a partir de subamostras em diferentes pontos de coleta no interior das parcelas amostrais, secadas ao ar e à sombra, moídas e tamisadas em malha de 2,00 mm (TFSA).

Selecionaram-se três unidades amostrais em pontos representativos dentro de cada parcela amostral para a abertura de trincheiras de 40 x 40 x 40 cm, onde se coletaram as amostras para as determinações físicas do solo. O valor da repetição para as determinações físicas consiste, dessa forma, na média aritmética dos dados obtidos nas unidades amostrais. A identificação e coordenadas geográficas das parcelas amostrais é apresentada no Apêndice 1.

Amostras indeformadas, sem volume determinado, foram coletadas para fins da avaliação da estabilidade de agregados. Coletou-se um monólito de solo por trincheira de, aproximadamente, 10 x 10 cm, com 20 cm de profundidade. As amostras foram acomodadas individualmente em recipientes plásticos, secadas à sombra e ao ar. Posteriormente, os blocos foram fracionados nas camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm.

Outro conjunto de amostras indeformadas foi coletado em anéis volumétricos de volume conhecido, de acordo com Santos et al. (2015) e EMBRAPA (2017), no topo das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, para a determinação da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade do solo. Coletou-se um anel por camada em cada trincheira, somando, dessa forma, três anéis por camada, em cada parcela amostral. Utilizaram-se anéis de PVC de 60 mm, com 50 mm de altura e volume interno de  $110,31 \text{ cm}^3$ .

## 6.6 Atributos químicos para avaliação da qualidade dos solos

### 6.6.1 Análises químicas do complexo sortivo

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos, do Departamento de Solos da UFRGS de acordo com os métodos estabelecidos pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina – ROLAS – SBCS Núcleo Regional Sul (CQFS RS/SC, 2016).

Avaliaram-se os atributos pH (H<sub>2</sub>O); índice SMP; argila; teores trocáveis (KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>) de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>; acidez potencial (H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup>) estimada pelo índice SMP; teores de K<sup>+</sup> e P disponíveis, extraído em solução Mehlich-1 (CQFS RS/SC, 2016).

Ademais, analisaram-se os teores de Na<sup>+</sup> extraído por Mehlich-1 e S extraído por fosfato de Ca 500 mg P L<sup>-1</sup>; teores dos micro elementos Zn e Cu disponíveis extraídos em solução Mehlich-1; Mn extraído por KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>; Fe extraído por oxalato de amônio 0,2 mol L<sup>-1</sup> a pH 6,0 e B disponível, extraído em água quente, de acordo com Tedesco et al. (1995) e CQFS RS/SC (2016).

Com os dados obtidos nas análises foi possível calcular os parâmetros do complexo sortivo: capacidade de troca catiônica - CTC<sub>efetiva</sub> e CTC<sub>pH 7,0</sub>, soma de bases; saturação por bases, saturação por alumínio, bem como, a relação entre os teores dos elementos.

Ademais, avaliou-se o risco de toxidez por ferro através das equações 1 e 2 (CQFS RS/SC, 2016; SOSBAI, 2018):

$$\text{Fe}^{2+} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 1,66 + 2,46 \text{ Fe oxalato pH } 6,00 (\text{g dm}^{-3}) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\text{PSFe}^{2+} (\%) = 100 \times [\text{Fe}^{+2} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) / \text{CTC}_{\text{pH } 7,0}] \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que Fe oxalato = teor de ferro extraído por oxalato de amônio 0,2 mol L<sup>-1</sup> com ajuste do pH para 6,0.

E, por fim, a porcentagem de sódio trocável na CTC<sub>pH 7,0</sub> através da equação:

$$\text{PST} (\%) = 100 \times [\text{Na}^+ (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) / \text{CTC}_{\text{pH } 7,0}] \quad \text{Eq. (3)}$$

### 6.6.2 Carbono orgânico e nitrogênio total

Os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) foram determinados em amostras de TFSA moídas em gral de ágata e analisadas em analisador elementar Thermo Fisher Scientific, modelo FLASH 2000, configuração NC-Soils.

Os estoques de COT e NT foram calculados nas camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm pelo método de camada equivalente de solo (Bayer et al., 2000) e massas equivalentes de solo (Ellert e Bettany, 1995), reduzindo o efeito da densidade do solo através das equações:

$$E_{\text{add}} (\text{m}) = ((M_{\text{ref}} - M_{\text{trat}}) \times 0,0001 \text{ ha m}^{-2}) / D_{\text{s trat}} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$\text{Estoque (Mg ha}^{-1}\text{)} = \text{Concentração de C} \times D_{\text{s}} \times (E_{\pm} E_{\text{add}}) \times 10 \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

$E$  = Espessura da camada avaliada;

$E_{add}$  = Camada adicionada a camada avaliada;

$M_{ref}$  = Massa do solo na camada amostrada na área de “referência”;

$M_{trat}$  = Massa do solo na camada amostrada do tratamento avaliado;

$Ds_{trat}$  = Densidade do solo na camada amostrada do tratamento avaliado.

Tomaram-se como valores de referência as áreas com tempo “zero” de cultivo. O cálculo do estoque total de carbono e de nitrogênio ( $Mg\ ha^{-1}$ ) foi realizado pela soma dos estoques das respectivas camadas amostradas até 40 cm.

## 6.7 Atributos físicos para avaliação da qualidade dos solos

### 6.7.1 Estabilidade de agregados

As análises foram realizadas a partir de amostras indeformadas, sem volume conhecido de acordo com procedimentos estabelecidos por Kemper e Chepil (1965), com adaptações de Carpenedo e Mielniczuk (1990) e Silva e Mielniczuk (1997).

Os blocos de solo foram destorroados manualmente, observando os pontos de fraqueza, ao ponto de passar por uma malha de 9,51 mm, excluindo restos de plantas ou outras impurezas.

Para a obtenção de uma subamostra representativa do material destorroadado entre as frações de terra solta e agregados, peneirou-se toda a amostra em malha de 2,00 mm, posteriormente, quantificou-se as proporções  $> 2,00$  e  $< 2,00$  mm. Uma alíquota de 50 g de solo foi composta a partir da proporção calculada, usando ambos materiais.

As amostras foram acomodadas em funis de papel filtro e inseridas em recipiente contendo lâmina d’água para o umedecimento por capilaridade por, pelo menos, 16 horas, visando o molhamento do material de forma lenta e sem prejuízo à estrutura do solo.

Utilizou-se um conjunto de cinco peneiras com malhas dos seguintes tamanhos: 4,75; 2,00; 1,00; 0,250 e 0,053 mm. As amostras foram submetidas à agitação vertical em água em aparelho tipo Yoder, com uma altura de oscilação de 50 mm, com 42 ciclos por minutos, durante 15 minutos.

O material retido em cada peneira foi removido com auxílio de jatos d'água e submetido à secagem a 105°C em estufa ao ponto de atingir massa constante. Após a pesagem foi corrigida a massa do material retido em cada peneira para massa seca em estufa.

Os dados obtidos no peneiramento úmido foram usados para cálculo do diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) pela equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i) / 100 \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

$w_i$  representa a proporção (%) de cada classe de tamanho em relação ao total; e  $x_i$  equivale ao diâmetro médio das classes (mm).

E para o cálculo do diâmetro médio geométrico (DMG), pela equação:

$$DMG = \exp \frac{\sum_{i=1}^n w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \text{Eq. (7)}$$

Em que  $w_i$  representa o peso de agregados (g) dentro de uma classe de agregados de diâmetro médio  $x_i$ .

#### 6.7.2 Densidade do solo, macro e microporosidade

As amostras indeformadas de volume conhecido foram saturadas por capilaridade durante 48 horas, logo após, foram pesadas para obtenção da massa saturada ( $M_{sat}$ ). Posteriormente foram submetidas a uma tensão equivalente a 60 cm de coluna de d'água em mesa de tensão, por 96 horas, até atingirem peso constante. As amostras foram drenadas e pesadas após serem submetidas à tensão, para obtenção da massa ( $M_{60}$ ).

Posteriormente, as amostras foram retiradas do anel volumétrico e secadas em estufa, com temperatura de 105° C, por 72 horas, para determinação da massa seca ( $M_{sec}$ ).

As massas dos cilindros e demais materiais envolvidos no processo foram quantificadas em cada etapa.

A densidade do solo ( $D_s$ ) foi calculada a partir da seguinte equação:

$$D_s \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \text{massa do solo seco (} M_{sec} \text{)} / \text{volume total do solo (} V_t \text{)} \quad \text{Eq. (8)}$$

Com a obtenção da densidade do solo, e considerando a massa específica da água igual a 1 g cm<sup>-3</sup>, determinou-se a porosidade total do solo ( $P_t$  %), macroporosidade e microporosidade do solo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>), a partir das seguintes equações, de acordo com a metodologia da EMBRAPA (2017):

$$Pt (\%) = [(M_{sat} - M_{sec}) / Vt] \times 100 \quad \text{Eq. (9)}$$

$$\text{Macroporosidade (cm}^3 \text{ cm}^{-3}\text{)} = (M_{sat} - M_{60}) / Vt \quad \text{Eq. (10)}$$

$$\text{Microporosidade (cm}^3 \text{ cm}^{-3}\text{)} = (M_{60} - M_{sec}) / Vt \quad \text{Eq. (11)}$$

## 6.8 Análise estatística

### 6.8.1 Análise univariada

Os dados obtidos foram analisados sob a forma comparativa entre os diferentes tratamentos, separadamente para cada tipo de solo. Para cada conjunto de dados realizou-se o teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965) e calculou-se o desvio padrão da amostra.

Foram realizados os testes de variância, ANOVA e Kruskal Wallis a 5 % de significância, quando significativos, realizou-se a comparação múltipla das médias pelo teste de Tukey e Dunn, para dados paramétricos e não paramétricos, respectivamente, para cada atributo em cada ordem de solo e camada amostrada.

### 6.8.2 Análise bivariada

Os dados médios dos atributos avaliados em cada tratamento foram submetidos à análise de correlação de Spearman's ( $r_s$ ). Para a realização desta análise utilizaram-se os dados das três ordens de solos, na camada de 0 a 20 cm. Esta análise permite inferir sobre a dependência estatística e a intensidade da relação entre as variáveis pelo uso de uma função monótona (Spearman's, 1904), podendo ser linear ou não.

A partir da análise bivariada selecionaram-se os atributos com maiores coeficientes de correlação, podendo ser negativo ou positivo, assim como sua somatória. Este procedimento estatístico foi determinante como um dos critérios para a definição dos atributos indicadores de qualidade do solo juntamente outros atributos relacionados à fertilidade do solo.

### 6.8.3 Análise multivariada

Utilizaram-se ferramentas estatísticas multivariadas de agrupamento e de componentes principais para relacionar os atributos selecionados entre si, bem como com os solos estudados.

Para a realização das análises multivariadas foram convertidos os dados médios dos atributos avaliados em cada tratamento, nas três ordens de

solos, na camada de 0 a 20 e 20 a 40 cm, para escores padrão, através da equação:

$$Z = \frac{x - \bar{X}}{\sigma} \quad \text{Eq. (12)}$$

Onde:

Z representa o valor de escore padrão;

X representa o valor do tratamento;

$\bar{X}$  corresponde a média dos tratamentos e

$\sigma$  é o desvio padrão.

As análises descritivas foram desenvolvidas no software Microsoft Office Excel<sup>®</sup> 2010. Os testes e inferências estatísticas foram desenvolvidos com auxílio do software Past 3,26 (Hammer et al., 2001).

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 pH, Índice SMP e Al trocável

A seguir são apresentados os valores de pH (H<sub>2</sub>O), Índice SMP e teores de alumínio trocável dos solos estudados (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores de pH, índice SMP e teores de alumínio trocável em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas

Camada amostrada	Solo	Frequência de uso	pH (H <sub>2</sub> O)	SMP	Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	5,00 ns	6,08 ns	0,23 ns
		Baixa	4,88	5,90	0,28
		Média	5,03	6,05	0,23
		Alta	5,03	5,83	0,23
	Gleissolo	Referência	5,15 ns	5,43 ns	0,43 ns
		Baixa	5,03	5,23	0,65
		Média	4,98	5,35	0,58
		Alta	4,90	5,35	0,33
	Organossolo	Referência	4,05 b	3,90 c	2,85 a
		Baixa	4,50 ab	4,23 bc	3,03 a
		Média	4,63 a	4,75 b	1,00 b
		Alta	4,87 a	5,40 a	0,43 b
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	4,85 ns	6,05 ns	0,40 ns
		Baixa	4,95	5,95	0,33
		Média	5,18	6,48	0,10
		Alta	4,95	6,03	0,38
	Gleissolo	Referência	5,08 ns	5,68 a	0,95 ns
		Baixa	5,00	5,25 a	1,68
		Média	4,73	5,60 a	0,98
		Alta	4,93	5,58 a	0,63
	Organossolo	Referência	3,90 b	3,90 c	3,98 a
		Baixa	4,60 a	4,35 bc	3,38 a
		Média	4,58 a	4,83 b	2,30 ab
		Alta	4,73 a	5,50 a	1,03 b

Dados das médias de cada tratamento. Al extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a p < 0,05. ns = não significativo.

Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 2 e 3.

Os Planossolos na média dos tratamentos apresentaram pH (H<sub>2</sub>O) 4,98 em ambas camadas; os Gleissolos pH (H<sub>2</sub>O) 5,01 na camada de 0 a 20 cm e, 4,93 na camada de 20 a 40 cm; os Organossolos obtiveram pH (H<sub>2</sub>O) 4,51 na camada de 0 a 20 cm e, 4,45 na camada de 20 a 40 cm.

De acordo com CQFS RS/SC (2016), para arroz irrigado, o pH (H<sub>2</sub>O) de referência é de 5,5, no entanto, sob sistema pré-germinado o pH (H<sub>2</sub>O) não é o principal critério de decisão quanto à necessidade de calagem, mas sim, a saturação por bases (< 40 %) ou os teores de Ca e Mg abaixo do teor crítico (< 4 e < 1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), respectivamente.

Não obstante, os solos apresentaram pH (H<sub>2</sub>O) Baixo (entre 5,1 e 5,4) e Muito Baixo (≤5) (CQFS RS/SC, 2004), o que pode não apresentar-se como fator decisivo no sistema alagado com pousio no inverno, no entanto, a introdução de espécies hibernais ou a rotação de culturas exigirá uma correção da acidez desses solos a pH (H<sub>2</sub>O) 6,0.

Os dados apresentados permitem inferir que a calagem efetuada nos Planossolos e Gleissolos não alterou sua condição natural ( $p > 0,05$ ), mantendo-se próximo aos valores das áreas de referência.

Quanto ao Índice SMP, em Planossolos se obteve média de 5,96 na camada de 0 a 20 cm e 6,13 na camada de 20 a 40 cm; Gleissolos 5,34 na camada de 0 a 20 cm e 5,53 na camada de 20 a 40 cm; Organossolo 4,57 na camada de 0 a 20 cm e 4,64 na camada de 20 a 40 cm (Tabela 3).

Utilizando-se os valores SMP, a correção do pH (H<sub>2</sub>O) em Planossolos para 5,5 demanda, em média, 1,6 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT 100 % na camada de 0 a 20 cm e de 1,3 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 20 a 40 cm. Já para atingir pH (H<sub>2</sub>O) 6,0, a demanda média passa a 3,2 e 2,7 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os Gleissolos demandam, em média, 4,8 e 3,7 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT 100 % para elevar o pH (H<sub>2</sub>O) a 5,5 nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, respectivamente. Para elevar o pH (H<sub>2</sub>O) a 6,0, a demanda média é 7,5 e 6,1 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT 100 % nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente.

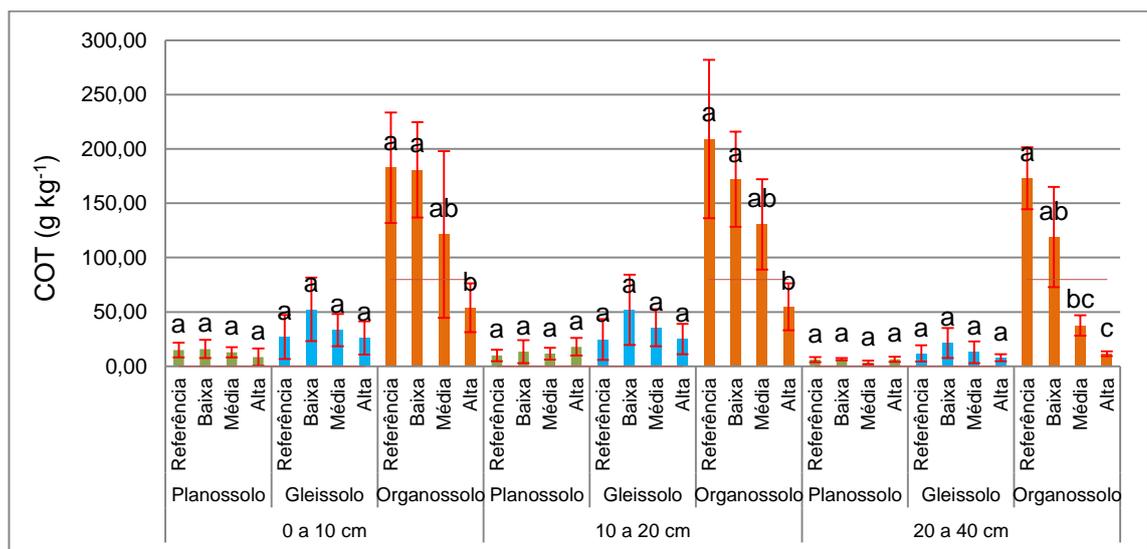
Já os Organossolos demandam, em média, 10,9 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT 100 % para elevar o pH (H<sub>2</sub>O) a 5,5 em cada camada. Para elevar o pH (H<sub>2</sub>O) a 6,0 a demanda passa a 15,1 Mg ha<sup>-1</sup>.

Segundo SOSBAI. (2018) a resposta do arroz à calagem em solos orgânicos não depende apenas do pH inicial. Dessa forma, a calagem não é recomendada para elevar o pH a 5,5, sendo o pH ideal para o arroz irrigado nesses solos de 5,0, com indicação de doses entre 3 e 10 toneladas por hectare.

Os Organossolos apresentaram a redução da acidez ativa - aumento pH (H<sub>2</sub>O) - e do poder tampão do solo - aumento do Índice SMP – com o aumento da frequência de uso. A redução da acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) pode estar associada à redução da Matéria Orgânica do Solo (MOS), (Melo e Alleoni, 2009), que se aborda na sequência.

## 7.2 Carbono orgânico e nitrogênio total

Os teores de carbono orgânico total (COT) são apresentados na Figura 8.



**Figura 8.** Teores de carbono orgânico total (COT) em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em três camadas de solo.

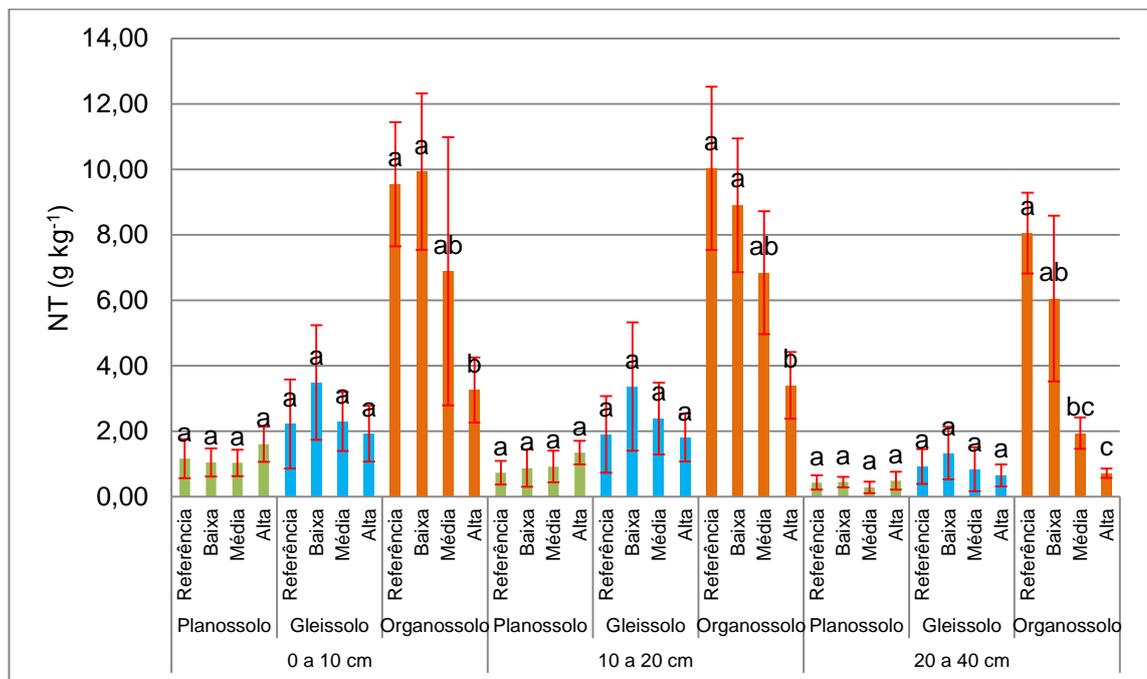
Letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . As barras verticais representam o desvio padrão. Análise estatística detalhada se encontra nos Apêndices 4 e 6.

O teor de COT em Planossolos e Gleissolos não apresentou alterações ( $p > 0,05$ ) nos diferentes tratamentos, com média de 13,08 e 34,68 g kg<sup>-1</sup> na camada de 0 a 10 cm; 13,26 e 34,31 g kg<sup>-1</sup> na camada de 10 a 20 cm; 5,66 e 13,51 g kg<sup>-1</sup> na camada de 20 a 40 cm, respectivamente (Figura 8).

Em contrapartida, os Organossolos apresentaram teores de 182,73; 209,18 e 173,02 g kg<sup>-1</sup> de COT nas camadas de 0 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm

respectivamente, nas áreas de referência (Figura 8). Os valores de COT das áreas de Organossolos com alta frequência de uso apresentaram, aproximadamente, 70,6 % de redução na camada de 0 a 10 cm; 73,8 % na camada de 10 a 20 cm e 93,3 % na camada de 20 a 40 cm, em relação às áreas de referência.

Os teores de nitrogênio total (NT) são apresentados na Figura 9.



**Figura 9.** Teores de nitrogênio total (NT) em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em três camadas de solo.

Letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . As barras verticais representam o desvio padrão. Análise estatística detalhada se encontra nos Apêndices 4 e 6.

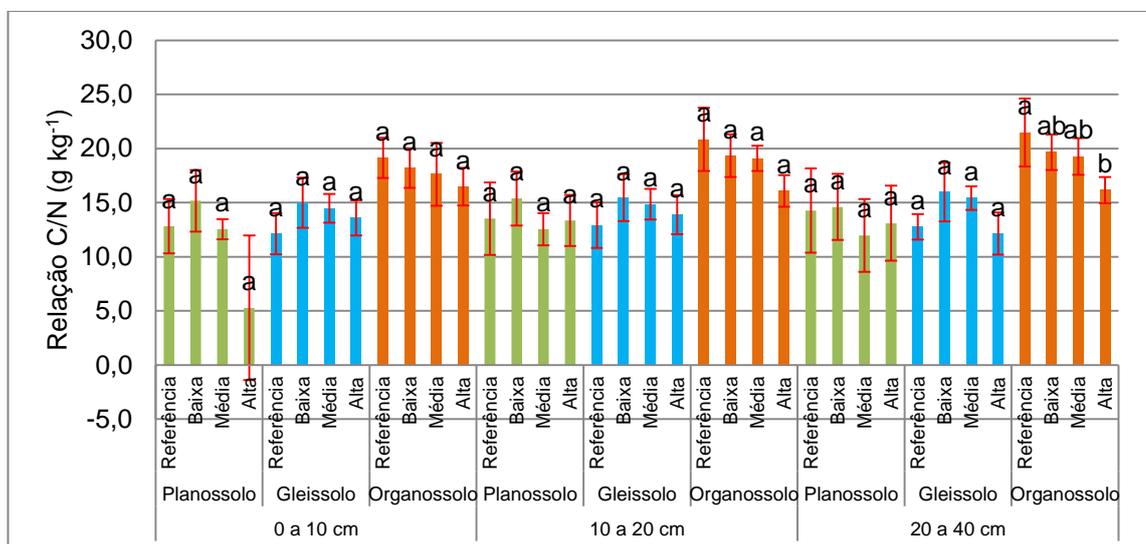
Comportamento similar ao COT foi observado com o NT. Os Planossolos e Gleissolos não apresentaram alterações ( $p > 0,05$ ), ao longo do tempo, em função do uso (Figura 9). Já nos Organossolos, em áreas de referências, os teores de NT foram de 9,55; 10,03 e 8,05 g kg<sup>-1</sup> nas camadas de 0 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente. Ao contrastar esses valores com os dados obtidos nas áreas de Organossolos com alta frequência de uso, verificou-se uma redução aproximada de 65,8 % na camada de 0 a 10 cm; 66,1 % na camada de 10 a 20 cm e 91,0 % na camada de 20 a 40 cm.

Os Organossolos apresentaram perdas de COT e NT em todo o perfil analisado, com incremento das perdas com o aumento da frequência de uso, de forma acentuada. Estes solos quando drenados e revolvidos estão

sujeitos à uma acentuada subsidência – rebaixamento do horizonte superficial - resultado do incremento da atividade de organismos decompositores (Pinto et al, 2004), e de processos físicos, como a redução do espaço poroso do solo, o que pode explicar as maiores perdas de MOS em profundidade, uma vez que a redução da espessura do horizonte superior, em relação à sua condição natural, implica uma amostragem de solo em profundidade diferente àquela encontrada em áreas originais, incluindo a coleta de materiais em profundidade, com menores teores de COT e NT e nutrientes.

