

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Área de Concentração: Solos



Dissertação

**Avaliação temporal e espacial dos atributos químicos e  
microbiológicos do solo em sistemas de produção de  
morango de Turuçu/RS**

**Gláucia Oliveira Islabão**

Pelotas, 2009.

**GLÁUCIA OLIVEIRA ISLABÃO**

**AVALIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS  
E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE  
MORANGO DE TURUÇU/RS**

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

**Orientador:** Professor Dr. Luís Carlos Timm

**Co-orientador:** Professor Dr. Danilo Dufech Castilhos

Pelotas, 2009.

### **Dados de catalogação na fonte:**

( Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744 )

I82a Islabão, Gláucia Oliveira

Avaliação temporal e espacial dos atributos  
químicos e microbiológicos do solo em sistemas de  
produção de morango de Turuçu/RS / Gláucia Oliveira  
Islabão - Pelotas, 2009.

103f. : il.

Dissertação ( Mestrado ) –Programa de Pós-  
Graduação em Solos. Faculdade de Agronomia Eliseu  
Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas,  
2009, Luís Carlos Timm, Orientador; co-orientador  
Danilo Dufech Castilhos.

1.Fragaria x ananassa Duch 2. Atributos do solo

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Luís Carlos Timm (Orientador)  
Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” - UFPel

Dr<sup>a</sup>. Maria Laura Turino Mattos  
EMBRAPA/CPACT

Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl  
Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” – UFPel

Prof. Dr. Jocelito Saccol de Sá  
Instituto Federal Sul-rio-grandense



Devia ter amado mais, ter chorado mais  
Ter visto o sol nascer  
Devia ter arriscado mais e até errado mais  
Ter feito o que eu queria fazer  
Queria ter aceitado as pessoas como elas são  
Cada um sabe a alegria e a dor que traz no coração

O acaso vai me proteger  
Enquanto eu andar distraído  
O acaso vai me proteger  
Enquanto eu andar

Devia ter complicado menos, trabalhado menos  
Ter visto o sol se pôr  
Devia ter me importado menos com problemas pequenos  
Ter morrido de amor  
Queria ter aceitado a vida como ela é  
A cada um cabe alegrias e a tristeza que vier...

(Titãs, Epitáfio - Composição de João Ubaldo)

Aos meus pais, Carlinho e Neiva  
Aos meus filhos, Murilo e Livia  
Ao meu meu esposo Fábio,  
**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus que me iluminou e possibilitou minha chegada até aqui.

Agradeço imensamente ao meu orientador Luís Carlos Timm por ter possibilitado a realização deste trabalho, confiado no meu potencial desde o começo e principalmente pela amizade gerada no decorrer destes dois anos.

Ao Co-Orientador Danilo Castilhos pela orientação na realização das análises e confiança na utilização do laboratório de microbiologia do solo.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação em agronomia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro ao projeto de pesquisa que resultou nessa dissertação.

Ao Instituto Federal Sul-rio-grandense, EMBRAPA Clima Temperado, EMATER-Escritório Municipal de Turuçu/RS e Prefeitura Municipal de Turuçu-RS pela parceria na execução deste trabalho.

À amiga Lucia Cruz, longe dos olhos, mas perto do coração, sem ela nada teria começado.

Aos amigos do Curso de Química da UFPel, Diretor Prof. Sérgio Nascimento, secretários José Marcos e Algemiro, pelo carinho e pela certeza de poder contar sempre.

Ao amigo José Parfitt pela confiança, amizade e apoio com as imensas amostras e as minhas amigas de grandes “despesas” Juliana Brito e Fernanda Sanes, adoro vocês.

Aos amigos Leandro Aquino e Adilson pela amizade e ajuda nas horas que solicitei.

As alunas do doutorado: Magali, Marla, Carla e Cecília. Admiro muito vocês.

Ao grupo do projeto morango, principalmente ao Rodrigo (bolsista), Carina, Gabrieli e Leonardo pelo companheirismo e apoio na realização deste trabalho.

Aos funcionários, professores, colegas e amigos do Departamento de Solos, pelo auxílio e envolvimento nas discussões estatísticas que provoquei no decorrer destes dois anos.

## Resumo

ISLABÃO, Gláucia Oliveira. **Avaliação temporal e espacial dos atributos químicos e microbiológicos do solo em sistemas de produção de morango de Turuçu/RS**. 2009. 105p. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - Brasil.

A cultura do morango é uma importante alternativa para pequenas propriedades, sendo de grande importância para a fixação do homem no campo e para a geração e manutenção de emprego na área rural. Estudos relativos ao monitoramento dos atributos do solo, que podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo, são importantes para avaliar a sustentabilidade das práticas agrícolas, além de sinalizar o manejo adequado do ambiente visando à sua conservação. Em virtude disto, este trabalho teve como objetivos estudar a variabilidade espacial e temporal dos atributos químicos e microbiológicos do solo ao longo do ciclo de produção da cultura do morango em quatorze propriedades pertencentes a Associação de Produtores de Morango do município de Turuçu/RS, identificar e avaliar os possíveis impactos da água de irrigação sobre estes atributos e propor ações para minimizar estes impactos caso existirem. Para tal, foram coletadas, em quatro diferentes épocas e na profundidade de 0-0,20 m, amostras deformadas de solo em cada uma das propriedades, determinando seus atributos químicos (matéria orgânica, acidez ativa e potencial, CTC efetiva e pH 7,0, saturação por alumínio e saturação por bases), microbiológicos (carbono microbiano, nitrogênio microbiano, respiração basal e quociente metabólico) e de fertilidade (nitrogênio total, fósforo, potássio, cobre e zinco). Para verificar o comportamento dos valores médios de todos os atributos ao longo do tempo e em cada propriedade foi aplicado o teste de comparação de médias DMS, a nível de 5% de significância, enquanto que para avaliar a distribuição temporal e espacial de todos os atributos foram construídos gráficos em caixa. Os resultados indicaram que dentre os indicadores químicos do solo, os valores médios de acidez potencial foram os que mais diferiram significativamente ao longo do tempo, enquanto que os valores médios de saturação por alumínio foram os que menos diferiram; dentre os indicadores microbiológicos do solo, os valores médios de respiração basal foram os que mais diferiram significativamente ao longo do tempo, enquanto que os valores médios de nitrogênio microbiano foram os que menos diferiram ao longo do tempo; dentre os indicadores de fertilidade do solo, os valores médios de cobre foram os que mais diferiram significativamente ao longo do tempo, enquanto que os valores médios de zinco foram os que menos diferiram; quanto a variabilidade espacial e temporal dos indicadores químicos, foi constatado que a matéria orgânica apresentou a maior amplitude e a saturação por alumínio a menor; quanto a variabilidade espacial e temporal dos indicadores microbiológicos, foi constatado que o indicador carbono microbiano apresentou a maior amplitude e o quociente metabólico a menor; quanto a variabilidade espacial e temporal dos indicadores de fertilidade, foi constatado que o cobre apresentou a maior amplitude e o zinco a menor; as concentrações dos elementos fósforo, potássio, cobre e zinco encontram-se com elevados teores em todas as lavouras de morango; os teores de matéria orgânica foram classificados como baixos na maioria das lavouras de morango envolvidas neste estudo; não foi possível identificar o impacto da adição da água de irrigação sobre os indicadores

químicos e de fertilidade do solo, entretanto, houve um possível impacto sobre os indicadores microbiológicos, principalmente, verificado sobre o carbono microbiano, nitrogênio microbiano e o quociente metabólico.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch, atributos do solo, qualidade do solo, irrigação, variabilidade espacial e temporal.

## Abstract

ISLABÃO, Gláucia Oliveira. **Spatial and temporal variability of the chemical and microbiological soil attributes in the strawberry crop production systems in the Turuçu-RS county, Brazil**. 2009. 105p. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - Brasil.

Strawberry crop is an important option for small properties, being of great relevance for people fixation at countryside and generation and maintenance of rural jobs. Studies related to soil attributes monitoring, which can be used as soil quality indicators, are important to evaluate the sustainability of agricultural practices and to point to sound environment management, aiming to its conservation. This work intended to analyze the spatial and temporal variability of the chemical and microbiological soil attributes during the strawberry crop cycle in fourteen rural properties affiliated to the Association of Strawberry Producers of Turuçu-RS, to identify and evaluate the potential impacts of irrigation water on these attributes and to propose actions to minimize these impacts if needed. In this way, deformed soil samples were collected in four different periods at depth 0-0.20 m, to determine their chemical attributes (organic matter, active and potential acidity, CEC and at pH 7.0, base saturation and aluminum saturation), microbiological (carbon and nitrogen of microbial biomass, basal respiration and metabolic quotient) and about fertility (total nitrogen, phosphorus, potassium, copper and zinc). In order to evaluate the mean values of all attributes along the time in each property was applied the LSD mean comparison test with significance to 5%. The spatial and temporal variability of all attributes were evaluated by means of box plots. Results indicated that between the soil chemical indicators, the mean values of potential acidity presented the major significant variation along the time, while the mean values of aluminum saturation presented the minor variation. Between the soil microbiological indicators, the mean basal respiration presented the major significant variation along the time, while the mean values of nitrogen of microbial biomass presented the minor variation. Between soil fertility indicators the mean values of copper presented the major significant variation along the time, while the mean values of zinc presented the minor variation. With regard to the spatial and temporal variability of the chemical indicators it was found that organic matter presented the greatest amplitude and the aluminum saturation the lowest. Regarding to the spatial and temporal variability of the microbiological indicators it was found that carbon of microbial biomass presented the greatest amplitude while the metabolic quotient presented the lowest. Regarding to the spatial and temporal variability of the soil fertility indicators it was found that copper presented the greatest amplitude while zinc presented the lowest. The concentrations of phosphorus, potassium, copper and zinc presented high levels in all strawberry crops. The organic matter levels were classified as low in most strawberry crops. It was not possible to identify the impact of irrigation water over the chemical and soil fertility indicators, meanwhile, there was a possible impact over the microbiological indicators, specially over the carbon and nitrogen of microbial biomass and metabolic quotient.

**Keywords:** *Fragaria x ananassa* Duch, soil attributes, soil quality, irrigation, spatial and temporal variability.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
2.1 A Cultura do Morango .....	13
2.1.1 Fertirrigação na cultura do morango .....	14
2.2 Impacto Ambiental.....	16
2.3 O Conceito de Solo do Ponto de Vista Ambiental .....	17
2.4 Indicadores de Impactos Ambientais em Solos.....	18
2.5 Indicadores de Qualidade do Solo .....	19
2.5.1 Indicadores Químicos .....	20
2.5.1.1 Matéria Orgânica (MO) .....	20
2.5.1.2 Acidez ativa (pH) e potencial (H+Al).....	21
2.5.1.3 CTC efetiva e CTC pH 7.0 .....	22
2.5.1.4 Saturação por alumínio (M%).....	23
2.5.1.5 Saturação por Bases (V%) .....	23
2.5.2 Indicadores Microbiológicos .....	23
2.5.2.1 Biomassa Microbiana .....	24
2.5.2.2 Respiração basal .....	25
2.5.2.3 Quociente metabólico.....	25
2.5.3 Indicadores relacionados a fertilidade do solo.....	26
2.5.3.1 Nitrogênio (N).....	26
2.5.3.2 Fósforo.....	26
2.5.3.3 Potássio .....	27
2.5.3.4 Cobre e Zinco.....	27
2.6 Revisão dos conceitos de Estatística Clássica .....	27
2.6.1 Conceito de Quartis (Qi) .....	28
2.6.2 Conceito de Amplitude Interquartílica .....	29
2.6.3 Conceitos de Momentos .....	29
2.6.4 Assimetria .....	30
2.6.5 Curtose .....	31
2.6.6 Gráfico em Caixa (“Box-Plot”).....	32
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
3.1 Caracterização da Área de Estudo .....	34
3.1.1 Localização .....	34
3.1.2 Clima.....	34
3.1.3 Geologia e Geomorfologia .....	35
3.1.4 Solos.....	36
3.1.5 Características Sócio-Econômicas .....	38
3.1.5.1 Sistema de Produção da Cultura do Morangueiro .....	39
3.2 Critérios para a seleção das propriedades envolvidas neste estudo .....	40
3.3 Amostragem de Solo nas 14 Propriedades .....	41
3.4 Indicadores Químicos, Microbiológicos e de Fertilidade do Solo.....	43
3.4.1 Indicadores Químicos .....	43
3.4.1.1 Matéria Orgânica .....	43

3.4.1.2 Acidez ativa e potencial .....	43
3.4.1.3 CTC efetiva e CTC pH 7.0 .....	44
3.4.1.4 Saturação por alumínio (M%) .....	44
3.4.1.5 Saturação de bases (V%) .....	44
<b>3.4.2 Indicadores Microbiológicos do Solo .....</b>	<b>45</b>
3.4.2.1 Biomassa Microbiana do Solo (Carbono e Nitrogênio) .....	45
3.4.2.2 Respiração Basal do Solo (RB) .....	46
3.4.2.3 Quociente Metabólico (qCO <sub>2</sub> ) .....	46
<b>3.4.3 Indicadores de Fertilidade do Solo .....</b>	<b>47</b>
3.4.3.1 Nitrogênio Total do Solo .....	47
3.4.3.2 Fósforo Disponível .....	47
3.4.3.3 Potássio Disponível .....	47
3.4.3.4 Cobre e Zinco .....	47
<b>3.5 Avaliação Temporal e Espacial dos Indicadores Químicos, Microbiológicos e de Fertilidade do Solo .....</b>	<b>47</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Classificações dos tipos de solos .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2 Avaliação dos indicadores químicos, microbiológicos e de fertilidade do solo determinados nas lavouras de morango em cada uma das propriedades .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2.1 Avaliação temporal e espacial dos indicadores químicos do solo .....</b>	<b>53</b>
4.2.1.1 Matéria Orgânica .....	53
4.2.1.2 Acidez Ativa e Acidez Potencial .....	58
4.2.1.3 CTC efetiva e CTC pH 7,0 .....	62
4.2.1.4 Saturação por Alumínio (M%) .....	66
4.2.1.5 Saturação por Bases (V%) .....	68
<b>4.2.2 Avaliação temporal e espacial dos indicadores microbiológicos do solo .....</b>	<b>70</b>
4.2.2.1 Carbono Microbiano (C <sub>microb</sub> ) .....	70
4.2.2.2 Nitrogênio Microbiano (N <sub>microb</sub> ) .....	73
4.2.2.3 Respiração Basal (RB) .....	75
4.2.2.4 Quociente metabólico (qCO <sub>2</sub> ) .....	77
<b>4.2.3 Avaliação temporal e espacial dos indicadores de fertilidade do solo .....</b>	<b>79</b>
4.2.3.1 Nitrogênio Total (N <sub>total</sub> ) .....	79
4.2.3.2 Fósforo (P) .....	81
4.2.3.3 Potássio (K) .....	83
4.2.3.4 Cobre .....	85
4.2.3.5 Zinco .....	87
<b>4.3 Caracterização das áreas de referências em cada uma das 14 propriedades quanto aos indicadores químicos, microbiológicos e de fertilidade do solo .....</b>	<b>89</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>91</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>93</b>
<b>7 BIBLIOGRAFIA CITADA .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>100</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Uma conscientização crescente sobre qualidade ambiental, vem sendo propagada em diversos ramos da sociedade, resultante da constatação humana da necessidade de preservação do meio ambiente. Bezdicek, Papendick e Lal (1996) ressaltam que o solo, a água e o ar são os três recursos naturais básicos dos quais depende a maior parte da vida.

O manejo inadequado e intensivo do solo pode ocasionar um estado de degradação que, caso seja reversível, requer muito mais tempo e recurso para sua recuperação (MENDES; REIS JÚNIOR; PEREIRA NETO, 2002). Assim, faz-se necessário avaliar os possíveis impactos dos diferentes sistemas de manejo do solo visando à preservação de sua qualidade e a manutenção de uma produção contínua.

Estudos relativos a variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo são importantes para avaliar a sustentabilidade das diferentes práticas agrícolas (irrigação, preparo do solo, adubação, etc.), além de sinalizar o manejo adequado do meio ambiente visando à sua conservação. Entretanto, estudos relativos a esta temática são escassos na literatura principalmente das práticas que são empregadas em sistemas de produção de morango já que tem sido dado ênfase a pesquisa em aspectos fitossanitários e fitotécnicos ligados a esta cultura.

Dentre as principais atividades econômicas desenvolvidas no município de Turuçu, localizado na região sul do estado do Rio Grande do Sul, a produção e a comercialização de morango “in natura” têm propiciado aos produtores uma boa rentabilidade constituindo-se, portanto, em instrumento de geração de renda e emprego, de inclusão social e conseqüentemente de incremento no padrão de qualidade de vida dentro destas propriedades rurais.

O sistema de produção de morango em Turuçu é caracterizado pelo plantio de mudas, oriundas de regiões de clima temperado do Chile e da Argentina, em pequenas extensões de terra (inferior a 1ha) empregando mão-de-obra familiar. As

mudas são transplantadas para canteiros de 0,8m a 1,0m de largura, sendo dispostas em 2 a 3 fileiras espaçadas de 0,3m. O solo é previamente revolvido com enxada rotativa e após coberto com lona plástica preta. O sistema conta ainda com a técnica de irrigação por gotejamento e, na maioria das vezes, é realizada a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) durante o ciclo da cultura.

A importância e os benefícios do uso da técnica de irrigação na cultura do morango vêm sendo constatados pelos agricultores (Associação dos Produtores de Morango do município de Turuçu 2006, comunicação pessoal), já que esta influi na qualidade do produto “in natura” que têm sido comercializado para supermercados de Pelotas, Rio Grande e São Lourenço, dentre outros municípios, bem como para agroindústrias e feirantes que levam o morango para outras localidades.

Desta forma, qualquer ação ao longo da cadeia produtiva do morango que vise disponibilizar e aprimorar o conhecimento da técnica de irrigação e seus efeitos merece especial atenção por parte das instituições de pesquisa no intuito de avaliar seus impactos e efeitos sobre os recursos naturais, principalmente no meio ambiente em que a cultura do morango se desenvolve. Baseado nisto, o objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade espacial e temporal dos atributos químicos, microbiológicos e de fertilidade do solo ao longo do ciclo de produção da cultura do morango, identificar e avaliar os possíveis impactos da água de irrigação sobre estes atributos e propor ações para minimizar estes impactos caso existirem.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A Cultura do Morango**

A cultura do morango (*Fragaria x ananassa* Duch) no Brasil vem sendo cultivada desde o final do século XVIII em jardins e hortas caseiras. A partir de meados do século XIX, ela passou a ganhar importância econômica nos Estados de São Paulo (SP) e Rio Grande do Sul (RS) (CAMARGO; ALVES; ABRAMIDES, 1963). No primeiro estado, em virtude da aceitação do produto para consumo “in natura” e, no segundo, por causa da instalação de um parque industrial, que tinha no morango uma de suas linhas básicas, que visava o abastecimento do mercado nacional e a exportação de compotas, geléias, polpas e frutas congeladas. Suas cultivares deixavam a desejar quanto à produtividade e à qualidade dos “frutos” (pseudofruto). Até então todo o germoplasma disponível era procedente dos Estados Unidos e do Continente Europeu e apresentava baixa adaptabilidade às condições climáticas e de solo nestes estados, tendo como consequência uma baixa produtividade (4 a 5 t.ha<sup>-1</sup>). A partir dos anos 60, graças aos trabalhos de melhoramento genético desenvolvido no RS pela estação experimental de Pelotas (pertencente ao Ministério da Agricultura) e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo), surgiram as primeiras cultivares nacionais com boa adaptação às condições de solo e clima, produtivas e com frutos de boa qualidade. Outro fator relevante ao progresso da cultura do morangueiro no Brasil foi a produção de mudas e o seu fornecimento regular aos viveiristas (credenciados pelo Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento e pelos órgãos fiscalizadores delegados pelo Ministério) de matrizes básicas livres de enfermidades. Em razão da oferta de mudas de boa qualidade, a cultura do morangueiro expandiu-se para os estados de Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Espírito Santo (ES), Rio de Janeiro (RJ), Paraná (PR) e Santa Catarina (SC) (SANTOS e MEDEIROS, 2003).

Atualmente, o nível tecnológico empregado nos diferentes estados é bastante variado, adaptando-se às condições de clima e à capacidade de investimento do produtor. Nos estados do RS e de SC, em virtude da ocorrência de registros pluviométricos elevados no período do cultivo, mais de 50% dos cultivos ocorrem em casas de vegetação ou em túneis baixos ou túneis altos.

A lavoura de morango exige cuidados especiais ao longo de todo o ciclo principalmente no que tange ao manejo adequado da sanidade da lavoura com retirada de folhas, frutos e plantas que apresentem sintomas de doenças, bom manejo da ventilação dos túneis (quando existentes), análise do solo e correção adequada de sua acidez para evitar o excesso de desenvolvimento vegetativo da cultura, períodos de maior demanda hídrica da cultura, dentre outros (SANTOS e MEDEIROS, 2003).

### **2.1.1 Fertirrigação na cultura do morango**

A fertirrigação é a aplicação conjunta de água e fertilizantes no solo por meio de sistemas de irrigação, principalmente o de gotejamento. Segundo Boas et al. (2005), a fertirrigação tem como objetivo o aumento da produtividade e a redução dos custos de defensivos, fertilizantes e energia, mas fundamentalmente visa a sustentabilidade da produção, a redução dos problemas ambientais e a diminuição de resíduos de agrotóxicos na planta.

Os métodos de irrigação se classificam em: a) aspersão (pivô central, autopropelido, aspersão convencional e outros) no qual a água é aspergida simulando uma chuva devido ao fracionamento do jato d'água em gotas e adapta-se a quase todos os tipos de culturas; b) localizada, compreende os sistemas de irrigação no qual a água é aplicada ao solo diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém com alta frequência, é mais utilizada para fruticultura e alguns hortigranjeiros de maior valor comercial; c) superfície (sulcos, faixas e inundação), consiste na condução da água do sistema de distribuição (canais ou tubulações) é feita diretamente sobre a superfície do solo; e d) subsuperficial/subterrânea onde a água é aplicada diretamente no perfil abaixo da superfície do solo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Nos últimos anos, o sistema de irrigação por gotejamento (método de irrigação localizada) tem sido amplamente utilizado na irrigação da cultura do morango, visto que, propicia uma maior eficiência no uso da água e no controle de problemas fitossanitários. Ele permite que se mantenha o solo úmido e com boa aeração por período ininterrupto, mantendo-se a umidade sempre próxima à capacidade de campo na zona radicular. A parte aérea das plantas, permanecendo seca, não proporciona condições ao desenvolvimento de fungos e bactérias; como consequência, há um aumento na produtividade, no tamanho e na qualidade do fruto (SANTOS e MEDEIROS, 2003). Outras vantagens desse sistema são: permite melhor automação, irrigações com turnos de regas menores, redução no consumo de energia elétrica e uso da fertirrigação, fornecendo nutrientes à planta na fase que necessita. Assim, os nutrientes mantêm-se solubilizados, possibilitando que o morangueiro atinja altos rendimentos, com o mínimo consumo de água. As perdas de água por percolação ou escoamento superficial, comum a outros métodos, são minimizadas, sendo praticamente inexistentes (SANTOS; MEDEIROS; WREGE, 2005).

A fertirrigação, conforme destacado anteriormente, é uma prática que vem sendo adotada pela maior parte dos quatorze produtores de morango envolvidos neste estudo sendo aplicados fertilizantes nitrogenados via água de irrigação. Dentre eles, verificou-se que a maioria dos produtores utilizaram fertilizantes na forma nítrica como nitrato de cálcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Segundo Folegatti (1999), os fertilizantes nitrogenados, em função da sua forma química, apresentam efeitos diferentes no pH do solo. A planta, para manter o equilíbrio elétrico ao absorver o nitrogênio na forma nítrica, libera na rizosfera hidroxilas e ácidos carbônicos que promovem a alcalinização no solo.

Entretanto, foi constatado que os produtores não possuem, na maioria das vezes, uma orientação técnica adequada já que a aplicação de fertilizantes via água de irrigação é realizada sem levar em consideração a fase de desenvolvimento da cultura, a quantidade de fertilizante, o tipo de solo, dentre outros aspectos.

## 2.2 Impacto Ambiental

A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Federal nº 6938 de 31 de agosto de 1981, é reconhecida como o principal marco na introdução da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) no Brasil.

A sistemática da AIA, instrumento instituído pela Lei citada acima, foi regulamentada pela Resolução 001 de 23 de março de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a qual estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente. Segundo o Artigo 1º da Resolução nº 001 do CONAMA, Impacto Ambiental é “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota e a qualidade dos recursos ambientais”.

A contínua e crescente pressão exercida pelo homem sobre os recursos naturais contrasta com um mínimo de interferência que ele anteriormente mantinha nos ecossistemas. Deste modo, são relativamente comuns, hoje, a contaminação dos recursos hídricos tanto superficiais como subsuperficiais, a poluição atmosférica e a substituição indiscriminada da cobertura vegetal nativa, com a conseqüente redução dos habitats silvestres, dentre outras formas de agressão ao meio ambiente (SILVA, 1988; SILVA, 1994). Segundo Godoi Filho (1992), esta situação tem sido observada, exatamente pelo fato de que, muitas vezes, o homem visa apenas os benefícios imediatos de suas ações, privilegiando o crescimento econômico a qualquer custo e relegando, a um segundo plano, a capacidade de recuperação dos ecossistemas.

Dentro desse contexto, em praticamente todas as partes do mundo, notadamente a partir da década de 60, surgiu a preocupação de promover a mudança de comportamento do homem em relação à natureza, a fim de harmonizar interesses econômicos e conservacionistas, com reflexos positivos junto à qualidade de vida em todo planeta (MILANO, 1990).