As perdas de COT e NT verificadas nos solos estudados são indicadores da redução do potencial produtivo dos mesmos, pois a fertilidade do solo e a manutenção da produtividade das culturas estão diretamente relacionadas e dependentes da matéria orgânica do solo (Melo, Silva e Dias, 2008). Este cenário pode ser revertido em dependência do manejo e da capacidade de resposta do solo. Diferentemente de solos aerados, na condição de solos inundados as alterações nos estoques de carbono e nitrogênio, e por consequência, a resposta na produtividade, pode ser significativa em curto prazo (Witt et al., 2000; Saharawat, 2005).

Na Figura 10 são apresentados os valores da relação C/N.



**Figura 10.** Relação C/N em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em três camadas de solo. Letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . As barras verticais representam o desvio padrão. Análise estatística detalhada se encontra nos Apêndices 4 e 6.

A relação C/N nas áreas de referência de Planossolos se manteve na ordem de 12,8 na camada de 0 a 10 cm; 13,5 na camada de 10 a 20 cm e

14,3 na camada de 20 a 40 cm (Figura 10). Nos Gleissolos a relação C/N nas áreas de referência foi de 12,1; 12,9 e 12,8, nas respectivas camadas, indicando, para estes dois solos, a presença de matéria orgânica humificada e estabilizada (Dick et al, 2009). Já nos Organossolos, a relação C/N nas áreas de referência, na camada de 0 a 10 cm foi de 19,1, passando a 20,8 na camada de 10 a 20 cm e 21,5 na camada de 20 a 40 cm, indicando a presença de matéria orgânica menos humificada, em comparação aos Planossolos e Gleissolos.

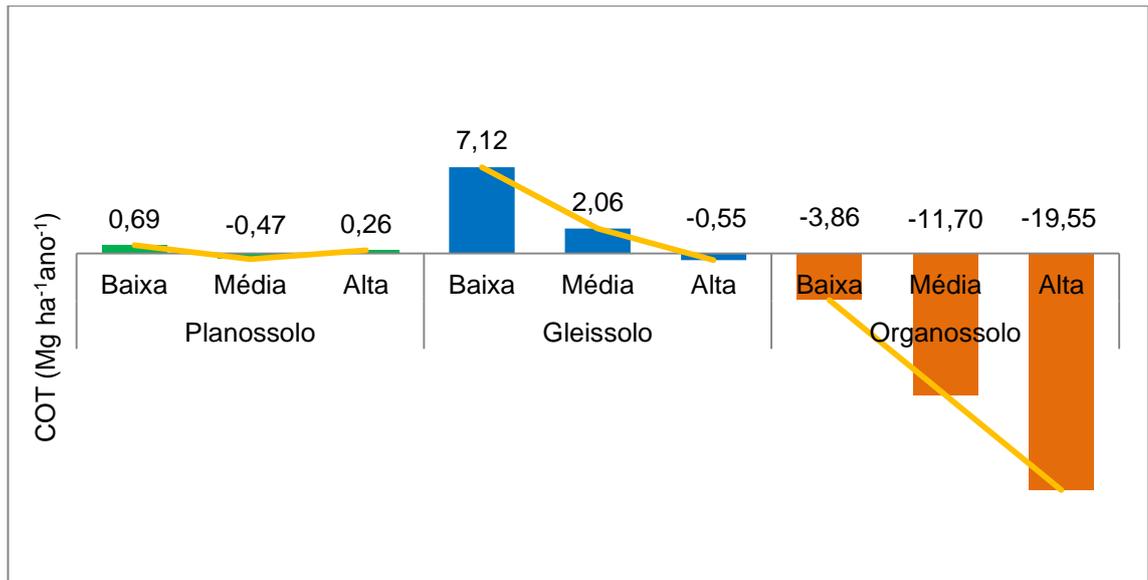
Os Organossolos apresentaram redução dos valores da relação C/N, com diferenças ( $p < 0,05$ ) na camada de 20 a 40 cm, passando de 21,5 para 16,2 nos tratamentos de referência e alta frequência de uso, respectivamente. A redução dos valores da relação C/N indicam a permanência das frações da matéria orgânica com maior grau de estabilização. Os Planossolos e Gleissolos apresentaram tendência de redução dos valores da relação C/N, sem diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ), a partir do tratamento baixa frequência de uso dos solos.

Esses resultados evidenciam o maior aporte de materiais lábeis durante os primeiros anos de cultivo nos solos minerais. Na medida em que esse material mais acessível é consumido, aumenta o grau de humificação, pelo enriquecimento relativo de estruturas mais recalcitrantes.

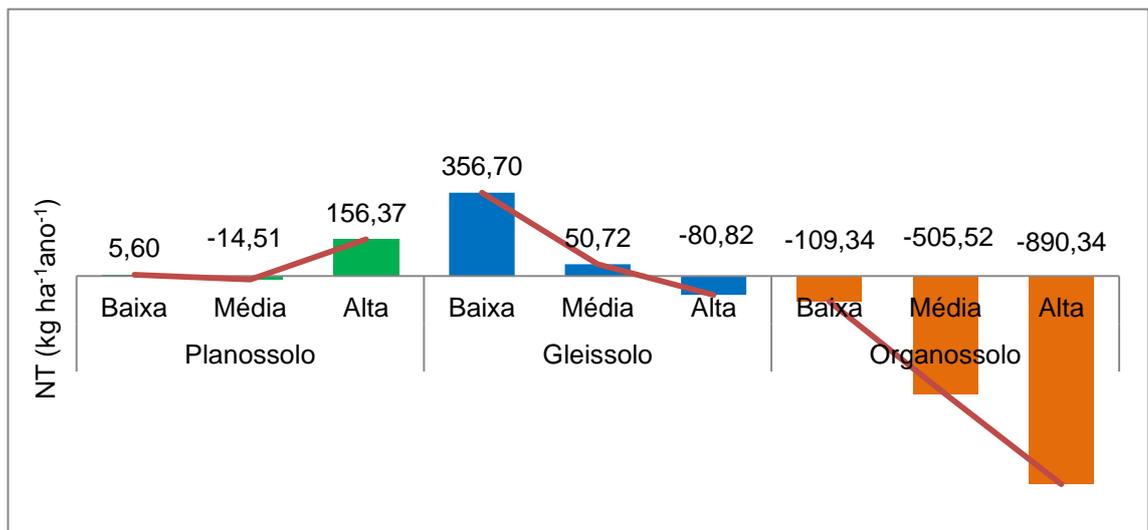
No sistema pré-germinado a mineralização do carbono é menor, em comparação a outros sistemas de manejo, uma vez que permanecem por aproximadamente 30 dias a mais sob alagamento e, ademais, o preparo na condição de solo saturado retarda a mineralização do carbono (Carlos, 2017).

De forma geral, pode-se inferir pelos dados apresentados que, apesar do solo permanecer sob condição de alagamento por períodos prolongados e, ademais, o preparo ser realizado na condição de solo saturado, o cultivo em sistema pré-germinado favorece a decomposição da MOS e o acúmulo relativo de compostos de maior recalcitrância nos três solos estudados.

Os balanços de COT e NT ao longo do tempo nas camadas avaliadas são apresentados nas Figuras 11 e 12.



**Figura 11.** Balanço do carbono orgânico total na camada de 0 a 40 cm em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso (Baixa, Média e Alta) com arroz de base ecológica, em relação às áreas de referência. Análise estatística detalhada se encontra nos Apêndices 4 e 6.



**Figura 12.** Balanço do nitrogênio total na camada de 0 a 40 cm em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso (Baixa, Média e Alta) com arroz de base ecológica, em relação às áreas de referência. Análise estatística detalhada se encontra nos Apêndices 4 e 6.

Solos distintos apresentaram comportamentos diferenciados em relação ao acúmulo de carbono e de nitrogênio. Esse comportamento deve-se ao fato de que a proteção e estabilização do C no solo são dependentes das práticas de manejo adotadas, assim como das características intrínsecas do solo (Bayer et al., 2011).

Dentre as características dos solos de áreas úmidas destaca-se o material de origem, textura e seu grau de hidromorfismo. Planossolos, Gleissolos e Organossolos compõe a sequência quanto ao grau crescente de

hidromorfismo (EMBRAPA, 2004; Neto, 2010). Não obstante, devem-se tomar em consideração os processos pedogenéticos envolvidos em cada solo. De acordo com Neto (2010), em Planossolos predominam os processos de lessivagem, em Gleissolos a gleização e em Organossolo, a paludização é o principal processo.

Planossolos e Gleissolos apresentaram balanço positivo, tanto para COT, como para NT, na transição das áreas de referência para áreas cultivadas. No entanto, Planossolos apresentaram tendência de acúmulo de COT e NT nas áreas cultivadas com alta frequência e, Gleissolos, apresentaram tendência de diminuição dos estoques. Os Organossolos apresentaram balanço negativo e tendência acentuada de diminuição dos estoques de carbono e de nitrogênio em todo o perfil e em todos os tratamentos, esta tendência pode estar relacionada com o baixo grau de humificação da MOS, expresso pela relação C/N, sendo portanto, mais facilmente degradada.

A redução dos estoques de COT e de NT promove a degradação da fração orgânica do solo juntamente com um processo de degradação global das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Bayer e Mielniczuk, 2008). As condições que promovem a degradação da MOS são, em primeira instância, aquelas que promovem a drenagem e exposição do solo em direção oposta a sua característica natural. Desta forma, observam-se maiores perdas de COT e de NT nos solos submetidos às diferentes frequências de uso, na medida em que aumenta o grau de hidromorfismo dos mesmos.

Em comparação às condições de solo aerado, a decomposição da MOS em solos alagados é lenta, menos eficiente e incompleta, uma vez que os receptores alternativos de elétrons (hidróxidos de ferro ou sulfato) são ineficientes em comparação ao oxigênio livre (Saharawat, 2005), que se encontra limitado na condição de alagamento, pois a velocidade de difusão de O<sub>2</sub> na água é aproximadamente 10 mil vezes menor (Vahl e Souza, 2004). A fermentação e respiração anaeróbia fornecem menos energia para a vida microbológica e, portanto, promove o acúmulo de resíduos (Ponnamperuma, 1972).

Quanto maior exposição do solo ao oxigênio, maior será sua taxa de decomposição da MOS. Portanto, o revolvimento e drenagem do solo

destacam-se como intervenções de efeito na dinâmica da MOS de solos hidromórficos (Carlos, 2017).

Ainda, segundo Bayer e Mielniczuk (2008), as premissas fundamentais na adoção de um manejo adequado que possa favorecer a proteção do solo e produtividade das culturas consistem no preparo do solo com mínimo ou nenhum revolvimento e o alto aporte de resíduos vegetais em sistemas de rotação/sucessão, com a inclusão de plantas leguminosas.

Para além da quantidade de oxigênio presente, a quantidade e a qualidade do resíduo, bem como os mecanismos de proteção da MOS são determinantes na avaliação da sua dinâmica. Nascimento et al. (2009) na avaliação dos estoques de carbono orgânico e labilidade da MOS, bem como da proteção física da MOS em agregados de um Gleissolo Háplico, em experimento por 11 anos no sul do Brasil, constataram que a taxa de decomposição da MOS não foi afetada pelo revolvimento do solo na camada de 0 a 20 cm. Neste mesmo trabalho verificaram que a proteção física da MOS no interior de agregados foi pouco expressiva na estabilização da MOS em razão da condição de saturação do solo e acesso dos microrganismos.

A redução dos estoques de C e N é evidenciada nos Organossolos de maneira acentuada, com tendência à degradação da fração orgânica do solo ao longo do tempo e, portanto, são solos muito suscetíveis às degradações químicas e físicas, conduzindo a uma recomendação para que os mesmos não sejam drenados e revolvidos, permanecendo como áreas de preservação ambiental, em sua condição natural.

Por outro lado, Planossolos e Gleissolos demandam uma adequação no sistema de manejo que possa promover maior aporte, ciclagem e proteção da MOS.

### 7.3 Macronutrientes

Na Tabela a seguir são apresentados os valores dos macronutrientes.

**Tabela 4.** Teores de macronutrientes em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas

Camada amostrada	Solo	Frequência de uso	P	K	Ca	Mg
			---- mg dm <sup>-3</sup> ----		---- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----	
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	5,00 ns	27,00 ns	2,40 ns	1,08 ns
		Baixa	3,20	15,50	3,25	1,25
		Média	4,10	15,33	2,17	0,87
		Alta	3,68	19,75	4,13	1,80
	Gleissolo	Referência	4,43 ns	29,75 ns	7,43 ns	3,40 ns
		Baixa	4,38	15,75	4,70	2,15
		Média	1,95	13,50	4,20	2,00
		Alta	2,88	16,25	4,55	2,38
	Organossolo	Referência	16,23 a	32,00 ns	5,83 ns	2,30 ns
		Baixa	3,88 ab	25,50	4,08	1,35
		Média	2,40 b	17,75	6,45	2,98
		Alta	2,60 b	17,67	6,10	2,77
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	2,75 ns	14,25 ns	1,90 ns	0,83 ns
		Baixa	2,13	14,75	2,25	1,08
		Média	2,50	13,33	1,53	0,70
		Alta	2,13	14,00	2,73	1,33
	Gleissolo	Referência	4,75 ns	17,25 ns	5,03 ns	2,63 ns
		Baixa	3,55	9,00	3,20	2,00
		Média	1,08	10,75	2,38	1,40
		Alta	1,78	11,25	3,08	1,98
Organossolo	Referência	16,00 a	35,00 a	2,90 ns	1,30 ns	
	Baixa	3,68 ab	13,00 ab	3,75	1,60	
	Média	1,83 b	10,00 b	2,75	1,63	
	Alta	1,30 b	9,00 b	3,00	1,87	

P e K disponível, extraídos por Mehlich-1; Ca e Mg extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a p < 0,05. ns = não significativo.

Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 7 e 8.

Os teores de fósforo verificados em Planossolos e em Gleissolos se encontram na condição Média e Baixa, ou seja, todos os resultados se situam abaixo do teor crítico (6 mg dm<sup>-3</sup>), (CQFS RS/SC, 2016). Esta condição manteve-se ao longo do tempo com tendência – sem diferença estatística - à diminuição. Já para os Organossolos, os teores são Muito Altos nas áreas de referência, com rápida e acentuada diminuição com o uso dos mesmos, ao ponto de alcançar condição abaixo do teor crítico de forma similar aos solos

minerais. Em solos orgânicos a capacidade de adsorção do P é baixa, o que facilita as perdas através da drenagem das lavouras (SOSBAI, 2018).

Quanto ao potássio, os teores encontrados são Muito Baixos para todos os solos e todos os tratamentos (CQFS RS/SC, 2016). Todos os solos apresentaram tendência de redução dos teores de K, mas, sem diferença estatística significativa, com exceção dos Organossolos na camada de 20 a 40 cm que apresentou perdas ( $p < 0,05$ ) na medida do aumento da frequência de uso dos solos.

Cálcio e magnésio mantiveram-se estáveis em números absolutos, sem diferenças significativas. Todos os solos apresentaram Mg acima do teor crítico ( $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), (CQFS RS/SC, 2016).

Planossolos apresentaram teores na faixa abaixo do teor crítico de Ca ( $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), (CQFS RS/SC, 2016), nas áreas de referência, baixa e média frequência de uso. Já nas áreas com maior frequência observou-se o incremento deste elemento, possivelmente pela adição de compostos orgânicos, mas, principalmente pela calagem efetuada nas áreas ao longo do tempo. Ademais, foram observados menores teores de Ca em profundidade. (Tabela 4).

Ainda sobre os macronutrientes observa-se um desequilíbrio entre os teores das bases - cálcio, magnésio e potássio (Tabela 5), para todos os solos. Os teores de cálcio e de magnésio se encontram nas faixas adequadas, ou próximos do teor crítico, no entanto, este desequilíbrio deriva dos teores Muito Baixos de K, que se situam abaixo de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  em Planossolos; abaixo  $40 \text{ mg dm}^{-3}$  em Gleissolos e abaixo  $45 \text{ mg dm}^{-3}$  em Organossolos, cujo teor crítico é de  $90 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $120 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $135 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente, para a  $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$  correspondente dos solos (Tabela 6), (CQFS RS/SC, 2016).

**Tabela 5.** Relações entre macronutrientes Ca/Mg; Ca/K e Mg/K em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo

Camada amostrada	Solo	Frequência de uso	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	2,32 ns	45,58 ns	19,30 ns
		Baixa	2,90	76,73	28,86
		Média	2,46	56,72	22,66
		Alta	2,32	93,08	40,20
	Gleissolo	Referência	2,18 ns	110,19 ns	51,12 ns
		Baixa	2,10	139,55	61,20
		Média	2,08	123,75	58,12
		Alta	1,94	109,09	57,10
	Organossolo	Referência	2,77 ab	71,88 b	28,36 b
		Baixa	3,09 a	80,44 b	27,92 b
		Média	2,16 c	146,88 a	68,06 a
		Alta	2,20 bc	144,71 ab	65,70 ab
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	2,45 ns	59,15 ns	24,10 ns
		Baixa	2,43	64,47	27,56
		Média	2,28	46,03	20,82
		Alta	2,05	81,70	40,21
	Gleissolo	Referência	1,91 ns	119,05 ns	63,71 ns
		Baixa	1,68	137,28	84,68
		Média	1,77	85,01	49,93
		Alta	1,57	104,43	66,69
	Organossolo	Referência	2,66 ab	39,74 b	16,49 c
		Baixa	2,30 a	111,18 a	48,00 b
		Média	1,77 b	110,61 a	63,25 ab
		Alta	1,66 b	129,57 a	79,94 a

Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . ns = não significativo. Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 9 e 10.

A relação entre Ca/Mg que, idealmente deve situar-se entre 3 e 4, se encontra próxima destes valores, com teores maiores de Mg em detrimento do Ca. Por este motivo, dever-se-ia utilizar calcário calcítico (Claro, 2002).

As relações Ca/K e Mg/K idealmente devem situar-se em 9 e entre 3 e 4, respectivamente, com cuidado especial à relação Mg/K devido ao antagonismo entre os elementos (Claro, 2002). Pelo elucidado nota-se, novamente, preocupação com relação ao baixo teor de K nos solos analisados.

#### 7.4 Complexo sortivo dos solos

A seguir são apresentados os dados do complexo sortivo, sendo a capacidade de troca de cátions ( $CTC_{pH\ 7,0}$ ), acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), bem como a saturação por bases (V %) e por alumínio (m %), (Tabela 6).

**Tabela 6.** Capacidade de troca de cátions ( $CTC_{pH\ 7,0}$ ), acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), saturação por bases (V %) e por alumínio (m %) em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo

Camada amostrada	Solo	Frequência de uso	$CTC_{pH\ 7,0}$		$H^+ + Al^{3+}$		V		m	
			---- $cmol_c\ dm^{-3}$ ----		----- $\%$ -----		----- $\%$ -----		----- $\%$ -----	
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	7,93	ns	4,15	ns	46,78	ns	5,98	ns
		Baixa	9,65		5,10		44,50		9,03	
		Média	8,80		4,28		48,59		6,68	
		Alta	11,75		5,75		52,68		3,40	
	Gleissolo	Referência	20,20	ns	9,23	ns	55,39	a	3,98	a
		Baixa	19,05		12,10		36,40	b	10,75	a
		Média	15,85		9,60		38,39	b	10,53	a
		Alta	16,28		9,20		43,62	ab	4,58	ab
	Organossolo	Referência	58,48	a	50,20	a	14,04	c	30,55	ab
		Baixa	40,50	ab	35,00	ab	14,86	bc	35,30	a
		Média	28,50	b	18,98	bc	33,74	ab	9,98	b
		Alta	17,73	b	8,77	c	50,87	a	4,93	b
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	6,90	ns	4,15	ns	39,64	ns	13,65	ns
		Baixa	8,08		4,73		39,17		10,50	
		Média	5,70		2,83		51,11		7,25	
		Alta	8,55		4,45		49,12		5,75	
	Gleissolo	Referência	16,88	ns	9,10	ns	51,18	ns	10,35	ns
		Baixa	19,35		14,13		31,92		20,48	
		Média	11,40		7,58		32,61		22,88	
		Alta	12,68		9,80		37,56		11,95	
	Organossolo	Referência	53,08	a	48,75	a	9,67	c	48,48	a
		Baixa	34,83	b	29,45	ab	15,81	bc	39,53	ab
		Média	22,58	bc	18,15	bc	20,56	ab	34,05	ab
		Alta	13,00	c	8,03	c	39,15	a	17,83	b

Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . ns = não significativo. Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 11 e 12.

Os Planossolos apresentaram Média  $CTC_{pH\ 7,0}$ ; Gleissolos e Organossolos apresentaram  $CTC_{pH\ 7,0}$  Alta a Muito Alta (CQFS RS/SC, 2016). Os Organossolos apresentaram acentuada redução dos valores da  $CTC_{pH\ 7,0}$  com o aumento da frequência de uso.

Tratam-se, de maneira geral, de solos distróficos. Os Gleissolos, em áreas de referência, apresentaram saturação por bases  $> 50\%$ , com rápida

perda de bases nas áreas de transição. Gleissolos e Planossolos apresentaram tendência de aumento dos valores de V % nas áreas com maior frequência de uso. Este fenômeno pode ser efeito da adição de cátions pela calagem realizada nas áreas cultivadas. Os Organossolos apresentaram alta saturação por bases proporcionalmente ao declínio da participação de hidrogênio e alumínio da saturação da  $CTC_{pH\ 7,0}$ .

Observa-se Alta saturação por alumínio nos Organossolos (CQFS RS/SC, 2004) com drástica redução à medida do aumento da frequência de uso.

A Saturação da CTC por bases é apresentada a seguir (Tabela 7).

**Tabela 7.** Saturação da  $CTC_{pH\ 7,0}$  por bases em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo

Camada amostrada	Solo	Frequência de uso	% $CTC_{pH\ 7,0}$			
			K	Ca	Mg	Na
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	0,83 ns	30,64 ns	13,92 ns	1,39 ns
		Baixa	0,41	31,40	11,85	0,84
		Média	0,61	29,96	12,13	1,23
		Alta	0,43	35,88	15,40	0,97
	Gleissolo	Referência	0,43 ns	37,13 a	16,95 a	0,89 ns
		Baixa	0,34	23,75 b	11,57 b	0,73
		Média	0,24	25,23 b	12,17 b	0,76
		Alta	0,25	27,49 ab	14,29 ab	1,58
	Organossolo	Referência	0,15 ns	9,61 c	3,75 cb	0,53 ns
		Baixa	0,17	10,76 bc	3,64 c	0,29
		Média	0,16	22,71 ab	10,50 ab	0,37
		Alta	0,26	34,28 a	15,61 a	0,71
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	0,48 ns	26,43 ns	11,15 ns	1,57 ns
		Baixa	0,43	25,88	11,76	1,10
		Média	0,84	32,79	14,76	2,92
		Alta	0,42	31,43	15,39	1,88
	Gleissolo	Referência	0,38 ns	32,88 ns	16,95 ns	0,98 ns
		Baixa	0,19	19,21	11,51	1,00
		Média	0,27	19,59	11,23	1,53
		Alta	0,22	21,76	14,10	1,48
	Organossolo	Referência	0,17 ab	5,42 c	2,42 c	1,66 ns
		Baixa	0,10 a	10,84 bc	4,61 bc	0,26
		Média	0,11 ab	12,72 ab	7,23 ab	0,48
		Alta	0,18 b	23,42 a	14,53 a	1,03

Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . ns = não significativo. Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 13 e 14.

A  $CTC_{pH\ 7,0}$  dos solos é ocupada, predominantemente, por  $H^+ + Al^{3+}$ . Resultados similares foram encontrados por Neto (2010), destacando o predomínio do  $H^+$  no complexo de troca.

Quanto ao potássio, este se apresentou o componente de menor contribuição na CTC. A disponibilidade do K depende da relação entre o K disponível (Mehlich-1) e as cargas negativas do solo (SOSBAI, 2018), sendo o valor crítico dessa relação -  $K/CTC_{pH\ 7,0}$  - de, aproximadamente, 2 % (Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado & Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 2007).

Anghinoni et al. (2013), com o objetivo de avaliar a resposta do arroz irrigado à aplicação de doses de K conforme a CTC do solo, verificaram que a resposta em produtividade do arroz à doses de K decresce de forma linear e acentuada até a saturação do complexo sortivo do solo por K de 1 %. Em outras palavras, valores da relação  $K/CTC_{pH\ 7,0}$  acima de deste valor, apresentam pouca ou nenhuma resposta à adubação.

Tomando-se a relação  $K/CTC_{pH\ 7,0}$  com valor crítico entre 1 e 2 % como um indicador da potencial resposta do arroz ao potássio, os dados apresentados demonstram que esta deve ser uma das preocupações centrais em futuros programas de recuperação da fertilidade dos solos.

## 7.5 Teores de enxofre e ferro, risco de toxidez por Fe<sup>2+</sup> e saturação de Na<sup>+</sup>

Na Tabela a seguir são apresentadas os teores de enxofre e de ferro, bem como os valores quanto ao risco de toxidez por Fe (PSFe<sup>2+</sup>) e saturação de Na<sup>+</sup> (PST).

**Tabela 8.** Teores de enxofre e de ferro, risco de toxidez por Fe<sup>2+</sup> e saturação de Na<sup>+</sup> na CTC<sub>pH 7,0</sub> em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo

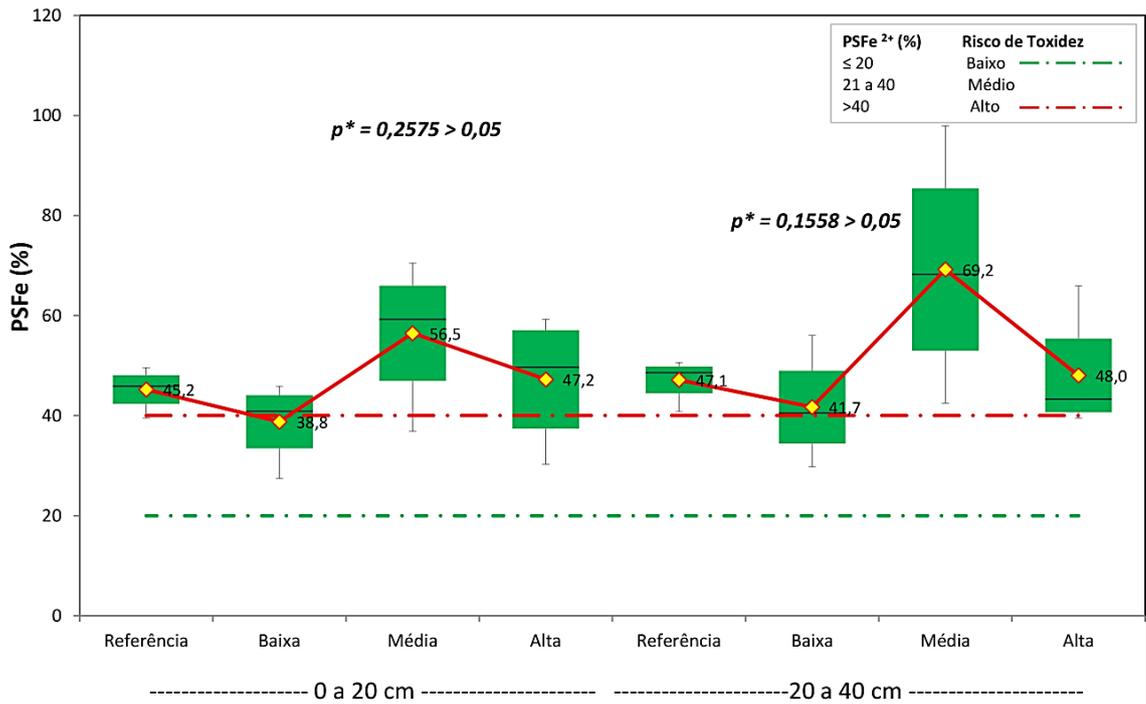
Camada amostrada	Solo	Frequência de uso	S		Fe		PSFe <sup>2+</sup>		PST	
			mg dm <sup>-3</sup>	ns	g dm <sup>-3</sup>	ns	-----%-----	ns	ns	
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	10,68	ns	0,78	ns	45,22	ns	1,38	ns
		Baixa	8,40		0,78		38,76		0,85	
		Média	10,77		1,07		56,45		1,29	
		Alta	15,00		1,48		47,22		0,98	
	Gleissolo	Referência	12,50	ns	1,13	ns	23,74	ns	0,89	ns
		Baixa	15,70		1,15		30,38		0,74	
		Média	13,50		1,18		32,36		0,76	
		Alta	13,05		1,45		32,48		1,61	
	Organossolo	Referência	25,50	ns	2,35	a	14,07	ns	0,53	ns
		Baixa	18,00		1,35	ab	13,07		0,29	
		Média	22,00		1,13	b	16,19		0,37	
		Alta	18,33		1,20	b	26,51		0,71	
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	12,05	ns	0,63	ns	47,13	ns	1,63	ns
		Baixa	8,75		0,60		41,71		1,11	
		Média	8,80		0,63		69,21		2,87	
		Alta	18,50		0,93		48,02		1,92	
	Gleissolo	Referência	13,58	ns	0,90	ns	31,12	ns	0,98	ns
		Baixa	12,45		1,08		32,90		1,02	
		Média	13,65		0,83		37,66		1,56	
		Alta	14,70		1,23		38,85		1,57	
	Organossolo	Referência	28,00	a	1,18	ns	8,65	a	1,71	ns
		Baixa	17,50	ab	1,33		14,42	ab	0,26	
		Média	15,73	b	1,00		20,12	b	0,49	
		Alta	11,00	b	0,77		27,60	b	1,03	

S extraído por fosfato de Ca 500 mg P L<sup>-1</sup> e Fe por oxalato de amônio 0,2 mol L<sup>-1</sup> a pH 6,0.

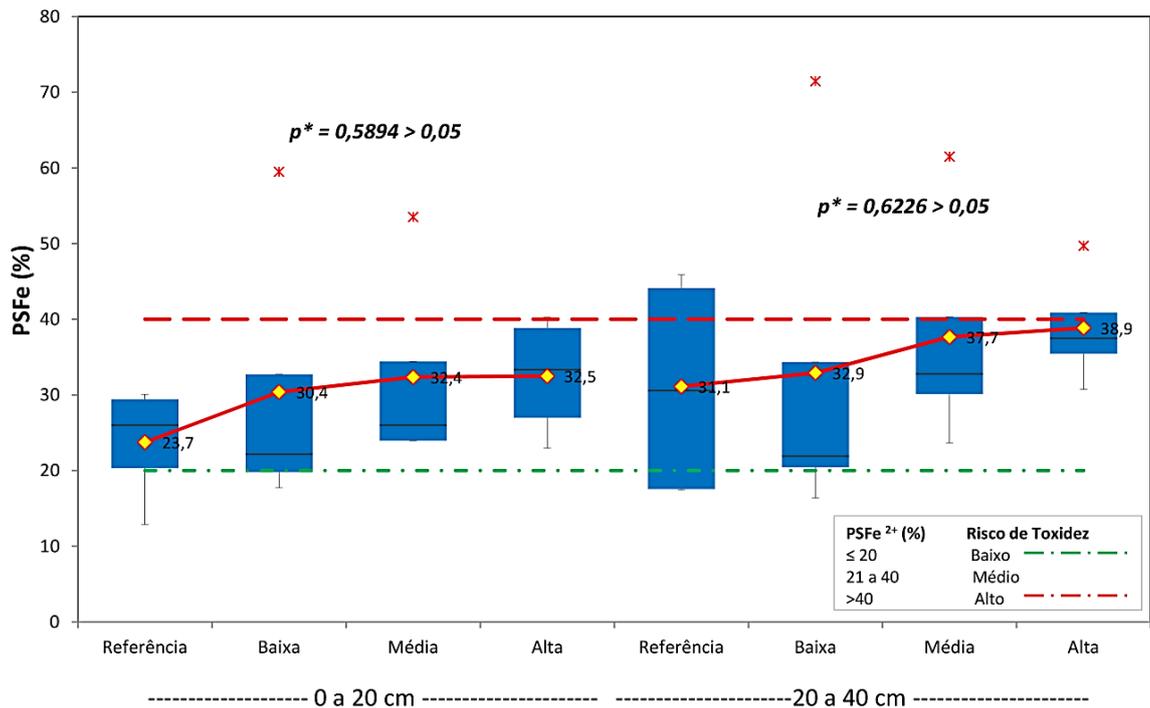
Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a p < 0,05. ns = não significativo.

Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 15 e 16.

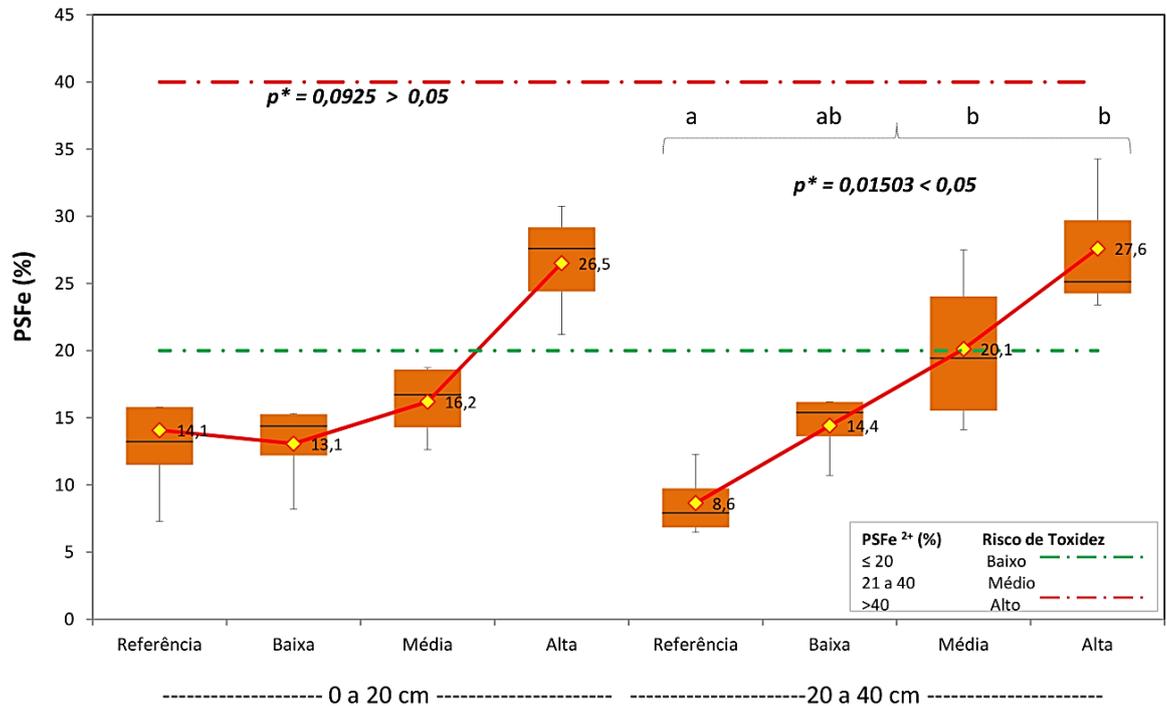
Considerando o risco de toxidez por ferro baixo, quando ≤ 20 %; médio, entre 20 e 40 % e alto, quando > 40 %, sendo que o risco médio pode apresentar toxidez indireta e, risco alto, a toxidez direta (SOSBAI, 2018), os Planossolos são, os solos de maior propensão a apresentar riscos por toxidez por Fe<sup>2+</sup> (Figuras 13, 14 e 15).



**Figura 13.** Risco de toxidez por ferro em Planossolos em função da porcentagem da saturação da CTC<sub>pH 7,0</sub> sob diferentes frequências de uso em duas camadas de solo.



**Figura 14.** Risco de toxidez por ferro em Gleissolos em função da porcentagem da saturação da CTC<sub>pH 7,0</sub> sob diferentes frequências de uso em duas camadas de solo.



**Figura 15.** Risco de toxidez por ferro em Organossolos em função da porcentagem da saturação da  $CTC_{pH\ 7,0}$  sob diferentes frequências de uso em duas camadas de solo.

A partir dos diagramas de caixa (box-plot) pode-se observar a tendência de aumento da saturação de ferro trocável na  $CTC_{pH\ 7,0}$  com o aumento da frequência de uso dos solos. Esse comportamento está mais relacionado à redução da CTC dos solos do que propriamente o aumento dos teores de  $Fe^{2+}$  (Ver Tabela 8).

Neste sentido, reforça-se a importância da CTC como um indicador de avaliação da qualidade química dos solos, uma vez que regula uma série de processos químicos.

O enxofre situou-se acima do teor crítico ( $10\ mg\ dm^{-3}$ ), (Tabela 8) e, portanto, não configura-se um elemento que possa apresentar deficiências para a cultura, mesmo em solos arenosos e com baixo teor de MOS – como é o caso dos Planossolos - que são os mais propensos a apresentar sintomas de deficiência (SOSBAI, 2018).

Para o sódio, considera-se que os valores de  $Na^+$  (PST) entre 15 e 20 % podem significar riscos de toxidez à cultura do arroz (SOSBAI, 2018), neste caso, os solos não apresentam valores importantes de PST.

## 7.6 Micronutrientes

A seguir são apresentados os dados referentes aos micronutrientes Zn, Cu, B e Mn (Tabela 9).

**Tabela 9.** Teores de micronutrientes em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo

Camada amostrada	Solo	Frequência de uso	mg dm <sup>-3</sup>			
			Zn	Cu	B	Mn
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	0,90 ns	0,63 ns	0,28 ns	6,50 ns
		Baixa	0,95	0,50	0,23	7,75
		Média	1,00	0,50	0,20	12,33
		Alta	1,45	0,78	0,20	23,00
	Gleissolo	Referência	2,75 ns	0,60 ns	0,35 ns	33,00 ns
		Baixa	0,85	0,33	0,28	12,25
		Média	1,08	0,33	0,28	14,00
		Alta	1,93	0,75	0,28	34,25
	Organossolo	Referência	2,45 ns	0,13 b	0,38 a	17,00 ns
		Baixa	1,35	0,15 ab	0,25 ab	11,00
		Média	1,53	0,10 b	0,18 b	15,75
		Alta	1,37	0,57 a	0,20 b	14,67
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	0,45 ns	0,65 ns	0,25 ns	4,00 ns
		Baixa	0,50	0,43	0,23	9,00
		Média	0,50	0,53	0,20	7,00
		Alta	0,73	0,63	0,23	26,00
	Gleissolo	Referência	0,98 ns	0,40 ns	0,28 ns	18,75 ns
		Baixa	0,38	0,33	0,28	10,50
		Média	0,35	0,23	0,28	8,75
		Alta	0,53	0,50	0,30	33,75
	Organossolo	Referência	1,28 ns	0,10 ns	0,40 a	13,50 ns
		Baixa	0,50	0,18	0,28 ab	8,75
		Média	0,45	0,15	0,20 b	9,50
		Alta	0,30	0,47	0,20 b	13,00

Zn e Cu extraídos por Mehlich-1. Mn extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. B extraído em água quente. Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a p < 0,05. ns = não significativo. Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 17 e 18.

O sistema de manejo não influenciou a maior parte dos micronutrientes. Diferenças significativas foram observadas para o cobre, que aumentou, e boro, que teve seus teores reduzidos nos Organossolos.

A disponibilidade do cobre, assim como os demais micronutrientes, é afetada pelo pH. No caso particular do cobre, a elevação do pH promove a redução deste elemento. No entanto, este comportamento não foi verificado. No Organossolo o Cu aumentou com a elevação do pH e redução dos estoques de C. Estes resultados são corroborados pelo fato que o Cu em pH's

ácidos, porém, acima de 4, é complexado pela MOS em formas insolúveis (Abreu et al., 2001), portanto, com a oxidação da MOS, os teores de cobre são afetados.

Por outro lado, o aumento dos teores de Cu em Organossolos pode estar associado ao uso de materiais ricos deste nutriente, que, a longo prazo, pode inclusive, ocasionar toxidez às plantas.

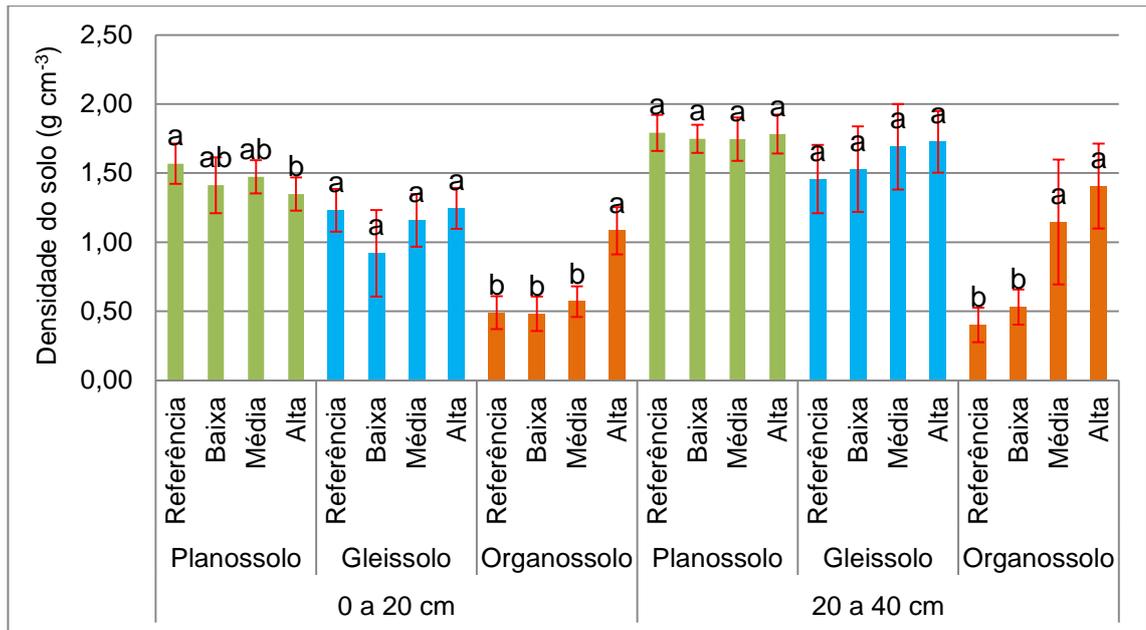
De forma contrária ao verificado nos teores de Cu, a redução do B em Organossolo pode estar relacionada à redução da MOS e à elevação do pH.

O boro, dentre os micronutrientes, destaca-se como elemento que pode apresentar deficiência para o cultivo naquelas áreas onde a prática da calagem é recorrente.

De acordo com a SOSBAI (2018) a aplicação de micronutrientes não tem manifestado resposta no arroz irrigado, o que pode ser explicado em função do suprimento pelo solo, assim como pelos adubos e corretivos que contêm micronutrientes em sua composição.

### **7.7 Densidade e porosidade do solo**

Na Figura 16 são apresentados os valores da densidade do solo e na Tabela 10 e Figura 17 os dados do espaço poroso do solo.



**Figura 16.** Densidade de solos hidromórficos para as diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo. Letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . As barras verticais representam o desvio padrão. Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 19 e 20.

As maiores variações na densidade e na porosidade foram observadas em Organossolos. Ainda que as variações da densidade, bem como da porosidade em função do manejo aplicado não altere a produtividade do arroz em condição de cultivo por inundação (Beutler et al., 2012), no caso particular dos Organossolos, a redução do espaço poroso indica uma alteração drástica das suas características originais.

Resultado similar foi encontrado por Neto (2010), onde os Organossolos apresentaram densidade do solo entre 0,26 e 0,13 g cm<sup>-3</sup>, o que reflete sua constituição orgânica, no entanto, com a introdução do arroz, após 8 anos, a mesma classe de solo alcançou a densidade do solo de 1,15 g cm<sup>-3</sup>. Considera o autor que os processos de contração e oxidação do material orgânico resultam em altas perdas de carbono e da espessura dos horizontes superficiais.

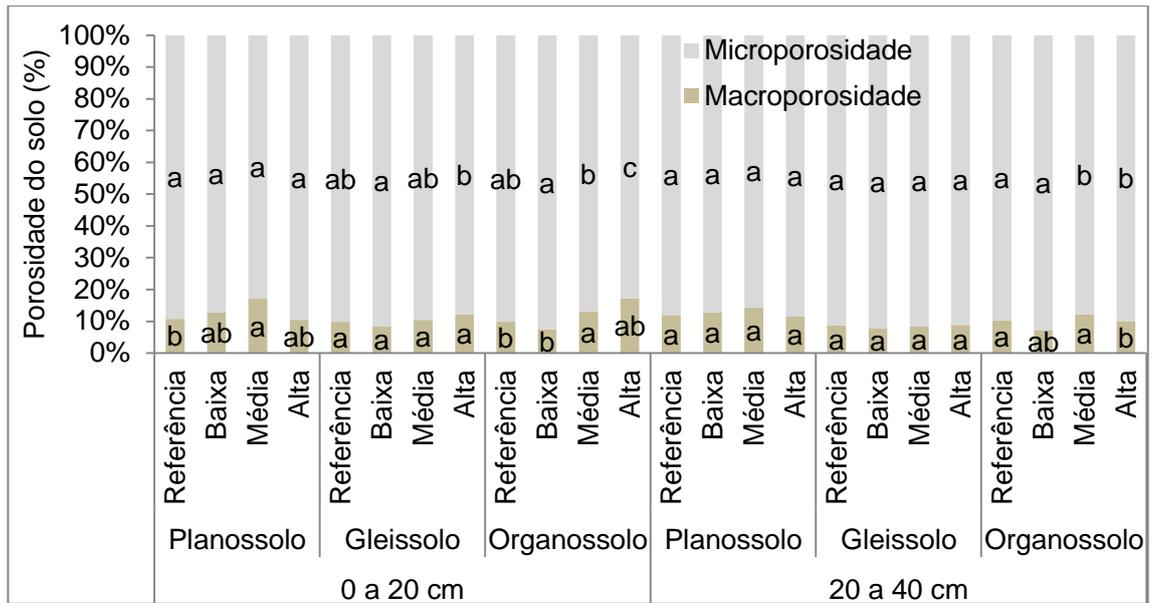
**Tabela 10.** Macroporosidade, microporosidade e porosidade total em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo

Camada amostrada	Solo	Frequência de uso	Porosidade		
			macro	micro	total
			-----cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> -----		
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	0,048 b	0,40 ns	0,45 ns
		Baixa	0,063 ab	0,42	0,49
		Média	0,083 a	0,40	0,49
		Alta	0,054 ab	0,46	0,52
	Gleissolo	Referência	0,056 ns	0,51 ab	0,58 ns
		Baixa	0,053	0,58 a	0,63
		Média	0,060	0,52 ab	0,58
		Alta	0,067	0,48 b	0,56
	Organossolo	Referência	0,079 b	0,73 ab	0,79 ab
		Baixa	0,060 b	0,75 a	0,81 a
		Média	0,097 a	0,65 b	0,75 b
		Alta	0,102 ab	0,49 c	0,57 c
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	0,046 ns	0,34 ns	0,37 ns
		Baixa	0,049	0,34	0,39
		Média	0,052	0,31	0,37
		Alta	0,045	0,34	0,39
	Gleissolo	Referência	0,042 ns	0,44 ns	0,48 ns
		Baixa	0,037	0,43	0,46
		Média	0,032	0,36	0,39
		Alta	0,036	0,37	0,40
	Organossolo	Referência	0,087 a	0,76 a	0,83 a
		Baixa	0,058 ab	0,74 a	0,80 a
		Média	0,073 a	0,53 b	0,58 b
		Alta	0,047 b	0,42 b	0,48 b

Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . ns = não significativo. Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 19 e 20.

Mentges et al. (2012) avaliaram as alterações estruturais e mecânicas em Gleissolo Háplico cultivado com arroz convencional irrigado por inundação por oito anos e constataram que, dentre as propriedades mais sensíveis à alteração na estrutura do solo estão a densidade do solo e a porosidade.

De forma geral, os solos apresentaram baixa macroporosidade, abaixo de 10 % do volume total do solo, e predominância de poros menores, característico de solos compactados (Pauletto et al., 2004), conforme pode ser observado na Figura 17.



**Figura 17.** Distribuição da micro e macroporosidade de solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo. Letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ .

A relação micro/macroporosidade manteve-se na ordem entre 5:1 e 13:1. Valores maiores foram encontrados em Organossolos com baixa frequência de uso, com posterior redução e, valores menores foram encontrados em Planossolos.

A densidade do solo e o espaço poroso dos solos minerais na camada mais profunda não foram afetados pelo sistema de manejo. Já na camada superficial, variações na microporosidade foram observadas em Gleissolos.

Por outro lado, Organossolos apresentaram redução significativa na microporosidade em ambas camadas avaliadas e na macroporosidade na camada de 20 a 40 cm.

## 7.8 Estabilidade de agregados do solo

Na Tabela 11 são apresentados os valores do diâmetro médio ponderado (DMP) e do diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados. Também são apresentados os valores do DMP dos macro agregados,  $> 0,250$  mm e, dos micro agregados,  $< 0,250$  mm.

**Tabela 11.** Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo.

Camada	Solo	Frequência de uso	DMP				DMG					
			----- mm -----									
0 a 10 cm	Planossolo	Referência	2,70	bc	2,68	bc	0,02	ns	1,15	ab		
		Baixa	2,07	c	2,05	c	0,02			1,09	b	
		Média	2,98	ab	2,96	ab	0,02			1,17	a	
	Gleissolo	Referência	3,40	b	3,38	b	0,02	b		1,20	b	
		Baixa	3,44	b	3,42	b	0,02	a		1,17	b	
		Média	3,26	b	3,24	b	0,02	a		1,17	b	
	Organossolo	Referência	3,10	b	3,08	b	0,02	a		1,20	c	
		Baixa	3,33	b	3,31	b	0,02	ab		1,17	bc	
		Média	4,02	a	4,00	a	0,01	ab		1,17	b	
	10 a 20 cm	Planossolo	Referência	2,38	bc	2,36	bc	0,02	ab		1,12	bc
			Baixa	1,79	c	1,76	c	0,03	a		1,05	c
			Média	3,00	ab	2,98	ab	0,02	ab		1,17	ab
Gleissolo		Referência	3,87	a	3,85	a	0,02	b		1,26	a	
		Referência	2,83	c	2,81	c	0,02	a		1,13	b	
		Baixa	3,51	bc	3,49	bc	0,02	a		1,19	ab	
Organossolo		Média	3,81	ab	3,79	ab	0,02	a		1,22	ab	
		Referência	3,08	b	3,06	b	0,02	a		1,13	b	
		Baixa	3,24	b	3,22	b	0,02	a		1,19	b	
			Média	3,57	b	3,56	b	0,02	ab		1,22	b
			Alta	4,93	a	4,92	a	0,01	b		1,25	a

Valores seguidos de letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey, para dados paramétricos, e Dunn para dados não paramétricos, a  $p < 0,05$ . ns = não significativo.

Macro Agreg. indica os valores da soma do DMP dos agregados  $> 0,250$  mm.

Micro Agreg. indica os valores da soma do DMP dos agregados  $< 0,250$  mm.

Análise estatística detalhada dos dados encontra-se nos Apêndices 21 e 22.

Em ambas as camadas avaliadas, houve incremento nos valores do DMP e do DMG com o aumento da frequência de uso, para todos os solos, com exceção dos Planossolos, que apresentaram redução na transição das áreas de referência para áreas cultivadas, entre um e quatro anos, no entanto, na sequência, apresentaram aumento do DMP e DMG nos seguintes tratamentos, acima, inclusive, do valor inicial.

Esta elevação dos valores do DMP se deve, fundamentalmente, ao incremento da estabilidade na classe de agregados maiores, entre 4,75 e 9,51 mm.