Silva (1996) destaca que a necessidade de buscar essa conscientização envolve, obrigatoriamente, aspectos ligados a produção agrícola (particularmente a

atividade hidroagrícola), uma vez que esta se constitui em atividade reconhecidamente impactante sendo, no entanto, de importância estratégica pelo fato de produzir alimentos. O mesmo autor cita que é oportuno explicar a importância ambiental dos projetos hidroagrícolas. Isso se faz necessário para evitar uma visão distorcida do perfil ambiental dos projetos hidroagrícolas, pois apesar da prática de irrigação/drenagem, por exemplo, ser sempre racional, induz, de forma inerente, o surgimento de impactos ambientais nos meios físicos, bióticos e antrópicos. Entretanto, Bernardo (1994) comenta que deve ser reconhecida a importância da irrigação, a partir dos seguintes benefícios:

- aumento da produtividade das culturas (em média a produtividade em área irrigada é 2,5 a 3,0 vezes maior que em área não irrigada);
- aumento do valor da propriedade e do lucro da agricultura (em média, o valor bruto da produção em área irrigada, é 5,0 vezes maior do que em área não irrigada);
- maior eficiência no uso de fertilizantes;
- programa de cultivo, isto é, fazer escala de plantio, tratos culturais e colheita;
- dois ou mais cultivos por ano, em uma mesma área;
- introdução de culturas mais nobres, minimizando o risco do investimento;
- melhoria das condições econômicas das comunidades rurais; e
- aumento da demanda de mão-de-obra, fixando o homem no meio rural, o que evita a “favelização” na periferia das cidades.

### **2.3 O Conceito de Solo do Ponto de Vista Ambiental**

O entendimento do que é solo depende do nível de conhecimento sobre o mesmo. Desta forma, diferentes conceitos de solo têm existido, tendo significados e abrangências diferentes conforme a atividade e o conhecimento de quem o analisa. Historicamente, o solo tem sido estudado e interpretado diferentemente à medida que os conhecimentos sobre a sua complexidade evoluíram. No desenvolvimento da Ciência do Solo destacam-se alguns conceitos que contribuíram significativamente para o seu entendimento: a) o solo como meio para o desenvolvimento das plantas;

b) o solo como produto de alteração das rochas; e c) o solo como um corpo natural organizado (GIASSON, 2006).

Levando-se em conta o solo como um corpo natural organizado, considerando a evolução histórica do conceito de solo e a sua importância dentro da Ciência do Solo, Beck et al. (2000) conceituaram solo como um “corpo natural da superfície terrestre, constituído de materiais minerais e orgânicos resultantes das interações dos fatores de formação (clima, organismos vivos, material de origem e relevo) através do tempo, contendo matéria viva e em parte modificado pela ação humana, capaz de sustentar plantas, de reter água, de armazenar e transformar resíduos e suportar edificações”.

Anjos e van Raij (2004) destacam que o solo tem um papel importante no meio ambiente, onde funciona como integrador ambiental e reator, acumulando energia solar na forma de matéria orgânica, reciclando água, nutrientes e outros elementos e alterando compostos químicos. Desse modo, o solo tem importante função ecológica, influenciando de forma positiva a qualidade ambiental e o funcionamento global da biosfera. Por causa dessas funções insubstituíveis, Lavkulich (1995) menciona que no contexto da crescente preocupação ambiental, não se pode mais considerá-lo sem que se leve em conta à preservação ambiental. Assim, a qualidade do solo para a agricultura deve incluir não só as condições necessárias à produção de alimentos e fibras, mas também as de seu funcionamento como interface com o ambiente. O uso adequado do solo deve ser encarado, portanto, sob uma óptica ambiental mais ampla, com o estabelecimento de limites que definam até que ponto a atividade humana pode afetar sua capacidade de funcionar como integrador ambiental.

## **2.4 Indicadores de Impactos Ambientais em Solos**

O solo é um recurso natural que sustenta a flora e a fauna, a agricultura, a pecuária, o armazenamento da água e as obras de engenharia humana. Além de ser considerado por Streck et al. (2008) um meio insubstituível para a agricultura, é também um componente vital do agroecossistema no qual ocorrem processos e ciclos de transformações físicas, químicas e biológicas. Por outro lado, quando for mal manejado e receber o aporte de resíduos indesejáveis, em curto espaço de tempo o solo poderá contribuir para a degradação do sistema (STRECK et al. 2008).



Anjos e van Raij (2004) destacaram que, no Brasil, ainda não há sistemas organizados de indicadores ambientais de solos, talvez porque a gestão ambiental na agricultura ainda não esteja presente como um conjunto de ações coordenadas. Isso não significa, segundo os autores, que não exista a preocupação ambiental, já que muitos empreendimentos que adotam as melhores práticas de manejo visam a conservação do solo e à sustentabilidade do processo produtivo.

Walker e Reuter (1996) ressaltam dois tipos de indicadores que podem ser reconhecidos: os de situação, que definem o estado do solo em relação a valores desejáveis; e os de tendência, que mostram como o sistema mudou.

Os resultados dos Laboratórios de Análises de Solos são as mais importantes bases de dados existentes no Brasil e podem, além do uso rotineiro para monitorar a fertilidade dos solos, serem empregados para mapear teores de outros atributos e avaliar tendências. Em vista disso, Anjos e van Raij (2004) mencionam que é preciso organizar o conhecimento e os procedimentos de avaliação dos mais diversos atributos – relativos não só ao solo, como também à água – para que se possa avaliar o uso do solo em diferentes condições, com o objetivo de monitorar os processos de degradação como erosão, salinização, acidificação, perda de fertilidade e contaminação por elementos ou compostos tóxicos. Os mesmos autores citam que os indicadores se tornarão parte indispensável da gestão ambiental e de procedimentos de auditoria e de certificação ambiental ou de conflitos legais.

## **2.5 Indicadores de Qualidade do Solo**

Os indicadores de qualidade do solo formam um conjunto de dados mínimos que são utilizados para avaliar o comportamento das principais funções do solo (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003). Segundo Doran e Parkin (1994), um bom indicador deve integrar processos e atributos físicos, químicos e/ou biológicos do solo, ser acessível aos diferentes usuários, ser aplicável em diversas condições de campo e ser sensível às variações do manejo e do clima.

Os critérios para a seleção de indicadores relacionam-se, principalmente, com a sua utilidade em definir os processos do ecossistema. Stenberg (1999), enfatizou que nenhum indicador individualmente conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo, existindo uma relação entre todos os

atributos do solo. Na literatura os indicadores físicos, químicos e microbiológicos tem sido apontados como os principais indicadores de qualidade do solo, entretanto, este estudo abordará os indicadores químicos e microbiológicos do solo, sendo também proposto a utilização de alguns elementos relacionados a fertilidade do solo como indicadores de sua qualidade.

### **2.5.1 Indicadores Químicos**

Dentre os indicadores químicos do solo destacam-se a matéria orgânica (MO), a capacidade de troca de cátions (CTC), a acidez ativa [potencial hidrogeniônico (pH) em água] e potencial [hidrogênio (H) + alumínio (Al)], a saturação por alumínio (M%) e a saturação de bases (V%) que serão descritos a seguir.

#### **2.5.1.1 Matéria Orgânica (MO)**

A fração orgânica normalmente representa menos de 5% dos constituintes sólidos do solo. Entretanto, ela afeta fenômenos de grande importância na disponibilidade de nutrientes, no desenvolvimento das plantas e na sustentabilidade e capacidade produtiva dos solos (ERNANI, 2008).

A matéria orgânica do solo engloba os resíduos vegetais em estágios variados de decomposição, a biomassa microbiana, as raízes e a fração mais estável, denominada húmus (THENG; TATE; SOLLINS, 1989), as quais condicionam as características químicas, físicas e biológicas do solo. Entre as características químicas afetadas pela matéria orgânica, destacam-se a disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes. Nas características biológicas, a matéria orgânica afeta diretamente, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioheterotróficos e, através da mineralização do nitrogênio (N) e enxofre (S) orgânico, atua como fonte de energia aos microrganismos quimioautotróficos (SANTOS et al., 2008)

Conceição et al. (2005) consideram a matéria orgânica como um eficiente indicador para discriminar a qualidade do solo induzida por diferentes sistemas de

manejos, sendo, ainda, fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando na infiltração, na retenção de água e susceptibilidade à erosão (GREGORICH et al., 1994). As diferentes práticas de manejo, de acordo com Karlen et al., (1994), que podem adicionar ou manter o carbono orgânico no solo, parecem estar entre as mais importantes para restabelecer, manter ou melhorar a qualidade do solo.

### 2.5.1.2 Acidez ativa (pH) e potencial (H+Al)

A acidez ativa refere-se à concentração dos íons  $H^+$  na solução do solo e sua medida é expressa pelo pH do solo em água (MEURER, 2006).

A acidez potencial é constituída pelo somatório de todas as fontes de  $H^+$  que existem nos componentes sólidos do solo, principalmente, o alumínio trocável e os grupos funcionais orgânicos e inorgânicos. Ela é, portanto, proporcional aos teores de alumínio, de argila e de matéria orgânica existentes no solo e determina a necessidade de calcário (ERNANI, 2008).

Um esquema dos principais componentes de acidez, em relação as frações ativas da matéria orgânica, minerais de argila e sesquióxidos de ferro e alumínio é mostrado na Fig.1, para uma consolidação mais efetiva destes resultados.

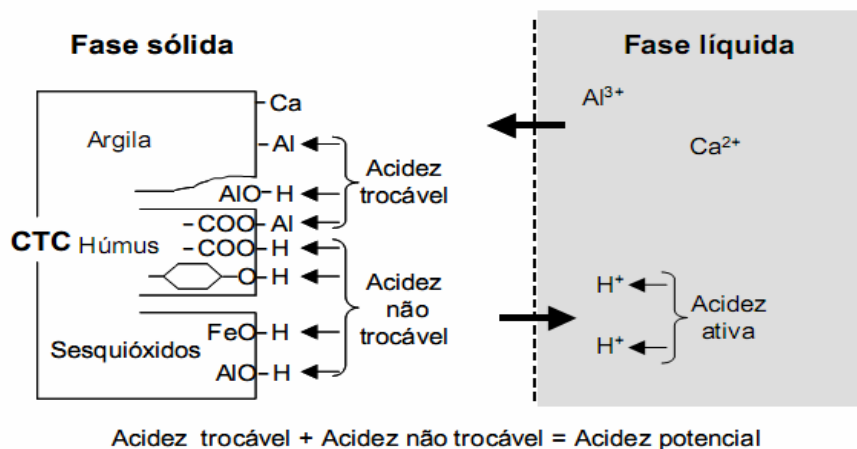


Figura 1 – Componentes da acidez do solo, na fase sólida e na fase líquida.  
Fonte: Lopes & Guilherme (2004) adaptado de van Raij & Quaggio (1994).

### 2.5.1.3 CTC efetiva e CTC pH 7.0

Os cátions retidos (adsorvidos) nos colóides do solo podem ser substituídos por outros cátions, ou seja, em termos práticos significa que são trocáveis (LOPES e GUILHERME, 2004). A capacidade de troca de cátions (CTC) expressa a quantidade de cátions que o solo pode reter na forma de complexos de esfera-externa (íons trocáveis), representando indiretamente a quantidade de cargas negativas presentes no solo (MEURER, 2006). A CTC é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, estarão disponíveis às plantas (CHAVES et al., 2004).

As cargas negativas presentes no solo, que em geral superam as cargas positivas, são originárias de substituição isomórfica e dissociação do grupo oxidrilas (OH). A Fig. 2 apresenta uma visão esquemática do potencial de capacidade de troca de cátions entre dois solos de texturas diferentes e suas implicações práticas.

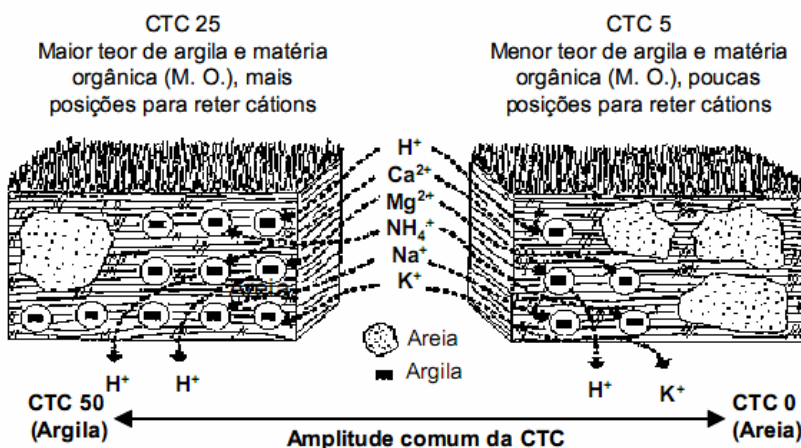


Figura 2 – Visão esquemática do potencial de capacidade de troca de cátions (CTC) entre dois solos de texturas diferentes e suas implicações práticas. Fonte: Lopes & Guilherme (2004) adaptado do texto publicado pelo Instituto da Potassa e Fosfato (1998).

Segundo Ernani (2008), existem basicamente dois tipos de CTC: a efetiva e a determinada a pH 7,0. A CTC efetiva descreve o número de cargas negativas existente nos valores de pH que o solo apresenta em condições naturais. O princípio de determinação dessa CTC se baseia na troca de cátions. Por isso, ela é quantificada por meio do somatório das quantidades de todos os cátions trocáveis

[normalmente o cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), sódio ( $\text{Na}^{+1}$ ), potássio ( $\text{K}^{+1}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ )] que se encontram neutralizando essas cargas até esse pH. Esses cátions são extraídos das cargas com solução salina não tamponada e uma vez presentes na solução do solo, são quantificados e somados. Já a CTC determinada com solução tamponada à pH 7,0 quantifica o somatório das cargas negativas existentes no pH natural do solo com as que serão criadas por meio da dissociação dos grupos funcionais (saída de  $\text{H}^{+}$ ) desde o valor do pH natural do solo até o pH 7,0.

#### **2.5.1.4 Saturação por alumínio (M%)**

Expressa a quantidade da CTC efetiva que é “ocupada” por alumínio trocável, fornecendo um indicativo da probabilidade de fitoxidez deste elemento às espécies vegetais (MEURER, 2006). De acordo com Lopes e Guilherme (2004), em termos práticos, ela reflete a percentagem de cargas negativas do solo, próxima ao pH natural, que está “ocupada” por Al trocável. Em geral, quanto mais ácido um solo, maior o teor de Al trocável em valor absoluto, menores teores de Ca, Mg e K, menor a soma de bases e maior a percentagem de saturação por alumínio.

#### **2.5.1.5 Saturação por Bases (V%)**

Segundo Lopes e Guilherme (2004), este parâmetro reflete a percentagem dos pontos de troca de cátions do complexo coloidal do solo que estão ocupados por bases, ou seja, a percentagem das cargas negativas, passíveis de troca à pH 7,0, que estão ocupadas por Ca, Mg, K e Na em comparação com aquelas ocupadas por  $\text{H}^{+}$  e Al.

### **2.5.2 Indicadores Microbiológicos**

Dentre os indicadores microbiológicos do solo destacam-se a biomassa microbiana do solo (BMS), a respiração basal (RB) e o quociente metabólico ( $\text{qCO}_2$ ) que serão descritos a seguir.

### 2.5.2.1 Biomassa Microbiana

A biomassa microbiana do solo (BMS) é considerada a parte viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, constituída por fungos, bactérias, actinomicetos, protozoários, algas e microfauna, excluindo-se raízes e animais superiores a  $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$  (DE-POLLI e GUERRA, 1999). Segundo Jenkinson e Laad (1981), a proporção presente de células microbianas vivas contendo carbono (C-microbiano, em  $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo) geralmente compreende de 1 a 5% do carbono orgânico total enquanto que o nitrogênio (N-microbiano, em  $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo) compreende de 1 a 6% do nitrogênio total.

Além de armazenadora de nutrientes, pode servir como um indicador rápido de mudança no solo, revelando a sensibilidade da microbiota a interferência no sistema (GRISI, 1995). Sua avaliação fornece indicações sobre a ciclagem da matéria orgânica, podendo atuar como fonte e dreno de nutrientes por meio do processo de mineralização e imobilização. Campos (1998) e Cerri, Volkoff e Eduardo (1985) comentaram que a vegetação influencia diferentemente a biomassa microbiana e, por isso, a sua eliminação ocasiona uma queda drástica de carbono da biomassa, como revelam estudos envolvendo desmatamentos.

Isoladamente, a biomassa microbiana pouco reflete as alterações na qualidade do solo, apesar de ser um indicador precoce de intervenções antrópicas (BROOKES, 1995). Entretanto, a biomassa microbiana associada ao conteúdo de matéria orgânica podem ser utilizados como índices para comparar a qualidade do solo sob diferentes manejos.

Vale ressaltar, no entanto, que a estimativa da BMS deve ser distinguida de sua atividade, uma vez que não se trata de uma medida da atividade dos microrganismos do solo, mas sim da massa microbiana viva total do solo, em um determinado momento, considerando-se a população microbiana como uma entidade única (DE-POLLI e GUERRA, 1999).

Maluche-Baretta et al. (2007) estudaram os atributos microbianos e químicos do solo em sistema de produção convencional e orgânico de maçãs no estado de Santa Catarina, onde cita que no sistema orgânico de maçãs houve um aumento da eficiência de utilização do carbono orgânico pela população microbiana do solo, comparativamente ao sistema de produção convencional.

### **2.5.2.2 Respiração basal**

A respiração do solo, que é a oxidação biológica da matéria orgânica à  $\text{CO}_2$  pelos microrganismos aeróbios, ocupa uma posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres. A avaliação da respiração do solo é a técnica mais freqüente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (ALEFF; NANNIPIERI, 1995). Santos (2004) estudaram a biomassa, a atividade microbiana e os teores de carbono e nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo, onde concluíram que sistemas de manejo que mantêm elevados os teores de carbono total no solo, proporcionam uma melhor atividade microbiana.

A medida da respiração do solo é bastante variável e dependente, principalmente, da disponibilidade do substrato, umidade do solo e temperatura do solo (BROOKES, 1995). A respiração do solo pode ser determinada pela produção de  $\text{CO}_2$  ou o consumo de  $\text{O}_2$ . A avaliação da respiração do solo pode ser realizada em laboratório ou em campo e, geralmente, é simples, barata e fácil de ser executada.

### **2.5.2.3 Quociente metabólico**

O quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) é um índice que combina os resultados de biomassa microbiana com as determinações das taxas de respiração, representado pela taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana na forma de carbono microbiano (ANDERSON e DOMSCH, 1993). Uma biomassa mais eficiente seria aquela que perderia menor quantidade de carbono na forma de  $\text{CO}_2$  com a respiração e incorporaria uma maior quantidade de carbono aos tecidos microbianos. Em amostras de solo que apresentam os mesmos valores de biomassa, aquela que realiza uma menor taxa de respiração ( $q\text{CO}_2$ ) é considerada a mais eficiente. De acordo com Anderson e Domsch (1993), quocientes metabólicos elevados são um indicativo de populações microbianas sob algum tipo de estresse metabólico.

### 2.5.3 Indicadores relacionados a fertilidade do solo

Conforme comentado anteriormente, elementos relacionados a fertilidade do solo não tem sido apontados como indicadores de sua qualidade, entretanto os seguintes elementos relacionados a fertilidade do solo foram determinados com este intuito de também indicar a qualidade do solo:

#### 2.5.3.1 Nitrogênio (N)

O nitrogênio é o macronutriente absorvido em maior quantidade pelas culturas, e com exceção de culturas leguminosas como a soja, que obtêm grande parte do nitrogênio via fixação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizóbium*, o solo é a principal fonte de nitrogênio (BAYER, 1993; AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002).

A dinâmica do N no solo é complexa, cujas transformações envolvem reações de natureza química e biológica, além de tratar-se de um nutriente muito móvel no solo, o que potencializa as suas perdas por lixiviação (AITA, 2003).

A transformação de N orgânico (resíduos vegetais e MO do solo) em N mineral é denominado globalmente de mineralização, enquanto a incorporação de formas de N mineral ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) na biomassa microbiana é denominada imobilização. Os processos de imobilização e mineralização do N ocorrem concomitantemente no solo, sendo que a intensidade de cada um é dependente principalmente do tipo de resíduo vegetal em decomposição (MARY e RECOUS, 1994; JENSEN, 1997; AITA, 2003).

#### 2.5.3.2 Fósforo

Segundo Vale; Guilherme e Guedes (1993), dentre os macronutrientes, o fósforo é o exigido em menores quantidades pelas plantas. Todavia, trata-se do nutriente aplicado em maiores quantidades em adubação no Brasil. A explicação para este fato relaciona-se com a baixa disponibilidade de fósforo nos solos do Brasil e, também, com a forte tendência do fósforo aplicado ao solo de reagir com componentes do mesmo para formar compostos de baixa solubilidade. Portanto, ao contrário dos demais nutrientes, a adubação com fósforo assume a particularidade de ter-se que aplicar uma quantidade várias vezes maior do que aquela exigida pelas



plantas, pois antes de mais nada, torna-se necessário satisfazer a exigência do solo, saturando os componentes consumidores de fósforo.

#### **2.5.3.3 Potássio**

O potássio é o segundo macronutriente em teor contido nas plantas. É depois do fósforo, o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira. Os teores totais em solos bem supridos, podem superar a 1%. Grande parte desse potássio encontra-se em minerais que contêm o elemento nas estruturas cristalinas van Raij (1991).

#### **2.5.3.4 Cobre e Zinco**

Em razão das pequenas quantidades exigidas pelas culturas, as deficiências de micronutrientes são as últimas que aparecem em solos cultivados originalmente férteis. Todavia, a remoção pelas culturas reduz os teores no solo. Além disso, produtividades crescentes destas culturas aceleram essas remoções.

### **2.6 Revisão dos conceitos de Estatística Clássica**

A revisão dos conceitos de Estatística Clássica foi baseada em Piana e Machado (2004) e Landim (2003), dentre outros, que destacaram a importância da estatística como ferramenta necessária para a compreensão dos fenômenos que ocorrem nas mais diferentes áreas. Dentre as medidas de posição, somente será revisado o conceito de quartis já que os conceitos de média aritmética, mediana e moda são amplamente descritos na literatura. No que tange as medidas de variação ou dispersão somente será apresentado o conceito de amplitude interquartílica ( $q$ ) pelos mesmos motivos anteriormente destacados. Também serão revisadas as seguintes medidas para estudar a forma da distribuição de um conjunto de dados: momentos, coeficientes de assimetria e curtose e gráfico em caixa.

### 2.6.1 Conceito de Quartis ( $Q_i$ )

Os quartis representados por  $Q_i$ , onde  $i = 1, 2$  e  $3$ , são três medidas que dividem o conjunto de dados ordenado em quatro partes iguais. São elas:

- Primeiro quartil ( $Q_1$ ): 25% dos valores ficam abaixo e 75% ficam acima desta medida;

- Segundo quartil ( $Q_2$ ): 50% dos valores ficam abaixo e 50% ficam acima desta medida. O segundo quartil de um conjunto de dados corresponde à mediana ( $Q_2 = Md$ );

- Terceiro quartil ( $Q_3$ ): 75% dos valores ficam abaixo e 25% ficam acima desta medida.

O processo de obtenção dos quartis consiste em, primeiramente, ordenar os dados e, em seguida, determinar a posição ( $p$ ) do quartil no conjunto de dados ordenado. Existem dois casos diferentes para determinação de  $p$ :

1º caso: quando  $n$  é ímpar

- Para  $Q_1$ , temos

$$p = \frac{n+1}{4} \quad (1)$$

- Para  $Q_2$ , temos

$$p = \frac{2(n+1)}{4} \quad (2)$$

- Para  $Q_3$ , temos

$$p = \frac{3(n+1)}{4} \quad (3)$$

2º caso: quando  $n$  é par

- Para  $Q_1$ , temos

$$p = \frac{n+2}{4} \quad (4)$$

- Para  $Q_2$ , temos

$$p = \frac{2n+2}{4} \quad (5)$$

- Para  $Q_3$ , temos

$$p = \frac{3n + 2}{4} \quad (6)$$

O quartil  $Q_1$  será o valor do conjunto de dados que ocupa a posição  $p$ , ou seja,  $Q_i = x_p$ . No caso de  $p$  não ser um número inteiro, o quartil será a média aritmética dos dois valores que ocupam as posições correspondentes ao menor e ao maior inteiros mais próximos de  $p$ . Por exemplo, se  $p = 7,5$ , o quartil será a média dos valores que ocupam as posições 7 e 8.

### 2.6.2 Conceito de Amplitude Interquartílica

A amplitude interquartílica, denotada por  $q$ , é a diferença entre o terceiro quartil ( $Q_3$ ) e o primeiro quartil ( $Q_1$ ). Assim temos

$$q = Q_3 - Q_1 \quad (7)$$

Apesar de ser uma medida pouco utilizada, a amplitude interquartílica apresenta uma característica interessante que é a resistência, ou seja, esta medida, ao contrário da amplitude total, não sofre nenhuma influência de valores discrepantes. Para a identificação de valores discrepantes num conjunto de dados, utilizam-se duas medidas, denominadas cerca inferior (CI) e cerca superior (CS). A cerca inferior é calculada subtraindo-se do primeiro quartil uma e meia amplitude interquartílica, e a cerca superior, somando-se esta quantidade ao terceiro quartil. Assim, temos:

$$CI = Q_1 - 1,5q \quad \text{e} \quad CS = Q_3 + 1,5q \quad (8)$$

São considerados discrepantes os valores que estiverem fora do intervalo  $(Q_1 - 1,5q; Q_3 + 1,5q)$ . Valores menores que a cerca inferior são denominados discrepantes inferiores e os valores maiores que a cerca superior são os discrepantes superiores.

### 2.6.3 Conceitos de Momentos

Os momentos  $(m_r)$ , são medidas calculadas com o propósito de estudar a distribuição. O momento de ordem  $r$  centrado num valor  $a$  é dado por

$$m_r = \frac{\sum (x_i - a)^r}{n} \quad (9)$$

Quando  $a = \bar{x}$  (média aritmética), temos os momentos de ordem r centrados na média e representados por  $m_r$ . Assim temos:

$$m_r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^r}{n} \quad (10)$$

Exemplos:

Para  $r = 1$ ,

$$m_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^1}{n} = 0 \quad (11)$$

Para  $r = 2$ ,

$$m_2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (12)$$

Para  $r = 3$ ,

$$m_3 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{n} \quad (13)$$

Para  $r = 4$ ,

$$m_4 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{n} \quad (14)$$

#### 2.6.4 Assimetria

Dentre as várias medidas de assimetria que devem informar se a maioria dos valores se localiza à esquerda, ou a direita, ou se estão uniformemente distribuídos em torno da média aritmética, uma das mais precisas é o coeficiente de assimetria, denotado por  $a_3$ . Esta medida indica o grau e a direção do afastamento da simetria e é obtida utilizando o segundo e o terceiro momentos centrados na média, através da seguinte expressão:

$$a_3 = \frac{m_3}{m_2 \sqrt{m_2}} \quad (15)$$

A classificação da distribuição quanto a simetria é feita de acordo com o valor do  $a_3$ :

- Se  $a_3 < 0$ , a distribuição é classificada como assimétrica negativa, indicando que a maioria dos valores são maiores ou se localizam à direita da média aritmética;
- Se  $a_3 = 0$ , a distribuição é classificada como simétrica, indicando que os valores estão uniformemente distribuídos em torno da média aritmética;
- Se  $a_3 > 0$ , a distribuição é classificada como assimétrica positiva, indicando que a maioria dos valores são menores ou se localizam à esquerda da média aritmética.

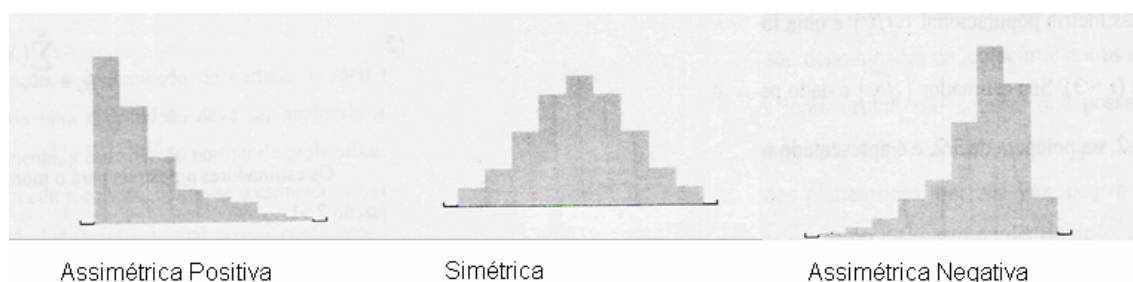


Figura 3 - Classificação da distribuição dos dados quanto à simetria (Extraída de Ferreira, 2005).

### 2.6.5 Curtose

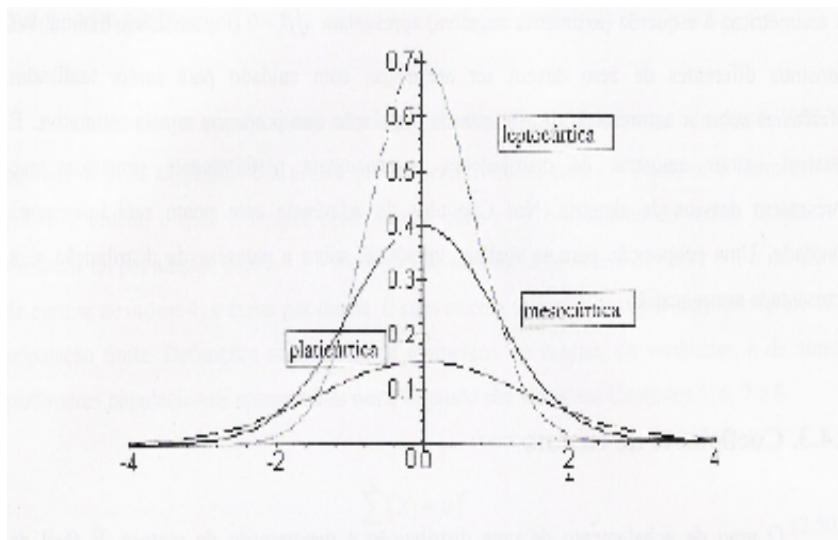
A medida de curtose indica o grau de achatamento de uma distribuição. O coeficiente de curtose, denotado por  $a_4$ , é calculado pela estatística k de Fischer a partir do segundo e quarto momentos centrados na média, através da seguinte expressão:

$$a_4 = \frac{m_4}{(m_2)^2} \quad (16)$$

A classificação da distribuição quanto ao grau de achatamento é feita de acordo com o valor do  $a_4$ :

- Se  $a_4 < 0$ , a distribuição é classificada como platicúrtica, indicando maior achatamento;
- Se  $a_4 = 0$ , a distribuição é classificada como mesocúrtica, indicando achatamento médio;

- Se  $a_4 > 0$ , a distribuição é classificada como leptocúrtica, indicando menor achatamento.



**Figura 4** - Classificação da distribuição quanto ao grau de achatamento (Extraída de Ferreira, 2005).

#### 2.6.6 Gráfico em Caixa (“Box-Plot”)

As técnicas exploratórias ajudam a detectar erros ou valores discrepantes, a buscar a melhor transformação de dados quando houver necessidade, etc., representando em melhor qualidade na análise de dados. Dentre essas técnicas, pode-se citar o resumo de cinco números e o gráfico em caixa (“Box-Plot”), que além de representarem os dados, dando uma idéia do formato da distribuição, ainda permitem a identificação de valores discrepantes.

O resumo de cinco números descreve o conjunto de dados através de cinco valores: a mediana  $Md$ ; os quartis, primeiro  $Q_1$  e terceiro  $Q_3$ ; e os extremos, inferior  $EI$  e superior  $ES$ . Ele fornece uma idéia acerca da simetria da distribuição porque o percentual de observações compreendido dentro de cada um desses intervalos é conhecido (25%). A informação dada pelo resumo de cinco números pode ser apresentada na forma de um gráfico em caixa.

Para a construção do gráfico em caixa, considera-se um retângulo onde estarão representados os quartis e a mediana. A partir do retângulo, para cima e para baixo, seguem linhas, denominadas bigodes, que vão até os valores

adjacentes. São adjacentes o menor e o maior valor não discrepantes de um conjunto de dados, ou seja, o maior valor que não ultrapassa a cerca superior (CS) e o menor valor que não ultrapassa a cerca inferior (CI). Os valores discrepantes recebem uma representação individual através de uma letra ou símbolo. Assim, é obtida uma figura que representa muitos aspectos relevantes de um conjunto de dados, como pode ser observado na Fig. 5:

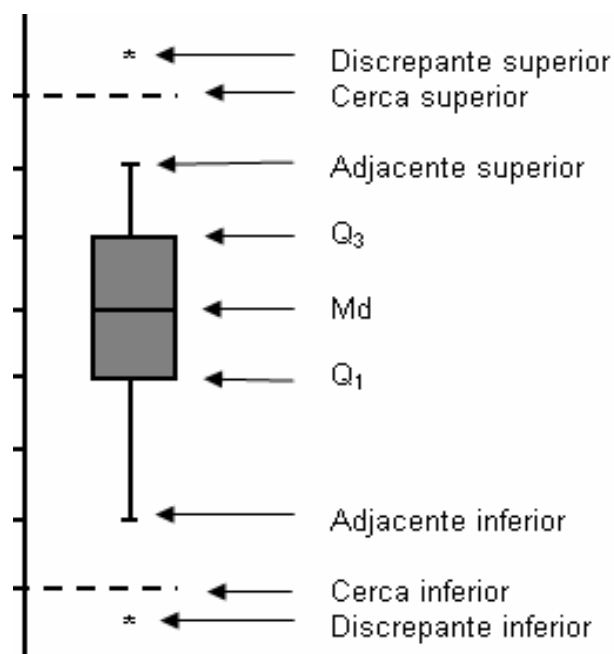


Figura 5 – Ilustração de um gráfico em caixa (“box plot”). Md = é a mediana do conjunto de dados;  $Q_3$  = terceiro quartil;  $Q_1$  = primeiro quartil.

A posição central dos valores é dada pela mediana e a dispersão pela amplitude interquartílica ( $q$ ). As posições relativas da mediana e dos quartis e o formato dos bigodes dão uma noção da simetria e do tamanho das caudas da distribuição.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

##### 3.1.1 Localização

Este estudo foi desenvolvido no município de Turuçu, ao Sul do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 6). O município tem uma área de 255km<sup>2</sup> e, segundo o IBGE (2006), uma população total de 3710 habitantes sendo que 55,85% vivem na zona rural (CNM, 2006; FAMURS, 2008).

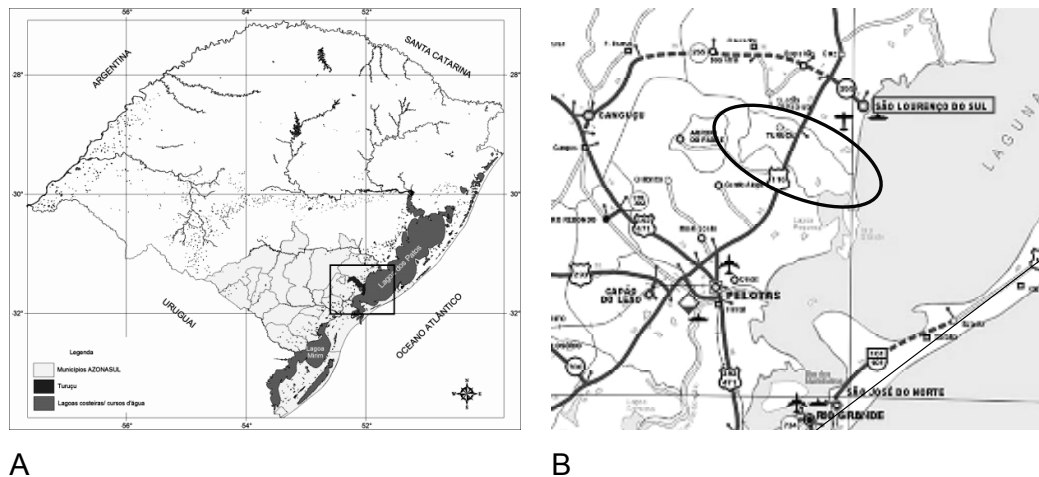


Figura 6 - Localização do município de Turuçu no mapa do estado do Rio Grande do Sul (A) e na região sul do estado (B) (Extraída de Estrela, 2008).

##### 3.1.2 Clima

Segundo o IBGE (1986), o clima no Rio Grande do Sul caracteriza-se por apresentar estações bem definidas e presença acentuada de chuvas sem que se defina a existência de um período seco ao longo de um ano normal. Os totais



médios de precipitação distribuem-se de um modo geral desde 1200 mm na faixa litorânea até 1700 mm nos setores setentrionais do Estado. A temperatura média anual no Estado fica abaixo de 20°C, chegando a menos de 14°C nas maiores altitudes. As médias das temperaturas mínimas do mês de julho são inferiores a 10°C, sendo que no inverno as geadas são comuns. No verão as médias das temperaturas máximas são bem elevadas atingindo 30°C a 32°C.

A partir de dados da estação climatológica da Universidade Federal de Pelotas foram obtidas as normais climatológicas utilizadas para a região (tab. 1), sendo a variação média mensal da umidade relativa do ar alta na quase totalidade dos meses, mantendo-se acima de 80%. A temperatura média anual mantém-se em torno de 17,8°C sendo o mês de janeiro o mais quente, com 23,2°C na média e o mês de julho, mais frio, com um valor de 12,3°C. Na região, não há variação média mensal de precipitação ocorrendo uma distribuição regular durante todos os meses, sendo fevereiro o mês de maior precipitação (153,3 mm) e novembro (99,5 mm) e março (97,4 mm), os meses de menor precipitação.

Tabela 1 - Normais climatológicas mensais do período 1971/2000 para a região de Pelotas-RS

Variáveis	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Temperatura Média - °C	23,2	23,0	21,7	18,5	15,1	12,4	12,3	13,4	14,9	17,5	19,6	22,0	17,8
Precipitação Pluviométrica - mm	119,1	153,3	97,4	100,3	100,7	105,7	146,0	117,4	123,7	100,7	99,5	103,2	1366,9
Umidade Relativa - %	77,4	79,9	80,5	82,3	83,6	84,0	84,9	83,2	81,8	79,5	76,0	75,5	80,7
Radiação solar (cal.cm <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	498,2	439,3	377,3	297,2	225,7	184,0	190,0	238,8	299,2	385,9	478,2	524,1	344,8

Fonte: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/normais.html> acesso em: 13 mai. 2008. (Extraída de Estrela, 2008).

### 3.1.3 Geologia e Geomorfologia

O município de Turuçu encontra-se localizado na área de transição do escudo Sul-rio-grandense para a planície costeira, abrangendo unidades geológico-geomorfológicas de ambas as formações (TAGLIANI, 2002). A oeste do perímetro urbano encontra-se a borda oriental do cinturão Dom Feliciano de idade pré-cambriana, unidade geológica mais antiga do município. Nesta área está localizado

o ponto mais alto com 220m acima do nível médio do mar. Nesta unidade geológica ocorrem as maiores declividades, podendo alcançar valores maiores que 20%.

Conforme descrito no Plano Ambiental de Turuçu (TAGLIANI, 2007), que seguiu a lógica proposta por Sombroek em 1969, na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim os solos foram agrupados em função de uma seqüência geomorfológica regional, que abrange desde a borda das lagoas até aos platôs rochosos conservados do planalto. Uma síntese inicial situa a região como composta por três zonas básicas: baixa, média e alta (Fig. 7).

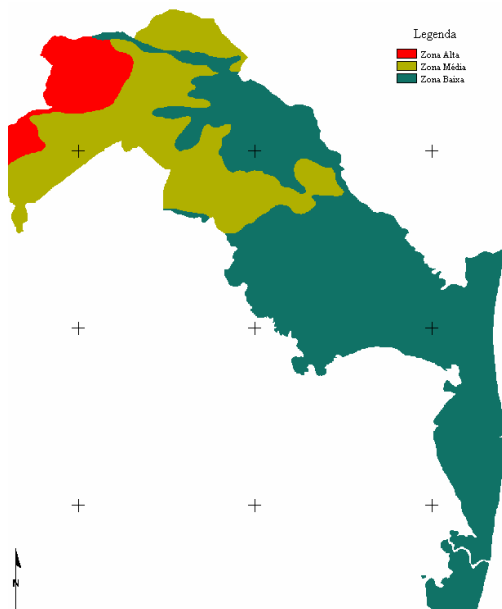


Figura 7 - Ilustração das três zonas diferenciadas em função da seqüência geomorfológica do município de Turuçu, RS. Fonte: TAGLIANI (2007).

### 3.1.4 Solos

Os solos foram descritos e classificados segundo metodologia da FAO/UNESCO e correlacionados com a classificação de solos utilizada em Levantamentos Pedológicos no Brasil, tendo como base a Circular Técnica Nº 55 da EMBRAPA de 2006, conforme o Plano Ambiental de Turuçu (TAGLIANI, 2007).

Em função da seqüência geomorfológica, as três zonas apresentam características distintas: a) a zona baixa engloba as terras sedimentares quaternárias próximas a Lagoa Pequena e ao longo das planícies de inundação dos rios Turuçu e Corrientes, onde ocorrem os solos do tipo Gleissolo Melânico, Planossolo Háplico, Neossolo Quartzorênico e Neossolo Flúvico; b) a zona média compreende as terras do planalto rebaixado marginal e depósitos sedimentares antigos que desenvolvem um relevo suave ondulado que tende a ondulado no contato com as terras altas. Nesta zona predominam os solos do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo; e c) na zona alta, que compreende o planalto residual Canguçu-Caçapava, o tipo de solo Argissolo Bruno-Acinzentado é o predominante (Fig. 8).

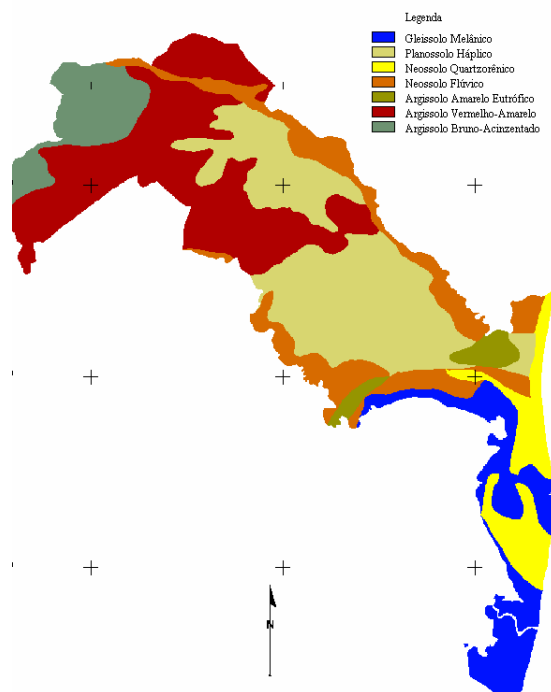


Figura 8 – Mapa dos diferentes tipos de solos encontrados no município de Turuçu, RS. Fonte: TAGLIANI (2007).

As características das três classes de solos (Argissolos, Cambissolo e Gleissolo) encontradas na região de Turuçu podem ser encontradas em Streck et al. (2008) e serão descritas a seguir:

a) O termo Argissolo deriva da presença de um horizonte subsuperficial mais argiloso no perfil. São geralmente profundos a muito profundos, variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, apresentando um perfil com uma seqüência

de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C, onde o horizonte Bt é do tipo B textural. O segundo nível categórico do SiBCS de acordo com a cor que predomina no horizonte B textural: Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Bruno-Acinzentados, Argissolos Acinzentados e Argissolos Amarelos. No terceiro nível, em função das características químicas, os argissolos são distinguidos em distróficos (saturação por bases < 50%), eutróficos ( saturação por bases  $\geq$  50%), alíticos ( Al extraível  $\geq 4\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , saturação por Al  $\geq$  50% e atividade de argila  $\geq 20\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  de argila) e alumínicos ( Al extraível  $\geq 4\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , saturação por Al  $\geq$  50% e atividade de argila <  $20\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  de argila).

b) Os Cambissolos são solos rasos a profundos, apresentando no perfil uma seqüência de horizontes A-Bi-C ou O-A-Bi-C, onde o horizonte Bi é do tipo B incipiente. São solos em processo de transformação, razão pela qual tem características insuficientes para serem enquadrados em outras classes de solos mais desenvolvidos. Os cambissolos foram diferenciados em função da acumulação de material orgânico (MO) no horizonte superficial, identificando-se os mais ricos em MO como Cambissolos Húmicos por apresentarem um horizonte superficial A húmico, a maioria dos cambissolos Háplicos tem horizonte superficial A proeminente ou A moderado, mas ocorrem também Cambissolos Háplicos com horizonte O hístico que são intermediários para Organossolos.

c) Os Gleissolos são solos pouco profundos a profundos, muito mal drenados, de cor acinzentados ou preta, apresentando no perfil uma seqüência de horizontes A-Cg, ou A-Bg-Cg ou H-Cg, onde horizontes Bg e Cg são horizontes glei. Os Gleissolos com horizonte superficial (A ou H) com maior espessura e teor de material orgânico são classificados como Gleissolos Melânicos e os que não atendem esses requisitos são os Gleissolos Háplicos.

### **3.1.5 Características Sócio-Econômicas**

O município de Turuçu teve sua economia baseada na indústria de curtimento de couros e peles até pouco tempo atrás. Entretanto, atualmente ela se baseia na agropecuária e na agroindústria.

Segundo levantamento feito pela Ascar - Emater (2001), num total de 641 propriedades rurais, 618 apresentam uma área de até 50ha, caracterizadas predominantemente pelo emprego da mão-de-obra familiar. Nestas propriedades, têm-se como principais atividades à pecuária leiteira, a produção de frutíferas de clima temperado (principalmente a cultura do morangueiro que tem se tornado uma importante fonte de geração de renda dentro da propriedade), de fumo e de pimenta vermelha, cultura que deu ao município de Turuçu o título de Capital Nacional da Pimenta Vermelha, por ser o município com maior área plantada desta cultura em todo o Brasil.

#### **3.1.5.1 Sistema de Produção da Cultura do Morangueiro**

A cultura do morangueiro era encontrada em pequena escala no município de Turuçu. Entretanto, a partir do ano de 2001 começou a se tornar uma importante atividade de geração de renda devido aos incrementos tecnológicos na produção (utilização de túneis plásticos, do sistema de irrigação por gotejamento, da fertirrigação, dentre outros), organização dos produtores e na busca de novos mercados para a fruta tanto “in natura” quanto processada. Com o apoio do escritório local da Ascar – Emater e da administração municipal através da Secretaria de Agricultura, foi formada a Associação de Produtores de Morango de Turuçu - RS (composta por 22 produtores) com o intuito de buscar soluções e alternativas para as questões que envolvem o sistema de produção de morangos bem como sua comercialização.

O sistema de produção da cultura do morangueiro em Turuçu é caracterizado pelo plantio de mudas, oriundas de regiões de clima temperado (Chile e Argentina), em pequenas extensões de terra (menos de 1ha) empregando mão-de-obra familiar. As mudas são transplantadas para canteiros de 0,8m a 1,0m de largura, sendo dispostas em 2 a 3 fileiras espaçadas de 0,3m. O solo é previamente revolvido com enxada rotativa e após coberto com lona plástica preta. O sistema conta ainda com a irrigação por gotejamento e, na maioria das vezes, é realizada a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) durante o ciclo da cultura. A Fig. 9 ilustra as características do sistema de produção de morango acima mencionadas.



Figura 9 – Sistema de Produção da cultura do morangueiro, destacando o transplante das mudas e o sistema de irrigação por gotejamento.

### 3.2 Critérios para a seleção das propriedades envolvidas neste estudo

Os critérios para a seleção das propriedades envolvidas neste estudo foram os mesmos, ou seja:

- Ser membro da Associação de Produtores de Morango de Turuçu;
- Produzir morangos a mais de duas safras;
- Ter somente um representante de cada família participando do projeto;
- Localizar-se no território com maior aptidão à cultura do morango.

Baseado nos critérios acima expostos foram selecionados 14 produtores de maneira a representar todo o território do município que apresentava maior aptidão para a produção de morangos, como mostra a Fig.10:

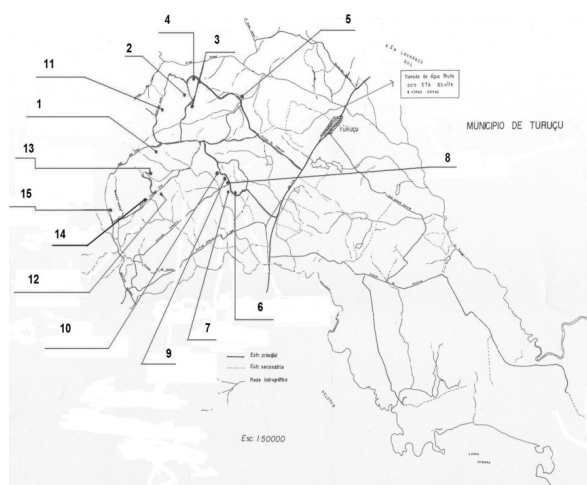


Figura 10 – Localização das quinze propriedades selecionadas no município de Turuçu - RS.

Baseado nesta distribuição espacial as propriedades foram agrupadas em três microrregiões: São Domingos (Produtores 2, 4, 5 e 11) Centenário (Produtores 6, 7, 8, 9, 10) e Picada Flor (Produtores 1, 12, 13, 14 e 15).

### **3.3 Amostragem de Solo nas 14 Propriedades**

Na maior parte das 14 propriedades, a preparação dos canteiros, a instalação da cobertura plástica e das mangueiras para a irrigação por gotejamento foi realizada no período de final de março e início de abril de 2007, anteriormente ao transplante das mudas de morango. Devido a isto, a primeira amostragem de solo foi realizada nos dias 22/05/2007 (Propriedades 1, 6, 7, 9, 10, 12, 13 e 14) e 29/05/2007 (Propriedades 2, 4, 5, 8, 11 e 15). A segunda amostragem foi realizada nos dias 29/08/2007 (Propriedades 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 e 15) e 05/09/2007 (Propriedades 1, 2, 4, 5 e 11). A terceira amostragem ocorreu nos dias 12/12/2007 (Propriedades 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 e 15) e 13/12/2007 (Propriedades 1, 2, 4, 5 e 11). A quarta coleta foi realizada nos dias 21/01/2008 (Propriedades 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 e 15) e 23/01/2008 (Propriedades 1, 2, 4, 5 e 11). Cabe ressaltar que os produtores começaram a acionar o sistema de irrigação antes da terceira amostragem e que na quarta amostragem a maior parte dos produtores já tinham abandonado as lavouras de morango.

O sistema de amostragem de solo em cada lavoura de morango foi baseado na topografia da área, dividindo a área da lavoura em três terços, de acordo com o declive: terço superior, terço mediano e terço inferior (Fig. 11). Em cada um desses terços, foram de forma aleatória, coletadas cinco amostras simples com um trado holandês (Fig. 12) na faixa de profundidade de 0-0,20m formando uma amostra composta em cada terço. Na primeira amostragem de solo, em cada propriedade, também foram, aleatoriamente, coletadas 5 amostras simples para formar uma composta em uma área de uso agrícola não cultivados ao longo de cinco anos que serviu como referência (Fig. 13).