O DMP apresentou correlação positiva ( $p < 0,05$ ) com a macro agregação ( $> 0,250$  mm):  $r_s = 1$ , e correlação negativa com a micro agregação ( $< 250$  mm):  $r_s = - 0,82$  na avaliação do conjunto dos solos. Ademais, verificou-se baixa correlação entre o DMP e o estoque de COT ( $p > 0,05$ ):  $r_s = 0,24$ . Desta forma, infere-se que a proteção física do carbono pela agregação foi pouco expressiva, corroborando os resultados obtidos por Nascimento et al. (2009).

Marrenjo et al. (2016) avaliaram o efeito do cultivo de arroz irrigado na estrutura do solo, além do acúmulo de C e N total em relação à vegetação nativa no sul de Minas Gerais e observaram, a partir da utilização de análise micromorfológica, que a redução do espaço poroso em Gleissolo ocorre devido a diminuição do volume de grandes bioporos preenchidos com micro agregados granulares.

O espaço poroso do solo é resultado de ações físicas, principalmente expansão e contração e pelos ciclos de umedecimento e secagem, assim como, por ações biológicas de raízes e microrganismos (Ker et al, 2012). O preenchimento do espaço poroso do solo por água provoca a compressão do ar remanescente, promovendo o colapso dos agregados, levando o solo a adquirir um estado semifluido (Meurer, 2017). Esse processo é decisivo no ordenamento das partículas sólidas e da disposição do espaço poroso, levando os solos hidromórficos a apresentarem predominância de poros menores.

Adicionalmente, as intervenções antrópicas, como o revolvimento do solo, produzem alterações na estrutura original do solo, provocando um novo ordenamento das partículas. Em comparação à condição anterior ao revolvimento do solo, verifica-se a redução do espaço poroso e, desta forma, maior coesão, a qual se expressa em maior estabilidade de agregados pelo método de determinação adotado.

A redução do espaço poroso e, por consequência, a aproximação das partículas causada pelo revolvimento do solo e pelos ciclos de umedecimento e secagem, bem como o preenchimento de poros maiores por

partículas primárias e, possivelmente, por microagregados, promovem um novo arranjo estrutural dos solos hidromórficos e influenciam diretamente sua capacidade de agregação a qual não reflete, necessariamente, em melhorias no estoque de C e N.

### 7.9 Correlação entre os atributos avaliados

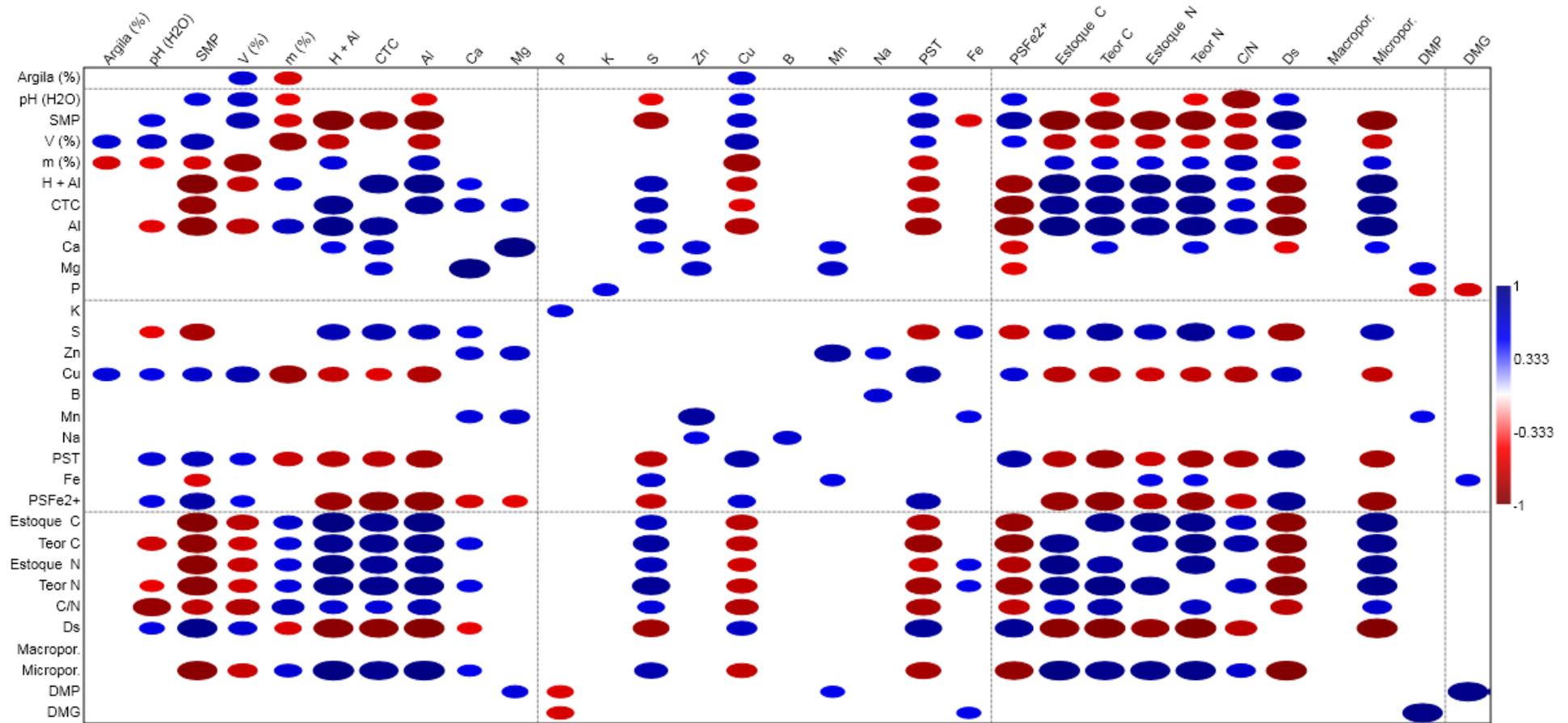
Os dados obtidos foram submetidos à análise de correlação de Spearman's ( $r_s$ ), em uma análise integrada, envolvendo o conjunto de atributos avaliados, nas três ordens de solos e tratamentos aplicados, na camada de 0 a 20 cm (Figura 18).

Pode-se constatar uma correlação ( $p < 0,05$ ) entre diversos atributos, dentre os quais, destacam-se os estoques de carbono e nitrogênio que apresentaram correlação positiva entre si e com a  $CTC_{pH\ 7,0}$ , com os teores de alumínio e com a micro porosidade e, por outro lado, correlação negativa, com a densidade do solo e com índice SMP.

A análise de correlação permite inferir que a diminuição dos estoques de COT desencadeia uma série de processos de ordem química e física, dentre os quais, a redução da  $CTC_{pH\ 7,0}$  fica evidenciada, com coeficiente de correlação ( $r_s$ ) = 0,93.

Valores altos de correlação foram verificados entre os estoques de COT e a acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ),  $r_s = 0,99$ , e alumínio,  $r_s = 0,97$ , indicando a afinidade dos grupos funcionais da MOS com o alumínio, fundamentalmente, com grupos orgânicos que contêm oxigênio, como grupos carboxila e hidroxila (Dick et al, 2009).

A densidade do solo aumentou significativamente com a redução dos teores de carbono orgânico total ( $r_s$ ) = - 0,98, fundamentalmente devido à redução da micro porosidade ( $r_s$ ) = 0,98. Por sua vez, a densidade do solo afetou negativamente a  $CTC_{pH\ 7,0}$  ( $r_s$ ) = - 0,94. Desta forma, infere-se que a densidade do solo hidromórfico aumenta na medida que ocorre a redução dos estoques de carbono, influenciando diretamente os processos químicos do solo, fundamentalmente a  $CTC_{pH\ 7,0}$ .



**Figura 18.** Análise de correlação de Spearman's entre os atributos avaliados a  $p < 0,05$ , em solos hidromórficos, submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica, na camada de 0 a 20 cm.

A argila, pH, V % e m % se apresentaram menos sensíveis nesta análise, com baixa correlação, assim como os macronutrientes secundários e micronutrientes; DMP, DMG e macroporosidade. Infere-se, portanto, que a influência destes é menor dentre os atributos medidos, nos solos estudados.

Entre os macronutrientes, Ca e Mg trocáveis apresentaram coeficiente de correlação ( $r_s$ ) = 0,98, indicando a estreita relação entre estes. Já o P e K disponíveis foram pouco influenciados pelos atributos avaliados, apresentando baixos valores de correlação.

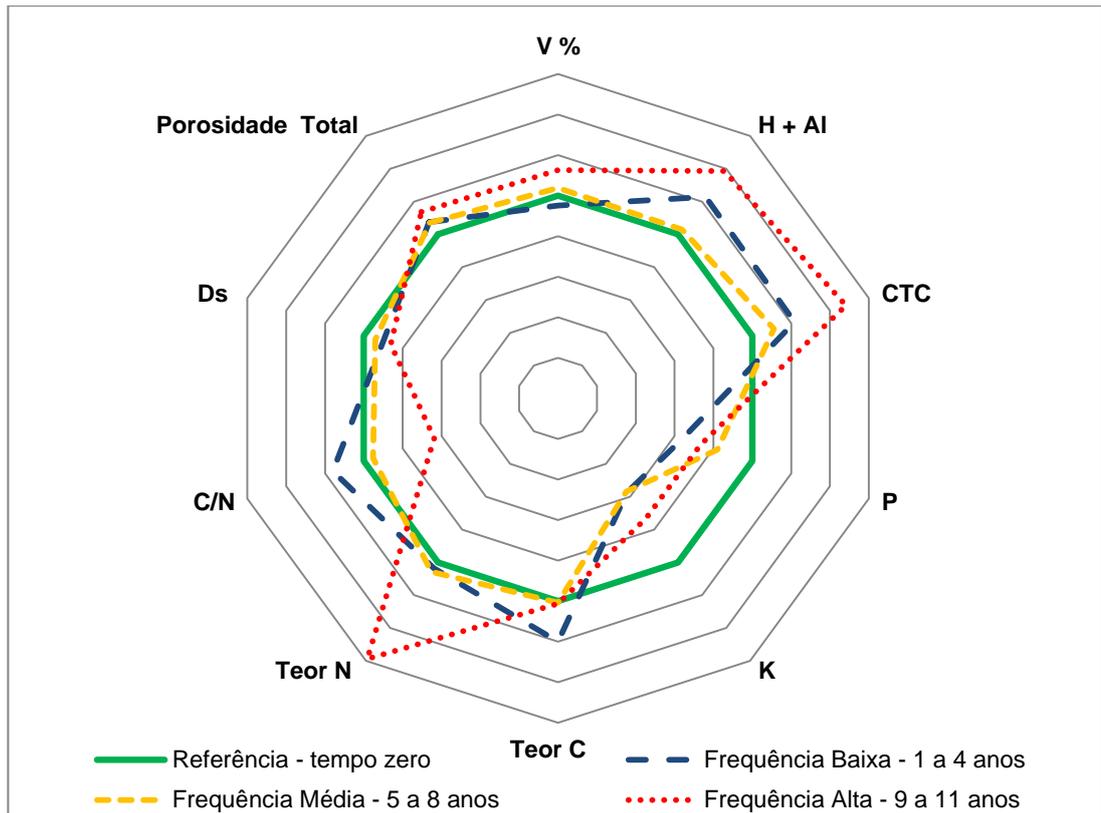
### **7.10 Qualidade dos solos hidromórficos**

A partir das análises estatísticas, bem como a observação sobre o comportamento dos atributos nos solos estudados, juntamente com sua relevância no estudo, foram selecionados 10 atributos como indicadores da qualidade do solo: V %, teores de P e K disponíveis; relação C/N; CTC;  $H^+$  +  $Al^{3+}$  teor de C e de N ; densidade do solo e porosidade total do solo.

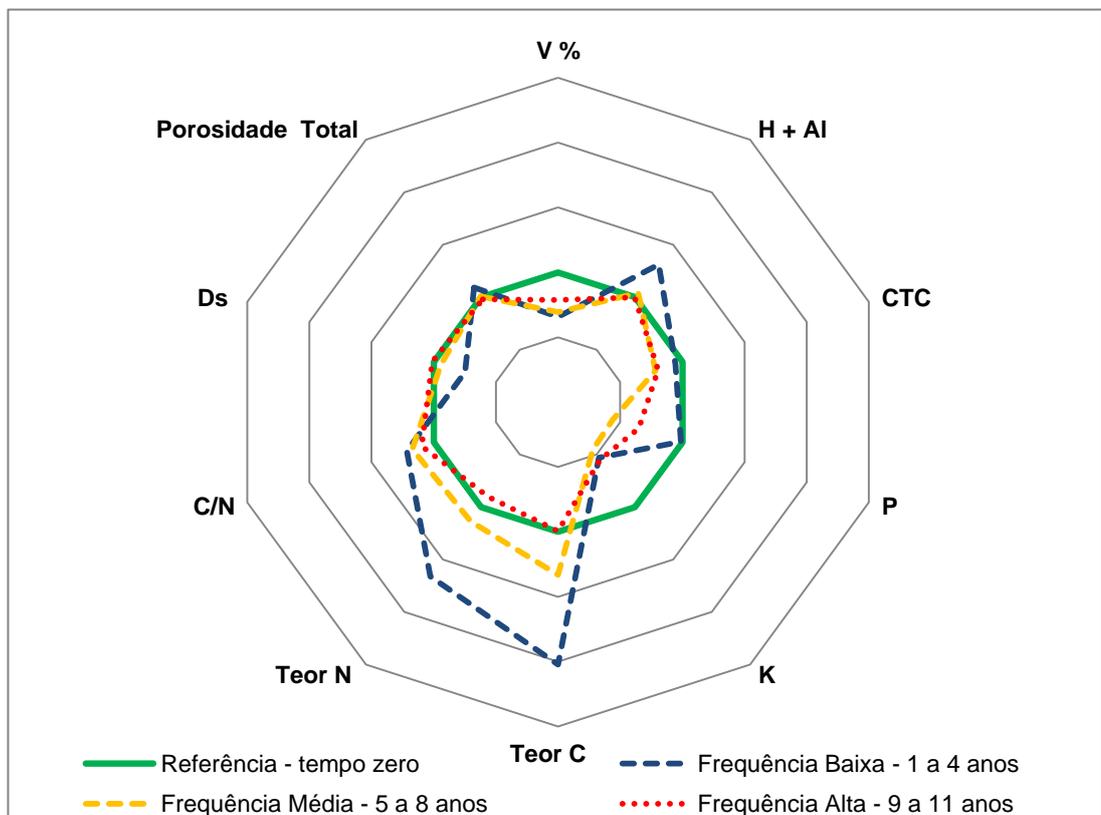
Os atributos selecionados foram submetidos a uma avaliação comparativa entre os tratamentos nas diferentes ordens de solo hidromórficos.

Os valores médios dos atributos avaliados das áreas de “referência” foram normalizados para valores iguais a “1”, e dos tratamentos “baixa”, “média” e “alta” frequência de uso foram contrastados com os valores de “referência”. Modelo similar foi utilizado por Conceição (2002) na avaliação de sistemas de manejo. Este modelo permite verificar as alterações proporcionadas pelo uso dos solos sobre os atributos, tomando como base as áreas de referência. (Figuras 19, 20 e 21).

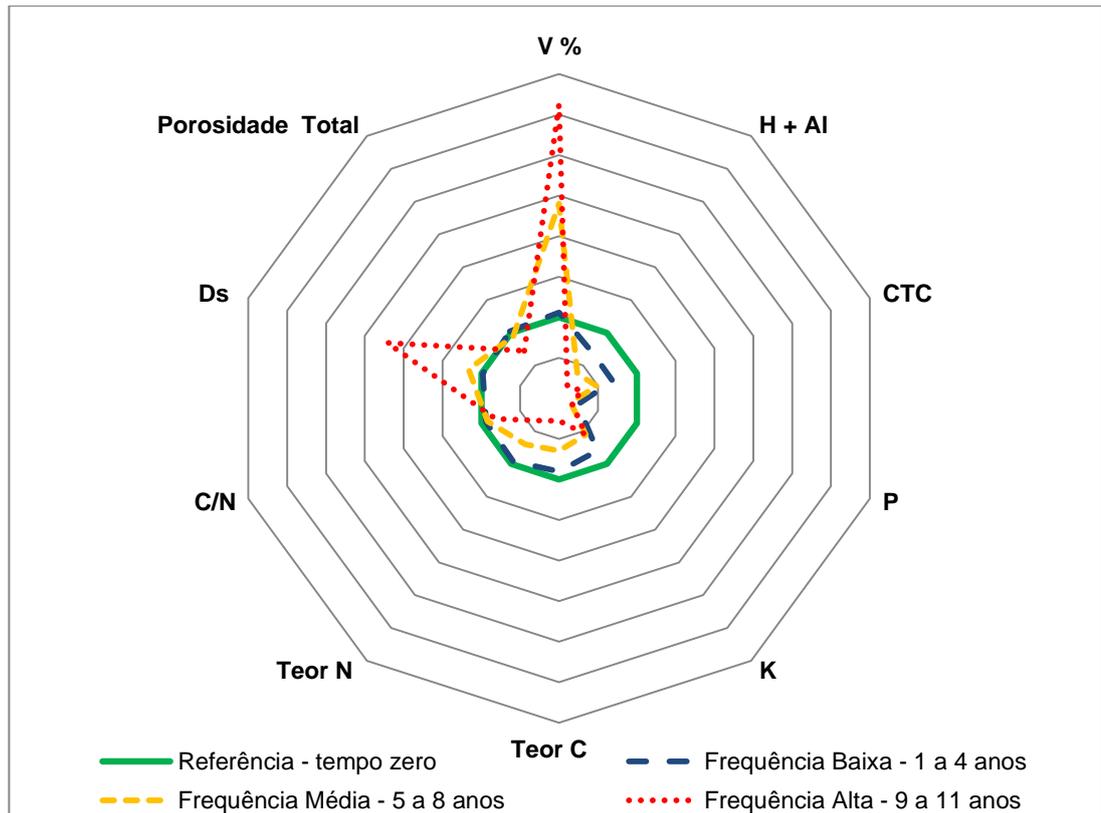
Quanto maior a aproximação dos valores dos tratamentos às áreas de referência, menor o efeito do manejo adotado sobre este atributo. Atributos que se afastam para o interior do gráfico, em relação às áreas de referência, tiveram seus valores reduzidos e, para o exterior, seus valores acrescidos.



**Figura 19.** Qualidade de Planossolos submetidos à diferentes frequências de uso com arroz de base ecológica a partir de indicadores químicos e físicos na camada de 0 a 20 cm.



**Figura 20.** Qualidade de Gleissolos submetidos à diferentes frequências de uso com arroz de base ecológica a partir de indicadores químicos e físicos na camada de 0 a 20 cm.



**Figura 21.** Qualidade de Organossolos submetidos à diferentes frequências de uso com arroz de base ecológica a partir de indicadores químicos e físicos na camada de 0 a 20 cm.

No Rio Grande do Sul e Santa Catarina os Planossolos e Gleissolos são as classes de solos em ambientes de áreas úmidas de maior ocorrência e menores limitações edáficas como um todo (SOSBAI, 2018). As características inerentes destes solos favorecem ao cultivo de arroz irrigado, de forma mais expressiva, a baixa condutividade hidráulica que proporciona maior tempo de residência da água no sistema. No entanto, para o desenvolvimento de culturas não irrigadas, características como a baixa porosidade total e o predomínio de microporos são fatores desfavoráveis.

Do ponto de vista da fertilidade do solo, preocupa a disponibilidade de fósforo e potássio que reduziram em todos os solos ao longo do tempo. Os atributos químicos foram sensíveis às alterações provocadas pelo uso e pelo manejo dos solos hidromórficos. De acordo com Neto (2010) estas alterações quanto aos valores da CTC e V % são resultado das adições de cátions pelas práticas de adubação e calagem. Alterações nos estoques de COT relacionam-se diretamente com a intensidade do preparo do solo.

Planossolos e Gleissolos mantiveram-se próximo dos valores da condição de referência (Figuras 19 e 20). Organossolos apresentaram aumento

dos valores de V % em razão da redução dos componentes ácidos da CTC ( $H^+$  +  $Al^{3+}$ ). Apresentaram também, elevação da densidade do solo e redução nos teores de carbono, nitrogênio, fósforo e potássio disponíveis (Figura 21).

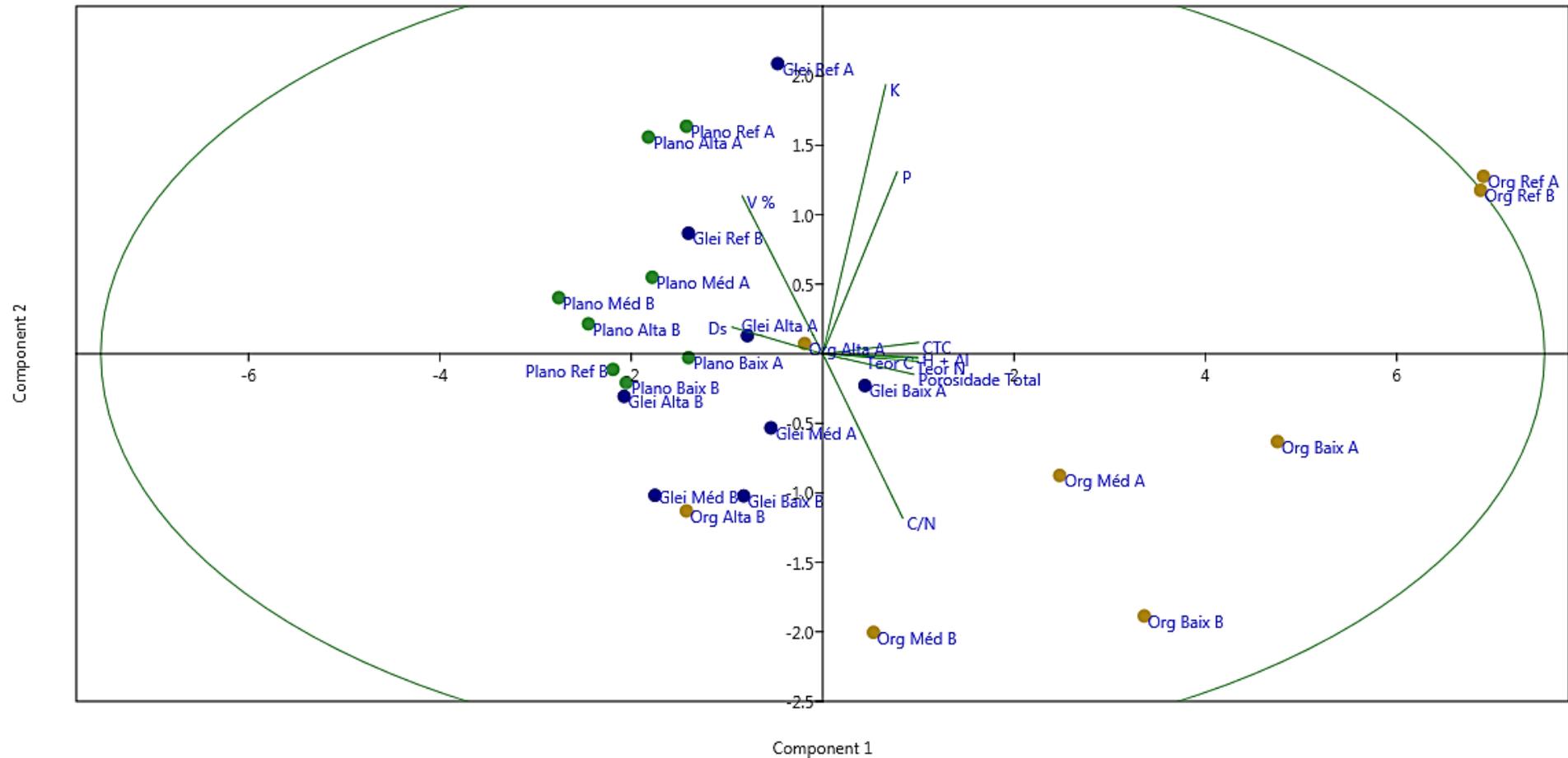
### 7.11 Análises multivariadas

Nas Tabelas 12 e 13 e na Figura 22 são apresentados os valores da análise de componentes principais realizada a partir dos atributos selecionados.

**Tabela 12.** Escores dos solos estudados em escala multidimensional, não métrica, pelo método de análise de componentes principais

Camada	SOLO	Frequência de uso	Componente <sup>1</sup>	
			1	2
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	-14,23	16,37
		Baixa	-14,02	-0,03
		Média	-17,81	0,55
		Alta	-18,21	15,59
	Gleissolo	Referência	-0,47	20,88
		Baixa	0,44	-0,23
		Média	-0,54	-0,53
		Alta	-0,79	0,13
	Organossolo	Referência	69,07	12,77
		Baixa	4,75	-0,63
		Média	24,77	-0,88
		Alta	-0,19	0,07
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	-21,92	-0,11
		Baixa	-20,54	-0,21
		Média	-27,59	0,40
		Alta	-24,49	0,22
	Gleissolo	Referência	-14,03	0,87
		Baixa	-0,83	-1,02
		Média	-17,53	-10,18
		Alta	-20,75	-0,31
Organossolo	Referência	68,77	11,77	
	Baixa	33,61	-1,89	
	Média	0,53	-20,04	
	Alta	-1,42	-11,30	

<sup>1</sup> Escores extraídos pelo método de componentes principais a partir dos 10 atributos analisados.



**Figura 22.** Análise de componentes principais para 10 atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo. As letras A e B indicam as profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, respectivamente. Os solos Plano: Planossolos. Glei.: Gleissolos e Org.: Organossolos, e os tratamentos: Ref.: tempo zero de uso; Baix.: frequência de uso entre 1 a 4 anos; Méd.: 5 a 8 anos; e Alta: 9 a 11 anos.

**Tabela 13.** Coeficientes de correlação dos atributos avaliados pelo método de análise de componentes principais

Atributos <sup>1</sup>	Componente <sup>2</sup>	
	1	2
V %	-0,29	0,40
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	0,35	-0,01
CTC	0,35	0,03
P disponível	0,27	0,46
K disponível	0,23	0,68
Teor COT	0,35	-0,02
Teor NT	0,34	-0,01
Relação C/N	0,29	-0,41
Densidade do solo	-0,33	0,07
Porosidade total	0,33	-0,05

<sup>1</sup> Variáveis avaliadas pelo método de componentes principais.

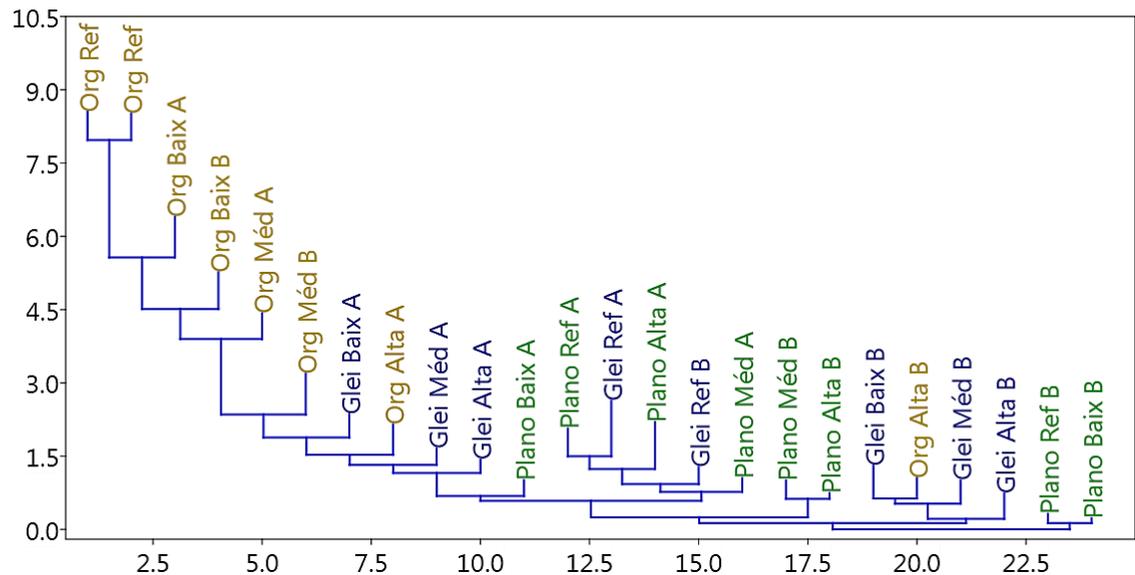
<sup>2</sup> Escores dos componentes principais extraídos na análise.

Nesta análise o componente 1 representa 79,06 %, e o componente 2, 11,46 % da variância. Assim, os dois componentes expressam 90,52 % da variância da análise. Os atributos V % e densidade do solo apresentaram coeficientes de correlação negativos para o componente 1. Já para o componente 2, os atributos H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, teor de COT e de NT, a relação C/N e a porosidade total do solo apresentaram coeficientes de correlação negativos.

Os autovetores dos teores de C e de N; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>; CTC e porosidade total, apresentaram aproximação, indicando correlação entre si. Da mesma forma, fósforo e potássio disponíveis apresentaram coeficientes de correlação positivos para os dois componentes, sendo, portanto, indicadores importantes para os solos estudados.

Observa-se o agrupamento dos solos nos diferentes quadrantes. Os Planossolos tenderam a agrupar-se no quadrante superior esquerdo, tendo como atributo de maior influência a saturação por bases (V %) e a densidade do solo (Ds). Os Gleissolos tenderam a se agrupar no quadrante inferior esquerdo, o que indica menor influência dos atributos medidos sobre estes. Os Organossolos de referência se destacam na análise com valores positivos em ambos os componentes, agrupando-se no quadrante superior direito. No entanto, à medida do aumento da frequência de uso, estes apresentaram tendência de redução destes valores.

Esta mesma tendência foi verificada na análise de agrupamento (Figura 23).



**Figura 23.** Análise de grupos – cluster neighbour joining (euclidean) para 10 atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso com cultivo de arroz de base ecológica em duas camadas de solo. As letras A e B indicam as profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, respectivamente. Os solos Plano: Planossolos. Glei.: Gleissolos e Org.: Organossolos, e os tratamentos: Ref.: tempo zero de uso; Baix.: frequência de uso entre 1 a 4 anos; Méd.: 5 a 8 anos; e Alta: 9 a 11 anos.

Organossolos se destacam na análise com maior distância euclidiana ponderada em relação aos demais solos estudados. À medida que aumenta a frequência de uso, estes perdem suas características originais, marcadamente a redução da  $CTC_{pH\ 7,0}$ , do espaço poroso, dos teores de N e C e disponibilidade de P e K. A redução dos teores de C nos Organossolos para valores menores que  $80\ g\ kg^{-1}$  (Figura 8) o coloca numa condição de reclassificação dos mesmos, conforme o SiBCS (2018), sendo evidenciada na análise de componentes principais, assim como de cluster, em que os Organossolos de alta frequência de uso se agrupam com Gleissolos.

Através desta análise evidencia-se o efeito das ações antrópicas, a partir dos indicadores avaliados, dado o decréscimo da distância euclidiana à medida do aumento da frequência de uso dos solos.

Organossolos apresentaram maior redução na distância euclidiana em relação às áreas de referência, seguido de Gleissolos e, por fim os Planossolos. Pode-se inferir, a partir desta análise que, Organossolos, Gleissolos e Planossolos seguem essa ordem quanto à suscetibilidade à degradação química e física quando submetidos à drenagem, ao revolvimento e ao cultivo de arroz irrigado de base ecológica no sistema pré-germinado.

## 8. CONCLUSÕES

Solos hidromórficos sofrem alterações nas suas características químicas e físicas originais em distintos graus, quando submetidos à diferentes frequências de uso. Os Organossolos, Gleissolos e Planossolos seguem essa ordem quanto à suscetibilidade à degradação química e física quando cultivado com arroz irrigado de base ecológica no sistema pré-germinado.

Os Organossolos apresentaram perdas significativas de carbono orgânico total e de nitrogênio total, redução da  $CTC_{pH\ 7,0}$  e dos teores de nutrientes; aumento da densidade do solo e diminuição do espaço poroso, sendo, portanto, mais suscetíveis à degradação química e física sob o sistema de manejo pré-germinado. Perante os dados apresentados, sugere-se que os Organossolos não sejam drenados e revolvidos.

Frente à condição de baixa fertilidade dos solos avaliados se faz necessário um programa de recuperação dos solos, principalmente dos componentes minerais, através de práticas agronômicas e insumos, orgânicos e minerais, adaptados às condicionantes da agricultura orgânica. Ainda sobre a perspectiva agroecológica, bem como pela avaliação da qualidade do solo, são necessárias alternativas que possam promover o acúmulo de matéria orgânica, principalmente de maior labilidade, e ciclagem de nutrientes no sistema pré-germinado de base ecológica.

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os solos cultivados com arroz irrigado de base ecológica são ainda pouco estudados, havendo demanda de estudos mais amplos, bem como, pesquisas dirigidas ao entendimento sobre a mineralogia dos solos; o comportamento da água no solo a partir das mudanças na qualidade do solo implicadas pelo seu uso; a microbiologia do solo em resposta ao sistema de manejo desenvolvido; os componentes vegetal e animal no sistema; fontes alternativas de nutrientes minerais para a produção orgânica. Também se indica a integração de outros indicadores de QS para uma análise mais complexa, inclusive, as percepções dos agricultores sobre qualidade do solo.

Nesse sentido, o estudo em tela apresenta limitações para a compreensão sobre os efeitos do cultivo de arroz de base ecológica na qualidade física e química dos solos hidromórficos no Estado como um todo. Face ao aludido, recomenda-se estudos em diferentes regiões do RS, abrangendo outras classes de solos, de sistemas adotados e indicadores de QS.

## 10. REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A; FERREIRA, M. E.; BORKET, C.M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. *In*: FERREIRA, M. E. *et al.* (ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: POTAFOS/CNPq/FAPESP, 2001. p. 125-150.
- ALCÂNTARA, F. A. **Manejo agroecológico do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. (Embrapa Arroz e Feijão. Documento, 314). 28 p.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 400 p.
- ANGHINONI, I. *et al.* Adubação potássica em arroz irrigado conforme a capacidade de troca catiônica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 11, p.1481-1488, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013001100009.
- ANGHINONI, I. *et al.* Agricultura brasileira: dos primórdios aos sistemas integrados de produção agropecuária. *In*: SOUZA, E. *et al.* **Sistemas integrados de produção agropecuária**. Tubarão: Gráfica Copiart, 2018. 692 p.
- BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina: Mecenas, 2017. 288 p.
- BAYER, C. *et al.* Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 7, p. 55-118, 2011.
- BAYER, C. *et al.* Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, Netherlands, v. 54, p. 101-109, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00090-8](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00090-8)>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- BAYER, C. *et al.* Stocks and humification degree of organic matter soil as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 238, p. 133-140, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1014284329618>>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica da matéria orgânica. *In*: SANTOS G. A.; CAMARGO F.A.O. (ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. Cap. 2, p. 7-18.

BELTRAME, L.; GIASSON, E.; NASCIMENTO, P. C. **Levantamento semidetalhado dos solos do Assentamento Filhos de Sepé Tiarajú, Viamão-RS**: relatório. Porto Alegre, 2008. 62 p.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Estresse anoxítico em planta de gergelim**. Campina Grande, PB: EMBRAPA, 2008. 6 p. (Comunicado Técnico, 361).

BEUTLER, A. N. *et al.* Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p.1601-1607, 2012.

BOGNI, A.; BRACAGIOLI, A. Narrativas da transição: a produção agroecológica de arroz na região metropolitana de Porto Alegre. **Retratos de Assentamentos**, Araraquara, v. 21, n. 2, p. 66-83, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2018.v21i2.312>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

BRASIL. DECRETO nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília: Presidência da República, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm)>. Acesso em: 13 abr. 2020.

BRASIL. LEI nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília: Presidência da República, 2003. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2003/L10.831.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.831.htm)>. Acesso em: 13 abr. 2020.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organicmatter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992. DOI: 10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x.

CAMPOS, C. S. S.; MEDEIROS, R. M. V. Avanços e contradições da produção orgânica nos assentamentos: o caso do arroz na região metropolitana de Porto Alegre. *In*: MEDEIROS, R. M. V.; LINDNER, M. Assentamentos rurais, território, produção: novas alternativas no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: NEAG/UFRGS, Evangraf, 2014.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia**: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA; SAF; FAER-IICA, 2004. 24 p.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. **Agroecologia**: uma Ciência do campo da complexidade. Brasília: MDS/Embrapa, 2009.

CARLOS, F. S. *et al.* Evolução da produtividade de arroz irrigado sob diferentes sistemas de manejo do solo por longo prazo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas. **Anais [...]**. Brasília: Embrapa; Pelotas: SOSBAI, 2015. 4 p.

CARLOS, F. S. **Índices de qualidade do solo em sistemas de produção de arroz irrigado**. 2017. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2017.

- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. Viçosa: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p. 99-105, 1990.
- CLARO, S. A. **Referenciais tecnológicos para agricultura familiar ecológica**: a experiência da Região Centro-Serra do Rio Grande do Sul. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2002. 250 p.
- CONCEIÇÃO, P. C. **Indicadores de qualidade do solo visando a avaliação de sistemas de manejo do solo**. 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2002.
- CONCEIÇÃO, P.C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil and Tillage Research**, Holanda, v. 129, p. 40–47. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2013.01.006>>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- DICK, D. P. *et al.*; Química da matéria orgânica do solo. *In*: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). **Química e mineralogia do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.1-67.
- DIECKOW, J. *et al.* Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant Soil**, Holanda, v. 268, p. 319-328, 2005.
- DIECKOW, J. *et al.* Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. **European Journal of Soil Science**, United Kindgom, v. 60, p. 240–249, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01101.x>>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- DIEL, R. **Gerenciamento de recursos hídricos**: um estudo de caso no Assentamento Filhos de Sepé, Viamão (RS). 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2011.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *In*: DORAN, J.W. *et al.* (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: [S.n.], 1994. p. 1-20. (Special, 35).
- ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soil under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Canadá, v. 75, p. 529-538, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.4141/cjss95-075>>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; TEIXEIRA, P. C. *et al.* (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.
- FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Walking the nexus talk**: assessing the water-energy-food nexus in the context of the sustainable energy. Rome (ITA), 2014.
- FEPAM- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER; UFRGS/FAURGS. Acordo de Cooperação Técnica FEPAM/FZBRS. MMA. **Caracterização dos ativos ambientais em áreas selecionadas da zona costeira brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Secretaria de

Implementação de Políticas e Normas Ambientais. Programa Nacional do Meio Ambiente, 1998.

GARCIA, G. A. *et al.* Manejo da adubação fosfatada e potássica no sistema pré-germinado de cultivo de arroz irrigado. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO*, 4.; REUNIAO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. "Novos caminhos para a produção de arroz irrigado no Brasil": **Anais** [...]. Santa Maria, RS: Editora Orium, 2005. 2 v. 567 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. 656 p.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (ed.) **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899 p.

GUASSELLI, L. A. (org.). **Áreas úmidas**: questões ambientais. Porto Alegre: UFRGS/Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2018. 308 p.

GUASSELLI, L. A.; MEDEIROS, R. M. (org.) **Impactos da produção de arroz na região metropolitana de Porto Alegre**. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2015. 154 p.

GUZMÁN, E. S. **Desde el pensamiento social agrário**. Córdoba: Universidad de Córdoba, 2006. 292 p.

GUZMÁN, E. S. **Sobre los orígenes de la agroecología en el pensamiento marxista y libertário**. La Paz, Bolívia: Editora Plural Editores, 2011. 169 p.

GUZMÁN, E. S.; MOLINA, G. Sobre la Agroecologia: algunas reflexiones en torno a la agricultura familiar en España. *In: GARCIA DE LEÓN, M. A. (ed.) El campo y la ciudad*. Madrid: MAPA, 1996. p. 153-197.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T.; RYAN, P. D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, United States, v. 4, n. 1, 9 p., 2001. Disponível em: <[http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)>. Acesso em: 16 mar. 2021.

HOWARD, A. **Um testamento agrícola**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 360 p.

INCRA – INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. HASENACK, H. *et al.* **Relatório ambiental do projeto de Assentamento Filhos de Sepé**: relatório. Viamão, RS, 2007. 100 p.

IRGA – INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. **Boletim de resultados da lavoura**: safra 2018/19. Porto Alegre, 2019. 16 p. Disponível em: <<https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/05171808-relatorio-da-safra-2018-19-31-agosto-2019.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

KARLEN, D. L. *et al.* Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society America Journal**, United States, v. 61, ed. 1. p. 4-10. 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. *In: BLACK, C.A. et al. (ed.) Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.499-510.

KER, J. C. *et al.* (ed.). **Pedologia**: fundamentos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. 343 p.

- KLAMT, E.; KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Departamento de Solos, 1985. 43 p. (Boletim Técnico, 4).
- LAL, R.; PIERCE, F.J. The vanishing resource. *In*: LAL, R.; PIERCE, F. J. (ed.). Soil management for sustainability. **Soil Water Conservation Society**, Ankeny, p.1-5, 1991.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *In*: DORAN, J.W. (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994. p. 37-51. (Special, 35).
- LIEBIG, M. A.; DORAN, J. W. Evaluation of point-scale assessments of soil quality. *J. Journal of Soil and Water Conservation*, United States, v. 54, p 510-518, 1999. Disponível em: <<https://www.jsowconline.org/content/54/2/510>>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- MACEDO, V. R. M. *et al.* Monitoramento da água das lavouras de arroz na bacia hidrográfica da lagoa do Guaraxaim no município de Arambaré. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas, RS. **Anais [...]**. Pelotas, RS: Editora Pallotti, 2007. 2 v. 845 p.
- MACEDO, V. R. M. *et al.* Perdas de solo e nutrientes na água de drenagem durante o preparo do solo para o sistema de cultivo de arroz pré-germinado. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, **Anais [...]**. Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 247-249.
- MACHADO, L. C. P.; MACHADO FILHO, L. C. P. **Dialética da Agroecologia**. São Paulo: Expressão Popular, 2014. 360 p.
- MARCHEZAN, E. CAMARGO, E. R.; SEGABINAZZI, T. Manejo dos fertilizantes fosfatados e potássicos em arroz irrigado no sistema pré-germinado. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 66, n. 2, p. 219–226, 2007.
- MARCHEZAN, E. *et al.* Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 37, n. 1, p. 45–50, 2007.
- MARRENJO, G. J. *et al.* Impactos do cultivo por longo tempo de arroz inundado em Gleissolos. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 8, p. 967-977, ago. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000800009>>. Acesso em 16 mar. 2021.
- MARTINS, A. F. G. **A produção ecológica de arroz nos assentamentos da região metropolitana de Porto Alegre**: apropriação do espaço geográfico como território de resistência ativa e emancipação. 2017. 296 f. Tese (Doutorado em Geografia)- Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- MASSONI, P. F. S. *et al.* Manejo da água de irrigação para o sistema de cultivo pré-germinado do arroz irrigado. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIAO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais [...]**. Santa Maria, RS: Editora Orium, 2005. 2 v. 567 p.
- MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 569 p.

- MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 101-110, 2008.
- MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). **Química e mineralogia do solo**. Parte II. Viçosa: SBCS, 2009. 685 p.
- MENTGES, M. I. *et al.* Alterações estruturais e mecânicas de solo de várzea cultivado com arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 221-231, 2013. DOI: 10.1590/S0100-06832013000100023.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 6. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2017. 280 p.
- MIRANDA, F. Q. *et al.* **Sistema de produção de arroz dos assentamentos do rio grande do sul**. Santa Maria, RS: UFSM, 2016. 28 p.
- MOREIRA, F. M. S.; SILVEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, MG: UFLA, 2006. 729 p.
- MUNDSTOCK, M. C. *et al.* **Manual de boas práticas agrícolas: guia para a sustentabilidade de lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IRGA, 2011. 80 p.
- NASCIMENTO, P. C. *et al.* (coord.). Segurança energética, hídrica e alimentar em localidades de produção agroecológica na região metropolitana de Porto Alegre. *In*: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA DA REGIÃO SUL, 37., 2019, Florianópolis, SC. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. 6 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/199030>>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- NASCIMENTO, P. C. *et al.* Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p.1821-1827, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600030>>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- NETO, I. F. S. **Pedogênese e matéria orgânica de solos hidromórficos da região metropolitana de Porto Alegre**. 2010. 109 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- NODIN, J. A. *et al.* **Recomendações técnicas para a produção de arroz irrigado em sistema orgânico em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2015. (Epagri. Sistemas de Produção, 47). 40 p. ISSN 1414-6118.
- ONU- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS; UNIC RIO. **Transformando nosso mundo: Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF, 2015. Disponível em <<https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf>>. Acesso em: ago. 2018.
- PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; PINTO, L. F. S. Física de solos de várzea cultivado com arroz irrigado. *In*: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.119-142.

- PETERSON, P. Agroecologia em construção: terceira edição em um terceiro contexto. *In*: ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular; AS-PTA, 2012. p. 7-14.
- PETRINI, J. A. *et al.* *In*: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 387-416.
- PINTO, L. F. S.; NETO, J. A. L.; PAULETTO, E. A. Solos de Várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. *In*: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 75-95.
- PONNAMPERUMA, F. N. Dynamics aspectos of flooded soils and nutrition of the rice plant. *In*: SYMPOSIUM ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT. 1964, Los Baños. **Proceedings** [...]. Baltimore: J. Hopkins, 1965. p. 295-328.
- PRIES, P. V. **Construção do conhecimento agroecológico**: processo das famílias produtoras de arroz no Assentamento Filhos de Sepé – Viamão. 2013. 195 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico do solo**. 18. ed. São Paulo: Nobel, 2006. 549 p.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gravataí**. [Relatório Final]. Porto Alegre, 2012. 1 DVD.
- SAHARAWAT, K. L. Fertility and organic matter in submerged rice soils. **Current Science**, Índia, v. 88, p. 735-739. 2005.
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.
- SANTOS, R. D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa: SBCS, 2015. 101 p.
- SBCS- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11 ed. [S.l.]: Porto Alegre: SBCS. Núcleo Regional Sul, 2016. 375 p.
- SBCS- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem**: para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: SBCS. Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.
- SHAPIRO, S. S., AND M. B. WILK. "An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)." **Biometrika**, United Kingdom, v. 52, n. 3/4, 1965, p. 591–611. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/2333709>>. Acessado em: 19 mar. 2021.
- SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil Tillage Research**, Holanda, v. 87, n. 2, p. 194-204, 2006. ISSN 0167-1987. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2005.03.011>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, n. 1, p. 10–21, 1997.
- SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. *In*: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Anais** [...] Pelotas: SOSBAI, 2016. 199 p.
- SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. *In*: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32., 2018, Farroupilha, RS. **Anais** [...] Cachoeirinha, RS: Editora Palotti, 2018. 205 p.
- SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. **The American Journal of Psychology**, United States, v. 15, n. 1, p. 72–101, 1904. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/1412159>>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- TEDESCO, M. J. *et al.* **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: UFRGS / Departamento de Solos, 1995. 170 p.
- USDA-NRCS. **Healthy soil for life**. Ames, IA, 2019. Disponível em: <<http://soils.usda.gov/sqi/>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- VAHL, L. C.; SOUZA, R.O. Aspectos físico-químicos de solos alagados. *In*: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 97-1118.
- VENÂNCIO, M. D. **A tutela jurídica da Agroecologia**: repensando a produção de alimentos na era dos riscos globais. São Paulo: Inst. O Direito por um Planeta Verde, 2015. 166 p.
- VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 743-755, 2009.
- VIGNOLO, A. M. S. **Insumos orgânicos na produção de arroz em assentamentos da reforma agrária - região de Porto Alegre/RS**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas)- Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- WITT, C. *et al.* Crop rotation and residue management effects on carbon sequestration, nitrogen cycling and productivity of irrigated rice systems. **Plant and Soil**, The Hague, v. 225, p. 263–278, 2000.
- ZANG, M. Agroecologia e os desafios da agricultura sustentável: processos e experiências do Assentamento Filhos de Sepé. *In*: GUERRA, T. **Educação ambiental**: contribuições para a gestão socioambiental na bacia hidrográfica do rio Gravataí. Porto Alegre: UFRGS, 2015. p. 231-243.

## 11. APÊNDICES

**Apêndice 1.** Identificação e localização das parcelas amostrais

Lote	Frequência de uso	Solo	Área	Coordenadas (UTM WGS 84) Zone 22 J		
				ID	W	N
140	0	Planossolo	Pato	1A	509811,76	6674383,27
				1B	509751,21	6674308,45
				1C	509893,31	6674300,56
				1D	509916,74	6674375,47
536	0	Planossolo	Canita alta	2A	514607,42	6672583,20
				2B	514671,02	6672543,53
				2C	514696,76	6672623,98
				2D	514623,81	6672632,32
525	0	Planossolo	Canita Alta	3A	515606,36	6673760,15
				3B	515626,80	6673705,74
				3C	515703,16	6673741,17
				3D	515686,63	6673800,82
526	0	Planossolo	Canita Alta	4A	516010,37	6673710,03
				4B	516098,66	6673753,53
				4C	516083,29	6673781,64
				4D	515995,14	6673737,00
158	1 a 4 anos	Planossolo	Alexandrina	5A	507995,82	6672153,29
				5B	508070,39	6672204,82
				5C	508035,24	6672259,88
				5D	507963,22	6672202,51
353	1 a 4 anos	Planossolo	Taquara	6A	508766,97	6671032,42
				6B	508815,19	6671025,00
				6C	508820,14	6670974,98
				6D	508747,26	6670953,03
349	1 a 4 anos	Planossolo	Jacaré	7A	509951,18	6670481,42
				7B	510009,90	6670454,99
				7C	510038,53	6670470,46
				7D	510085,46	6670593,23
124	1 a 4 anos	Planossolo	Tigre Vigário	7E	510013,50	6670575,84
				7F	510010,31	6670556,17
				7G	509968,29	6670503,40
				8A	511450,35	6676893,59
170	5 a 8 anos	Planossolo	Alexandrina	8B	511409,61	6676899,10
				8C	511435,65	6676968,13
				8D	511466,82	6676949,51
				9A	508336,61	6671686,26
390	5 a 8 anos	Planossolo	Cervo	9B	508406,73	6671668,34
				9C	508409,17	6671739,06
				9D	508284,70	6671759,71
				10A	510742,70	6673813,82
				10B	510784,38	6673778,77
				10C	510805,22	6673826,22
				10D	510763,63	6673852,08

Continua ...