Figura 11 - Sistema de amostragem baseada na topografia da área.



Figura 12 – Coleta de solo utilizando trado holandês.



Figura 13 - Representação de uma área de referência – Turuçu –RS.

Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas para os Laboratórios de Química e de Microbiologia pertencentes ao Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (Universidade Federal de Pelotas) onde foram realizadas análises químicas e microbiológicas no



solo no intuito de determinar os indicadores de sua qualidade que serão descritos a seguir.

### **3.4 Indicadores Químicos, Microbiológicos e de Fertilidade do Solo**

#### **3.4.1 Indicadores Químicos**

##### **3.4.1.1 Matéria Orgânica**

A matéria orgânica do solo (MO) foi calculada multiplicando-se o teor de carbono orgânico por 1,72 (fator de van Bemmelen). O teor de carbono orgânico total (COT) foi determinado segundo o método de combustão denominado Walkley-Black descrito em Tedesco et al. (1995), que consiste em oxidar os compostos orgânicos do solo com dicromato de potássio em meio ácido (ácido sulfúrico). O conteúdo de COT foi obtido a partir do volume de sulfato ferroso gasto na titulação das amostras de solo.

##### **3.4.1.2 Acidez ativa e potencial**

A acidez ativa (pH em água) foi determinada segundo a técnica descrita em Tedesco et al. (1995) e consistiu na leitura do pH, após agitação e repouso de 30 minutos, de uma amostra de solo (10 g) misturada ao mesmo volume de água destilada (10 mL).

A acidez potencial (H + Al) foi indiretamente estimada pela equação 17 (KAMINSKI et al., 2001 apud CQFS, 2004). O índice SMP foi determinado pela mudança de pH de uma amostra de solo frente a uma solução tampão SMP.

$$(H + Al) = e^{(10,665 - 1,1483 \cdot \text{índice SMP})} / 10 \quad (17)$$

sendo a unidade de H+Al expressa em  $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ .

### 3.4.1.3 CTC efetiva e CTC pH 7.0

A capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva foi calculada somando os teores de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$  (equações 18 e 19). Os teores trocáveis de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Al}^{+3}$  foram extraídos por KCl 1M, enquanto que os teores disponíveis de  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$  foram extraídos por solução P-A.

$$S \text{ (soma de bases)} = (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+1} + \text{Na}^{+1}) \quad (18)$$

$$\text{CTC efetiva} = S + \text{Al}^{+3} \quad (19)$$

em que os teores dos elementos são expressos em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

Como a CTC do solo é expressa em termos de quantidade de carga que os colóides podem reter por unidade de peso ou volume, o resultado é dado em centimol de carga por  $\text{dm}^3$  ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ). Para calcular o centimol de um cátion usa-se seu peso atômico, em g, dividido pela valência e dividido por 100.

A CTC potencial (pH 7,0) foi, então, calculada pelo somatório de S (equação 18) com H + Al (equação 17), segundo equação 20:

$$\text{CTC pH 7,0} = S + (\text{H} + \text{Al}) \quad (20)$$

### 3.4.1.4 Saturação por alumínio (M%)

A saturação por alumínio (M%) foi calculada conforme descrito em CQFS (2004) utilizando-se a seguinte fórmula:

$$M = (\text{Al} / \text{CTC efetiva}) * 100 \quad (21)$$

sendo expressa em %.

### 3.4.1.5 Saturação de bases (V%)

A saturação de bases (V%) foi calculada utilizando-se a seguinte fórmula (CQFS, 2004):

$$V = (S / \text{CTC pH 7,0}) * 100 \quad (22)$$

onde V é expressa em %.

### 3.4.2 Indicadores Microbiológicos do Solo

#### 3.4.2.1 Biomassa Microbiana do Solo (Carbono e Nitrogênio)

Os teores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana foram determinados pelo método de Irradiação - Extração, conforme descrito em Ferreira (1998), utilizando um forno microondas (2450 MHz, marca Panasonic, modelo EM 9003 B por 4 minutos) para eliminar os microorganismos em substituição ao clorofórmio. Os valores de carbono microbiano (CM) e nitrogênio microbiano (NM) foram calculados por meio das seguintes equações:

$$CM = \frac{C_i - C_{ni}}{K_C} \quad (23)$$

onde :

CM: teor de carbono da biomassa microbiana do solo (mg.kg<sup>-1</sup>);

C<sub>i</sub>: teor de carbono da amostra irradiada (mg.kg<sup>-1</sup>);

C<sub>ni</sub>: teor de carbono da amostra não irradiada (mg.kg<sup>-1</sup>);

K<sub>C</sub>: fator de correção (=0,33).

$$NM = \frac{N_i - N_{ni}}{K_N} \quad (24)$$

onde:

NM: teor de nitrogênio da biomassa microbiana do solo (mg.kg<sup>-1</sup>);

N<sub>i</sub>: teor de nitrogênio da amostra irradiada (mg.kg<sup>-1</sup>);

N<sub>ni</sub>: teor de nitrogênio da amostra não irradiada (mg.kg<sup>-1</sup>);

K<sub>N</sub>: fator de correção (=0,54).

### 3.4.2.2 Respiração Basal do Solo (RB)

A respiração basal do solo (RB) foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado no processo de respiração microbiana durante um período de incubação de 53 dias.

Os resultados da respiração basal foram calculados por meio da seguinte equação:

$$\text{mg C - CO}_2 / 100 \text{ g de solo} = (\text{VPB} - \text{VA}) \times M_{\text{ácido}} \times \text{Eq. C - CO}_2 \times \text{FC} \quad (25)$$

sendo:

C – CO<sub>2</sub> : carbono da respiração basal ( mg.100 g<sup>-1</sup> de solo);

VPB: volume de HCl gasto na prova em branco (mL);

VA: volume de HCl gasto na titulação do NaOH que recebeu o CO<sub>2</sub> desprendido do solo (mL);

M<sub>ácido</sub>: concentração de HCl 1M (M);

Eq. C- CO<sub>2</sub>: equivalente grama do C- CO<sub>2</sub> (=6 g);

FC: fator de correção igual a 1,0 (concentração do ácido/concentração da base).

### 3.4.2.3 Quociente Metabólico (qCO<sub>2</sub>)

O quociente metabólico foi calculado pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (ANDERSON e DOMSCH, 1978), como mostra a equação 26.

$$(q \text{ CO}_2) = \frac{\mu\text{g C - CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de solo}}{\mu\text{g CM g}^{-1} \text{ de solo}} \quad (26)$$

onde:

qCO<sub>2</sub> = quociente metabólico;

C – CO<sub>2</sub>: carbono da respiração basal (μg CO<sub>2</sub>.h<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup> de solo);

CM: teor de carbono da biomassa microbiana do solo (μg C.g<sup>-1</sup> de solo).

### **3.4.3 Indicadores de Fertilidade do Solo**

#### **3.4.3.1 Nitrogênio Total do Solo**

O nitrogênio total do solo foi determinado pelo método de KJELDAHL (1982 apud TEDESCO et al., 1995).

#### **3.4.3.2 Fósforo Disponível**

O teor de fósforo disponível no solo foi determinado utilizando um espectrofotômetro com comprimento de onda de 660nm. As leituras foram efetuadas após extração ácida (Mehlich-I) e repouso por 16 horas (TEDESCO et al., 1995).

#### **3.4.3.3 Potássio Disponível**

A partir dos mesmos extratos de solução do solo obtidos após repouso de 16 horas para a análise de fósforo, foram retiradas alíquotas para a avaliação de potássio disponível, sendo as leituras realizadas em fotômetro de chama.

#### **3.4.3.4 Cobre e Zinco**

Os teores de cobre e zinco do solo foram extraídos por HCl 0,1M após decantados por 16 horas, seguida da determinação da absorbância destes nutrientes em espectrômetro de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995).

### **3.5 Avaliação Temporal e Espacial dos Indicadores Químicos, Microbiológicos e de Fertilidade do Solo**

O estudo da variabilidade espacial e temporal dos indicadores de qualidade do solo (indicadores químicos, microbiológicos e de fertilidade do solo) foi realizado por meio da estatística clássica para obtenção das medidas de posição (média, mediana, moda, valores máximo e mínimo, quartis superior e inferior), de dispersão (amplitude total e interquartílica, desvio padrão e coeficiente de variação) e da forma da distribuição (simetria e curtose) de cada indicador. Também foram construídos

gráficos “Box-plots” das distribuições de cada um dos indicadores para avaliar a normalidade dos dados e a presença ou não de observações discrepantes.

Com o intuito de verificar se um determinado atributo se alterou, significativamente do ponto de vista estatístico, ao longo do tempo (entre as quatro coletas), foi aplicado o teste DMS de comparação entre médias ao nível de 5% de significância. Tais análises foram realizadas por meio do software Sistema de Análise Estatística para o Windows – WinStat (MACHADO, 2001).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Classificações dos tipos de solos

A Fig. 14 apresenta um gráfico ilustrando os diferentes tipos de solos encontrados em treze das quatorze propriedades pertencentes a Associação dos Produtores de Morango de Turuçu-RS, já que na Propriedade 11 não foi realizada a classificação do solo. A classificação dos solos foi baseada em um levantamento realizado por Cunha em 2008 (dados não publicados), sendo que a descrição completa dos Argissolos Acinzentado, Argissolo Vermelho e dos Argissolos Vermelho – Amarelo encontra-se no Anexo A, devido ao fato de que estes tipos de solos são predominantes na região de abrangência deste estudo.

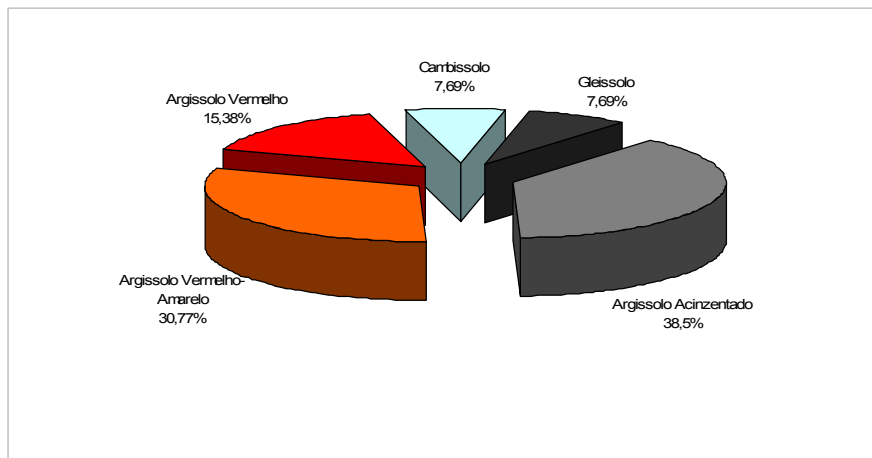


Figura 14 – Distribuição dos diferentes tipos de solos em treze das quatorze propriedades pertencentes a este estudo (Turuçu-RS, 2008).

Da Fig. 14 observa-se que houve uma predominância dos solos da classe Argissolos que, conforme descrito anteriormente, tem como característica a presença de um horizonte subsuperficial mais argiloso no perfil, sendo geralmente profundos a muito profundos, variando de bem drenados a imperfeitamente

drenados, apresentando um perfil com uma sequência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C, onde o horizonte Bt é do tipo B textural.

Foram encontrados 12 propriedades com: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico (Fig. 15), Argissolo Vermelho Eutrófico Chernossólico (Fig.16), Argissolo Vermelho Eutrófico Típico (Fig. 17), Argissolo Acinzentado Eutrófico Típico (Fig. 18) e Argissolo Acinzentado Eutrófico Abruptico (Fig. 19).



Figura 15 – Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico.



Figura 16 – Perfil de Argissolo Vermelho Eutrófico Chernossólico.





Figura 17 – Perfil de Argissolo Vermelho Eutrófico Típico.



Figura 18 – Perfil de Argissolo Acinzentado Eutrófico Típico.



Figura 19 – Perfil de Argissolo Acinzentado Eutrófico Abrupto.

Também foram encontradas 1 propriedade com Cambissolos Háplico Ta Eutrófico Lítico (Fig. 20) e 1 propriedade com Gleissolo Melânico Ta Eutrófico Gleissólico (Fig. 21).



Figura 20 – Perfil de Cambissolo Háplico Ta Eutrófico Lítico.



Figura 21– Perfil de Gleissolo Melânico Ta Eutrófico Gleissólico.

Na tab. 2 encontra-se a distribuição das classes de solos nas três Microrregiões do município de Turuçu (São Domingos, Picada Flor e Centenário) às quais pertencem treze propriedades envolvidas neste estudo. Da tabela verifica-se que nas Microrregiões de São Domingos e Picada Flor, a classe de solo

predominante é a Argissolo Acinzentado, enquanto que na Centenário a classe predominante é a Argissolo Vermelho-Amarelo.

Tabela 2 – Distribuição das diferentes classes de solos encontradas nas três Microrregiões do município de Turuçu (São Domingos, Picada Flor e Centenário) e nas treze propriedades envolvidas neste estudo.

Microrregiões	Propriedades	Classificação
São Domingos	2	Argissolo Acinzentado
	4	Argissolo Acinzentado
	5	Argissolo Vermelho
	11	Não identificado
Centenário	6	Gleissolo
	7	Argissolo Vermelho Amarelo
	8	Argissolo Vermelho Amarelo
	9	Argissolo Vermelho Amarelo
	10	Argissolo Vermelho Amarelo
Picada Flor	1	Argissolo Acinzentado
	12	Argissolo Acinzentado
	13	Cambissolo
	14	Argissolo Vermelho
	15	Argissolo Acinzentado

## 4.2 Avaliação dos indicadores químicos, microbiológicos e de fertilidade do solo determinados nas lavouras de morango em cada uma das propriedades

### 4.2.1 Avaliação temporal e espacial dos indicadores químicos do solo

#### 4.2.1.1 Matéria Orgânica

A tab. 3 apresenta a distribuição do teor de matéria orgânica (MO) nas quatro épocas de coleta em cada uma das quatorze propriedades pertencentes à Associação dos produtores de Morango de Turuçu-RS. Da tabela verifica-se que dentre as quatorze propriedades estudadas, somente na Propriedade 8 (segunda e quarta coleta) e na 15 (todas as coletas) os teores de MO são classificados como médios de matéria orgânica (2,6 - 5,0 %), de acordo com a CQFS (2004). Já para as demais propriedades, em todas as coletas os teores de MO são classificados como baixos ( $MO \leq 2,5\%$ ). Os teores médios de MO ao longo do espaço, para cada coleta,

são classificados como baixos variando de 1,6% (3ª coleta) a 1,9% (4ª coleta) (Tabela 3). O teste de comparação entre médias indica que não houve diferença significativa, por meio do teste DMS ao nível de 5% de significância, entre os valores médios do teor de matéria orgânica ao longo do tempo na maioria das lavouras de morango (Propriedades 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14 e 15), isso significa que, não houve nenhum aporte de matéria orgânica (por exemplo, decomposição de raízes e da parte aérea da planta, dentre outros) e também não houve, a princípio, influência da água de irrigação no comportamento deste parâmetro, fato este já esperado em virtude de que a MO é um parâmetro que não sofre alteração em um curto espaço de tempo, como é o caso deste estudo. Conceição et al. (2005) descreveu que em algumas situações, notadamente aquelas induzidas por sistemas de manejo com histórico de adoção de curto prazo, o indicador MO pode não ser um eficiente discriminador das alterações na qualidade do solo.

Baseado na classificação proposta por Wilding e Drees (1983), os teores de MO determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 1, 2, 6, 7, 10 e 15 apresentaram baixa dispersão ( $CV \leq 15\%$ ) ao longo do tempo, enquanto que apresentaram moderada dispersão nas amostras de solo coletadas nas Propriedades 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13 e 14 ( $15\% < CV < 35\%$ ). Quando analisada a classificação dos valores de CV ao longo do espaço, nas três primeiras coletas o CV é classificado como de alta variabilidade ( $CV \geq 35\%$ ) e na última classificado como de moderada, o que já era esperado pelo fato da região de abrangência do estudo dentro do município de Turuçu-RS ser muito ampla, contendo diferentes tipos de solos e topografias.

Tabela 3 – Teores médios de matéria orgânica do solo (MO, %) ao longo do espaço (na mesma coluna) e tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%)

Propriedades	MO (%)				Média	CV(%)
	Coleta					
	1	2	3	4		
1	1,4 a	1,3 a	1,2 a	1,6 a	1,4	14,0
2	1,6 b	1,7 ab	1,6 b	2,1 a	1,8	14,7
4	0,9 a	1,0 a	0,9 a	1,1 a	1,0	18,0
5	1,5 a	1,0 b	1,1 ab	1,4 ab	1,2	28,7
6	1,6 a	1,5 a	1,5 a	1,8 a	1,6	12,3
7	1,2 a	1,2 a	1,1 a	1,4 a	1,2	14,1
8	2,4 a	2,8 a	2,4 a	2,9 a	2,6	16,7
9	1,1 a	1,1 a	1,3 a	1,5 a	1,3	15,5
10	1,4 a	1,5 a	1,4 a	1,5 a	1,4	11,9
11	0,8 a	1,0 a	1,1 a	1,2 a	1,0	22,6
12	2,2 ab	2,1 ab	1,9 b	2,4 a	2,1	17,0
13	2,3 a	2,5 a	2,1 a	2,5 a	2,4	15,4
14	2,0 a	2,2 a	2,0 a	2,4 a	2,1	20,2
15	3,0 a	2,9 a	2,9 a	2,9 a	2,9	12,0
Média	1,7	1,7	1,6	1,9		
CV (%)	40.8	41.9	36.2	33.3		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

Rheinheimer et al. (2001) determinaram os teores de matéria orgânica em 168.200 amostras de solos coletadas em diferentes regiões do estado do Rio Grande do Sul. Deste total, 6673 amostras de solo foram coletadas na região classificada como Grandes Lagoas (Turuçu e outros municípios) onde foram encontrados teores baixos de matéria orgânica ( $MO \leq 2,5\%$ ) em 4678 (70,1%) das amostras estudadas. Neste estudo de um total de 168 amostras de solo coletadas nas 14 propriedades ao longo do tempo, em 142 (84,5%) amostras foram encontrados teores baixos de matéria orgânica corroborando com os resultados encontrados por Rheinheimer et al. (2001). Também pode ser observado na tabela 3 que os menores teores de MO foram encontrados nas amostras de solo coletadas na Propriedade 4 e os maiores na Propriedade 15 cujos solos foram classificados como Argissolo Acinzentados, ou seja, no mesmo tipo de solo foram encontrados teores extremos de MO o que pode ser atribuído provavelmente aos diferentes manejos adotados por cada produtor.

O gráfico em caixa (Fig.22) apresenta a distribuição espacial e temporal dos teores de matéria orgânica em cada uma das 14 propriedades envolvidas neste estudo. Da figura constata-se que não houve uma tendência nítida de comportamento dos valores da mediana do conjunto de dados de MO ao longo do

espaço, embora a sua magnitude se apresentou em um patamar semelhante dentro de cada microrregião. Por exemplo, para a Microrregião da Picada Flor, a distribuição dos teores de MO nas lavouras de morango das Propriedades 12, 13, 14 e 15 apresentaram valores da mediana superiores as demais, com exceção da lavoura situada na Propriedade 1 que apresentou um patamar semelhante as Microrregiões São Domingos e Centenário. Já na microrregião Centenário, a exceção ocorreu na distribuição dos teores de MO nas amostras de solo coletadas na lavoura da Propriedade 8, em que o valor da mediana foi semelhante em magnitude ao valor encontrado nas amostras de solo coletadas na microrregião da Picada Flor. Na microrregião São Domingos os valores das medianas se apresentaram no mesmo patamar, com exceção da Propriedade 2 onde o valor da mediana foi ligeiramente superior.

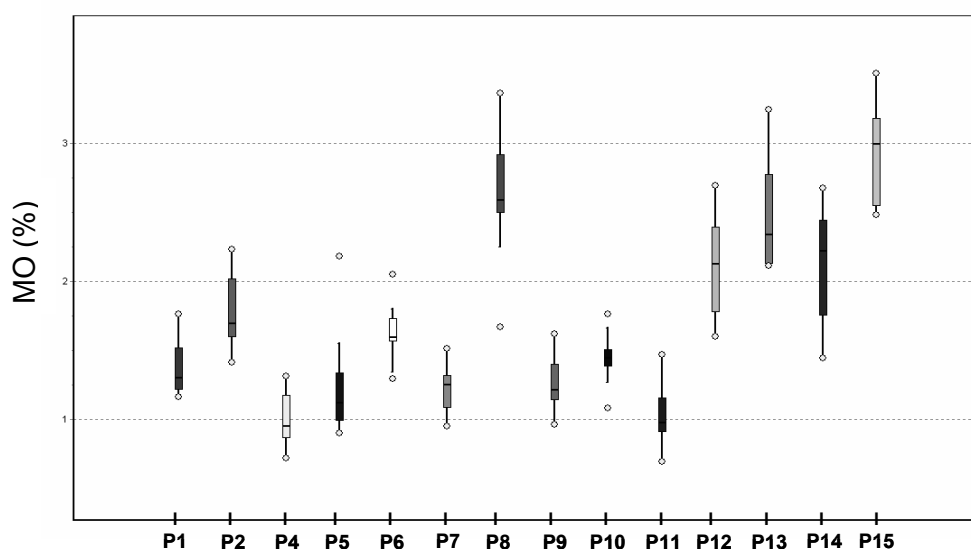


Figura 22 – Variabilidade espacial e temporal dos teores de matéria orgânica determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras de morango das 14 propriedades envolvidas neste estudo.

Quanto a assimetria das distribuições dos teores de MO, a distribuição dos dados de MO coletados nas Propriedades 1, 2, 4, 5, 6, 9, 11, 13 e 15 se classificam como assimétrica positiva (coeficiente de assimetria  $> 0$ ), indicando que a concentração dos valores de MO encontra-se entre o extremo inferior e a mediana. Já nas Propriedades 7, 8, 10, 12 e 14, a distribuição dos teores de MO se classifica como assimétrica negativa (coeficiente de assimetria  $< 0$ ), ou seja, a maior concentração dos valores encontra-se entre o extremo superior e a mediana.

Analisando-se o comportamento das distribuições dos dados de MO por microrregião, constata-se que na microrregião São Domingos todas as distribuições dos teores de MO apresentaram assimetria positiva, enquanto que nas amostras de solo coletadas nas lavouras da microrregião Centenário predominou a distribuição assimétrica negativa dos dados de MO. Já na microrregião Picada Flor, em 3 lavouras (Propriedades 1, 13 e 15) predominou a distribuição assimétrica positiva dos valores de MO e nas duas restantes assimétrica negativa (Propriedades 12 e 14). Quanto à curtose, as distribuições dos teores de MO encontrados nas Propriedades 1, 2, 4, 7, 9, 12, 14 e 15 foram classificadas como platicúrtica (coeficiente de curtose  $< 0$ ), ou seja, apresentam maior grau de achatamento. Já nas lavouras das Propriedades 5, 6, 8, 10, 11 e 13, a distribuição dos dados apresentou um menor grau de achatamento se classificando como leptocúrtica (coeficiente de curtose  $> 0$ ).

Com relação a presença ou não de valores discrepantes, Morettin & Tolo (1987) destacaram que em toda a investigação que envolve a metodologia estatística, um dos primeiros cuidados a se tomar na análise de uma série é o planejamento amostral e a preparação dos dados. Dependendo dos objetivos da análise, vários problemas com as observações (p.e. estacionariedade dos dados, observações irregulares “outliers”, registros curtos) podem ocorrer e medidas devem ser tomadas para evitá-los ou, pelo menos, amenizá-los. A presença de “outliers”, um critério bastante usado para detecção é da soma e subtração da média  $\pm 3 \times$  desvio padrão, ou seja, os pontos que caírem fora desta janela são considerados observações irregulares devido, por exemplo, a problemas no instrumento, erros acidentais ou erros no momento da análise no laboratório. Uma maneira de resolver este problema seria a substituição deste valor pela média aritmética entre os valores vizinhos da variável analisada. Do ponto de vista do estudo de variabilidade espacial em que a ênfase é analisar as causas e efeitos da variabilidade de uma determinada propriedade ao longo do domínio espacial em questão a remoção de “outliers” torna-se questionável uma vez que trata-se do comportamento real da variável a nível de campo, desta forma, não mascarando os resultados quando da aplicação de modelos estatísticos. Neste estudo foi adotada como metodologia de detecção de valores discrepantes a construção dos gráficos em caixa (Figura 22) onde é possível verificar que nas distribuições de MO nas lavouras das Propriedades 5, 6, 8 e 10 foi

detectada a presença destas observações. Entretanto, não foi possível detectar a origem destes valores neste estudo.

#### **4.2.1.2 Acidez Ativa e Acidez Potencial**

Das 168 amostras de solo analisadas neste estudo, 33,33% (56 amostras) apresentaram pH em água  $\leq 5,0$  se classificando como muito baixo, 13,09% (22 amostras) se classificaram como baixo pH em água (5,1 – 5,4), 23,81% (40 amostras) se enquadram na classificação de médio (5,5 – 6,0) e 29,76% (50 amostras) se classificaram como alto pH em água ( $>6,0$ ) (CQFS, 2004), indicando que os solos das propriedades pertencentes a este estudo são predominantemente ácidos. Rheinheimer et al. (2001) determinou em seu estudo que 27,3% das 168.000 amostras se classificaram na faixa baixa (5,0 - 5,4), 29,3% se classificaram na faixa média (5,5 – 5,9) e 26,1% se classificaram na faixa alta ( $\geq 6,0$ ), verificando também uma variabilidade de acidez ativa para os solos do RS.

Analisando os valores médios determinados de acidez ativa e de acidez potencial em cada uma das 14 propriedades, nas diferentes épocas de coleta (tab. 4), verifica-se que, segundo a CQFS (2004), os valores médios de acidez ativa determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 5, 8, 9 e 10 se classificam como muito baixo ( $\leq 5,0$ ); nas lavouras das Propriedades 12 e 13 se classificam como baixo (5,1 – 5,4); nas lavouras das Propriedades 2, 4, 7 e 11 se classificam como médio (5,5 – 6,0); e nas lavouras das Propriedades 1, 6, 14 e 15 como alto ( $>6,0$ ). Os teores médios de acidez ativa ao longo do espaço, para cada coleta, são classificados como baixo para a 2ª coleta e como médios para as demais coletas. A aplicação do teste DMS (5% de significância) para comparação entre os valores médios de acidez ativa ao longo do tempo demonstra que nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 2, 11, 12 e 14 houve diferença significativa entre os valores médios de acidez ativa. De acordo com a classificação proposta por Wilding & Drees (1983), todos os valores de acidez ativa apresentaram baixa dispersão ( $CV \leq 15\%$ ) em torno do valor médio ao longo do tempo. Já analisando a dispersão ao longo do espaço, nas coletas 1, 2 e 4 os valores do CV variaram de 10,7% (coleta 1) a 14,2% (coleta 4), ou seja, os valores de acidez ativa apresentaram baixa dispersão em torno do valor médio. Na 3ª coleta o CV foi de 15,2% (média variabilidade,  $15\% < CV < 35\%$ ).



Tabela 4 – Teores médios de a) acidez ativa e de b) acidez potencial ao longo do espaço (na mesma coluna) e tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

<b>a) Acidez ativa</b>						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	5,90 a	6,24 a	6,21 a	6,10 a	6,11	3,6
2	5,33 b	5,27 b	5,84 a	5,67 ab	5,52	5,3
4	5,56 a	5,59 a	5,90 a	5,90 a	5,73	3,6
5	4,86 a	4,69 a	4,65 a	4,53 a	4,68	3,5
6	6,21 a	6,11 a	6,51 a	6,09 a	6,22	3,2
7	5,92 a	5,52 a	5,88 a	5,77 a	5,77	5,0
8	4,58 a	4,26 a	4,26 a	4,37 a	4,36	3,3
9	4,84 a	4,67 a	4,43 a	4,53 a	4,62	3,5
10	4,94 a	4,88 a	4,68 a	4,61 a	4,77	3,5
11	5,93 a	5,73 ab	5,82 ab	5,44 b	5,73	9,7
12	5,48 ab	5,08 b	5,57 a	5,43 ab	5,39	5,8
13	5,04 a	5,03 a	5,12 a	5,15 a	5,08	2,4
14	5,96 b	5,75 b	6,47 a	6,13 a	6,07	8,4
15	6,50 a	6,76 a	6,71 a	6,92 a	6,72	3,7
Média	5,50	5,40	5,57	5,47		
CV (%)	10,7	13,0	15,2	14,2		

<b>b) Acidez Potencial</b>						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	1,60 a	1,27 a	1,54 a	1,43 a	1,46	11,2
2	1,97 a	2,21 a	1,73 a	1,88 a	1,95	16,9
4	1,31 a	1,35 a	1,16 a	1,23 a	1,26	7,8
5	2,99 a	1,95 b	2,46 ab	2,39 ab	2,45	26,1
6	1,25 a	1,20 a	1,19 a	1,20 a	1,21	6,1
7	1,69 a	2,00 a	1,82 a	1,82 a	1,83	16,5
8	4,40 b	5,34 a	4,94 ab	4,77 ab	4,86	15,5
9	2,52 b	2,79 ab	3,31 a	2,61 ab	2,80	12,6
10	3,71 ab	2,95 b	3,80 a	3,60 ab	3,51	14,9
11	1,26 a	1,37 a	1,48 a	1,70 a	1,45	25,2
12	2,46 a	3,05 a	2,51 ab	2,58 ab	2,65	24,8
13	2,85 a	2,97 a	2,86 a	2,91 a	2,90	13,6
14	2,19 a	2,26 a	1,86 a	1,92 a	2,06	25,8
15	1,43 a	1,41 a	1,48 a	1,35 a	1,42	12,7
Média	2,26	2,29	2,30	2,24		
CV (%)	44,0	49,6	49,5	46,0		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

Avaliando o comportamento dos valores de acidez potencial determinados nas mesmas amostras de solo (tab. 4), verifica-se que os seus valores médios encontrados foram menores, isso se deve, como citado anteriormente, devido a liberação de íons  $H^+$  e de  $Al^{+3}$  que existem nos componentes sólidos da matriz do

solo para a solução do solo, causando a acidificação do meio (Ernani, 2008). Da tabela também é possível verificar que na maioria das amostras de solo coletadas não houve diferença significativa entre os valores médios de acidez potencial ao longo do tempo, indicando, portanto, que não houve influência de nenhum fator que alterasse a acidez do solo ao longo do tempo, como por exemplo a água de irrigação aplicada anteriormente a terceira coleta. Os dados de acidez potencial apresentaram baixa dispersão em torno da média nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 1, 4, 6, 9, 10, 13 e 15 e média nas amostras das Propriedades 2, 5, 7, 8, 11, 12 e 14 (tab. 4) ao longo do tempo. Já ao longo do espaço, em todas as coletas os dados de acidez potencial apresentaram alta dispersão em torno da média.

A quantidade de corretivo a ser aplicado no solo depende do valor do pH de referência (pH do solo mais adequado ao desenvolvimento das culturas), sendo que para o morango este valor é 6,0 (CQFS, 2004). Baseado nisto, verifica-se que nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 1, 6, 14 e 15, por apresentarem valores de pH em água acima de 6,0, não necessitam de corretivo de acidez. Entretanto, nas lavouras das demais Propriedades, as quantidades de corretivo a serem aplicadas, será determinada pelo índice SMP, conforme indicações da tab. 5:

Tabela 5 – Quantidade de calcário ( $t \cdot ha^{-1}$ ) necessária para elevar o pH em água do solo a 6,0, estimadas pelo índice SMP, nas lavouras das Propriedades 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

Propriedade	Índice SMP (média)	Quantidade de Calcário (t/ha)
2	6,7	0,5
4	7,1	0
5	6,5	1,1
7	6,8	0,3
8	5,9	3,7
9	6,4	1,4
10	6,2	2,2
11	7	0
12	6,5	1,1
13	6,4	1,4

Em solos pouco tamponados, o índice SMP pode subestimar a necessidade de calcário. Nesses casos, esta pode ser calculada pelos teores de matéria orgânica e de alumínio trocável. Sendo assim, na Propriedade 4 e 11 a necessidade de

calcário para atingir pH 6,0 a serem aplicadas será de 0,68 t/ha e 0,51 t/ha, respectivamente.

O gráfico em caixa (Fig. 23) apresenta a distribuição espacial e temporal dos índices de acidez ativa e de acidez potencial em cada uma das 14 propriedades envolvidas neste estudo. Da figura constata-se que não houve uma tendência nítida de comportamento dos valores da mediana da distribuição dos dados de acidez ativa e acidez potencial ao longo do espaço, não sendo possível também, detectar alguma tendência de comportamento no que se refere as microrregiões.

No que refere a assimetria das distribuições dos dados de acidez ativa, ela é classificada como positiva na distribuição dos dados de acidez ativa nas lavouras das Propriedades 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 14 e 15 (coeficiente de assimetria  $> 0$ ), indicando uma concentração dos seus valores entre o extremo inferior e a mediana. Já nas Propriedades 5, 9, 11, 12 e 13 a distribuição dos dados de acidez ativa se classifica como assimétrica negativa (coeficiente de assimetria  $< 0$ ). Com relação à curtose, as distribuições dos dados de acidez ativa são classificadas como platicúrticas (Propriedades 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 15) e leptocúrticas (Propriedades 1, 12, 13 e 14). Foram detectados valores discrepantes de acidez ativa nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 12 (1 superior e 1 inferior) e 14 (1 superior), não sendo possível identificar a origem destes valores.

Com relação a assimetria das distribuições dos valores de acidez potencial, a distribuição dos dados coletados nas lavouras das Propriedades 1, 2, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13 e 15 se classificam como assimétrica positiva (coeficiente de assimetria  $> 0$ ) e nas demais Propriedades (7, 8 e 14) foram classificadas como assimétrica negativa (coeficiente de assimetria  $< 0$ ). Quanto à curtose, as distribuições foram classificadas como platicúrticas nas Propriedades 1, 7, 8, 10, 12, 13, 14 e 15 e leptocúrticas nas Propriedades 2, 4, 5, 6, 9 e 11. Somente foi detectada a presença de valores discrepantes na distribuição de dados relativa as Propriedade 6 e 9.

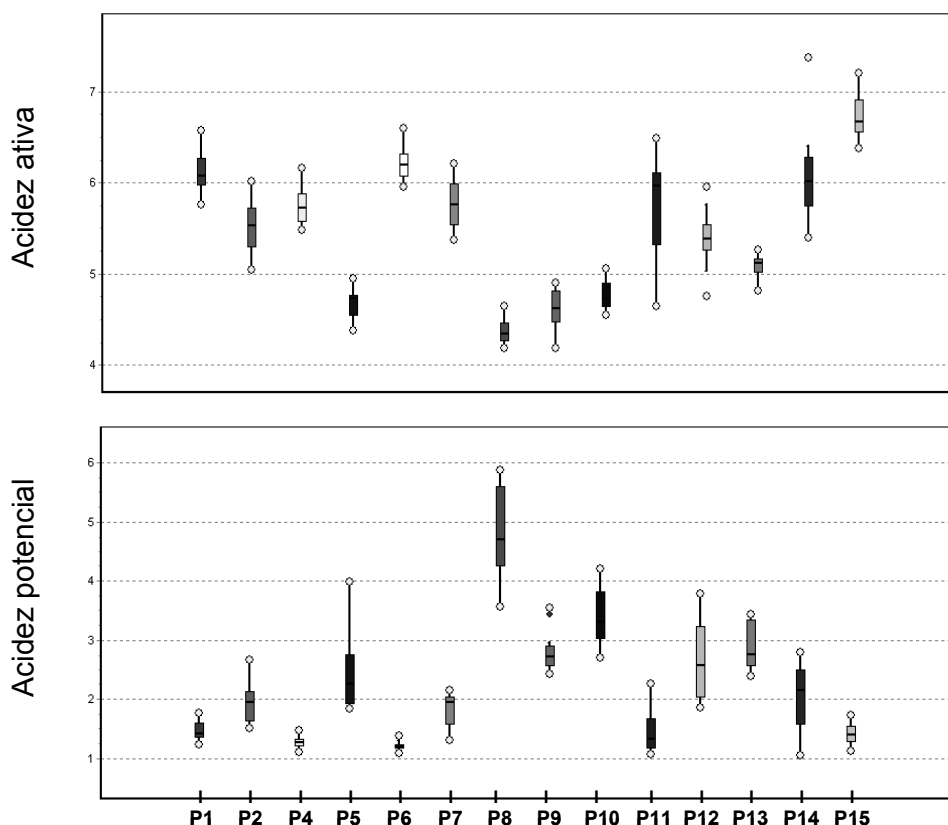


Figura 23 – Variabilidade espacial e temporal dos valores determinados de acidez ativa e potencial nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.2.1.3 CTC efetiva e CTC pH 7,0

A tab. 6 apresenta os valores referentes as médias de CTC efetiva e de CTC pH 7,0 nas quatro épocas de coleta em cada uma das quatorze propriedades pertencentes a Associação dos produtores de Morango do município de Turuçu-RS. Da tabela verifica-se que as médias obtidas para a CTC efetiva nas quatorze propriedades variaram entre 2,3  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  (amostras de solo coletadas na Propriedade 5) a 9,8  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  (amostras de solo coletadas na Propriedade 15), sendo estes valores indicadores da CTC no pH original do solo. Da tabela verifica-se que somente houve diferença significativa entre os valores médios de CTC efetiva, ao longo do tempo, nas amostras de solo coletadas na Propriedade 12, quando aplicado o teste DMS a 5% de significância. Pode-se ressaltar que segundo a classificação proposta por Wilding & Drees (1983), os valores de CTC efetiva determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 6, 7 e 11 apresentaram baixa dispersão em torno do valor médio ( $\text{CV} \leq 15\%$ ), enquanto que

nas demais lavouras os valores de CTC efetiva são classificados como de média dispersão ( $15\% < CV \leq 35$ ). Já ao longo do espaço (fixando a coleta), todos são classificados como de alta dispersão em torno da média.

Tabela 6 – Teores médios de a) CTC efetiva e de b) CTC pH 7,0 ao longo do espaço (na mesma coluna) e tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

<b>a) CTC Efetiva (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	4,54 a	3,63 a	3,77 a	4,46 a	4,10	25,5
2	5,41 a	5,11 a	5,98 a	5,92 a	5,61	32,3
4	5,16 a	4,29 a	4,06 a	5,41 a	4,73	20,5
5	2,44 a	2,49 a	1,82 a	2,34 a	2,27	21,6
6	5,54 a	5,21 a	5,16 a	6,34 a	5,56	12,7
7	4,88 a	4,23 a	4,00 a	4,20 a	4,17	14,6
8	4,33 a	3,82 a	4,45 a	4,98 a	4,40	16,5
9	2,77 a	3,27 a	2,48 a	3,01 a	2,98	31,4
10	3,79 a	2,88 a	3,06 a	2,99 a	3,18	17,3
11	3,19 a	3,29 a	3,84 a	3,45 a	3,28	14,2
12	9,46 a	7,83 ab	6,32 b	8,62 a	8,06	22,5
13	6,81 a	5,68 a	6,32 a	5,09 a	5,90	28,1
14	5,62 a	6,62 a	6,19 a	6,60 a	6,26	15,5
15	9,95 a	9,50 a	9,22 a	10,38 a	9,76	18,2
Média	5,27	4,85	4,76	5,27		
CV (%)	44,9	44,5	46,4	45,8		
<b>b) CTC pH 7,0 (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>)</b>						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	5,96 a	4,62 a	5,25 a	5,82 a	5,41	21,4
2	7,18 ab	7,24 ab	5,61 b	7,70 a	6,93	19,6
4	6,32 a	5,56 a	5,19 a	6,53 a	5,90	16,1
5	4,71 a	4,07 a	3,71 a	4,24 a	4,18	17,0
6	6,64 a	6,35 a	6,31 a	7,44 a	6,69	10,8
7	6,41 a	6,12 a	5,75 a	5,90 a	6,04	7,8
8	7,70 a	7,90 a	8,15 a	8,69 a	8,11	13,8
9	4,87 a	4,52 a	5,20 a	5,04 a	4,91	11,4
10	6,36 a	5,23 a	6,28 a	6,12 a	6,00	10,7
11	4,35 a	4,56 a	4,26 a	5,05 a	4,56	9,0
12	11,75 a	10,67 a	8,68 b	11,07 a	10,54	19,7
13	9,33 a	8,37 a	8,72 a	7,86 a	8,57	21,3
14	7,61 a	8,73 a	7,99 b	8,44 a	8,19	11,9
15	11,22 a	10,86 a	10,64 a	11,63 a	11,09	14,9
Média	7,17	6,77	6,55	7,25		
CV (%)	34,0	35,2	43,0	32,7		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

Analisando o comportamento dos valores médios de CTC pH 7,0 (tab. 6), observa-se que, ao longo do tempo, os seus valores médios encontrados nos solos

das Propriedades 5, 9 e 11 são classificados como baixos ( $\leq 5,0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) e nos demais solos se enquadram na classificação média ( $5,1 - 15 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ), conforme a CQFS (2004). No que tange a comparação entre médias, verifica-se que não houve diferença significativa, por meio do teste DMS ao nível de 5% de significância, entre os valores médios de CTC pH 7,0 determinados nos solos das Propriedades 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13 e 15, ao longo do tempo. Os valores de CV variaram de 7,8% (amostras de solo na Propriedade 7) a 21,3% (amostras de solo na Propriedade 13), ou seja, baixa e moderada dispersão dos valores em torno da média, respectivamente.

Verifica-se também por meio da tab. 6, que houve um aumento de 37% na CTC pH 7,0 quando comparada com a CTC efetiva, sendo que a magnitude deste aumento corrobora com os valores encontrados por Ernani (2008). Este autor encontrou magnitudes da ordem de 33 a 97%, dependendo do tipo de solo catarinense estudado. O mesmo autor ainda ressalta que o maior valor para a CTC pH 7,0 se deve ao aumento das cargas negativas proporcionado pela elevação do pH do solo durante o procedimento analítico, devido ao uso da solução tamponada, uma vez que foram encontrados valores de pH no solo menores que 7,0.

O gráfico em caixa (Fig. 24) apresenta a distribuição espacial e temporal dos dados de CTC efetiva e de CTC pH 7,0 determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 propriedades envolvidas neste estudo, representando os terços superiores, medianos e inferiores de cada lavoura. Da figura constata-se que conforme ocorreu com a distribuição dos dados de matéria orgânica (Fig. 22), não houve uma tendência nítida de comportamento dos valores da mediana de todos os conjuntos de dados de CTC efetiva e de CTC pH 7,0 ao longo do espaço, embora a magnitude dos valores da mediana apresentou um patamar semelhante dentro de cada microrregião (Fig. 24). Comparando-se os gráficos em caixa dos dados de CTC pH 7,0 e de matéria orgânica, pode ser observado que o comportamento temporal e espacial foram muito semelhantes, mostrando que os solos das Propriedades que apresentaram maiores teores de MO, apresentaram também maiores valores de CTC pH 7,0. Este fato corrobora com os resultados apresentados por Ernani (2008), onde o autor demonstrou que o incremento nas duas formas de CTC do solo foi ocasionado pelo aumento do carbono orgânico.

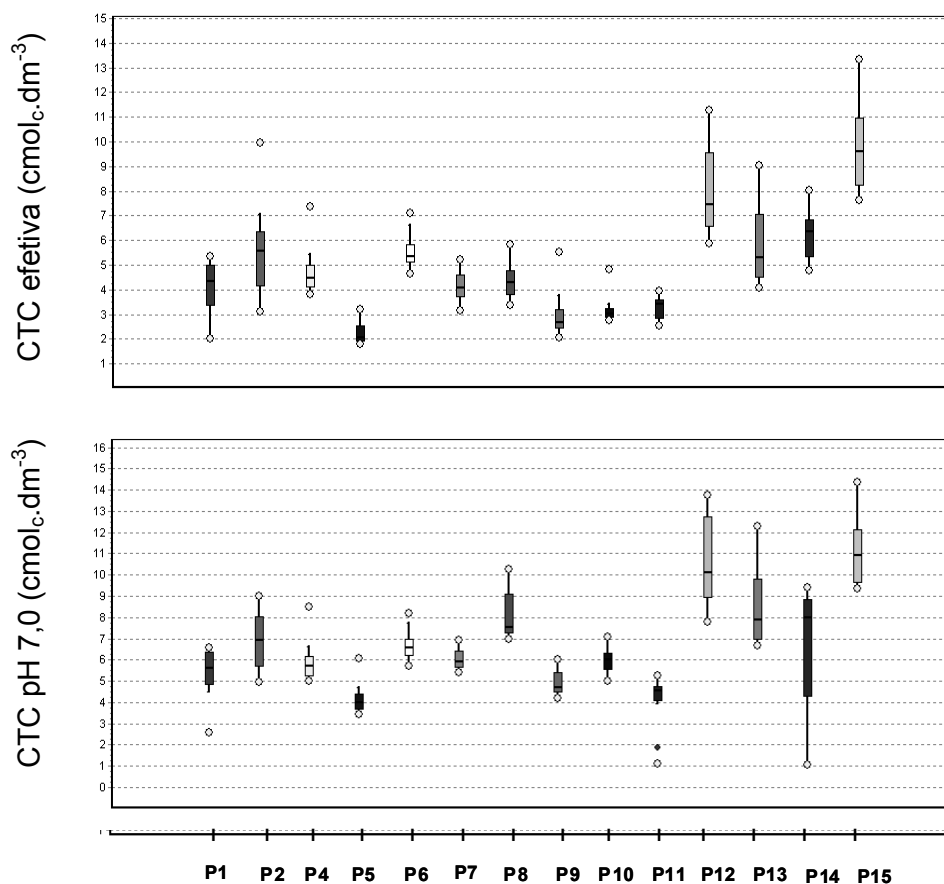


Figura 24 – Variabilidade espacial e temporal dos valores determinados de CTC efetiva e CTC pH 7,0 nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 propriedades envolvidas neste estudo.

Com relação a assimetria das distribuições de CTC efetiva, elas foram classificadas como assimétricas positivas no conjunto de dados de CTC determinados nos solos das Propriedades 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 e 15 e negativas nos dados coletados nas Propriedades 1 e 11. Quanto à curtose, as distribuições de CTC efetiva são classificadas como leptocúrticas nas Propriedades 2, 4, 6, 8, 9 e 10, enquanto que nas demais como platicúrticas. Já as distribuições dos dados de CTC pH 7,0 foram classificadas como assimétricas negativas nos solos amostrados nas Propriedades 1, 11 e 14, sendo as demais positivas. Quanto à curtose, foram classificadas como leptocúrticas nas Propriedades 1, 4, 5, 6 e 11, sendo que nas demais são classificadas como platicúrticas.

#### 4.2.1.4 Saturação por Alumínio (M%)

Os valores médios determinados de saturação por alumínio (M%), ao longo do tempo e do espaço em cada uma das lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo, são encontrados na tab.7. De acordo com a classificação proposta em CQFS (2004), as amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 5, 8 e 9 apresentaram alta saturação por alumínio (M%>20%), a Propriedade 10 se classifica em média saturação por alumínio (10,1 a 20%) e as demais Propriedades se classificaram em baixa saturação por alumínio (1 a 10%).

Tabela 7 – Teores médios dos valores determinados de saturação por alumínio (M%) ao longo do espaço (na mesma coluna) e tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Saturação por Alumínio (M%)						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	3,9 a	2,2 a	1,3 a	1,7 a	2,3	52,5
2	4,4 a	1,6 a	2,7 a	1,6 a	2,6	66,8
4	3,0 a	1,9 a	0,8 a	1,9 a	1,9	65,4
5	28,3 a	15,9 a	31,0 a	21,6 a	24,2	42,0
6	2,8 a	1,2 a	0,8 a	1,5 a	1,6	63,1
7	3,2 a	2,6 a	1,8 a	2,9 a	2,6	37,1
8	23,7 a	33,7 a	28,0 a	21,3 b	26,7	25,1
9	15,6 a	26,3 a	23,3 a	20,9 ab	21,5	34,5
10	16,4 a	20,6 a	19,4 a	15,8 a	18,0	39,0
11	3,1 a	3,2 a	2,6 a	3,3 a	3,1	73,8
12	1,9 a	3,0 a	2,5 a	1,5 a	2,2	55,6
13	4,8 a	5,3 a	3,2 a	2,9 a	4,1	49,7
14	3,6 a	2,4 a	1,2 a	1,2 a	2,1	56,6
15	1,6 a	0,5 a	0,7 a	1,0 a	1,0	58,9
Média	8,3	8,6	8,5	7,1		
CV (%)	111,5	128,9	135,1	132,2		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

A aplicação do teste DMS indicou que houve diferença significativa, ao nível de 5% de significância, entre os valores médios de M% determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 8 e 9 ao longo do tempo, conforme pode ser constatado na tab. 7. Nas demais lavouras, os valores médios de M% não diferiram significativamente ao longo do tempo. Interpretando os coeficientes de variação (CV) calculados, observa-se que somente os dados de M% determinados nas Propriedades 8 e 9 apresentaram média dispersão em relação aos respectivos



valores médios ( $15\% < CV < 35\%$ ; Wilding & Drees, 1983), enquanto que nos demais os dados foram classificados como de alta dispersão.

Cabe salientar que neste estudo (tab. 7) foi observado que nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades onde foram encontrados os maiores valores para M% foram obtidos os menores valores de acidez ativa, fato este já encontrado em um estudo desenvolvido por Ernani (2008) que ressaltou que o Al é o cátion que predomina na CTC de solos ácidos com pH menor que 5,0.

A distribuição espacial e temporal dos dados de saturação por alumínio em cada uma das lavouras de morango nas 14 Propriedades é encontrada na Fig. 25. Analisando conjuntamente as Figs. 23 (distribuição dos dados de acidez ativa) e 25 (distribuição de M%) verifica-se que, como já era esperado, nas lavouras onde foram determinados valores menores de pH em água foram encontrados valores maiores de M%. De uma forma geral, quando analisado o comportamento de M% nas lavouras pertencentes a uma dada microrregião, verifica-se que os valores da mediana seguiram uma determinada tendência de comportamento. Por exemplo, as lavouras das Propriedades pertencentes a região da Picada Flor (1, 12, 13, 14 e 15), apresentaram o mesmo patamar de variação da mediana. Dentre as quatro lavouras pertencentes a microrregião São Domingos (2, 4, 5 e 11), a única mediana que não seguiu a mesma tendência de comportamento foi a da distribuição de dados de M% nas amostras de solo da lavoura 5; já na microrregião Centenário verificou-se que os dados de M% determinados nas Propriedades 6 e 7 apresentaram valores próximos da mediana, enquanto que nas Propriedades 8, 9 e 10 os valores de mediana são superiores quando comparados com os demais.