**Apêndice 1. Cont...**

				11A	510207,77	6672754,26
366	5 a 8 anos	Planossolo	Taquara	11B	510259,30	6672744,71
				11C	510240,23	6672686,88
				11D	510222,26	6672688,64
				12A	508990,32	6673953,02
146	5 a 8 anos	Planossolo	Alexandrina	12B	509024,03	6673893,97
				12C	509090,71	6673949,66
				12D	509050,22	6673997,03
				13A	511194,45	6674573,21
837	9 a 11 anos	Planossolo	Taquarinha 1	13B	511260,16	6674553,59
				13C	511284,37	6674638,54
				13D	511214,07	6674644,35
				14A	510723,76	6674330,14
136	9 a 11 anos	Planossolo	Corvo	14B	510840,23	6674316,30
				14C	510815,25	6674227,25
				14D	510705,26	6674256,53
				15A	512052,90	6674537,53
410	9 a 11 anos	Planossolo	Graxaim	15B	512005,60	6674442,44
				15C	511959,26	6674472,14
				15D	511981,91	6674584,98
				16A	510650,04	6674114,88
144	9 a 11 anos	Planossolo	Pato	16B	510571,83	6674139,18
				16C	510551,59	6674035,98
				16D	510629,62	6674026,44
				17A	511095,63	6676314,09
125	0	Gleissolo	Tigre Vigário	17B	511068,02	6676346,43
				17C	511279,66	6676614,04
				17D	511289,37	6676596,82
				18A	509819,67	6674626,93
137	0	Gleissolo	Corvo	18B	509805,80	6674648,32
				18C	509854,13	6674688,14
				18D	509862,25	6674642,29
				19A	509671,13	6674277,11
139	0	Gleissolo	Pato	19B	509708,65	6674265,73
				19C	509733,87	6674196,93
				19D	509659,85	6674174,06
				20A	514612,02	6677030,38
481	0	Gleissolo	Canita Divisa	20B	514654,31	6677149,23
				20C	514706,08	6677094,87
				20D	514656,74	6677020,59
				21A	508460,44	6673232,61
15	1 a 4 anos	Gleissolo	Alexandrina	21B	508382,72	6673163,68
				21C	508382,50	6673237,42
				21D	508436,22	6673298,74
				22A	515420,16	6674486,97
517	1 a 4 anos	Gleissolo	Canita	22B	515367,28	6674586,61
				22C	515265,75	6674549,00
				22D	515325,20	6674434,35
				23A	514946,40	6675772,46
486	1 a 4 anos	Gleissolo	Canita Divisa	23B	514890,86	6675686,25
				23C	515008,69	6675671,19
				23D	515024,77	6675760,62
				24A	514596,61	6675784,17
				24B	514617,61	6675806,39
490	1 a 4 anos	Gleissolo	Canita DNOS	24C	514577,62	6675868,60
				24D	514541,00	6675840,69
				24E	514579,32	6675808,40
				24F	514572,72	6675797,06

Continua ...

**Apêndice 1. Cont...**

				25A	508465,40	6672137,28
168	5 a 8 anos	Gleissolo	Alexandrina	25B	508458,51	6672065,39
				25C	508517,40	6672043,83
				25D	508578,28	6672107,50
				26A	513688,68	6677763,70
438	5 a 8 anos	Gleissolo	Triângulo (Dari)	26B	513755,50	6677795,72
				26C	513821,93	6677613,08
				26D	513745,27	6677627,72
				27A	514902,76	6676276,24
484	5 a 8 anos	Gleissolo	Canita Divisa	27B	515093,54	6676321,71
				27C	515115,30	6676237,41
				27D	514936,28	6676202,31
				28A	512268,09	6675330,80
416	5 a 8 anos	Gleissolo	Graxaim	28B	512308,99	6675379,20
				28C	512197,78	6675357,76
				28D	512225,24	6675440,81
				29A	509354,57	6672512,89
363	9 a 11 anos	Gleissolo	Taquara	29B	509409,68	6672492,76
				29C	509438,62	6672406,66
				29D	509370,45	6672403,05
				30A	515248,25	6675155,24
513	9 a 11 anos	Gleissolo	Canita Divisa	30B	515313,39	6675183,08
				30C	515278,63	6675242,29
				30D	515179,66	6675200,55
				31A	511317,31	6676184,34
401	9 a 11 anos	Gleissolo	Tigre 1	31B	511319,88	6676225,79
				31C	511419,23	6676173,51
				31D	511400,66	6676127,37
				32A	511864,96	6675544,05
418	9 a 11 anos	Gleissolo	Taquarinhas	32B	511853,26	6675507,54
				32C	511737,64	6675546,21
				32D	511732,04	6675611,85
				33A	512870,21	6673558,03
455	0	Organossolo	B. dos P. I	33B	512922,95	6673527,89
				33C	512906,23	6673465,48
				33D	512837,76	6673490,19
				34A	513269,43	6673162,02
456	0	Organossolo	B. dos P. I	34B	513288,84	6673244,75
				34C	513216,57	6673285,17
				34D	513179,63	6673209,33
				35A	514396,74	6673336,19
501	0	Organossolo	Canita	35B	514438,33	6673271,88
				35C	514505,68	6673328,93
				35D	514455,90	6673381,22
				36A	514143,59	6673017,46
499	0	Organossolo	Canita DNOS	36B	514200,83	6673001,02
				36C	514099,06	6672769,70
				36D	514163,00	6672752,35
				37A	513293,37	6674981,45
468	1 a 4 anos	Organossolo	B. dos P. I	37B	513300,77	6675028,21
				37C	513347,71	6675009,91
				37D	513318,04	6674965,57
				38A	514473,13	6673588,63
503	1 a 4 anos	Organossolo	Canita	38B	514549,99	6673545,09
				38C	514565,35	6673623,37
				38D	514484,22	6673636,53
				39A	513136,37	6676340,43
443	1 a 4 anos	Organossolo	Ilha	39B	513248,97	6676340,44
				39C	513248,96	6676236,37
				39D	513136,36	6676236,37

Continua ...

**Apêndice 1. Cont...**

				40A	512937,27	6675509,28
446	1 a 4 anos	Organossolo	B. dos P. II	40B	512999,95	6675562,64
				40C	513022,82	6675496,45
				40D	512973,83	6675461,71
				41A	512524,13	6674096,83
452	5 a 8 anos	Organossolo	B. dos P. I	41B	512614,91	6674051,93
				41C	512645,10	6674125,98
				41D	512548,58	6674161,35
				42A	512375,92	6673866,20
453	5 a 8 anos	Organossolo	B. dos P. I	42B	512358,90	6673826,60
				42C	512450,60	6673788,44
				42D	512471,00	6673836,91
				43A	513153,71	6674481,97
464	5 a 8 anos	Organossolo	B. dos P. I	43B	513203,85	6674566,17
				43C	513284,75	6674540,83
				43D	513245,75	6674442,07
				44A	514527,47	6673751,99
504	5 a 8 anos	Organossolo	Canita	44B	514588,32	6673769,72
				44C	514626,30	6673695,66
				44D	514532,75	6673706,41
				45A	512083,57	6674076,67
409	9 a 11 anos	Organossolo	Graxaim	45B	512128,67	6674174,71
				45C	512193,67	6674122,93
				45D	512140,20	6674034,44
				46A	515651,38	6674477,80
520	9 a 11 anos	Organossolo	Canita Divisa	46B	515737,26	6674515,79
				46C	515720,56	6674549,93
				46D	515639,40	6674516,02
				47A	515789,75	6674314,87
522	9 a 11 anos	Organossolo	Canita Divisa	47B	515809,56	6674272,48
				47C	515892,40	6674304,34
				47D	515874,23	6674355,18

<sup>1</sup> Denominação para determinado conjunto de lotes dentro do perímetro irrigado do Assentamento Filhos de Sepé.

**Apêndice 2.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias da argila, pH, índice SMP e Al trocável nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	SOLO	Frequência	Argila (%)	$\sigma$	$p$	pH (H <sub>2</sub> O)	$\sigma$	$p$	SMP	$\sigma$	$p$	Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	$\sigma$	$p$				
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	15,75	4,27		a	5,00	0,14	a	6,08	0,26	a	0,23	0,10	0,821	a		
		Baixa	17,25	7,18	0,216	a	4,88	0,39	0,813	a	5,90	0,27	0,599	a	0,28	0,15	a	
		Média	18,75	6,95		a	5,03	0,21		a	6,05	0,25		a	0,23	0,12	a	
	Gleissolo	Alta	22,25	6,85		a	5,03	0,22		a	5,83	0,39		a	0,23	0,15	a	
		Referência	38,00	15,06		a	5,15	0,17		a	5,43	0,43		a	0,43	0,26	0,082	a
		Baixa	17,75	4,92	0,019	b	5,03	0,21	0,360	a	5,23	0,59	0,623	a	0,65	0,24	a	
	Organossolo	Média	17,50	3,32		b	4,98	0,19		a	5,35	0,31		a	0,58	0,13	a	
		Alta	29,50	9,00		ab	4,90	0,22		a	5,35	0,06		a	0,33	0,10	a	
		Referência	13,25	0,50		b	4,05	0,06		b	3,90	0,26		c	2,85	0,83	0,000	a
	20 a 40 cm	Planossolo	Baixa	18,25	2,50	0,009	a	4,50	0,24	0,011	ab	4,23	0,29	0,000	bc	3,03	0,78	a
			Média	15,25	1,50		ab	4,63	0,10		a	4,75	0,26		b	1,00	0,32	b
			Alta	24,33	6,35		a	4,87	0,15		a	5,40	0,17		a	0,43	0,25	b
Gleissolo		Referência	15,75	4,27		a	4,85	0,17		a	6,05	0,10		a	0,40	0,08	0,510	a
		Baixa	17,75	9,50	0,413	a	4,95	0,24	0,170	a	5,95	0,17	0,083	a	0,33	0,17	a	
		Média	15,75	4,19		a	5,18	0,22		a	6,48	0,43		a	0,10	0,26	a	
Organossolo		Alta	20,50	6,56		a	4,95	0,13		a	6,03	0,30		a	0,38	0,35	a	
		Referência	31,75	20,37		a	5,08	0,43		a	5,68	0,94		a	0,95	0,78	0,423	a
		Baixa	21,25	6,18	0,464	a	5,00	0,14	0,070	a	5,25	0,97	0,540	a	1,68	1,07	a	
Organossolo		Média	17,75	4,92		a	4,73	0,10		a	5,60	0,45		a	0,98	0,51	a	
		Alta	28,50	13,13		a	4,93	0,19		a	5,58	0,35		a	0,63	0,21	a	
		Referência	13,50	0,58		b	3,90	0,18		b	3,90	0,08		c	3,98	0,74	0,008	a
Organossolo	Baixa	18,25	2,50	0,025	ab	4,60	0,18	0,033	a	4,35	0,17	0,000	bc	3,38	1,27	a		
	Média	18,25	4,35		ab	4,58	0,15		a	4,83	0,40		b	2,30	0,89	ab		
	Alta	24,33	6,35		a	4,73	0,23		a	5,50	0,30		a	1,03	0,57	b		

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância; valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 3.** Estatística geral da argila, pH, índice SMP e AI trocável

Parâmetro	Argila (%)	pH(H <sub>2</sub> O)	Índice SMP	AI (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
-----Planossolos-----				
Mínimo	13	4,5	5,4	0
Máximo	32	5,5	6,9	0,9
Média	17,96875	4,98125	6,04375	0,28125
Erro padrão	1,083681	0,03925657	0,05570977	0,03251473
Variância	37,57964	0,04931452	0,09931452	0,03383065
Desvio padrão	6,130223	0,2220687	0,3151421	0,1839311
Mediana	15	5	6	0,3
25 percentil	13	4,8	5,9	0,1
75 percentil	22	5,1	6,175	0,4
Média Geom.	17,11926	4,976463	6,035885	0
Coef. Variação	34,11603	4,458092	5,214346	65,39772
Shapiro-Wilk W	0,7811	0,9661	0,9601	0,8923
p (normal)	1,838E-05	0,3982	0,277	0,003964
-----Gleissolo-----				
Mínimo	13	4,6	4,6	0
Máximo	60	5,7	6,8	2,4
Média	25,25	4,971875	5,43125	0,775
Erro padrão	2,168785	0,04096477	0,09603401	0,1088799
Variância	150,5161	0,0536996	0,295121	0,3793548
Desvio padrão	12,2685	0,2317317	0,5432504	0,6159179
Mediana	22	5	5,3	0,6
25 percentil	17	4,8	4,925	0,4
75 percentil	31	5,1	5,775	0,95
Média Geom.	22,98324	4,966772	5,4061	0
Coef. Variação	48,58812	4,660852	10,00231	79,47328
Shapiro-Wilk W	0,8146	0,9318	0,9241	0,8461
p (normal)	7,766E-05	0,04403	0,02698	0,0003419
-----Organossolo-----				
Mínimo	13	3,7	3,6	0,2
Máximo	28	5	5,8	5,1
Média	17,76667	4,46	4,55	2,35
Erro padrão	0,9004256	0,06371633	0,1113914	0,2511926
Variância	24,32299	0,1217931	0,3722414	1,892931
Desvio padrão	4,931834	0,3489887	0,6101159	1,375838
Mediana	17	4,55	4,4	2,35
25 percentil	14	4,1	4	1,2
75 percentil	22	4,7	5,05	3,425
Média Geom.	17,19103	4,446379	4,511325	1,83768
Coef. Variação	27,75892	7,824858	13,40914	58,54631
Shapiro-Wilk W	0,8052	0,9311	0,9433	0,9664
p (normal)	8,159E-05	0,05257	0,1117	0,4469

**Apêndice 4.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos teores de COT e NT e relação C/N nas camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	SOLO	Frequência	Teor COT (g kg <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$p$		Teor NT (g kg <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$p$		Relação C/N	$\sigma$	$p$	
0 a 10 cm	Planossolo	Referência	14,92	6,71		a	1,16	0,60		a	12,8	2,5		a
		Baixa	15,93	8,34	0,480	a	1,05	0,43	0,371	a	15,2	2,8	0,142	a
		Média	12,98	4,68		a	1,03	0,40		a	12,5	0,9		a
		Alta	8,47	7,93		a	1,60	0,54		a	5,3	6,7		a
	Referência	26,98	20,23	a		2,22	1,36	a		12,1	1,9	a		
	Gleissolo	Baixa	52,28	29,23	0,298	a	3,49	1,75	0,361	a	15,0	2,3	0,193	a
		Média	33,27	14,87		a	2,30	0,90		a	14,5	1,3		a
		Alta	26,19	15,32		a	1,93	0,85		a	13,6	1,6		a
		Referência	182,73	50,79		a	9,55	1,90		a	19,1	1,9		a
	Organossolo	Baixa	180,68	43,91	0,031	a	9,93	2,39	0,030	a	18,2	1,8	0,279	a
		Média	121,34	76,71		ab	6,89	4,09		ab	17,6	2,9		a
		Alta	53,75	22,49		b	3,26	1,00		b	16,5	1,7		a
Referência		9,96	5,22	a		0,74	0,36	a		13,5	3,3	a		
10 a 20 cm	Planossolo	Baixa	13,45	10,49	0,325	a	0,87	0,57	0,302	a	15,4	2,5	0,564	a
		Média	11,62	5,43		a	0,93	0,48		a	12,6	1,5		a
		Alta	18,01	8,01		a	1,35	0,36		a	13,3	2,4		a
		Referência	24,66	18,80		a	1,91	1,17		a	12,9	2,1		a
	Gleissolo	Baixa	52,02	32,34	0,291	a	3,36	1,96	0,364	a	15,5	2,2	0,241	a
		Média	35,48	17,06		a	2,39	1,10		a	14,9	1,4		a
		Alta	25,09	13,83		a	1,81	0,73		a	13,9	1,8		a
		Referência	209,18	72,82		a	10,03	2,49		a	20,8	2,9		a
	Organossolo	Baixa	172,20	43,79	0,012	a	8,91	2,04	0,006	a	19,3	2,0	0,063	a
		Média	130,59	41,54		ab	6,84	1,88		ab	19,1	1,2		a
		Alta	54,70	21,56		b	3,40	1,02		b	16,1	1,5		a
		Referência	6,21	2,30		a	0,44	0,22		a	14,3	3,9		a
20 a 40 cm	Planossolo	Baixa	6,56	1,00	0,113	a	0,45	0,16	0,571	a	14,6	3,0	0,703	a
		Média	3,44	1,77		a	0,29	0,18		a	12,0	3,4		a
		Alta	6,44	2,23		a	0,49	0,27		a	13,1	3,5		a
		Referência	11,82	7,57		a	0,93	0,53		a	12,8	1,2		a
	Gleissolo	Baixa	21,33	13,75	0,283	a	1,34	0,80	0,473	a	16,0	2,7	0,063	a
		Média	12,97	10,03		a	0,84	0,67		a	15,4	1,1		a
		Alta	7,90	3,22		a	0,65	0,34		a	12,2	1,9		a
		Referência	173,02	28,59		a	8,05	1,23		a	21,5	3,1		a
	Organossolo	Baixa	118,96	46,01	0,006	ab	6,05	2,53	0,008	ab	19,7	1,6	0,042	ab
		Média	37,54	9,30		bc	1,95	0,48		bc	19,3	1,7		ab
		Alta	11,65	2,21		c	0,72	0,14		c	16,2	1,2		b
		Referência												

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância; valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 5.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos estoques de C e N nas camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	SOLO	Frequência	Estoque COT (Mg ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$p$	Estoque NT (kg ha <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$p$
0 a 10 cm	Planossolo	Referência	23,03	10,36	a	1796,71	923,03	a
		Baixa	24,59	12,87	0,480	1620,60	659,55	0,371
		Média	20,04	7,22	a	1597,02	621,19	a
		Alta	13,07	12,24	a	2473,95	829,32	a
	Gleissolo	Referência	33,15	24,86	a	2734,11	1670,79	a
		Baixa	64,25	35,93	0,298	4285,64	2149,14	0,360
		Média	40,89	18,28	a	2826,78	1111,38	a
		Alta	32,18	18,83	a	2366,97	1048,73	a
	Organossolo	Referência	96,67	26,87	a	5050,69	1002,69	a
		Baixa	95,59	23,23	0,031	5253,29	1262,69	0,030
		Média	64,19	40,58	ab	3642,88	2165,83	ab
		Alta	28,44	11,90	b	1725,32	527,71	b
10 a 20 cm	Planossolo	Referência	15,37	8,05	a	1136,24	554,69	a
		Baixa	20,76	16,19	0,326	1349,54	883,30	0,302
		Média	17,93	8,37	a	1428,87	747,53	a
		Alta	27,80	12,36	a	2082,33	560,10	a
	Gleissolo	Referência	30,31	23,10	a	2346,68	1438,58	a
		Baixa	63,94	39,74	0,291	4134,61	2409,27	0,364
		Média	43,60	20,97	a	2934,81	1349,71	a
		Alta	30,83	17,00	a	2220,12	897,40	a
	Organossolo	Referência	110,66	38,52	a	5308,18	1317,23	a
		Baixa	91,10	23,16	0,012	4711,12	1079,94	0,006
		Média	69,09	21,98	ab	3620,58	994,39	ab
		Alta	28,94	11,40	b	1799,97	538,14	b
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	10,62	3,93	a	744,04	374,22	a
		Baixa	11,22	1,71	0,113	768,48	280,40	0,571
		Média	5,89	3,03	a	491,51	304,50	a
		Alta	11,01	3,81	a	840,74	467,22	a
	Gleissolo	Referência	16,91	10,82	a	1324,97	762,84	a
		Baixa	30,50	19,66	0,282	1909,23	1145,89	0,473
		Média	18,54	14,35	a	1202,14	961,86	a
		Alta	11,30	4,61	a	929,67	483,72	a
	Organossolo	Referência	69,84	11,54	a	3251,32	496,62	a
		Baixa	48,02	18,57	0,006	2443,01	1021,83	0,008
		Média	15,15	3,76	bc	786,04	192,88	bc
		Alta	4,70	0,89	c	291,17	58,43	c

$\sigma$  – Desvio padrão; Valor- $p$  – probabilidade de significância; valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 6.** Estatística geral dos teores e estoque de COT e NT e relação C/N

Parâmetro	Teores COT (g kg <sup>-1</sup> )	Estoque COT (Mg ha <sup>-1</sup> )	Teores NT (g kg <sup>-1</sup> )	Estoque NT (kg ha <sup>-1</sup> )	Relação C/N
----- <i>Planossolo</i> -----					
Mínimo	1,248638	2,13	0,073	125,25	0,8
Máximo	29,749	45,91	2,349	3625,54	18,5
Média	10,66715	16,7775	0,8668125	1360,837	13,35
Erro padrão	0,9959385	1,510025	0,07623893	115,4979	0,533148
Variância	47,61089	109,4484	0,2789939	640308,5	13,64383
Desvio padrão	6,900064	10,46176	0,5281988	800,1928	3,693756
Mediana	8,509738	13,97	0,7095	1131,515	13,35
25 percentil	5,883034	9,79	0,41875	680	11,35
75 percentil	13,335	20,5775	1,1895	1835,227	16,225
Média Geom.	8,559363	13,66906	0,7041495	1124,472	12,15446
Coef. Variação	64,68516	62,35588	60,93576	58,80153	27,66858
Shapiro-Wilk W	0,8996	0,8992	0,9336	0,9366	0,8717
p (normal)	0,0006102	0,0005945	0,009256	0,01201	8,66E-05
----- <i>Gleissolo</i> -----					
Mínimo	2,092865	2,99	0,185	264,77	9,5
Máximo	76,877	94,48	4,989	6131,25	17,7
Média	27,49948	34,70146	1,929938	2434,644	13,61875
Erro padrão	3,029471	3,685157	0,1896752	229,2252	0,295739
Variância	440,5294	651,8585	1,726881	2522120	4,198152
Desvio padrão	20,98879	25,53152	1,314109	1588,119	2,048939
Mediana	19,48199	24,225	1,554	2052,7	13,6
25 percentil	10,58234	14,81	0,9665	1210,342	12,15
75 percentil	45,3615	55,7475	2,8905	3552,037	15,4
Média Geom.	19,71612	25,48489	1,464362	1892,802	13,46271
Coef. Variação	76,32434	73,57477	68,09073	65,23002	15,04499
Shapiro-Wilk W	0,8913	0,8995	0,919	0,9298	0,977
p (normal)	0,0003329	0,0006073	0,002732	0,006701	0,4603
----- <i>Organossolo</i> -----					
Mínimo	9,468386	3,82	0,556	224,47	12,4
Máximo	300,709	159,08	12,496	6610,69	26
Média	125,8972	62,83444	6,554511	3282,616	18,60667
Erro padrão	11,02626	5,81444	0,5320205	284,9148	0,3815095
Variância	5471,027	1521,347	12,73706	3652941	6,549727
Desvio padrão	73,96639	39,00445	3,568902	1911,267	2,559243
Mediana	132,6138	66,82	7,129	3591,23	18,6
25 percentil	45,35723	23,57	3,002	1561,085	17,1
75 percentil	181,1624	89,845	9,2235	4799,1	20
Média Geom.	94,62987	45,74615	5,133722	2481,77	18,43498
Coef. Variação	58,7514	62,07495	54,44955	58,22389	13,75444
Shapiro-Wilk W	0,9589	0,9628	0,9456	0,9544	0,9776
p (normal)	0,1106	0,1559	0,03482	0,07466	0,5253

**Apêndice 7.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos teores de macronutrientes nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	Solo	Frequência	P			K			Ca			Mg							
			$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$						
			$mg\ dm^{-3}$						$cmol_c\ dm^{-3}$										
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	5,00	4,01		a	27,00	22,76		a	2,40	0,72		a	1,08	0,39		a	
		Baixa	3,20	0,49	0,984	a	15,50	5,92	0,910	a	3,25	1,91	0,533	a	1,25	0,96	0,453	a	
		Média	4,10	2,46		a	15,33	30,90		a	2,17	2,06		a	0,87	1,06		a	
	Gleissolo	Alta	3,68	1,37		a	19,75	9,43		a	4,13	0,81		a	1,80	0,47		a	
		Referência	4,43	1,99		a	29,75	10,69		a	7,43	2,86		a	3,40	1,26		a	
		Baixa	4,38	3,14	0,064	a	15,75	5,06	0,157	a	4,70	2,60	0,197	a	2,15	1,00	0,220	a	
	Organossolo	Média	1,95	0,64		a	13,50	3,51		a	4,20	1,87		a	2,00	0,88		a	
		Alta	2,88	0,65		a	16,25	3,10		a	4,55	1,01		a	2,38	0,65		a	
		Referência	16,23	10,81		a	32,00	3,74		a	5,83	2,85		a	2,30	1,30		a	
	20 a 40 cm	Planossolo	Baixa	3,88	0,75	0,012	ab	25,50	15,02	0,113	a	4,08	0,38	0,324	a	1,35	0,29	0,083	a
			Média	2,40	0,90		b	17,75	7,27		a	6,45	1,85		a	2,98	0,82		a
			Alta	2,60	0,75		b	17,67	4,51		a	6,10	1,04		a	2,77	0,42		a
Gleissolo		Referência	2,75	1,54		a	14,25	9,91		a	1,90	0,73		a	0,83	0,46		a	
		Baixa	2,13	0,36	0,930	a	14,75	10,90	0,337	a	2,25	1,43	0,390	a	1,08	0,91	0,450	a	
		Média	2,50	1,98		a	13,33	8,92		a	1,53	0,96		a	0,70	0,58		a	
Organossolo		Alta	2,13	1,10		a	14,00	6,06		a	2,73	0,77		a	1,33	0,34		a	
		Referência	4,75	4,89		a	17,25	6,95		a	5,03	3,14		a	2,63	1,58		a	
		Baixa	3,55	3,65	0,065	a	9,00	2,16	0,186	a	3,20	1,41	0,346	a	2,00	0,99	0,563	a	
Organossolo		Média	1,08	0,38		a	10,75	4,99		a	2,38	1,41		a	1,40	0,89		a	
		Alta	1,78	0,74		a	11,25	5,19		a	3,08	1,73		a	1,98	1,17		a	
		Referência	16,00	0,75		a	35,00	19,03		a	2,90	0,70		a	1,30	0,61		a	
Organossolo	Baixa	3,68	4,24	0,008	ab	13,00	2,16	0,016	ab	3,75	1,70	0,577	a	1,60	0,55	0,663	a		
	Média	1,83	2,07		b	10,00	3,65		b	2,75	0,75		a	1,63	0,62		a		
	Alta	1,30	0,57		b	9,00	1,00		b	3,00	0,61		a	1,87	0,59		a		

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância; P e K disponível, extraídos por Mehlich-1; Ca e Mg extraído por KCl 1mol L<sup>-1</sup>. Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 8.** Estatística geral para os teores de macronutrientes