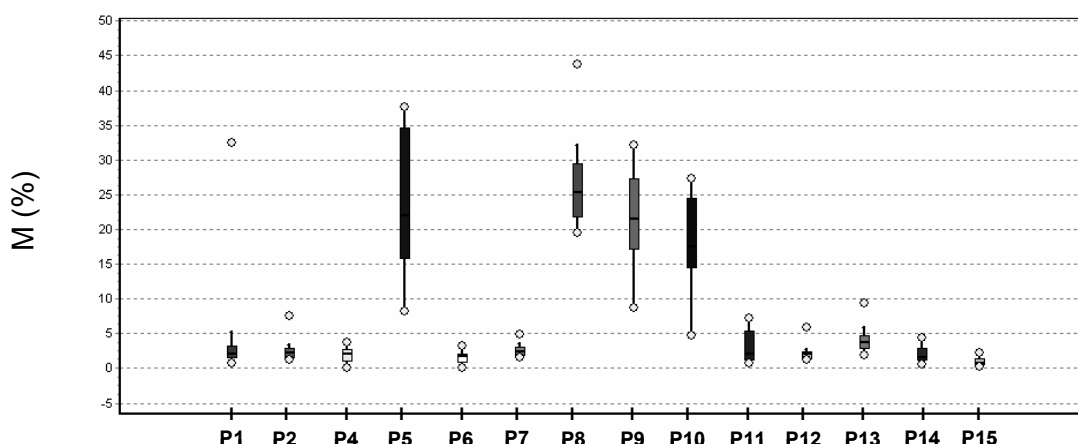


Figura 25 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de saturação por alumínio determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

Quanto a assimetria das distribuições da saturação por alumínio, verifica-se que nas amostras coletadas nas Propriedades 1, 2, 7, 8, 11, 12, 13, 14 e 15 se classificaram como assimétricas positivas e nas demais como assimétricas negativas. Quanto à curtose, nas Propriedades 4, 5, 6, 9, 10, 11 e 14 foram classificadas como platicúrtica e nas demais como leptocúrtica. Foi detectada a presença de valores discrepantes nas distribuições de M% das amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 1, 2, 7, 8, 12 e 13.

#### 4.2.1.5 Saturação por Bases (V%)

A tab. 8 apresenta os valores médios de saturação por bases (V%), ao longo do tempo e do espaço em cada uma das lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo. Segundo a classificação proposta em CQFS (2004), os valores médios de V% determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras pertencentes as Propriedades 5, 8, 9 e 10 são classificados como de muito baixa saturação por bases ( $V\% < 45\%$ ); já os valores médios determinados nas lavouras correspondentes as Propriedades 1, 2, 4, 7, 11, 12, 13 e 14 são classificados como de média saturação por bases (65 – 80 %), enquanto que nas demais são classificados como de alta saturação por bases ( $> 80\%$ ). Rheinheimer et al. (2001) verificaram que 42,8% de um total de 168.200 amostras de solos coletadas no RS, apresentaram valores de V% na faixa de 60 a 80%. Por meio do teste de comparação de médias,

constata-se que na maioria das Propriedades (1, 2, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14 e 15) não houve diferença significativa entre os valores médios de V% ao longo do tempo. Já os dados de V% são classificados como de baixa variabilidade nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 1, 2, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14 e 15 e de média variabilidade nas demais.

Tabela 8 – Teores médios de saturação por bases (V%) determinados ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Saturação por Bases (V%)						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	72,8 a	68,8 a	69,9 a	74,8 a	71,6	11,0
2	70,7 a	69,4 a	69,2 a	75,6 a	71,2	8,4
4	79,3 a	75,6 a	77,6 a	80,5 a	78,3	3,7
5	37,6 b	51,3 a	34,2 b	43,4 ab	41,6	24,6
6	81,1 a	81,1 a	81,1 a	83,7 a	81,8	2,0
7	73,9 a	67,2 a	68,3 a	69,2 a	69,7	7,1
8	43,1 a	32,3 b	39,3 ab	45,1 a	40,0	16,0
9	47,8 a	38,2 ab	36,5 b	47,2 a	42,4	17,3
10	49,7 a	43,7 ab	39,5 b	41,2 ab	43,5	16,4
11	70,6 a	69,7 a	65,4 a	66,6 a	68,1	10,9
12	78,8 a	71,4 a	71,4 a	76,8 a	74,6	7,4
13	69,3 a	63,6 a	65,9 a	62,5 a	65,3	9,2
14	71,5 a	74,3 a	75,9 a	77,3 a	74,7	8,3
15	87,0 a	86,7 a	85,8 a	87,8 a	86,8	3,6
Média	66,6	63,8	62,9	66,6		
CV (%)	24,0	26,5	28,5	24,4		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

No gráfico em caixa da Fig. 26 verifica-se que a distribuição espacial e temporal dos dados de V%, obviamente, ocorre de forma inversa aos dados de M% (Fig. 25), ou seja, nas lavouras das Propriedades onde foram encontrados os maiores valores de M% foram encontrados os menores valores de V% e vice-versa.

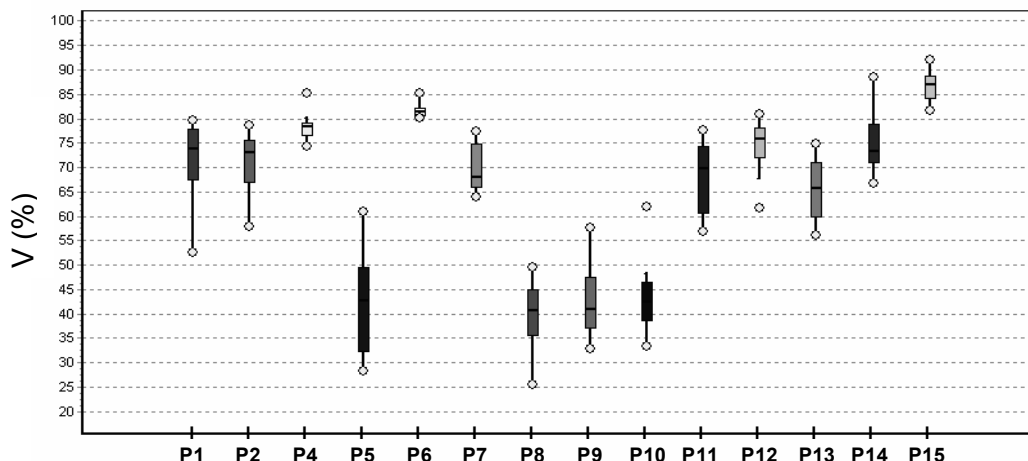


Figura 26 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de saturação por bases (V%) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

No que diz respeito a assimetria das distribuições dos dados de V%, verificou-se que as distribuições dos dados das lavouras pertencentes as Propriedades 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13 e 14 se classificaram como assimétricas positivas e nas demais como assimétricas negativas. Quanto à curtose, as distribuições de V% foram classificadas como platicúrticas nas Propriedades 5, 7, 11, 13 e 15 e nas demais como leptocúrtica. Foi detectada a presença de valores discrepantes nas distribuições de V% nas lavouras das Propriedades 4, 6, 10 e 12.

#### 4.2.2 Avaliação temporal e espacial dos indicadores microbiológicos do solo

##### 4.2.2.1 Carbono Microbiano (Cmicrob)

A tab. 9 apresenta a distribuição do teor de carbono microbiano (Cmicrob) nas quatro épocas de coleta em cada uma das quatorze propriedades pertencentes à Associação dos produtores de Morango de Turuçu-RS. Da tabela verifica-se que os teores médios de carbono microbiano variaram entre 128,5 mg.kg<sup>-1</sup> (amostras de solo coletadas na Propriedade 1) a 514,2 mg.kg<sup>-1</sup> (amostras de solo coletadas na Propriedade 8) ao longo do tempo e de 164,2 mg.kg<sup>-1</sup> (3ª coleta) a 326,6 mg.kg<sup>-1</sup> (4ª

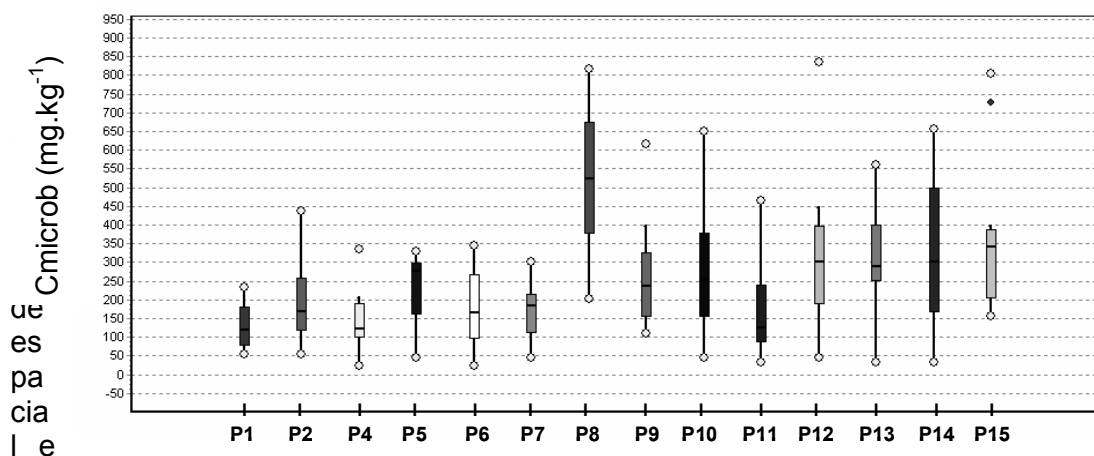
coleta) ao longo do espaço. Uzeda (1999) estudando os teores de carbono microbiano em amostras de solos cultivados com morango em lavouras do município de São Roque-SP, em experimentos com adubação química e uso de cobertura plástica, encontrou valores compreendidos entre 150 – 450  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de solo, ou seja, a faixa de variação dos teores de Cmicrob encontrados neste estudo é similar a encontrada por Uzeda (1999). O teste de comparação de médias DMS, ao nível de 5% de significância, indicou diferenças entre os teores médios de Cmicrob determinados ao longo do tempo nas amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 2, 8, 9, 10, 11, 12, 14 e 15. Já nas demais lavouras os teores médios não diferiram ao longo do tempo, fato este que não era esperado, visto que o carbono microbiano é um indicador muito sensível a interferências causadas no sistema (por exemplo, variações na temperatura do solo, umidade do solo, etc.). Carvalho (2005) verificou que houve diminuição nos teores de carbono microbiano do solo em períodos de maior precipitação pluviométrica, decorrente do encharcamento temporário do solo, tornando-o pouco aerado, o que provavelmente acarretou a redução da velocidade de muitas transformações e inibição completa de alguns processos microbianos. Baseado em Wilding & Drees (1983), todos os conjuntos de dados apresentaram alta dispersão ( $\text{CV} \geq 35$ ) em torno dos respectivos valores médios de Cmicrob.

Tabela 9 – Teores médios de carbono microbiano (Cmicrob) ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Cmicrob (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	162 a	141 a	63 a	146 a	128	45,1
2	234 ab	170 ab	94 b	321 a	205	59,3
4	114 a	111 a	208 a	127 a	140	59,2
5	302 a	137 a	168 a	296 a	226	43,1
6	253 a	225 a	73 a	172 a	181	59,1
7	216 a	133 a	123 a	205 a	170	44,8
8	358 b	591 a	505 ab	601 a	514	37,0
9	264 ab	215 ab	171 b	401 a	263	54,4
10	313 ab	266 ab	160 b	393 a	283	64,2
11	98 b	184 ab	68 b	337 a	173	73,3
12	505 a	360 a	118 b	296 ab	320	62,7
13	272 a	359 a	267 a	375 a	319	45,0
14	458 a	389 a	55 b	400 a	326	67,0
15	510 a	223 b	219 b	496 a	363	57,9
Média	290	251	164	327		
CV (%)	60,3	64,0	80,1	58,9		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

A Fig. 27 apresenta a distribuição espacial e temporal dos teores determinados de carbono microbiano em cada uma das 14 lavouras de morango envolvidas neste estudo. Por meio da figura, verifica-se que o comportamento dos valores da mediana ao longo do espaço foi semelhante ao comportamento dos valores da mediana das distribuições dos teores de matéria orgânica (Fig. 22) quando analisada nas três diferentes microrregiões abrangidas neste trabalho, indicando que apesar dos teores de carbono da biomassa microbiana serem influenciados por outros fatores, ele representa a fração ativa e biodegradável da matéria orgânica, refletindo as mudanças que ocorrem na mesma. No que diz respeito a assimetria das distribuições dos teores de carbono microbiano, verificou-se que as distribuições dos dados coletados nas lavouras das Propriedades 5, 7 e 8 foram classificadas como assimétricas negativas, sendo as demais distribuições classificadas como assimétricas positivas. Quanto à curtose, as distribuições dos teores de carbono microbiano determinados nas lavouras das Propriedades 1, 5, 6, 7, 8 e 14 foram classificadas como platicúrticas e nas demais distribuições como leptocúrticas. Valores discrepantes foram detectados nas distribuições dos teores de Cmicrob das lavouras 4, 9, 12 e 15.



temporal dos valores de carbono microbiano ( $C_{microb}$ ) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.2.2.2 Nitrogênio Microbiano ( $N_{microb}$ )

Os teores médios de nitrogênio microbiano ( $N_{microb}$ ) determinados nas quatro épocas de coleta em cada uma das 14 lavouras de morango envolvidas neste trabalho são apresentados na tab. 10. Da tabela verifica-se que os teores médios de  $N_{microb}$  variaram na faixa de  $13,3 mg.kg^{-1}$  (Propriedade 11) a  $30,3 mg.kg^{-1}$  (Propriedade 15) ao longo do tempo, enquanto variaram de  $13,8 mg.kg^{-1}$  (3ª coleta) a  $27,4 mg.kg^{-1}$  (4ª coleta) ao longo do espaço. Não houve diferença significativa entre os teores médios de  $N_{microb}$ , ao longo do tempo, determinados nas amostras de solo coletadas nas Propriedades 1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13 e 15, aplicando o teste DMS ao nível de 5% de significância (tab. 10). Os coeficientes de variação dos conjuntos de dados variaram de 35,5% (Propriedade 15) a 82,9% (Propriedade 8).

Tabela 10 – Teores médios de nitrogênio microbiano ( $N_{microb}$ ) ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Nmicrob(mg.kg <sup>-1</sup> )						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	7,2 a	13,3 a	15,9 a	17,9 a	13,5	41,8
2	15,0 a	19,4 a	12,9 a	23,8 a	17,8	51,3
4	19,3 a	7,9 a	10,9 a	16,9 a	13,8	69,5
5	23,3 a	14,3 a	15,9 a	30,8 a	20,1	55,7
6	23,8 a	16,2 a	12,9 a	24,8 a	19,5	47,0
7	13,0 a	11,9 a	12,9 a	26,8 a	16,2	56,0
8	33,9 a	39,5 a	12,9 b	29,8 b	29,0	82,9
9	16,8 a	19,1 a	11,9 a	17,9 a	16,5	43,8
10	53,1 a	18,9 bc	11,9 c	31,8 b	28,9	69,1
11	10,4 a	12,9 a	8,9 a	20,8 a	13,3	48,4
12	18,4 a	30,9 a	12,9 a	30,8 a	23,2	45,8
13	19,5 a	28,5 a	16,9 a	35,7 a	25,2	47,2
14	36,8 a	32,8 a	5,9 b	35,7 a	27,8	70,3
15	21,8 a	28,8 a	29,8 a	40,7 a	30,3	35,5
Média	22,3	21,0	13,8	27,4		
CV (%)	80,5	52,0	63,4	45,8		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

Com relação ao gráfico em caixa construído a partir dos dados de Nmicrob (Fig. 28), constata-se que os valores da mediana não oscilaram acentuadamente ao longo do espaço ficando em um mesmo patamar quando analisada sua magnitude por microrregião (exemplo, microrregião da Picada Flor). Com relação a assimetria das distribuições de Nmicrob, os conjuntos de dados de Nmicrob determinados nas lavouras das Propriedades 6 e 12 foram classificadas como assimétricas negativas e o restante como assimétricas positivas. Quanto à curtose, as distribuições de Nmicrob encontradas nas lavouras das Propriedades 2, 4, 5, 6, 12, 14 e 15 foram classificadas como platicúrticas e nas demais como leptocúrticas. Foi constatada a presença de valores discrepantes nas distribuições dos dados de Nmicrob das lavouras 1, 7 e 11.



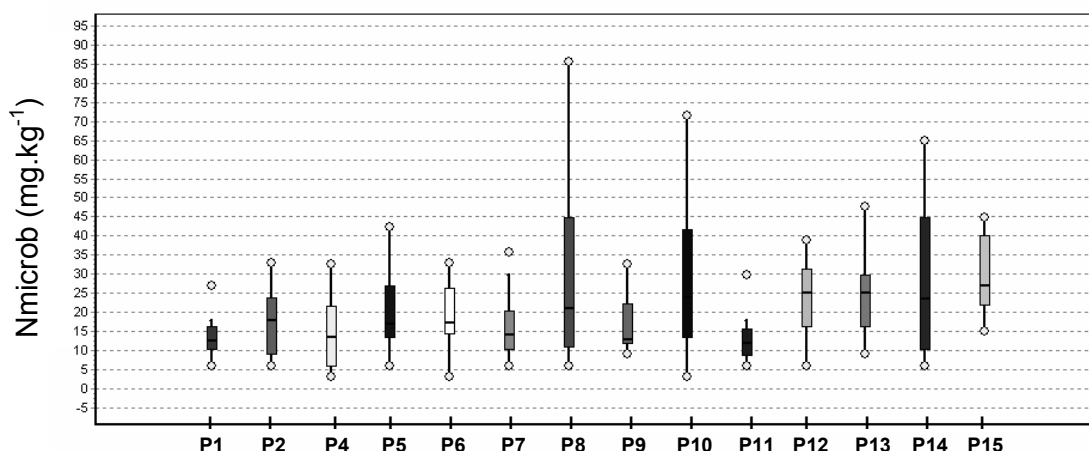


Figura 28 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de nitrogênio microbiano (Nmicrob) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.2.2.3 Respiração Basal (RB)

Na tab. 11 são encontrados os valores médios de respiração basal (RB) determinados nas amostras de solo coletadas nas 14 lavouras de morango ao longo do tempo. Da tabela verifica-se que os valores médios de RB variaram de  $0,08 \mu\text{g CO}_2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de solo (Propriedade 11) a  $0,26 \mu\text{g CO}_2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de solo (Propriedade 8) e de  $0,09 \mu\text{g CO}_2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de solo (4ª coleta) a  $0,25 \mu\text{g CO}_2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de solo (1ª coleta) ao longo do espaço. Dentre os indicadores microbiológicos estudados, os valores médios de RB não diferiram entre si ao longo do tempo somente nas amostras de solo coletadas na lavoura da Propriedade 11, quando aplicado o teste DMS ao nível de 5% de significância. A medida da respiração do solo é bastante variável e dependente de vários fatores, dentre eles a temperatura do solo, a umidade do solo, etc. Entretanto, não foi possível detectar nitidamente o efeito da adição de água (irrigação) ao sistema sobre o comportamento dos valores médios de RB, ocorrido a partir da 2ª coleta (tab. 11). Da mesma forma que o indicador Nmicrob (tab. 10), os conjuntos de dados de RB apresentaram alta variabilidade em torno dos respectivos valores médios (Wilding & Drees, 1983).

Tabela 11 – Teores médios de respiração basal (RB) ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

	RB (µg CO <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> solo)					
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	0,29 a	0,09 b	0,11 b	0,17 b	0,17	63,2
2	0,21 a	0,17 ab	0,12 bc	0,06 c	0,14	54,9
4	0,17 a	0,06 b	0,10 ab	0,06 b	0,09	53,3
5	0,24 a	0,03 b	0,11 b	0,06 b	0,11	92,0
6	0,43 a	0,15 b	0,12 bc	0,06 c	0,19	77,4
7	0,18 a	0,13 ab	0,15 a	0,06 b	0,13	37,4
8	0,39 a	0,26 b	0,23 bc	0,17 c	0,26	37,3
9	0,20 a	0,06 b	0,13 ab	0,06 b	0,11	59,8
10	0,17 a	0,08 bc	0,14 ab	0,05 c	0,11	60,8
11	0,12 a	0,06 a	0,09 a	0,07 a	0,08	40,9
12	0,39 a	0,17 b	0,09 b	0,14 b	0,20	63,5
13	0,25 a	0,13 b	0,09 b	0,09 b	0,14	58,4
14	0,28 a	0,11 bc	0,18 b	0,08 c	0,16	57,6
15	0,26 a	0,17 b	0,13 bc	0,08 c	0,15	49,8
Média	0,25	0,12	0,13	0,09		
CV (%)	40,9	59,9	38,7	63,0		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS.

A Fig. 29 apresenta a distribuição espacial e temporal dos dados de RB em cada uma das 14 lavouras de morango envolvidas neste estudo. Verifica-se que o padrão de comportamento espacial dos valores da mediana foi similar, exceto no caso do conjunto de dados de RB determinados na lavoura da Propriedade 8 onde a mediana foi ligeiramente superior aos demais. A distribuição dos dados de RB na lavoura da Propriedade 7 foi classificada como assimétrica negativa e as demais como assimétricas positivas. Quanto à curtose, as distribuições de respiração basal foram classificadas como platicúrticas nas lavouras das Propriedades 1, 2, 6, 7, 10, 11 e 13 e como leptocúrticas nas demais. Valores discrepantes foram detectados nos conjuntos de dados de RB determinados nas Propriedades 5 e 14.

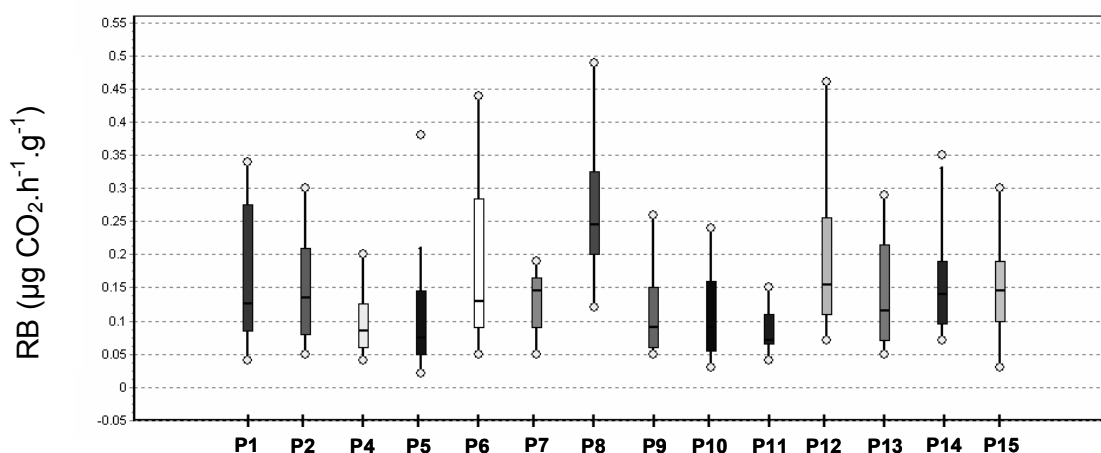


Figura 29 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de respiração basal (RB) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.2.2.4 Quociente metabólico ( $qCO_2$ )

Os valores médios do quociente metabólico ( $qCO_2$ ), calculados a partir da razão entre os dados de respiração basal e de carbono microbiano determinados nas amostras de solo coletadas nas quatro épocas de coleta e em cada uma das quatorze lavouras de morango, são apresentados na tab. 12. Observa-se que para este indicador os valores médios variaram de 0,52 (Propriedade 5) a 1,47 (Propriedade 6) ao longo do tempo e de 0,45 (4ª coleta) a 1,44 (3ª coleta) ao longo do espaço. Cabe ressaltar que anteriormente a 3ª coleta a maior parte dos produtores já tinha acionado o sistema de irrigação por gotejamento aplicando água a cultura do morango, fato este que pode ser a possível explicação para o maior valor médio de  $qCO_2$  obtido nesta coleta. Este aumento de  $qCO_2$  pode ser considerado um sinal de estresse, sendo que a reparação dos danos causados por distúrbio no solo, neste caso, o excesso de umidade, requer desvio de energia do crescimento e reprodução para a manutenção celular (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007). O teste de comparação de médias indicou que os valores médios do quociente metabólico calculados a partir das amostras de solo coletadas nas lavouras das Propriedades 4, 6, 11 e 14 apresentaram diferenças significativas ao longo do tempo (teste DMS ao nível de 5% de significância). Da tab. 12 também verifica-se que os conjuntos de dados de  $qCO_2$  apresentaram alta variabilidade em torno dos respectivos valores médios.

Tabela 12 – Teores médios do quociente metabólico ( $qCO_2$ ) ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Propriedades	qCO <sub>2</sub> (10 <sup>-3</sup> )				Média	CV(%)
	Coleta					
	1	2	3	4		
1	1,85 a	0,84 a	1,89 a	1,21 a	1,45	63,3
2	0,92 a	0,91 a	1,54 a	0,33 a	0,93	72,5
4	3,63 a	0,54 b	0,62 b	0,55 b	1,33	174,2
5	0,78 a	0,21 a	0,87 a	0,21 a	0,52	82,1
6	2,15 ab	0,80 bc	2,50 a	0,41 c	1,47	98,2
7	0,86 a	1,09 a	1,70 a	0,42 a	1,02	75,7
8	1,22 a	0,45 a	0,47 a	0,38 a	0,63	71,4
9	0,82 a	0,34 a	0,90 a	0,19 a	0,57	78,3
10	0,63 a	0,56 a	1,45 a	0,13 a	0,69	128,4
11	1,39 ab	0,33 b	2,30 a	0,21 b	1,06	116,5
12	0,98 a	0,48 a	0,99 a	0,51 a	0,74	58,6
13	0,90 a	0,42 a	0,33 a	1,36 a	0,75	135,2
14	0,64 a	0,32 b	3,98 b	0,25 b	1,30	135,8
15	0,62 a	0,93 a	0,59 a	0,14 a	0,57	73,1
Média	1,24	0,59	1,44	0,45		
CV (%)	106,7	66,4	95,1	146,2		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

O gráfico em caixa (Fig. 30) apresenta a distribuição espacial e temporal dos dados de quociente metabólico obtidos nas amostras de solo coletadas nas diferentes lavouras de morango envolvidas neste trabalho. Verifica-se que a magnitude dos valores da mediana é similar ao longo do espaço, entretanto, comparado com os demais indicadores, observa-se a presença de um grande número de dados discrepantes, fato este que não foi estudado de uma forma mais detalhada, principalmente, quanto a origem dos mesmos. Com relação a assimetria das distribuições do quociente metabólico, todas as distribuições foram classificadas como assimétricas positivas. Quanto à curtose, as distribuições do quociente metabólico foram classificadas como platicúrticas nas Propriedades 12 e 15, sendo nas demais leptocúrticas.

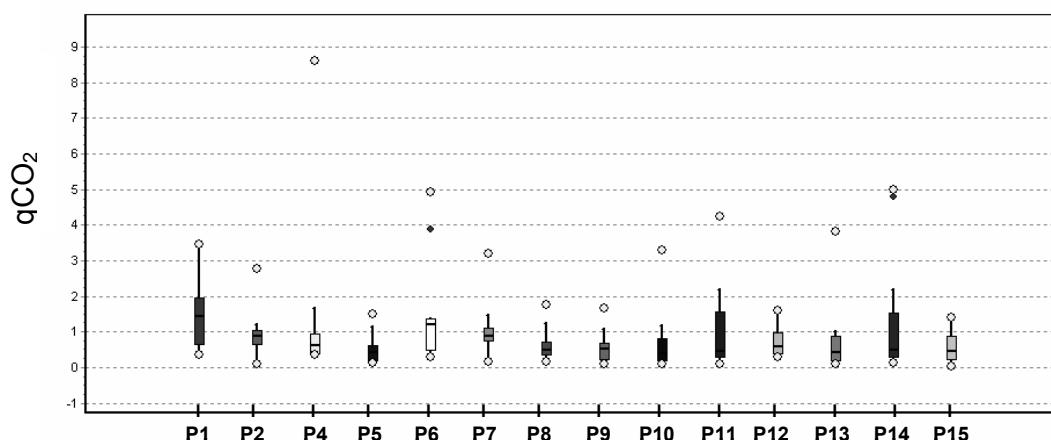


Figura 30 – Variabilidade espacial e temporal dos valores do quociente metabólico ( $qCO_2$ ) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.2.3 Avaliação temporal e espacial dos indicadores de fertilidade do solo

##### 4.2.3.1 Nitrogênio Total (Ntotal)

A tab. 13 apresenta os valores médios de nitrogênio total (Ntotal) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras de morango de cada uma das 14 Propriedades envolvidas neste trabalho, ao longo do tempo e do espaço. Da tabela, verifica-se que como constatado nos valores médios de matéria orgânica (tab. 3), as maiores médias dos teores de nitrogênio total, ao longo do tempo, foram encontradas nas amostras de solo coletadas nas Propriedades 8 (microrregião Centenário), 12, 13, 14 e 15 (microrregião Picada Flor). Verifica-se também que as médias ao longo do espaço se mantiveram praticamente constantes, exceto para a 4ª coleta. O teste de comparação de médias demonstra que somente os valores médios de Ntotal determinados na lavoura da Propriedade 13 diferiram significativamente ao longo do tempo. Os teores de nitrogênio total apresentaram baixa dispersão ao longo do tempo nas lavouras das Propriedades 1, 2, 7, 8, 9 e 10 ( $CV \leq 15\%$ ), enquanto que apresentaram moderada dispersão nas amostras de solo coletadas nas Propriedades 4, 5, 6, 11, 12, 14 e 15 ( $15\% < CV \leq 35\%$ ), segundo Wilding & Drees (1983),

Tabela 13 – Teores médios de nitrogênio total ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Propriedades	Ntotal (g.kg <sup>-1</sup> )				Média	CV(%)
	Coleta					
	1	2	3	4		
1	0,58 a	0,58 a	0,58 a	0,51 a	0,56	11,4
2	0,72 a	0,78 a	0,70 a	0,73 a	0,73	9,0
4	0,37 a	0,45 a	0,31 a	0,41 a	0,39	24,8
5	0,57 a	0,34 a	0,47 a	0,45 a	0,46	31,9
6	0,68 a	0,54 a	0,47 a	0,60 a	0,57	27,4
7	0,49 a	0,56 a	0,54 a	0,48 a	0,52	9,8
8	1,10 a	1,12 a	0,98 a	0,99 a	1,05	12,9
9	0,55 a	0,54 a	0,57 a	0,51 a	0,54	8,6
10	0,64 a	0,73 a	0,64 a	0,53 a	0,63	12,5
11	0,46 a	0,45 a	0,46 a	0,38 a	0,44	16,0
12	0,88 a	0,83 a	0,72 a	0,86 a	0,82	15,8
13	0,99 b	1,04 b	1,35 a	0,87 b	1,06	29,9
14	0,92 a	1,02 a	0,95 a	1,03 a	0,98	22,3
15	1,28 a	1,40 a	1,42 a	1,18 a	1,32	16,8
Média	0,73	0,74	0,73	0,68		
CV (%)	38,3	44,3	50,0	39,0		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

A distribuição espacial e temporal dos teores de nitrogênio total em cada uma das 14 lavouras é apresentada na Fig. 31. Da figura verifica-se que os teores de Ntotal seguiram o mesmo padrão de distribuição espacial e temporal dos dados de MO (Fig. 22), fato este já esperado.

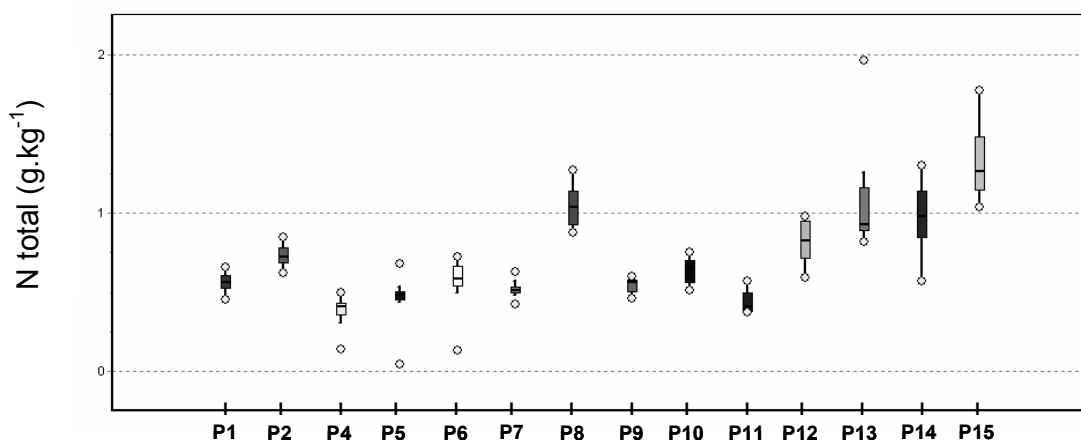


Figura 31 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de nitrogênio total (Ntotal) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

A distribuição dos teores de  $N_{total}$  nas amostras coletadas nas Propriedades 2, 7, 8, 11, 13 e 15 foram classificadas como assimétricas positivas e nas demais Propriedades como assimétricas negativas. Já as distribuições de  $N_{total}$  foram classificadas como platicúrticas nas Propriedades 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 14 e 15 e nas demais como leptocúrticas. Foi detectada a presença de valores discrepantes nas distribuições de  $N_{total}$  nas lavouras 4, 5, 6, 7 e 13.

#### **4.2.3.2 Fósforo (P)**

A tab. 14 apresenta a distribuição dos teores médios de fósforo (P) determinados a partir da coleta de amostras de solo em cada uma das 14 lavouras de morango ao longo do tempo e do espaço. Da tabela verifica-se que os teores médios de fósforo foram classificados como muito alto ( $>42 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) onde foram encontrados solos com teor de argila  $\leq 20\%$  (Propriedades 1, 2, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14 e 15) e muito alto ( $>24,0 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) no solo com teor de argila entre 21 a 40% (Propriedade 14), de acordo com a classificação encontrada em CQFS (2004). Cabe ressaltar, entretanto, que embora mencionados os teores de argila não são apresentados neste trabalho já que foram fornecidos em comunicação pessoal. O teste de comparação de médias indicou que na maioria das amostras de solo (Propriedades 4, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14 e 15) não houve diferença significativa entre os teores médios de fósforo ao longo do tempo. Os teores de fósforo determinados nas amostras de solo apresentaram moderada e alta dispersão com relação a magnitude do coeficiente de variação.

Tabela 14 – Teores médios de fósforo (P) ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Fósforo (mg.dm <sup>-3</sup> )						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	161 b	161 b	232 a	199 ab	189	32,3
2	140 b	210 a	166 ab	192 ab	177	30,0
4	248 a	209 a	211 a	236 a	226	16,2
5	70 b	131 a	118 ab	88 ab	102	41,2
6	125 a	116 a	131 a	169 a	136	26,8
7	110 a	101 a	138 a	110 a	115	29,6
8	50 ab	49 b	111 a	79 ab	73	45,2
9	106 a	114 a	139 a	117 a	120	22,5
10	127 a	99 a	143 a	146 a	130	26,6
11	78 a	77 a	85 a	101 a	86	25,4
12	155 b	139 b	218 a	178 ab	173	31,4
13	104 a	125 a	88 a	94 a	103	20,6
14	72 a	88 a	133 a	120 a	104	35,6
15	224 a	189 a	185 a	183 a	196	15,7
Média	127	129	150	145		
CV (%)	51,8	43,0	36,2	38,8		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

O gráfico em caixa (Fig. 32) apresenta a distribuição espacial e temporal dos teores de fósforo em cada uma das 14 lavouras envolvidas neste estudo. Da figura constata-se que não houve uma tendência nítida de comportamento dos valores da mediana dos conjuntos de dados de fósforo ao longo do espaço, mesmo quando analisado este comportamento em cada uma das microrregiões. Quanto a assimetria, as distribuições dos teores de fósforo foram classificadas como assimétricas positivas nas Propriedades 1, 4, 6, 8, 9 e 14, enquanto que nas demais assimétricas negativas. Já quanto ao grau de achatamento, as distribuições foram classificadas como platicúrticas nas Propriedades 1, 4, 9, 11, 12 e 15 e leptocúrticas nas demais. Com relação a presença de valores discrepantes estes foram encontrados nas distribuições de P das Propriedades 2, 8, 10 e 14.



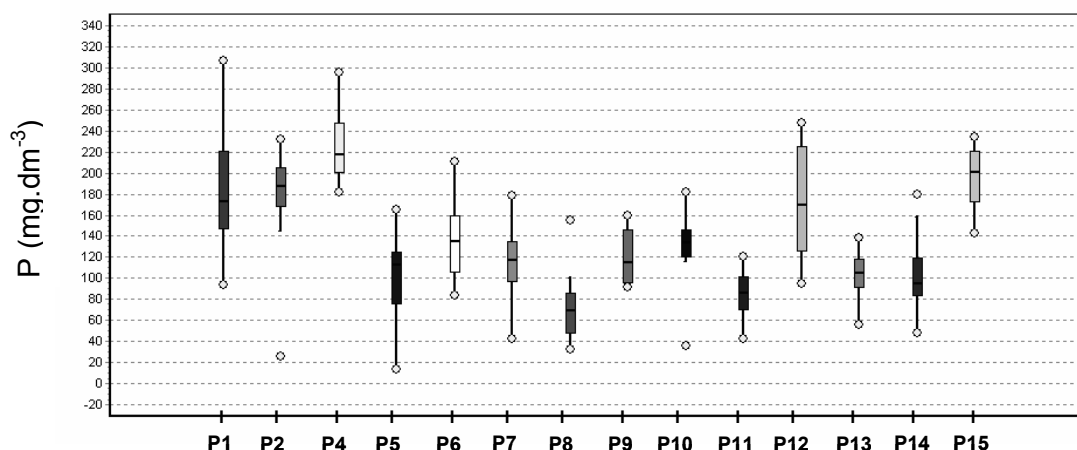


Figura 32 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de fósforo (P) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.2.3.3 Potássio (K)

Os teores médios de potássio (K) determinados nas amostras de solo coletadas em cada uma das 14 Propriedades envolvidas neste trabalho são apresentados na tab. 15. Segundo a CQFS (2004), a classificação dos teores médios de K variaram de muito alto (Propriedades 4, 5, 9, 11, 12, 13, 14 e 15) e alto (Propriedades 1, 2, 6, 7, 8 e 10). O teste de comparação de médias indica que os teores de K não diferiram significativamente ao longo do tempo nas amostras de solo coletadas nas Propriedades 1, 5, 6, 7, 8, 10 e 11. Os teores de potássio apresentaram moderada e alta dispersão em torno dos respectivos valores médios.

Tabela 15 – Teores médios de potássio (K) ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Potássio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	0,36 a	0,27 a	0,23 a	0,26 a	0,26	43,7
2	0,46 a	0,28 ab	0,22 b	0,33 ab	0,33	37,3
4	0,72 a	0,30 b	0,27 b	0,44 b	0,43	48,2
5	0,33 a	0,27 a	0,17 a	0,25 a	0,26	24,9
6	0,30 a	0,27 a	0,24 a	0,39 a	0,30	29,3
7	0,31 a	0,24 a	0,23 a	0,24 a	0,25	20,9
8	0,34 a	0,28 a	0,18 a	0,21 a	0,25	28,6
9	0,46 a	0,29 ab	0,26 ab	0,24 b	0,31	32,8
10	0,34 a	0,26 a	0,21 a	0,24 a	0,26	21,9
11	0,35 a	0,30 a	0,22 a	0,40 a	0,32	33,2
12	1,03 a	0,59 b	0,30 c	0,65 b	0,64	61,2
13	0,62 a	0,32 b	0,27 b	0,30 b	0,38	41,1
14	0,50 a	0,48 a	0,24 b	0,44 a	0,41	28,5
15	1,18 a	0,30 b	0,27 b	0,30 b	0,51	84,9
Média	0,52	0,31	0,24	0,33		
CV (%)	60,5	36,8	19,0	45,6		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

Na Fig. 33 é apresentado o gráfico em caixa das distribuições de K ao longo do espaço. Novamente os valores da mediana dos conjuntos de dados de K determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras pertencentes a microrregião da Picada Flor foram ligeiramente superiores aos demais. Com relação a assimetria das distribuições de potássio, elas foram classificadas como assimétricas positivas nas lavouras das Propriedades 2, 4, 6, 7, 9 10, 11, 12, 13 e 15 e nas demais como assimétricas negativas, ou seja, os valores do coeficiente de assimetria foram menores do que zero. Quanto à curtose, as distribuições foram classificadas como platicúrticas nas Propriedades 4, 8, 10 e 14 e nas demais como leptocúrticas. Com relação a detecção de valores discrepantes, foram encontrados nas distribuições de K das lavouras das Propriedades 1, 2, 6, 7, 9, 11 e 15.

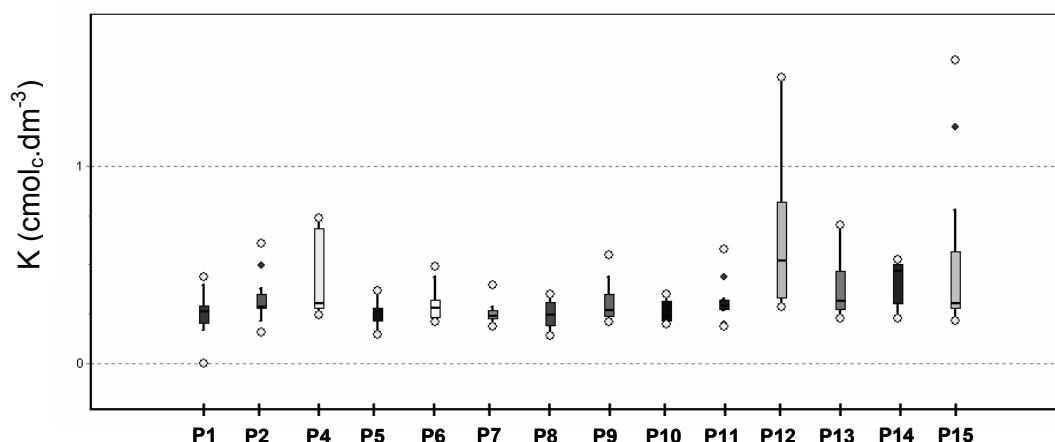


Figura 33 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de potássio (K) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.2.2.4 Cobre

A tab. 16 apresenta os valores médios dos teores de cobre determinados em cada uma das 14 lavouras de morango envolvidas neste estudo, ao longo do espaço e do tempo. Da tabela, verifica-se que, em todas as lavouras, os teores médios de cobre foram classificados, segundo a CQFS (2004), como altos ( $>0,4 \text{ mg.dm}^{-3}$ ). Também pode ser observado que os teores médios de cobre foram aumentando ao longo do tempo na maioria das lavouras fato este que não foi passível de uma provável explicação. A aplicação do teste DMS propiciou verificar que em todas as lavouras houve diferença significativa entre os teores médios de cobre ao longo do tempo. O coeficiente de variação (CV) dos dados de cobre na Propriedade 1 foi classificado como de moderada dispersão ( $15\% < CV \leq 35\%$ ), enquanto que nas demais foi classificado como de alta dispersão ( $CV > 35\%$ ).

Tabela 16 – Teores médios de cobre ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Cobre (mg.dm <sup>-3</sup> )						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	1,7 a	1,0 b	1,7 a	2,0 a	1,6	25,0
2	0,3 b	0,5 b	0,5 b	3,1 a	1,1	113,0
4	0,5 b	0,5 b	0,8 b	1,9 a	0,9	70,7
5	0,4 b	0,7 b	0,8 b	3,0 a	1,3	87,7
6	0,6 b	0,6 b	0,9 b	1,9 a	1,0	58,7
7	0,9 b	0,3 c	0,9 b	1,7 a	0,9	58,8
8	0,7 b	0,8 b	0,8 b	2,9 a	1,3	73,6
9	1,0 bc	0,6 c	1,7 a	1,1 b	1,1	60,3
10	0,7 b	0,9 b	1,0 b	2,5 a	1,3	58,1
11	1,4 c	1,6 bc	1,9 b	3,4 a	2,1	40,9
12	0,9 c	1,0 bc	1,4 b	2,5 a	1,5	47,7
13	0,4 b	0,2 b	0,5 b	1,5 a	0,7	79,0
14	0,8 ab	0,3 c	0,6 bc	1,0 a	0,7	46,5
15	1,0 c	1,1 bc	1,4 b	3,4 a	1,7	58,2
Média	0,8	0,7	1,1	2,3		
CV (%)	50,7	53,4	50,6	36,5		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

O gráfico em caixa (Fig. 34) apresenta a distribuição espacial e temporal dos teores de cobre em cada uma das 14 propriedades envolvidas neste estudo. Da figura constata-se que não houve uma tendência do comportamento da mediana ao longo do tempo. Com relação a assimetria das distribuições de cobre, foram classificadas como assimétricas negativas nas Propriedades 1 e 14 e nas demais como assimétricas positivas. Com relação à curtose, as distribuições de cobre foram classificadas como platicúrticas nas Propriedades 1, 5, 7, 8, 10, 13, 14 e 15 e nas demais como leptocúrticas. Valores discrepantes foram detectados nas distribuições de cobre das lavouras 2, 6 e 9.

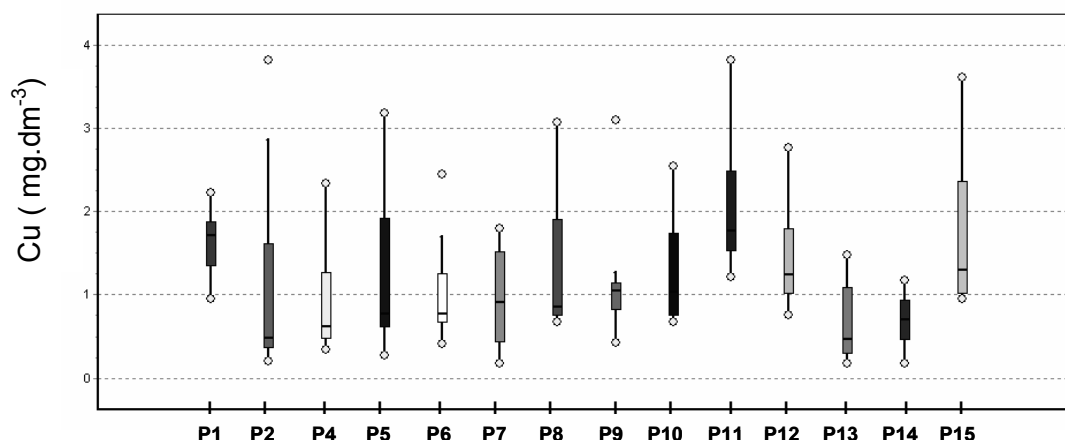


Figura 34 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de cobre (Cu) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.2.2.5 Zinco

Os teores médios de zinco determinados nas amostras de solo coletadas em cada uma das 14 lavouras de morango são apresentados na tab. 17. Os valores médios dos teores de zinco foram classificados como altos ( $>0,5 \text{ mg.dm}^{-3}$ ; CFQS, 2004) em todas as lavouras de morango envolvidas neste estudo, conforme pode ser observado nesta tabela. O teste de comparação de médias indicou que os teores médios de zinco determinados nas lavouras das Propriedades 2, 12 e 15 diferiram ao longo do tempo aplicando o teste DMS a 5% de significância, ou seja, nas demais Propriedades os valores médios não diferiram entre si. Quanto ao coeficiente de variação (CV), os teores de zinco foram classificados de baixa dispersão em torno da média nas lavouras das Propriedades 1 e 8, enquanto que na Propriedade 12 os teores apresentaram alta dispersão. Já nas demais os teores apresentaram moderada variabilidade.

Tabela 17 – Teores médios de zinco ao longo do espaço (na mesma coluna) e do tempo (na mesma linha) e respectivos coeficientes de variação (CV%).

Zinco (mg.dm <sup>-3</sup> )						
Propriedades	Coleta				Média	CV(%)
	1	2	3	4		
1	5,8 a	5,5 a	5,9 a	6,5 a	5,9	13,5
2	3,4 c	6,9 a	4,6 bc	6,4 ab	5,3	34,7
4	4,0 a	4,7 a	5,6 a	5,3 a	4,9	23,0
5	1,6 a	2,1 a	1,3 a	2,2 a	1,8	27,6
6	1,7 a	2,0 a	1,9 a	2,3 a	2,0	24,8
7	1,6 a	1,5 a	1,6 a	1,7 a	1,6	24,7
8	2,7 a	2,3 a	2,8 a	3,3 a	2,8	14,7
9	1,5 a	1,2 a	1,9 a	1,3 a	1,5	26,2
10	1,8 a	2,4 a	2,2 a	2,4 a	2,2	22,2
11	2,2 a	2,5 a	2,3 a	2,7 a	2,5	23,5
12	4,2 b	4,6 b	7,8 a	5,8 ab	5,6	36,4
13	7,6 a	7,1 a	6,7 a	5,7 a	6,8	23,3
14	1,7 a	1,9 a	2,0 a	2,1 a	1,9	16,8
15	13,5 c	17,1 b	18,0 ab	19,7 a	17,1	22,2
Média	3,8	4,4	4,6	4,8		
CV (%)	87,6	95,3	95,0	97,7		

\*letras iguais ao longo da mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância aplicando o teste DMS

A baixa variabilidade temporal dos teores de zinco em cada uma das Propriedades pode ser constatada na Fig. 35, exceto no caso da Propriedade 15. Da figura constata-se que, de uma maneira geral, não houve uma tendência nítida de comportamento da mediana ao longo do espaço. Com relação a assimetria das distribuições dos teores de zinco, foram classificadas como assimétricas negativas nas Propriedades 1, 2, 5 e 10 e assimétricas positivas nas demais. Quanto à curtose, as distribuições dos teores de zinco foram classificadas como platicúrticas nas amostras de solo coletadas nas Propriedades 1, 4, 5, 6, 7, 8 e 11 e leptocúrticas nas demais Propriedades. Com relação a valores discrepantes, estes foram detectados nas distribuições dos teores de zinco das lavouras 9, 12, 13 e 14.

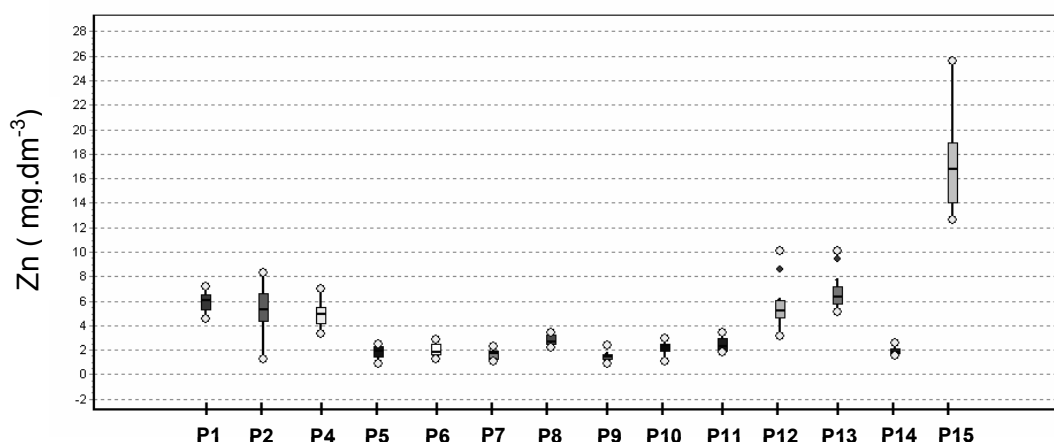


Figura 35 – Variabilidade espacial e temporal dos valores de zinco (Zn) determinados nas amostras de solo coletadas nas lavouras das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

#### 4.3 Caracterização das áreas de referências em cada uma das 14 propriedades quanto aos indicadores químicos, microbiológicos e de fertilidade do solo

A tab. 18 apresenta os valores de cada um dos indicadores de qualidade utilizados neste estudo determinados nas áreas de referência em cada uma das 14 Propriedades (amostras de solo coletadas na 1ª coleta), áreas estas situadas próximas as áreas de lavoura de morango e de condições topográficas similares.