<b>Parâmetro</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
-----Planossolos-----				
Mínimo	0,9	8	0,8	0,3
Máximo	11	77	5,9	2,9
Média	3,184375	19,21875	2,70625	1,209375
Erro padrão	0,3545246	2,640692	0,2371257	0,119926
Variância	4,022006	223,1442	1,799315	0,4602319
Desvio padrão	2,005494	14,93801	1,341385	0,6784039
Mediana	2,8	14	2,35	1,05
25 percentil	1,925	11	1,525	0,625
75 percentil	3,4	21,25	3,475	1,6
Média Geom.	2,736506	16,06699	2,399292	1,033215
Coef. Variação	62,9792	77,72623	49,5662	56,09541
Shapiro-Wilk W	0,7996	0,6651	0,9183	0,924
p (normal)	4,012E-05	2,719E-07	0,01869	0,0268
-----Gleissolos-----				
Mínimo	0,8	7	0,8	0,4
Máximo	12	39	11,3	5,1
Média	3,096875	15,4375	4,31875	2,240625
Erro padrão	0,4621672	1,4106	0,4219396	0,1953006
Variância	6,835151	63,67339	5,697056	1,220554
Desvio padrão	2,614412	7,979561	2,386851	1,104787
Mediana	2,25	14	4,15	2,2
25 percentil	1,6	9,25	2,275	1,425
75 percentil	3,475	18	5,675	2,875
Média Geom.	2,426217	13,8465	3,641222	1,942235
Coef. Variação	84,42098	51,68946	55,26717	49,30709
Shapiro-Wilk W	0,721	0,8452	0,9487	0,9699
p (normal)	1,818E-06	0,0003273	0,1327	0,4968
-----Organossolos-----				
Mínimo	1	6	1,7	0,5
Máximo	26	62	8,8	4,1
Média	6,256667	20,43333	4,343333	1,95
Erro padrão	1,314077	2,311234	0,3574393	0,1601544
Variância	51,80392	160,254	3,832885	0,7694828
Desvio padrão	7,197494	12,65915	1,957776	0,8772017
Mediana	3,1	16	3,75	1,95
25 percentil	1,875	11,75	2,875	1,275
75 percentil	7,2	28	6	2,45
Média Geom.	3,856543	17,40866	3,944816	1,739637
Coef. Variação	115,0372	61,95342	45,07542	44,9847
Shapiro-Wilk W	0,6938	0,8581	0,9206	0,9727
p (normal)	1,269E-06	0,0009226	0,02785	0,6155

**Apêndice 9.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias das relações Ca/Mg; Ca/K e Mg/K nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	SOLO	Frequência	Ca/Mg	$\sigma$	$\rho$	Ca/K	$\sigma$	$\rho$	Mg/K	$\sigma$	$\rho$			
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	2,32	0,64		a	45,58	20,91	a	19,30	6,14	a		
		Baixa	2,90	0,68	0,434	a	76,73	21,64	0,107	a	28,86	15,54	0,172	a
		Média	2,46	0,24		a	56,72	27,56		a	22,66	9,46		a
		Alta	2,32	0,18	a	93,08	39,51	a	40,20	16,84	a			
	Gleissolo	Referência	2,18	0,23		a	110,19	62,97	a	51,12	30,28	a		
		Baixa	2,10	0,51	0,082	a	139,55	97,60	0,904	a	61,20	34,89	0,957	a
		Média	2,08	0,37		a	123,75	62,84		a	58,12	24,35		a
		Alta	1,94	0,27	a	109,09	5,57	a	57,10	9,16	a			
	Organossolo	Referência	2,77	0,57		ab	71,88	37,75	b	28,36	17,06	b		
		Baixa	3,09	0,47	0,012	a	80,44	46,84	0,047	b	27,92	19,97	0,013	b
		Média	2,16	0,10		c	146,88	17,20		a	68,06	8,57		a
		Alta	2,20	0,10	bc	144,71	57,22	ab	65,70	26,29	ab			
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	2,45	0,42		a	59,15	15,18	a	24,10	4,57	a		
		Baixa	2,43	0,92	0,623	a	64,47	22,68	0,195	a	27,56	9,01	0,187	a
		Média	2,28	0,41		a	46,03	21,73		a	20,82	9,62		a
		Alta	2,05	0,09	a	81,70	30,02	a	40,21	15,68	a			
	Gleissolo	Referência	1,91	0,26		a	119,05	71,64	a	63,71	43,18	a		
		Baixa	1,68	0,32	0,283	a	137,28	57,58	0,530	a	84,68	38,57	0,526	a
		Média	1,77	0,18		a	85,01	36,84		a	49,93	25,58		a
		Alta	1,57	0,15	a	104,43	19,19	a	66,69	12,89	a			
	Organossolo	Referência	2,66	1,42		ab	39,74	19,45	b	16,49	9,94	c		
		Baixa	2,30	0,32	0,046	a	111,18	37,15	0,002	a	48,00	12,09	0,000	b
		Média	1,77	0,27		b	110,61	16,39		a	63,25	10,81		ab
		Alta	1,66	0,23	b	129,57	15,75	a	79,94	18,45	a			

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância; valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 10.** Estatística geral para as relações Ca/Mg; Ca/K e Mg/K

<b>Parâmetro</b>	<b>Ca/Mg</b>	<b>Ca/K</b>	<b>Mg/K</b>
-----Planossolos-----			
Mínimo	1,8	20	9
Máximo	3,8	146	62,6
Média	2,36875	64,3125	27,7375
Erro padrão	0,09206825	5,044447	2,299113
Variância	0,27125	814,2863	169,1495
Desvio padrão	0,5208167	28,5357	13,00575
Mediana	2,3	62	23,8
25 percentil	2	40,75	20,375
75 percentil	2,575	77,25	32,45
Média Geom.	2,319579	58,33909	25,14796
Coef. Variação	21,98698	44,37038	46,88869
Shapiro-Wilk W	0,8741	0,9503	0,8858
p (normal)	0,001446	0,1468	0,002742
-----Gleissolo-----			
Mínimo	1,4	23	14,2
Máximo	2,7	235	127,1
Média	1,90625	116,0313	61,56563
Erro padrão	0,05870537	9,630417	4,950451
Variância	0,1102823	2967,838	784,223
Desvio padrão	0,3320877	54,47786	28,00398
Mediana	1,8	110,5	57,45
25 percentil	1,7	79,25	40,725
75 percentil	2,175	129,75	85,025
Média Geom.	1,879254	102,7903	54,8467
Coef. Variação	17,421	46,95103	45,48639
Shapiro-Wilk W	0,9508	0,9419	0,9664
p (normal)	0,152	0,08483	0,4067
-----Organossolo-----			
Mínimo	1,5	15	6,3
Máximo	4,8	202	93,2
Média	2,35	102,2	48,18
Erro padrão	0,1294329	8,465943	4,684748
Variância	0,5025862	2150,166	658,4058
Desvio padrão	0,7089331	46,36988	25,65942
Mediana	2,2	108,5	51,45
25 percentil	1,9	68,75	29
75 percentil	2,6	143	68,1
Média Geom.	2,265628	88,6974	39,08357
Coef. Variação	30,16737	45,3717	53,25741
Shapiro-Wilk W	0,846	0,9805	0,9613
p (normal)	0,0005109	0,8395	0,3346

**Apêndice 11.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos atributos acidez potencial,  $CTC_{pH\ 7,0}$ , saturação por bases e por alumínio nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	SOLO	Frequência	$H^+ + Al^{3+}$ ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	$\sigma$	$p$	$CTC$ ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	$\sigma$	$p$	V %	$\sigma$	$p$	m %	$\sigma$	$p$
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	4,15	1,24		7,93	1,89		46,78	4,96		5,98	2,09	
		Baixa	5,10	1,75	0,543	9,65	3,79	0,477	44,50	15,78	0,743	9,03	8,04	0,657
		Média	4,28	1,11		8,80	4,19		48,59	11,41		6,68	5,92	
	Gleissolo	Alta	5,75	2,48		11,75	3,62		52,68	7,39		3,40	1,69	
		Referência	9,23	4,56		20,20	7,28		55,39	10,47		3,98	2,35	
		Baixa	12,10	5,53	0,680	19,05	8,93	0,737	36,40	3,30	0,027	10,75	6,40	0,072
	Organossolo	Média	9,60	2,93		15,85	5,58		38,39	6,18		10,53	7,25	
		Alta	9,20	0,58		16,28	2,07		43,62	4,45		4,58	1,78	
		Referência	50,20	14,77		58,48	17,19		14,04	6,40		30,55	21,75	
	Planossolo	Baixa	35,00	13,09	0,007	40,50	12,59	0,005	14,86	4,75	0,009	35,30	8,25	0,017
		Média	18,98	6,10		28,50	8,65		33,74	3,05		9,98	4,11	
		Alta	8,77	1,85		17,73	2,80		50,87	4,87		4,93	3,49	
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	4,15	0,50		6,90	1,74		39,64	7,37		13,65	4,55	
		Baixa	4,73	1,01	0,161	8,08	3,37	0,485	39,17	10,31	0,070	10,50	6,59	0,239
		Média	2,83	1,47		5,70	3,01		51,11	6,29		7,25	6,98	
	Gleissolo	Alta	4,45	1,45		8,55	2,59		49,12	2,00		5,75	1,68	
		Referência	9,10	7,33		16,88	11,81		51,18	15,13		10,35	7,43	
		Baixa	14,13	8,52	0,582	19,35	10,76	0,572	31,92	10,77	0,218	20,48	10,07	0,218
	Organossolo	Média	7,58	3,37		11,40	5,67		32,61	5,75		22,88	11,28	
		Alta	9,80	6,96		12,68	5,00		37,56	14,17		11,95	4,43	
		Referência	48,75	4,58		53,08	4,37		9,67	2,84		48,48	11,12	
	Planossolo	Baixa	29,45	6,26	0,007	34,83	6,34	0,000	15,81	5,98	0,009	39,53	14,15	0,019
		Média	18,15	7,96		22,58	9,15		20,56	2,98		34,05	4,00	
		Alta	8,03	2,72		13,00	2,94		39,15	10,82		17,83	10,00	

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância; valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 12.** Estatística geral dos atributos  $H^+ + Al^{3+}$ , CTC, V % e m %

Parâmetro	$H^+ + Al^{3+}$ ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	CTC ( $pH_{7,00}$ )	V %	m %
-----Planossolos-----				
Mínimo	1,6	2,7	31	0
Máximo	8,7	15,9	66	19
Média	4,428125	8,41875	45,65625	7,778125
Erro padrão	0,2707604	0,5743937	1,610581	0,9805645
Variância	2,345958	10,5577	83,00706	30,76822
Desvio padrão	1,531652	3,249262	9,110821	5,54691
Mediana	4,4	7,45	46,5	6,75
25 percentil	3,6	6,125	38	3,025
75 percentil	4,9	9,8	51,5	12,825
Média Geom.	4,175519	7,82715	44,76385	0
Coef. Variação	34,58918	38,59554	19,95525	71,31424
Shapiro-Wilk W	0,9438	0,9359	0,9629	0,9216
p (normal)	0,09573	0,05738	0,3296	0,02294
-----Gleissolos-----				
Mínimo	1,7	3,7	23	0
Máximo	21,8	29	72	37,3
Média	10,09063	16,45937	40,53125	11,93438
Erro padrão	0,929483	1,316879	1,976671	1,581729
Variância	27,64604	55,49346	125,0313	80,05975
Desvio padrão	5,25795	7,449393	11,18174	8,947611
Mediana	9,7	16,45	40	9,4
25 percentil	5,675	8,975	33	4,85
75 percentil	15,4	23,075	46,5	18,55
Média Geom.	8,54187	14,45296	39,15265	0
Coef. Variação	52,10728	45,25927	27,58794	74,97344
Shapiro-Wilk W	0,9596	0,9549	0,9317	0,9108
p (normal)	0,2679	0,1986	0,04362	0,0118
-----Organossolos-----				
Mínimo	5,5	11,3	6	2
Máximo	68,6	76,8	56	62,5
Média	28,41667	34,8	22,53333	28,66
Erro padrão	3,14129	3,182726	2,542844	3,163141
Variância	296,0311	303,8924	193,9816	300,1639
Desvio padrão	17,20555	17,43251	13,92773	17,32524
Mediana	27,4	33	19	28,85
25 percentil	13	19,95	11,75	14,2
75 percentil	43,3	49,725	31,25	39,525
Média Geom.	23,02258	30,52208	18,67038	21,89956
Coef. Variação	60,5474	50,09342	61,80944	60,45093
Shapiro-Wilk W	0,9325	0,9488	0,9024	0,9611
p (normal)	0,05739	0,1569	0,009642	0,3305

**Apêndice 13.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias da saturação da CTC por bases nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	Solo	Frequência	K			Ca			Mg			Na							
			$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$						
% CTC																			
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	0,83	0,50		a	30,64	1,12		a	13,92	3,51		a	1,39	1,08		a	
		Baixa	0,41	0,01	0,073	a	31,40	9,27	0,690	a	11,85	6,64	0,723	a	0,84	0,30	0,522	a	
		Média	0,61	0,43		a	29,96	7,22		a	12,13	4,13		a	1,23	0,45		a	
	Gleissolo	Alta	0,43	0,16		a	35,88	5,70		a	15,40	1,76		a	0,97	0,16		a	
		Referência	0,43	0,22		a	37,13	7,95		a	16,95	2,53		a	0,89	0,25		a	
		Baixa	0,34	0,38	0,470	a	23,75	3,55	0,052	b	11,57	1,62	0,011	b	0,73	0,47	0,344	a	
	Organossolo	Média	0,24	0,09		a	25,23	5,30		b	12,17	1,68		b	0,76	0,10		a	
		Alta	0,25	0,03		a	27,49	3,51		ab	14,29	2,17		ab	1,58	1,07		a	
		Referência	0,15	0,05		a	9,61	4,05		c	3,75	2,01		cb	0,53	0,56		a	
	Planossolo	Baixa	0,17	0,12	0,164	a	10,76	3,25	0,009	bc	3,64	1,43	0,009	c	0,29	0,16	0,123	a	
		Média	0,16	0,02		a	22,71	2,23		ab	10,50	0,88		ab	0,37	0,05		a	
		Alta	0,26	0,10		a	34,28	3,16		a	15,61	1,79		a	0,71	0,09		a	
	20 a 40 cm	Planossolo	Referência	0,48	0,19		a	26,43	2,60		a	11,15	2,90		a	1,57	1,82		a
			Baixa	0,43	0,14	0,148	a	25,88	5,73	0,060	a	11,76	4,95	0,183	a	1,10	0,37	0,111	a
			Média	0,84	0,29		a	32,79	3,56		a	14,76	3,11		a	2,92	1,85		a
Gleissolo		Alta	0,42	0,12		a	31,43	0,88		a	15,39	1,05		a	1,88	0,55		a	
		Referência	0,38	0,24		a	32,88	11,06		a	16,95	3,58		a	0,98	0,72		a	
		Baixa	0,19	0,19	0,450	a	19,21	6,72	0,113	a	11,51	3,37	0,190	a	1,00	0,86	0,657	a	
Organossolo		Média	0,27	0,12		a	19,59	2,92		a	11,23	2,39		a	1,53	0,88		a	
		Alta	0,22	0,09		a	21,76	7,91		a	14,10	5,61		a	1,48	0,68		a	
		Referência	0,17	0,09		ab	5,42	1,53		c	2,42	1,18		c	1,66	1,31		a	
Organossolo	Baixa	0,10	0,02	0,046	a	10,84	4,58	0,009	bc	4,61	1,42	0,009	bc	0,26	0,06	0,071	a		
	Média	0,11	0,01		ab	12,72	2,17		ab	7,23	1,10		ab	0,48	0,04		a		
	Alta	0,18	0,04		b	23,42	5,63		a	14,53	5,06		a	1,03	0,18		a		

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância; valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 14.** Estatística geral da saturação da CTC<sub>pH 7,0</sub> por bases

Parâmetro	% K CTC	% Ca CTC	% Mg CTC	% Na CTC
-----Planossolos-----				
Mínimo	0,3	19,4	6,3	0,5
Máximo	1,6	43,5	21,6	5,5
Média	0,571875	30,7875	13,61562	1,475
Erro padrão	0,05448335	0,9896007	0,672548	0,1920286
Variância	0,09498992	31,3379	14,47426	1,18
Desvio padrão	0,3082043	5,598027	3,804506	1,086278
Mediana	0,5	30,55	14,25	1,2
25 percentil	0,4	26,9	10,6	0,8
75 percentil	0,675	33,375	16,175	1,675
Média Geom.	0,5141293	30,29647	13,05663	1,232169
Coef. Variação	53,89366	18,18279	27,9422	73,64597
Shapiro-Wilk W	0,7767	0,9719	0,9803	0,7313
p (normal)	1,534E-05	0,5523	0,8078	2,65E-06
-----Gleissolos-----				
Mínimo	0,1	11,5	6,5	0,1
Máximo	0,9	48,9	22,1	3
Média	0,2875	25,88437	13,6	1,125
Erro padrão	0,03556854	1,490427	0,6276717	0,1244342
Variância	0,04048387	71,08394	12,6071	0,4954839
Desvio padrão	0,201206	8,431129	3,550647	0,7039062
Mediana	0,2	25,1	13,25	0,9
25 percentil	0,1	20,2	11,55	0,6
75 percentil	0,4	30,175	15,65	1,625
Média Geom.	0,231317	24,62836	13,13844	0,9223866
Coef. Variação	69,98471	32,57227	26,1077	62,56944
Shapiro-Wilk W	0,8402	0,9306	0,9837	0,8948
p (normal)	0,0002561	0,04078	0,8965	0,004572
-----Organossolos-----				
Mínimo	0,1	4,3	1	0,2
Máximo	0,4	37,9	20,2	3,3
Média	0,153333	15,37	7,3	0,65
Erro padrão	0,015708	1,683894	0,912493	0,119169
Variância	0,007402	85,06493	24,97931	0,426035
Desvio padrão	0,086037	9,223065	4,997931	0,652713
Mediana	0,1	13,1	5,9	0,4
25 percentil	0,1	7,7	3,575	0,2
75 percentil	0,2	20,65	10,3	0,825
Média Geom.	0,136872	12,8552	5,681972	0,472358
Coef. Variação	56,11083	60,00693	68,4648	100,4174
Shapiro-Wilk W	0,6548	0,9121	0,9175	0,6839
p(normal)	3,656E-07	0,01678	0,02315	9,167E-07

**Apêndice 15.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos teores de enxofre e de ferro, risco de toxidez por Fe<sup>2+</sup> e saturação de Na<sup>+</sup> na CTC<sub>pH 7,0</sub> nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	SOLO	Frequência	S (mg dm <sup>-3</sup> )	$\sigma$	$p$	Fe (g dm <sup>-3</sup> )	$\sigma$	$p$	PSFe <sup>2+</sup> (%)	$\sigma$	$p$	PST (%)	$\sigma$	$p$				
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	10,68	6,98		a	0,78	0,34	0,109	a	45,22	4,22	a	1,38	1,13	a		
		Baixa	8,40	3,14	0,213	a	0,78	0,41		a	38,76	7,97	0,258	a	0,85	0,31	0,620	a
		Média	10,77	3,19		a	1,07	0,44	a	56,45	14,19	a		1,29	0,46	a		
	Alta	15,00	2,94	a		1,48	0,51	a	47,22	12,87	a	0,98		0,17	a			
	Gleissolo	Referência	12,50	3,00		a	1,13	0,47	0,533	a	23,74	7,95	a	0,89	0,25		a	
		Baixa	15,70	7,44	0,773	a	1,15	0,24		a	30,38	19,55	0,589	a	0,74	0,48	0,208	a
		Média	13,50	2,52		a	1,18	0,21	a	32,36	14,23	a		0,76	0,10	a		
	Alta	13,05	3,67	a		1,45	0,47	a	32,48	8,23	a	1,61		1,11	a			
	Organossolo	Referência	25,50	2,38		a	2,35	0,54	<b>0,015</b>	a	14,07	6,32	a	0,53	0,56		a	
		Baixa	18,00	9,56	0,312	a	1,35	0,06		ab	13,07	3,36	0,093	a	0,29	0,16	0,357	a
		Média	22,00	0,00		a	1,13	0,19	b	16,19	2,97	a		0,37	0,05	a		
	Alta	18,33	7,02	a		1,20	0,10	b	26,51	4,87	a	0,71		0,09	a			
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	12,05	13,31		a	0,63	0,19	0,327	a	47,13	4,35	a	1,63	1,91		a	
		Baixa	8,75	3,41	0,175	a	0,60	0,22		a	41,71	10,85	0,156	a	1,11	0,38	0,399	a
		Média	8,80	5,08		a	0,63	0,28	a	69,21	22,99	a		2,87	2,02	a		
	Alta	18,50	4,51	a		0,93	0,34	a	48,02	12,15	a	1,92		0,58	a			
	Gleissolo	Referência	13,58	8,25		a	0,90	0,42	0,603	a	31,12	15,72	a	0,98	0,72		a	
		Baixa	12,45	4,61	0,970	a	1,08	0,46		a	32,90	25,84	0,623	a	1,02	0,89	0,575	a
		Média	13,65	6,77		a	0,83	0,43	a	37,66	16,47	a		1,56	0,91	a		
	Alta	14,70	5,97	a		1,23	0,49	a	38,85	7,91	a	1,57		0,56	a			
	Organossolo	Referência	28,00	7,75		a	1,18	0,51	0,087	a	8,65	2,64	a	1,71	1,36		a	
		Baixa	17,50	4,80	<b>0,007</b>	ab	1,33	0,25		a	14,42	2,59	<b>0,015</b>	ab	0,26	0,06	0,066	a
		Média	15,73	4,32		b	1,00	0,22	a	20,12	6,20	b		0,49	0,04	a		
	Alta	11,00	1,00	b		0,77	0,32	a	27,60	5,85	b	1,03		0,18	a			

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância. Na<sup>+</sup> extraído por Mehlich-1; S extraído por fosfato de Ca 500 mg P L<sup>-1</sup>. Fe extraído por oxalato de amônio 0,2 mol L<sup>-1</sup> a pH 6,0. Valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 16.** Estatística geral dos teores de enxofre e de ferro, risco de toxidez por  $\text{Fe}^{2+}$  e saturação de  $\text{Na}^+$  na  $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$

Parâmetro	S ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	Fe ( $\text{g dm}^{-3}$ )	PST (%)	PSFe <sup>2+</sup> (%)
-----Planossolos-----				
Mínimo	4,7	0,4	0,5	27,5
Máximo	32	2,2	5,9	97,9
Média	12,00625	0,884375	1,515625	49,225
Erro padrão	1,121904	0,0750147	0,204935	2,530854
Variância	40,27738	0,1800706	1,343942	204,9671
Desvio padrão	6,346446	0,4243472	1,159285	14,31667
Mediana	11,5	0,9	1,15	45,55
25 percentil	6,075	0,5	0,8	39,825
75 percentil	15,75	1,15	1,75	56,75
Média Geom.	10,53435	0,7979056	1,256918	47,4497
Coef. Variação	52,85952	47,98272	76,4889	29,08415
Shapiro-Wilk W	0,9005	0,8898	0,7109	0,9034
p(normal)	0,006379	0,003432	1,27E-06	0,00755
-----Gleissolos-----				
Mínimo	5,8	0,4	0,1	12,9
Máximo	24	1,9	3,1	71,5
Média	13,64063	1,115625	1,140625	32,44062
Erro padrão	0,897486	0,07171704	0,127464	2,559273
Variância	25,77539	0,1645867	0,519909	209,596
Desvio padrão	5,076947	0,4056929	0,721047	14,47743
Mediana	13	1,15	0,9	28,75
25 percentil	10,25	0,8	0,625	22,2
75 percentil	17	1,4	1,625	39,825
Média Geom.	12,72322	1,034969	0,935359	29,68868
Coef. Variação	37,21932	36,36463	63,21511	44,62748
Shapiro-Wilk W	0,944	0,9702	0,883	0,9078
p(normal)	0,09696	0,5051	0,002353	0,009871
-----Organossolos-----				
Mínimo	9,9	0,4	0,2	6,5
Máximo	39	2,8	3,4	34,3
Média	19,83	1,306667	0,656667	16,95
Erro padrão	1,292837	0,09707603	0,12296	1,314593
Variância	50,14286	0,2827126	0,453575	51,84466
Desvio padrão	7,081162	0,5317073	0,67348	7,200323
Mediana	20	1,2	0,4	15,25
25 percentil	13	1	0,2	12,525
75 percentil	25	1,4	0,825	22,675
Média Geom.	18,60718	1,215417	0,473637	15,49061
Coef. Variação	35,70934	40,69188	102,5603	42,47978
Shapiro-Wilk W	0,9466	0,852	0,6744	0,9481
p(normal)	0,137	0,0006822	6,76E-07	0,1501

**Apêndice 17.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias dos teores de micronutrientes nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	Solo	Frequência	Zn			Cu			B			Mn						
			$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$		$\sigma$	$p$					
-----mg dm <sup>-3</sup> -----																		
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	0,90	1,07		a	0,63	0,15		a	0,28	0,10		a	6,50	8,43		a
		Baixa	0,95	0,66	0,460	a	0,50	0,00	0,298	a	0,23	0,05	0,424	a	7,75	8,43	0,160	a
		Média	1,00	0,65		a	0,50	0,31		a	0,20	0,05		a	12,33	8,43		a
		Alta	1,45	0,26		a	0,78	0,17		a	0,20	0,00		a	23,00	8,43		a
	Gleissolo	Referência	2,75	2,15		a	0,60	0,08		a	0,35	0,06		a	33,00	12,08		a
		Baixa	0,85	0,21	0,160	a	0,33	0,10	0,110	a	0,28	0,05	0,176	a	12,25	3,86	0,065	a
		Média	1,08	0,38		a	0,33	0,19		a	0,28	0,05		a	14,00	7,62		a
		Alta	1,93	0,72		a	0,75	0,47		a	0,28	0,05		a	34,25	15,56		a
	Organossolo	Referência	2,45	0,97		a	0,13	0,05		b	0,38	0,10		a	17,00	10,80		a
		Baixa	1,35	0,75	0,174	a	0,15	0,06	0,033	ab	0,25	0,06	0,002	ab	11,00	7,62	0,520	a
		Média	1,53	0,74		a	0,10	0,00		b	0,18	0,05		b	15,75	8,10		a
		Alta	1,37	0,23		a	0,57	0,32		a	0,20	0,00		b	14,67	6,43		a
20 a 40 cm	Planossolo	Referência	0,45	0,44		a	0,65	0,31		a	0,25	0,10		a	4,00	6,00		a
		Baixa	0,50	0,42	0,504	a	0,43	0,22	0,530	a	0,23	0,05	0,996	a	9,00	14,70	0,107	a
		Média	0,50	0,22		a	0,53	0,16		a	0,20	0,05		a	7,00	5,74		a
		Alta	0,73	0,52		a	0,63	0,21		a	0,23	0,05		a	26,00	13,54		a
	Gleissolo	Referência	0,98	0,78		a	0,40	0,14		a	0,28	0,05		a	18,75	13,52		a
		Baixa	0,38	0,13	0,243	a	0,33	0,19	0,120	a	0,28	0,05	0,764	a	10,50	7,42	0,248	a
		Média	0,35	0,24		a	0,23	0,15		a	0,28	0,05		a	8,75	10,47		a
		Alta	0,53	0,28		a	0,50	0,12		a	0,30	0,00		a	33,75	29,67		a
	Organossolo	Referência	1,28	1,23		a	0,10	0,00		a	0,40	0,00		a	13,50	7,05		a
		Baixa	0,50	0,27	0,089	a	0,18	0,05	0,348	a	0,28	0,05	0,012	ab	8,75	5,91	0,844	a
		Média	0,45	0,21		a	0,15	0,06		a	0,20	0,08		b	9,50	3,70		a
		Alta	0,30	0,10		a	0,47	0,45		a	0,20	0,00		b	13,00	9,54		a

$\sigma$  – Desvio padrão; Valor- $p$  – probabilidade de significância. Zn e Cu disponíveis extraídos em solução Mehlich-1; Mn extraído por KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>; e B disponível, extraído em água quente valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 18. Estatística geral para os teores de micronutrientes**

<b>Parâmetro</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Bo</b>	<b>Mn</b>
----- <i>Planossolos</i> -----				
Mínimo	0,2	0,2	0,2	1
Máximo	2,5	1,1	0,4	43
Média	0,85	0,60625	0,23125	12,59375
Erro padrão	0,1108072	0,03755037	0,01047029	2,097358
Variância	0,3929032	0,04512097	0,003508065	140,7651
Desvio padrão	0,6268199	0,212417	0,05922892	11,86445
Mediana	0,55	0,6	0,2	12
25 percentil	0,325	0,5	0,2	1,25
75 percentil	1,3	0,7	0,275	19
Média Geom.	0,645781	0,570148	0,225352	6,471075
Coef. Variação	73,74352	35,03785	25,6125	94,20901
Shapiro-Wilk W	0,8776	0,94	0,5768	0,8745
p(normal)	0,001745	0,0751	1,945E-08	0,001475
----- <i>Gleissolos</i> -----				
Mínimo	0,2	0,1	0,2	1
Máximo	5,7	1,3	0,4	70
Média	1,103125	0,43125	0,2875	20,65625
Erro padrão	0,195436	0,04409427	0,008695104	2,936701
Variância	1,222248	0,06221774	0,002419355	275,9748
Desvio padrão	1,105553	0,2494348	0,04918694	16,61249
Mediana	0,75	0,4	0,3	13,5
25 percentil	0,4	0,225	0,3	8,5
75 percentil	1,375	0,6	0,3	37,5
Média Geom.	0,7691164	0,3683073	0,2830824	14,49599
Coef. Variação	100,2201	57,83996	17,1085	80,42355
Shapiro-Wilk W	0,72	0,8709	0,6631	0,8623
p(normal)	1,756E-06	0,001218	2,555E-07	0,0007742
----- <i>Organossolos</i> -----				
Mínimo	0,2	0	0,1	3
Máximo	3,8	0,9	0,5	33
Média	1,173333	0,21	0,2633333	12,83333
Erro padrão	0,1682864	0,0399281	0,01760573	1,321862
Variância	0,8496092	0,04782759	0,009298851	52,41954
Desvio padrão	0,9217425	0,2186952	0,09643055	7,240134
Mediana	0,95	0,1	0,2	11
25 percentil	0,4	0,1	0,2	8
75 percentil	1,625	0,2	0,3	17
Média Geom.	0,8625069	0	0,2462381	11,00846
Coef. Variação	78,5576	104,1406	36,6192	56,41663
Shapiro-Wilk W	0,8756	0,6095	0,8726	0,8989
p(normal)	0,002242	9,56E-08	0,001915	0,007896

**Apêndice 19.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Camada	Solo	Frequência	Ds			Macro porosidade			Micro porosidade			Porosidade total							
			$\sigma$	$\rho$	$\rho$	$\sigma$	$\rho$	$\rho$	$\sigma$	$\rho$	$\rho$	$\sigma$	$\rho$						
			-----cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> -----																
0 a 20 cm	Planossolo	Referência	1,57	0,15		a	0,05	0,02		b	0,40	0,07		a	0,45	0,06	a		
		Baixa	1,41	0,20	0,031	ab	0,06	0,01	0,040	ab	0,42	0,07	0,125	a	0,49	0,07	0,211	a	
		Média	1,47	0,12		ab	0,08	0,03		a	0,40	0,02		a	0,49	0,04		a	
	Gleissolo	Alta	1,35	0,12		b	0,05	0,02		ab	0,46	0,04		a	0,52	0,04		a	
		Referência	1,23	0,16		a	0,06	0,03		a	0,51	0,04		ab	0,58	0,05		a	
		Baixa	0,92	0,31	0,077	a	0,05	0,02	0,468	a	0,58	0,09	0,030	a	0,63	0,09	0,128	a	
	Organossolo	Média	1,16	0,19		a	0,06	0,02		a	0,52	0,05		ab	0,58	0,06		a	
		Alta	1,24	0,15		a	0,07	0,02		a	0,48	0,03		b	0,56	0,04		a	
		Referência	0,49	0,12		b	0,08	0,03		b	0,73	0,29		ab	0,79	0,05		ab	
	20 a 40 cm	Planossolo	Baixa	0,48	0,12	0,026	b	0,06	0,03	0,045	b	0,75	0,32	0,002	a	0,81	0,05	0,011	a
			Média	0,57	0,11		b	0,10	0,02		a	0,65	0,29		b	0,75	0,05		b
			Alta	1,08	0,17		a	0,10	0,04		ab	0,49	0,43		c	0,57	0,04		c
Gleissolo		Referência	1,79	0,13		a	0,05	0,02		a	0,34	0,06		a	0,37	0,06		a	
		Baixa	1,75	0,10	0,777	a	0,05	0,02	0,239	a	0,34	0,04	0,621	a	0,39	0,04	0,857	a	
		Média	1,75	0,16		a	0,05	0,02		a	0,31	0,06		a	0,37	0,06		a	
Organossolo		Alta	1,78	0,14		a	0,04	0,01		a	0,34	0,06		a	0,39	0,06		a	
		Referência	1,46	0,25		a	0,04	0,02		a	0,44	0,11		a	0,48	0,10		a	
		Baixa	1,53	0,31	0,140	a	0,04	0,01	0,582	a	0,43	0,09	0,219	a	0,46	0,09	0,130	a	
Organossolo		Média	1,69	0,31		a	0,03	0,02		a	0,36	0,10		a	0,39	0,11		a	
		Alta	1,73	0,22		a	0,04	0,01		a	0,37	0,08		a	0,40	0,08		a	
		Referência	0,40	0,12		b	0,09	0,02		a	0,76	0,30		a	0,83	0,04		a	
Organossolo	Baixa	0,53	0,13	0,000	b	0,06	0,04	0,005	ab	0,74	0,32	0,004	a	0,80	0,04	0,001	a		
	Média	1,15	0,45		a	0,07	0,02		a	0,53	0,45		b	0,58	0,15		b		
	Alta	1,41	0,31		a	0,05	0,01		b	0,42	0,57		b	0,48	0,09		b		

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância; valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 20.** Estatística geral da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm

Parâmetro	Densidade do solo	Porosidade		
		macro	micro	total
-----Planossolos-----				
Mínimo	1,02	0,02	0,23	0,28
Máximo	2	0,13	0,62	0,68
Média	1,613542	0,057188	0,379479	0,436875
Erro padrão	0,021713	0,002072	0,007302	0,007765
Variância	0,045261	0,000412	0,005119	0,005788
Desvio padrão	0,212746	0,020298	0,071545	0,076079
Mediana	1,635	0,05	0,39	0,435
25 percentil	1,4425	0,04	0,33	0,38
75 percentil	1,7675	0,07	0,42	0,49
Média Geom.	1,599056	0,053693	0,372745	0,430269
Coef. Variação	13,18505	35,49367	18,85345	17,41438
Shapiro-Wilk W	0,9796	0,9359	0,9833	0,9823
p(normal)	0,1412	0,000152	0,262	0,2232
-----Gleissolos-----				
Mínimo	0,67	0,02	0,26	0,31
Máximo	1,98	0,11	0,7	0,76
Média	1,36125	0,05125	0,468646	0,52
Erro padrão	0,032005	0,002366	0,009602	0,010578
Variância	0,098337	0,000537	0,008852	0,010741
Desvio padrão	0,313588	0,023181	0,094084	0,103639
Mediana	1,35	0,05	0,49	0,535
25 percentil	1,0925	0,03	0,41	0,44
75 percentil	1,635	0,06	0,53	0,59
Média Geom.	1,323642	0,046339	0,458586	0,509191
Coef. Variação	23,03676	45,23163	20,07575	19,93059
Shapiro-Wilk W	0,979	0,9197	0,983	0,9741
p(normal)	0,1272	1,96E-05	0,2477	0,05445
-----Organossolos-----				
Mínimo	0,2	0,03	0,28	0,33
Máximo	1,97	0,16	0,83	0,9
Média	0,742333	0,077528	0,638333	0,716333
Erro padrão	0,043036	0,003229	0,014147	0,014513
Variância	0,166686	0,000928	0,018012	0,018956
Desvio padrão	0,408271	0,030462	0,134208	0,137681
Mediana	0,57	0,08	0,685	0,77
25 percentil	0,45	0,05	0,535	0,615
75 percentil	0,9425	0,1	0,74	0,81
Média Geom.	0,653249	0,07117	0,621704	0,700587
Coef. Variação	54,99839	39,29109	21,02476	19,22025
Shapiro-Wilk W	0,8442	0,9662	0,9095	0,8834
p(normal)	2,65E-08	0,02013	1,11E-05	7,89E-07

**Apêndice 21.** Desvio padrão, probabilidade de significância e teste de médias do DMP e DMG nas camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm

Camada amostrada	Solo	Frequência de Uso	Diâmetro Médio Ponderado									DMG	$\sigma$	<i>p</i>					
			Total	$\sigma$	<i>p</i>	Macro agregados			Micro agregados										
----- mm -----																			
0 a 10 cm	Planossolo	Referência	2,70	0,83		bc	2,68	0,83		bc	0,02	0,01		a	1,15	0,09		ab	
		Baixa	2,07	0,49	<b>0,001</b>	c	2,05	0,49	<b>0,001</b>	c	0,02	0,01	0,897	a	1,09	0,05	<b>0,012</b>	b	
		Média	2,98	1,02		ab	2,96	1,03		ab	0,02	0,01		a	1,17	0,11		a	
	Gleissolo	Alta	3,60	0,79		a	3,58	0,80		a	0,02	0,01		a	1,22	0,10		a	
		Referência	3,40	0,75		b	3,38	0,75		b	0,02	0,00		b	1,20	0,08		b	
		Baixa	3,44	0,81	<b>0,012</b>	b	3,42	0,82	<b>0,001</b>	b	0,02	0,01	<b>0,000</b>	a	1,17	0,07	<b>0,000</b>	b	
	Organossolo	Média	3,26	0,68		b	3,24	0,68		b	0,02	0,01		a	1,17	0,08		b	
		Alta	4,33	0,55		a	4,32	0,55		a	0,01	0,00		b	1,30	0,06		a	
		Referência	3,10	0,65		b	3,08	0,65		b	0,02	0,00		a	1,20	0,08		c	
	10 a 20 cm	Planossolo	Baixa	3,33	0,79	<b>0,000</b>	b	3,31	0,80	<b>0,000</b>	b	0,02	0,01	<b>0,020</b>	ab	1,17	0,07	<b>0,000</b>	bc
			Média	4,02	0,74		a	4,00	0,75		a	0,01	0,00		ab	1,17	0,08		b
			Alta	4,52	0,46		a	4,51	0,47		a	0,01	0,01		b	1,30	0,06		a
Gleissolo		Referência	2,38	0,81		bc	2,36	0,82		bc	0,02	0,00		ab	1,12	0,08		bc	
		Baixa	1,79	0,41	<b>0,000</b>	c	1,76	0,41	<b>0,000</b>	c	0,03	0,01	<b>0,004</b>	a	1,05	0,06	<b>0,000</b>	c	
		Média	3,00	0,60		ab	2,98	0,60		ab	0,02	0,00		ab	1,17	0,05		ab	
Organossolo		Alta	3,87	0,86		a	3,85	0,87		a	0,02	0,01		b	1,26	0,10		a	
		Referência	2,83	1,17		c	2,81	1,17		c	0,02	0,01		a	1,13	0,13		b	
		Baixa	3,51	0,47	<b>0,013</b>	bc	3,49	0,47	<b>0,013</b>	bc	0,02	0,00	<b>0,034</b>	a	1,19	0,06	<b>0,012</b>	ab	
Organossolo		Média	3,81	0,80		ab	3,79	0,81		ab	0,02	0,01		a	1,22	0,10		ab	
		Alta	4,00	0,37		a	3,99	0,37		a	0,01	0,00		b	1,25	0,04		a	
		Referência	3,08	0,68		b	3,06	0,68		b	0,02	0,01		a	1,13	0,13		b	
Organossolo	Baixa	3,24	0,85	<b>0,000</b>	b	3,22	0,86	<b>0,001</b>	b	0,02	0,01	<b>0,010</b>	a	1,19	0,06	<b>0,000</b>	b		
	Média	3,57	0,96		b	3,56	0,96		b	0,02	0,01		ab	1,22	0,10		b		
	Alta	4,93	0,32		a	4,92	0,57		a	0,01	0,00		b	1,25	0,04		a		

$\sigma$  – Desvio padrão; *Valor-p* – probabilidade de significância; valores seguidos por letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, para dados paramétricos e, Dunn para dados não paramétricos a  $p < 0,05$ .

**Apêndice 22. Estatística geral para DMP e DMG dos agregados**

<b>Parâmetro</b>	<b>DMP</b>	<b>DMG</b>	<b>DMP macro agregados</b>	<b>DMP micro agregados</b>
-----Planossolo-----				
Mínimo	1,0408	0,9051	1,0215	0,00958
Máximo	5,0522	1,4104	5,0426	0,04048
Média	2,7989	1,1526	2,7779	0,02101
Erro padrão	0,101	0,0104	0,1015	0,00066
Variância	0,9797	0,0103	0,9882	4,23E-05
Desvio padrão	0,9898	0,1016	0,9941	0,0065
Mediana	2,5549	1,1375	2,5293	0,02057
25 percentil	2,0464	1,0668	2,0175	0,01599
75 percentil	3,7873	1,2448	3,7696	0,02619
Média Geom.	2,6251	1,1483	2,6012	0,02002
Coef. Variação	35,363	8,8111	35,787	30,9504
Shapiro-Wilk W	0,9557	0,9727	0,9554	0,9761
p(normal)	0,0026	0,0422	0,0025	0,07597
-----Gleissolo-----				
Mínimo	0,8662	0,9022	0,8389	-0,0003
Máximo	5,6404	1,4245	5,6323	0,03383
Média	3,5725	1,2061	3,5548	0,01769
Erro padrão	0,0859	0,0094	0,0864	0,00061
Variância	0,7016	0,0083	0,7085	3,59E-05
Desvio padrão	0,8376	0,0912	0,8418	0,00599
Mediana	3,8354	1,2086	3,8149	0,01769
25 percentil	2,9923	1,147	2,9683	0,01289
75 percentil	4,1091	1,283	4,091	0,02127
Média Geom.	3,4518	1,2026	3,4319	0
Coef. Variação	23,446	7,5601	23,679	33,8424
Shapiro-Wilk W	0,9651	0,9782	0,9651	0,9717
p(normal)	0,0124	0,1131	0,0124	0,03736
-----Organossolo-----				
Mínimo	1,742	0,9368	1,7125	-0,0049
Máximo	5,4992	1,4012	5,4921	0,02951
Média	3,6725	1,1544	3,6574	0,01493
Erro padrão	0,1001	0,0131	0,1007	0,00068
Variância	0,8719	0,0149	0,8822	4,07E-05
Desvio padrão	0,9338	0,1219	0,9393	0,00638
Mediana	3,7478	1,1444	3,7326	0,0146
25 percentil	2,9347	1,0491	2,9162	0,01052
75 percentil	4,5005	1,2479	4,4866	0,01967
Média Geom.	3,5462	1,1481	3,5288	0
Coef. Variação	25,425	10,561	25,681	42,7234
Shapiro-Wilk W	0,949	0,9649	0,9502	0,9854
p(normal)	0,0016	0,0185	0,0018	0,4279

**Apêndice 23.** Valores de correlação ( $r_s$ ) entre os atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos ao cultivo de arroz de base ecológica na camada de 0 a 20 cm (Parte I)

ATRIBUTO	Argila (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	SMP	V (%)	m (%)	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	CTC	AI
Argila (%)		0,51	0,26	0,67	-0,66	-0,26	-0,10	-0,31
pH (H <sub>2</sub> O)			0,62	0,71	-0,58	-0,52	-0,51	-0,61
SMP				0,80	-0,65	-0,97	-0,91	-0,94
V (%)					-0,89	-0,74	-0,57	-0,77
m (%)						0,65	0,48	0,75
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>							0,94	0,96
CTC								0,91
Ca	0,15	-0,13	-0,54	-0,06	-0,08	0,59	0,71	0,54
Mg	0,26	-0,12	-0,50	-0,01	-0,18	0,52	0,66	0,47
P	-0,13	0,22	0,09	0,01	0,08	-0,01	0,08	-0,05
K	-0,08	-0,20	-0,23	-0,04	-0,07	0,29	0,48	0,24
S	-0,22	-0,58	-0,84	-0,54	0,42	0,79	0,80	0,75
Zn	0,29	-0,20	-0,39	0,05	-0,29	0,42	0,57	0,27
Cu	0,65	0,59	0,70	0,80	-0,88	-0,73	-0,62	-0,81
B	-0,04	0,09	-0,23	-0,20	0,18	0,30	0,26	0,25
Mn	0,48	0,10	-0,27	0,20	-0,48	0,27	0,37	0,06
Na	0,22	-0,17	-0,30	-0,02	-0,16	0,29	0,38	0,22
PST	0,40	0,65	0,76	0,62	-0,71	-0,78	-0,77	-0,87
Fe	0,18	-0,35	-0,63	-0,28	0,07	0,55	0,54	0,40
PSFe <sup>2+</sup>	0,18	0,61	0,84	0,58	-0,55	-0,88	-0,94	-0,93
Estoque de C	-0,29	-0,56	-0,97	-0,77	0,69	0,99	0,93	0,97
Teor C	-0,25	-0,69	-0,93	-0,68	0,64	0,92	0,93	0,96
Estoque de N	-0,21	-0,39	-0,95	-0,71	0,64	0,98	0,90	0,91
Teor N	-0,22	-0,58	-0,95	-0,68	0,63	0,95	0,94	0,95
C/N	-0,56	-0,91	-0,74	-0,80	0,78	0,67	0,65	0,79
Ds	0,20	0,61	0,95	0,69	-0,64	-0,95	-0,94	-0,97
Macroporosidade	-0,04	-0,54	-0,32	-0,18	0,10	0,24	0,36	0,29
Microporosidade	-0,24	-0,54	-0,95	-0,71	0,66	0,98	0,94	0,98
DMP	0,40	-0,14	-0,40	0,01	-0,24	0,29	0,31	0,24
DMG	0,45	-0,09	-0,29	0,05	-0,26	0,17	0,15	0,10

**Apêndice 24.** Valores de correlação ( $r_s$ ) entre os atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos ao cultivo de arroz de base ecológica na camada de 0 a 20 cm (Parte II)

ATRIBUTO	Ca	Mg	P	K	S	Zn	Cu	B
Argila (%)	0,15	0,26	-0,13	-0,08	-0,22	0,29	0,65	-0,04
pH (H <sub>2</sub> O)	-0,13	-0,12	0,22	-0,20	-0,58	-0,20	0,59	0,09
SMP	-0,54	-0,50	0,09	-0,23	-0,84	-0,39	0,70	-0,23
V (%)	-0,06	-0,01	0,01	-0,04	-0,54	0,05	0,80	-0,20
m (%)	-0,08	-0,18	0,08	-0,07	0,42	-0,29	-0,88	0,18
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	0,59	0,52	-0,01	0,29	0,79	0,42	-0,73	0,30
CTC	0,71	0,66	0,08	0,48	0,80	0,57	-0,62	0,26
Al	0,54	0,47	-0,05	0,24	0,75	0,27	-0,81	0,25
Ca		0,98	-0,13	0,35	0,60	0,66	-0,22	0,19
Mg			-0,22	0,31	0,53	0,71	-0,12	0,16
P				0,62	-0,12	-0,02	0,07	0,57
K					0,33	0,53	0,03	0,37
S						0,41	-0,57	-0,08
Zn							0,03	0,19
Cu								0,01
Mn	0,64	0,71	-0,14	0,24	0,33	0,87	0,25	0,14
Na	0,45	0,50	0,27	0,57	0,29	0,61	0,21	0,67
PST	-0,42	-0,31	0,15	-0,19	-0,77	-0,11	0,83	0,13
Fe	0,32	0,34	-0,05	0,29	0,67	0,55	-0,02	0,19
PSFe <sup>2+</sup>	-0,66	-0,60	-0,03	-0,48	-0,72	-0,45	0,66	-0,27
Estoque de C	0,57	0,51	-0,02	0,26	0,75	0,38	-0,77	0,32
Teor C	0,62	0,55	-0,10	0,28	0,87	0,38	-0,75	0,14
Estoque de N	0,52	0,45	0,08	0,28	0,76	0,38	-0,68	0,34
Teor N	0,61	0,53	-0,03	0,29	0,91	0,38	-0,73	0,15
C/N	0,25	0,19	-0,11	0,13	0,65	0,05	-0,79	0,01
Ds	-0,59	-0,52	0,09	-0,28	-0,87	-0,34	0,73	-0,12
Macroporosidade	0,38	0,41	-0,35	-0,06	0,44	0,46	-0,40	-0,32
Microporosidade	0,58	0,51	-0,05	0,31	0,80	0,36	-0,73	0,24
DMP	0,55	0,63	-0,64	-0,11	0,57	0,38	0,09	-0,31
DMG	0,33	0,42	-0,65	-0,24	0,47	0,29	0,17	-0,38

**Apêndice 25.** Valores de correlação ( $r_s$ ) entre os atributos avaliados em solos hidromórficos submetidos ao cultivo de arroz de base ecológica na camada de 0 a 20 cm (Parte III)

ATRIBUTO	Mn	Na	PST	Fe	PSFe <sup>2+</sup>	Estoque C	Teor C	Estoque N
Argila (%)	0,48	0,22	0,40	0,18	0,18	-0,29	-0,25	-0,21
pH (H <sub>2</sub> O)	0,10	-0,17	0,65	-0,35	0,61	-0,56	-0,69	-0,39
SMP	-0,27	-0,30	0,76	-0,63	0,84	-0,97	-0,93	-0,95
V (%)	0,20	-0,02	0,62	-0,28	0,58	-0,77	-0,68	-0,71
m (%)	-0,48	-0,16	-0,71	0,07	-0,55	0,69	0,64	0,64
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	0,27	0,29	-0,78	0,55	-0,88	0,99	0,92	0,98
CTC	0,37	0,38	-0,77	0,54	-0,94	0,93	0,93	0,90
Al	0,06	0,22	-0,87	0,40	-0,93	0,97	0,96	0,91
Ca	0,64	0,45	-0,42	0,32	-0,66	0,57	0,62	0,52
Mg	0,71	0,50	-0,31	0,34	-0,60	0,51	0,55	0,45
P	-0,14	0,27	0,15	-0,05	-0,03	-0,02	-0,10	0,08
K	0,24	0,57	-0,19	0,29	-0,48	0,26	0,28	0,28
S	0,33	0,29	-0,77	0,67	-0,72	0,75	0,87	0,76
Zn	0,87	0,61	-0,11	0,55	-0,45	0,38	0,38	0,38
Cu	0,25	0,21	0,83	-0,02	0,66	-0,77	-0,75	-0,68
B	0,14	0,67	0,13	0,19	-0,27	0,32	0,14	0,34
Mn		0,53	0,14	0,60	-0,16	0,22	0,18	0,29
Na			0,08	0,55	-0,38	0,26	0,29	0,27
PST				-0,26	0,83	-0,79	-0,90	-0,70
Fe					-0,36	0,48	0,52	0,59
PSFe <sup>2+</sup>						-0,90	-0,93	-0,80
Estoque de C							0,93	0,96
Teor C								0,85
C/N	-0,22	0,07	-0,83	0,24	-0,74	0,72	0,83	0,56
Ds	-0,17	-0,24	0,89	-0,55	0,92	-0,94	-0,98	-0,91
Macroporosidade	0,33	0,13	-0,34	0,12	-0,35	0,27	0,45	0,14
Microporosidade	0,18	0,25	-0,84	0,51	-0,92	0,98	0,94	0,95
DMP	0,58	0,27	-0,18	0,55	-0,23	0,24	0,36	0,27
DMG	0,53	0,19	-0,06	0,58	-0,05	0,11	0,22	0,17