Os resultados obtidos dos diferentes indicadores, nas áreas de referência de cada uma das 14 Propriedades, não foram discutidos neste trabalho já que não foi realizada a avaliação temporal e espacial das distribuições destes indicadores, em virtude de somente ter sido realizada a coleta de amostras de solos nestas áreas no período referente a 1ª coleta. Entretanto, acredita-se que seja importante a apresentação destes resultados para futuros estudos na região de abrangência deste trabalho

Tabela 18 – Valores dos indicadores químicos, microbiológicos e de fertilidade do solo determinados na área tomada como referência em cada uma das 14 Propriedades envolvidas neste estudo.

Indicador	Propriedades													
	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MO (%)	1,6	1,8	1,7	0,8	1,8	2,2	1,7	2,1	1,9	3,7	1,2	2,4	2,6	3,1
Acidez ativa	5,8	5,5	5,3	5,1	4,8	5,6	4,7	5,4	5,0	5,4	4,9	5,3	5,3	5,4
Acidez potencial	1,9	2,3	2,3	1,8	3,3	2,5	6,4	2,6	4,7	4,3	4,7	2,4	3,5	2,9
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,4	2,3	2,7	1,7	2,9	6,5	3,0	4,5	4,0	7,5	3,9	3,8	6,9	6,3
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	5,8	4,3	4,7	3,3	5,4	9,0	9,0	6,7	8,0	11,7	8,3	6,0	10,1	9,1
M (%)	2,3	8,3	7,0	13,6	28,6	1,4	12,2	8,3	18,6	1,9	8,4	7,4	4,8	3,6
V (%)	67,1	49,1	53,7	44,8	38,9	72,0	29,5	60,7	40,9	62,9	43,4	59,0	65,1	67,6
Cmicrob (mg.kg <sup>-1</sup> )	192,8	340,2	215,5	396,9	339,5	274,9	193,2	332,2	272,2	193,2	545,4	68,7	192,4	771,2
Nmicrob (mg.kg <sup>-1</sup> )	19,5	42,2	16,2	26,0	22,7	29,2	52,0	29,9	32,5	19,5	26,0	13,0	52,2	19,5
RB (µg CO <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	0,4	0,1	0,3	0,2	0,4	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	0,1	0,6
qCO <sub>2</sub> (10 <sup>-5</sup> )	1,9	0,2	1,5	0,5	1,3	2,3	3,1	1,1	1,3	2,3	0,4	5,5	0,5	0,8
N total (g.kg <sup>-1</sup> )	0,7	0,7	0,8	0,4	0,9	1,0	1,3	0,8	0,8	1,4	0,6	1,1	1,0	1,3
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	67,9	16,0	33,6	170,7	25,8	34,6	20,1	19,0	14,6	132,6	6,2	17,8	89,9	115,6
K (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,4	0,5
Cu (mg.dm <sup>-3</sup> )	1,3	0,6	0,6	0,9	1,0	1,4	0,8	1,1	1,4	0,7	0,9	0,7	0,7	1,8
Zn (mg.dm <sup>-3</sup> )	2,5	0,9	1,0	1,6	1,1	1,1	1,3	1,5	1,3	4,2	0,6	1,8	1,2	10,9



## 5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho é possível concluir que:

- dentre os indicadores químicos do solo, os valores médios de acidez potencial foram os que mais diferiram significativamente ao longo do tempo quando analisados em cada uma das 14 propriedades envolvidas neste estudo, enquanto que os valores médios de saturação por alumínio foram os que menos diferiram ao longo do tempo;
- dentre os indicadores microbiológicos do solo, os valores médios de respiração basal foram os que mais diferiram significativamente ao longo do tempo quando analisados em cada uma das 14 propriedades envolvidas neste estudo, enquanto que os valores médios de nitrogênio microbiano foram os que menos diferiram ao longo do tempo;
- dentre os indicadores de fertilidade do solo, os valores médios de cobre foram os que mais diferiram significativamente ao longo do tempo quando analisados em cada uma das 14 propriedades envolvidas neste estudo, enquanto que os valores médios de zinco foram os que menos diferiram ao longo do tempo;
- quanto a variabilidade espacial e temporal dos indicadores químicos matéria orgânica, acidez ativa e potencial, CTC efetiva e CTC pH 7,0, saturação por alumínio e saturação por bases, foi constatado que o indicador matéria orgânica apresentou a maior amplitude de variabilidade espacial e temporal ao longo do período estudado, seguido pelos indicadores saturação por bases, acidez ativa e potencial, CTC efetiva e CTC pH 7,0 e saturação por alumínio;
- quanto a variabilidade espacial e temporal dos indicadores microbiológicos carbono microbiano, nitrogênio microbiano, respiração basal e quociente metabólico, foi constatado que o indicador carbono microbiano apresentou a maior amplitude de variabilidade espacial e temporal ao longo do período estudado, seguido pelos indicadores respiração basal, nitrogênio microbiano e quociente metabólico;
- quanto a variabilidade espacial e temporal dos indicadores de fertilidade nitrogênio total, fósforo, potássio, cobre e zinco, foi constatado que o indicador cobre

apresentou a maior amplitude de variabilidade espacial e temporal ao longo do período estudado, seguido pelos indicadores fósforo, potássio, nitrogênio e zinco;

- as concentrações dos elementos fósforo, potássio, cobre e zinco encontram-se com elevados teores em todas as lavouras de morango das 14 Propriedades envolvidas neste estudo;

- os teores de matéria orgânica foram classificados como baixos na maioria das lavouras de morango envolvidas neste estudo;

- não foi identificado o impacto da adição da água de irrigação sobre os indicadores químicos e de fertilidade do solo, entretanto, houve um possível impacto sobre os indicadores microbiológicos, principalmente, verificado sobre o carbono microbiano, nitrogênio microbiano e o quociente metabólico.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- os resultados obtidos indicaram que futuras ações deverão ser conduzidas pelos produtores no sentido de manejar o solo principalmente no intuito de elevar os teores de matéria orgânica;
- os resultados indicaram que os produtores estão adicionando fertilizantes de uma forma demasiada não seguindo as recomendações fornecidas pela análise de solo;
- estudos futuros deverão ser conduzidos com o objetivo de avaliar o efeito da adição da água e de fertilizantes via irrigação já que não foi possível realizar um estudo mais detalhado neste trabalho.

## 7 BIBLIOGRAFIA CITADA

AITA, C.; Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: Atualização em recomendação de adubação e calagem: Ênfase ao plantio direto. Santa Maria: UFSM, 2003. p. 76-111.

ALEFF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Londres: Academic Press, 1995. 576 p.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 241-248, 2002.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 10, n.3, p. 215 – 221, 1978.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions such as pH, on the microbial biomass of forest soil. **Soil Biology Biochemistry**: Oxford, v. 25, n 3, p. 393-395, 1993.

ANJOS, L.H.C.; van RAIJ, B. Indicadores de Processos de degradação de solos. In: Romeiro, A. R. Avaliação e contabilização de impactos ambientais. v.1. Campinas: Ed. UNICAMP, 2004. p. 87 – 111.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do solo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66 – 75, 2007.

ASCAR – EMATER - Empresa de Assistência Técnica Rural. **Leitura da paisagem de Turuçu**. Turuçu: ASCAR-EMATER, 2001. 25p.

BAYER, C. Manejo da fertilidade do solo na cultura do milho. In: BRESOLIN, M., ed, Contribuições para a cultura do milho para o Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIENTEC, 1993, p.71-93.

BECK, F.L.; BOHNEN, H.; CABEDA, M.S.V.; CAMARGO, F.A.O.; KÄMPF, N.; MEURER, E.J. **Projeto pedagógico-ensino de graduação**. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000. 26p. (Boletim Técnico, n.6).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1., 1992, Viçosa, **Anais...** Viçosa: NEPEMA, 1994. p. 93-100.

BEZDICEK, D. F.; PAPENDICK, R. I.; LAL, R. Introductions: importance of soli quality to health and sustainable land management. In: DORAN, J.W. ; JANES, A. J. (ed.) *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.1-8.

BOAS, R. L. V.; OLIVEIRA, M. V. A. M.; MOTA, P. R. A.; BETTINI, M. O. Agricultura fertirrigada avançada no Brasil. **Agrianual** p. 54-57, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 001**, de 23 de março de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23> acesso em 28 fev. 2009.

BROOKES, P. C. The use microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, p.269-279, 1995.

CAMARGO, L.S.; ALVES, S.; ABRAMIDES, E. Ensaio de variedades de morangueiro. **Bragantia**, São Paulo, v. 22, n.57, p. 715 – 729, 1963.

CAMPOS, D.C. **Influência da mudança do uso da terra sobre a matéria orgânica no município de São Pedro-SP**. Piracicaba, 1998. 83f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

CARVALHO, F. **Atributos Bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em floresta de Araucária angustifolia ( Bert.) O. Ktze. no estado de São Paulo**. 2005. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.1, p. 1-4, 1985.

CHAVES, L.H.G.; TITI, G.A.; CHAVES, I.B.; LUNA, J.G.; SILVA, P.C.M. Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p. 431-437, 2004.

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

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p. 777 – 788, 2005.

CNM – Confederação Nacional de Municípios. Indicadores: Dados Gerais. Disponível em: [http://www.cnm.org.br/dado\\_geral/mumain.asp?iDMUN=100143441](http://www.cnm.org.br/dado_geral/mumain.asp?iDMUN=100143441). Acesso em: 12 abr. 2006.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap.17. p. 389 - 411.

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

EMATER - Empresa de Assistência Técnica Rural. **Leitura da Paisagem de Turuçu**. Turuçu: EMATER-RS, 2001. 25 p.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: o autor, 2008. 230 p.

ESTRELA, C. C.; **Variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de irrigação no sistema de produção de morango em propriedades familiares no município de Turuçu-RS**. Pelotas, 2008. 114 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas.

FAMURS – Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul. Disponível em: [http://www.portalmunicipal.org.br/entidades/famurs/dado\\_geral/mumain.asp](http://www.portalmunicipal.org.br/entidades/famurs/dado_geral/mumain.asp). Acesso em: 20 jun. 2008.

FERREIRA, A. de S. **Efeitos da adição de resíduos de curtume e carboníferos nas plantas e no solo**. Porto Alegre, 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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

FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 460 p.

GIASSON, E. Introdução ao estudo de solos. In: MEURER, E.J. (ed.) Fundamentos da Química do Solo. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 285 p.

GODOI FILHO, J.D. Políticas públicas. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE UNIVERSIDADE E MEIO AMBIENTE, 1992, Belo Horizonte, **Anais...** Brasília: IBAMA, 1992. p. 131-141.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 74, n.4, p. 367-375, 1994.

GRISI, B.M. Biomassa e atividade de microorganismos do solo: revisão metodológica. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v.10, n. 1, p. 1-22, 1995.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeto RADAMBRASIL: **Levantamento dos recursos naturais** v. 33. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2006. Disponível em: <<http://WWW.ibge.gov.br>> no dia 20/04/2006.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. *Soil Biochemistry*. New York: Marcel Dekker, v.5, p. 415-471, 1981.

JENSEN, E.S. Nitrogen immobilization and mineralization during initial decomposition of 15 N-labelled pea and barley residues. **Biology and Fertility of Soils**, v. 23, p. 26-32, 1997.

KARLEN, D.L.; DITZLER, C.A.; ANDREWS, S.S. Soil quality: Why and how? **Geoderma**, Amsterdam, v.14, n.4, p.145-156, 2003.

KARLEN, D. L.; WOLLENHAUPT, N. C.; ERBACH, D. C.; BERRY, E. C.; SWAN, J. B.; EASH, N. S.; JORDAHL, J. L. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. **Soil Tillage Res.** 31: 149-167, 1994.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2ª edição. São Paulo: UNESP, 2003. 253p.

LAVKULICH, L.M. "Soil: the environmental integrator". In: POWER, C.B.; ABBOUD, S.A.; MCGILL, W. B. (eds.). *Environmental soil science: anthropogenic chemicals and soil quality criteria*. Brandon: Canadian Society of Soil Science, 1995. p. 1-43.

LOPES, A. S.; GHILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise de solo**. ANDA, São Paulo, 2004. 50p. (Boletim Técnico n 2).

MACHADO, A. A. **Sistema de Análise estatística para Windows (WINSTAT)** Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2001.

MALUCHE-BARETA, C. R. D.; FILHO, O. K.; AMARANTE, C. V. T.; RIBEIRO, G. M.; ALMEIDA, D. Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 655 – 665, 2007.

MARY, B.; RECOUS, S. Measurement of nitrogen mineralization and immobilization fluxes in soil as a means of predicting net mineralization. *European Journal of Agronomy*, v. 3, p. 291-300, 1994.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 285p.

MENDES, J.C.; REIS JÚNIOR, F.B. dos; PEREIRA NETO, J.V. Uso de indicadores biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade de solos de cerrado sob plantio direto e convencional. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4.; 2002, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: SBSCS, 2002. CDRoom.

MILANO, M.S. Avaliação e relatório de impacto ambiental: considerações conceituais e abordagem crítica. In: SEMINÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL, 1., 1989, Curitiba, **Anais...** Curitiba: FUPEF/UFPR, 1990. p. 182-187.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M.C. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1987. 436 p.

PIANA, C. F. de B.; MACHADO, A. de A. **Estatística básica**. Versão Preliminar. Pelotas: Instituto de Física e Matemática, Universidade Federal de Pelotas, 2004. 192p. (Apostila).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; ROBAINA, A. D.; ANGHINONI, I. FLORES, J. P. C.; HORN, D. **Situação da fertilidade dos solos no estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2001. 41 p.

SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654p.

SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. **Morango Produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 81p.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M.; WREGGE, M. S. Sistema de Produção de Morango. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: (<http://sistema.deproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/Sistemaproduçãomorango/cap.10.html>) Acesso em 26 janeiro de 2009.

SANTOS, V. B. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 3, p. 333-338, 2004.



SILVA, E. **Avaliação do impacto ambiental de projetos hidroagrícolas**. Brasília: ABEAS, 1996. 93 p.

SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. Viçosa, 1994, 309f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

SILVA, P.T.E. **Plano de interpretação ambiental do uso múltiplo da Floresta Nacional de Passa Quatro, Minas Gerais**. Viçosa, 1988. 183f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil Plant Science**, v. 49, 1999. p. 1-24.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER-RS-ASCAR, 2008. 222p.

TAGLIANI, C. R. A. **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. 2002. 252p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TAGLIANI, C. R. A. (coord.). **Plano Ambiental de Turuçu**. Rio Grande: Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2007. 113p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BIASSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de Solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

THENG, B. K. G.; TATE, K. R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.C. et al (eds) Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu: NifTAL Projects, 1989. p. 5-32

UZÊDA, M. C. **Parâmetros de solo como indicadores de sustentabilidade em um agroecossistema com morango ( *Fragaria* x *ananassa* Duch), em São Roque, SP**. 1999. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, SP.

VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo – Dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de Plantas**. Escola Superior de Agricultura de Lavras – ESAL/FAEPE, 1993. 171 p.

WALKER, J.; REUTER, D.J. **Indicators of catchment health: a technical perspective**. Melbourne: Csiro Publishing, 1996. 174 p.

WILDING, L.P.; DREES, L.R. Spatial variability and pedology. In: Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions. New York: Elsevier. p. 83-116, 1983.

## **ANEXOS**

## ANEXO A - Informações do perfil do Argissolo Acinzentado

a) Classificação: SBCS (2006) – Argissolo Acinzentado. b) Localização: Município de Turuçu – terras altas. c) Geologia regional: Granitos e rochas metamórficas. d) Material de origem: rochas metamórficas. e) Geomorfologia: terras altas. f) Situação do perfil: terço superior. g) Declividade: 10 – 20%. h) Erosão: vestígios gerais. i) Relevo: ondulado. j) Suscetibilidade à erosão: moderada a forte. l) Pedregosidade: 2 – 5%. m) Rochosidade: 2 – 5%. n) Drenabilidade: bem drenado. o) Vegetação: removida para cultivos. p) Descrição do perfil:

(hz)	(cm)	(solo)
A1	0 – 25	Bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2) seco; bruno muito escuro (10YR 2/2) úmido; franco-arenoso; granular forte e blocos subangulares, fraca; duro, muito friável, lig. pegajoso, lig. plástico; raízes comuns, finas; transição gradual e plana.
A2	25 – 40	Bruno-escuro (10 YR 4/3) úmido e seco; franco-arenoso; granular forte e blocos subangulares, fraca; duro, muito friável, lig. pegajoso, lig. plástico; raízes comuns, finas; transição gradual e plana.
Bt2	40 – 55	Bruno-escuro (10 YR 4/3) úmido e seco; argila; blocos angulares médios e grandes, muito duro, muito firme, muito plástico, muito pegajoso; raízes poucas entre fendas; transição clara e ondulada.
D	55 +	Resíduos rochosos em desagregação.

Informações do perfil do Argissolo Acinzentado

Fatores	Horizontes			
	A1	A2	Bt2	D
Espessura (cm)	0 – 25	25 – 40	40 – 55	55 +
C. orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	21,10	17,46	12,70	
M. O. %	3,64	3,00	2,19	
P (mg kg <sup>-1</sup> )	5,60	5,10	2,70	
pH (H <sub>2</sub> O)	5,50	5,31	4,92	
pH (KCl)	4,17	3,69	3,79	
Ca (c mol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	3,10	3,00	3,70	
Mg "	1,10	1,30	2,20	
K "	0,19	0,18	0,15	
Na "	0,10	0,18	0,06	
S "	4,49	4,667	6,11	
Al "	0,35	1,33	2,79	
H+Al "	2,40	2,70	2,80	
T "	6,89	7,36	8,91	
T(arg.) "	328	55	32	
V %	65	63	68	
Sat. Al "	7	22	31	
Fe (total) "				
Calhaus (g kg <sup>-1</sup> )				
Cascalho "				
Areia grossa "	214	204	119	
Areia fina "	406	333	192	
Silte "	359	330	417	
Argila "	21	133	272	
Argila natural "	36	29	9	
Agregação %	77	78	55	
Silte/argila -	17,09	2,48	1,53	
Textura *	SCL	L	CL	

SCL – franco-argilo-arenoso; L – franco; CL – franco-argiloso

## ANEXO A - Informações do perfil do Argissolo Vermelho Amarelo

a) Classificação: SBCS (2006) – Argissolo Vermelho Amarelo. b) Localização: Município de Turuçu – terras altas. c) Geologia regional: granitos e rochas metamórficas indiscriminados. d) Material de origem: granitos de granulometria fina. e) Geomorfologia: coxilhas. f) Situação do perfil: meia encosta. g) Declividade: 10 a 20%. h) Erosão: não constatada. i) Relevo: ondulado. j) Suscetibilidade à erosão: forte. l) Pedregosidade: 1%. m) Rochosidade: 1%. n) Drenabilidade: bem drenado. o) Vegetação: removida para cultivos anuais. p) Descrição do perfil:

(hz)	(cm)	(solo)
A1	0 – 25	Bruno-escuro (10 YR 4/3) seco; bruno muito escuro (10YR 2/2) úmido; franco-arenoso; granular e blocos subangulares pequenos, fraca; duro, friável, pegajoso, plástico; transição gradual.
AB	25 – 40	Bruno-escuro (10 YR 4/3) úmido e seco; franco-argilo-arenoso; granular e blocos subangulares pequenos, fraca; duro, friável, pegajoso, plástico; transição gradual.
B1	40 – 52	Bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/6) úmido e seco; franco-argilo-arenoso; granular e blocos subangulares pequenos, fraca; duro, friável, pegajoso, plástico; transição gradual.
Bt2	52 – 70	Bruno-amarelado (10 YR 5/8) úmido e seco; argila; blocos subangulares médios e grandes, fraca; duro, muito firme, muito plástico, pegajoso; transição difusa e plana.
Bt3	70 – 100	Bruno-forte (7,5 YR 5/8) úmido e seco; argila; blocos subangulares médios e grandes, fraca; duro, muito firme, muito plástico, pegajoso; transição difusa e plana.
C	100 +	Resíduos muito cascalhentos

Informações do perfil – Argissolo Vermelho Amarelo

Fatores	Horizontes					
	A1	AB	B1	Bt2	Bt3	C
Espessura (cm)	0 – 25	25 – 40	40 – 52	52 – 70	70 – 100	100 +
C. orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	15,80	12,70	12,70	9,50	6,80	
M. O. %	2,19	2,72	2,19	1,64	1,17	
P (mg kg <sup>-1</sup> )	5,40	4,10	4,20	3,70	3,40	
pH (H <sub>2</sub> O) -	5,27	5,27	5,07	4,92	4,92	
pH (KCl) -	3,99	3,94	3,80	3,79	3,78	
Ca (c mol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,30	2,70	1,80	1,20	1,00	
Mg "	2,00	1,60	1,10	0,80	0,80	
K "	0,27	0,16	0,11	0,11	0,12	
Na "	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	
S "	3,60	4,50	3,05	2,15	1,94	
Al "	1,71	2,29	4,53	4,39	4,35	
H+Al "	2,80	4,40	4,40	4,40	3,80	
T "	6,40	8,90	7,45	6,55	5,74	
T(arg.) "	27	21	12	14	15	
V %	56	50	40	32	33	
Sat. Al "	32	33	59	67	69	
Fe (total) "						
Calhaus (g kg <sup>-1</sup> )						
Cascalho "						
Areia grossa "	132	141	81	165	201	
Areia fina "	433	269	126	91	117	
Silte "	205	180	202	288	322	
Argila "	230	410	591	456	360	
Argila natural "	44	126	25	68	20	
Agregação %	80	69	58	85	94	
Silte/argila -	0,89	0,44	0,34	0,34	0,89	
Textura *	SCL	CL	C	C	CL	

SCL – franco-argilo-arenoso; CL – franco-argiloso; C - argiloso

## ANEXO A -Informações do perfil do Argissolo Vermelho

a) Classificação: SBCS (2006) – Argissolo Vermelho. b) Localização: Município de Turuçu – terras altas. c) Geologia regional: granitos. d) Material de origem: granitos. e) Geomorfologia: coxilhas. f) Situação do perfil: meia encosta – terço superior. g) Declividade: 10 a 20%. h) Erosão: não costatada. i) Relevo: ondulado. j) Suscetibilidade à erosão: forte. l) Pedregosidade: 1%. m) Rochosidade: 5%. n) Drenabilidade: bem drenado. o) Vegetação: gramíneas entre matas isoladas. p) Descrição do perfil:

(hz)	(cm)	(solo)
A1	0 – 25	Bruno-avermelhado-escuro (10 YR 4/6) seco; bruno-escuro (7,5 YR 3/4) úmido; franco-arenoso; granular e blocos subangulares pequenos, fraca; duro, friável, pegajoso, plástico; transição gradual.
A2	25 – 47	Bruno-avermelhado-escuro (10 YR 4/6) úmido e seco; franco-argilo-arenoso; granular e blocos subangulares pequenos, fraca; duro, friável, pegajoso, plástico; transição gradual.
Bt1	47 – 70	Vermelho-amarelado (5 YR 5/6) úmido e seco; franco-argilo-arenoso; granular e blocos subangulares pequenos, fraca; duro, friável, pegajoso, plástico; transição gradual.
Bt2	70 – 90	Vermelho-amarelado (5 YR 5/8) úmido e seco; argila; blocos subangulares médios e grandes, fraca; duro, muito firme, muito plástico, pegajoso; transição difusa e plana.
Bt3	90 - 120	Vermelho-amarelado (5 YR 5/8) úmido e seco; argila; blocos subangulares médios e grandes, fraca; duro, muito firme, muito plástico, pegajoso; transição difusa e plana.

**Tabela XX.** Informações do perfil do Argissolo Vermelho

Fatores	Horizontes				
	A1	A2	Bt1	Bt2	Bt3
Espessura (cm)	0 – 25	25 – 47	47 – 70	70 – 90	90 – 120
C. orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	18,30	14,00	11,10	6,40	5,20
M. O. %	3,15	2,41	1,91	1,10	0,90
P (mg kg <sup>-1</sup> )	5,80	5,60	4,60	3,70	2,40
pH (H <sub>2</sub> O) -	5,41	5,26	5,11	5,10	5,05
pH (KCl) -	4,06	3,91	3,84	3,80	3,78
Ca (c mol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,00	1,00	0,90	0,70	0,70
Mg "	1,20	1,00	1,30	1,40	1,30
K "	0,23	0,13	0,13	0,10	0,10
Na "	0,02	0,08	0,08	0,09	0,10
S "	3,45	2,21	2,41	2,29	2,20
Al "	1,01	2,94	4,05	4,25	4,22
H+Al "	3,00	3,80	4,10	4,10	3,10
T "	6,45	6,01	6,51	6,39	5,30
T(arg.) "	40	25	16	11	9
V %	53	36	37	35	41
Sat. Al "	22	57	62	64	65
Fe (total) "					
Calhaus (g kg <sup>-1</sup> )					
Cascalho "					
Areia grossa "	139	113	69	68	74
Areia fina "	406	323	182	187	179
Silte "	297	328	351	197	209
Argila "	158	236	398	548	538
Argila natural "	35	65	67	14	11
Agregação %	78	72	83	95	97
Silte/argila -	1,88	1,39	1,13	0,36	0,38
Textura *	SL	SCL	CL	C	C

SL – franco-arenoso; SCL – franco-argilo-arenoso; CL – franco-argiloso; C - argiloso