

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – CURSO DE MESTRADO

GRACE BUNGENSTAB ALVES

O PERFIL CULTURAL NOS PRINCIPAIS SISTEMAS PEDOLÓGICOS DO
MUNICÍPIO DE MARACAÍ/SP

MARINGÁ - PR
2010

GRACE BUNGENSTAB ALVES

**O PERFIL CULTURAL NOS PRINCIPAIS SISTEMAS PEDOLÓGICOS DO
MUNICÍPIO DE MARACÁI/SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Nakashima

Maringá/PR
Janeiro de 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO

Sistema de Bibliotecas da UNICAMP /

Diretoria de Tratamento da Informação

Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8ª / 5283

AL87p

Alves, Grace Bungenstab.

O perfil cultural nos principais sistemas pedológicos do município de Maracá/SP / Grace Bungenstab Alves. -- Maringá : [s.n.], 2010.

Orientador: Paulo Nakashima.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes.

1. Ciência do solo. 2. Solo - Uso - Planejamento.
3. Interação - Solo - Estrutura. 4. Solos - Permeabilidade.
5. Solos - Manejo. I. Nakashima, Paulo. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. III. Título.

“O PERFIL CULTURAL NOS PRINCIPAIS SISTEMAS PEDOLÓGICOS DO
MUNICÍPIO DE MARACAÍ/SP”

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em 22 de março de 2010.

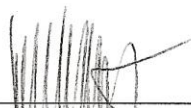
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Paulo Nakashima
Orientador-presidente
Universidade Estadual de Maringá



Profª Drª Maria Teresa de Nóbrega
Membro convidado
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto
Membro convidado
Universidade de São Paulo

*Dedico este trabalho aos meus pais, por
permitirem que eu chegasse até este ponto, por
sempre me incentivarem e por todos os
ensinamentos transmitidos.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de manifestar minha gratidão a todas as pessoas, que de alguma forma participaram da realização deste trabalho, que representa uma conquista, e que só foi possível graças à colaboração recebida.

Inicialmente quero agradecer aos meus pais que sempre me apoiaram e estiveram presentes, participando ativamente de todas as etapas desse trabalho. A minha mãe que possibilitou que todos estivessem bem nutridos durante os campos e que me cercou de cuidados nos momentos conclusivos desse trabalho. E ao meu pai que acompanhou, sempre que possível, os campos, e que intermediou o diálogo com os proprietários, se mostrando essencial para a execução do trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo Nakashima, meu “pai pedológico”, pelos tantos ensinamentos, que não se restringiram a Pedologia. Por sua paciência, preocupação, dedicação e constante orientação durante o desenvolvimento desse trabalho. E por aceitar este desafio.

Agradeço a todos os professores que contribuíram com o meu amadurecimento, possibilitando o delineamento e desenvolvimento dessa pesquisa. Quero agradecer aos professores e funcionários do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Maringá, em especial: à Prof^a Maria Tereza de Nóbrega, pelas grandes contribuições durante as etapas do trabalho, e por transmitir com tanta maestria seus ensinamentos; ao Prof. Hélio Silveira; à Prof^a Margarida Peres Fachini; ao Prof. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto; a Ivaldete, pelo apoio no laboratório; a Miriam, que sempre se mostra muito solícita. Aos professores João Tavares Filho, Ricardo Ralish e Maria de Fátima Guimarães, do Departamento de Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina. Ao professor José Pereira de Queiroz Neto, do Departamento de Geografia, da Universidade de São Paulo, que a cada encontro lança uma semente que me instiga cada vez mais a querer entender este objeto de estudo que se mostra tão complexo.

Agradeço em especial aos grandes amigos: Alex Konstantin Lodi Ugattis, André Mateus Barreiros, Marcelo Nakashima (**) e Márcio Greyck Guimarães Correa; pelo grande apoio durante os trabalhos de campo e laboratório, e pela amizade que pudemos construir, principalmente nestes dois últimos anos. Amizade que valeu horas de conversas e muitos

trabalhos realizados conjuntamente e que aparentemente me fizeram voltar para graduação, com a vantagem poder de participar apenas dos melhores episódios (os campos e as festas).

Agradeço a todos os colegas e amigos, com os quais pude conviver ao longo destes dois anos, e que possibilitaram desfrutar de bons momentos. Principalmente aos que me acompanharam nas disciplinas de cursadas na UEM, UEL e USP. Ao grupo Neo-Nostradâmico pelas discussões e descobrimentos partilhados, em especial a Juliana, pela ajuda na busca das fotografias aéreas de Maracaí, e ao João pela presteza em ajudar na parte de geologia do trabalho, mas que infelizmente por falta de tempo não se processou. E também os demais colegas de Pós-graduação e de grupos ligados ao Departamento de Geografia, da UEM. Ao Raniere pelas lições de geoprocessamento, registrando aqui minhas sinceras desculpas.

Agradeço a todos os meus ajudantes de campo Andréia e Paulo Ricardo. E as minhas irmãs pela preocupação e apoio.

Agradeço, ainda:

Aos funcionários do IAC que gentilmente possibilitaram a consulta das fotos aéreas de Maracaí.

Aos produtores que permitiram a efetiva execução do trabalho.

A CAPES pelo apoio financeiro, que se mostrou de grande importância, possibilitando o intercâmbio de ideias com outras universidades.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização dessa pesquisa.

*Sur la face de la Terre déjà rugueuse, déjà
porteuse des signes de la
nature, les sociétés humaines, de millénaire en
millénaire, ont écrit, réécrit.
Retouché, raturé, gommé.
(Philippe Pinchemel)*

RESUMO

Os processos de degradação da cobertura pedológica têm se intensificado com o desenvolvimento agrícola, que visa cada vez mais aumentar a produção, não levando em consideração, na maioria dos casos, a real potencialidade do solo e o seu manejo adequado. Estudou-se o município de Maracá/SP, onde foram caracterizados quatro diferentes compartimentos: Cervo, Anhumas, Barra Mansa e Três Cantos; que se diferenciam principalmente em função das relações solo/paisagem, onde cada compartimento apresenta um sistema pedológico predominante. Avaliou-se como estes sistemas pedológicos estão reagindo ao uso e manejo empregado, e para tanto, se fez uso da metodologia do Perfil Cultural. Os resultados obtidos indicam que: as vertentes possuem tipos de solos diferenciados, com características químicas e físicas divergentes; em todos os solos verificou-se que as linhas formam camadas menos adensadas que as entrelinhas, apresentando melhores condições de porosidade e densidade, resultantes de ações mecânicas realizadas no ato do plantio e da ação das raízes durante o ciclo produtivo; em geral a camada mais adensada concentra-se abaixo da entrelinha ou no contato do horizonte A com o horizonte B; o cultivo de cana-de-açúcar mostrou-se mais agressivo que o cultivo de soja/milho; os solos arenosos possuem maiores densidades que os solos argilosos; os solos da baixa vertente encontram-se mais alterados que os da alta, com exceção do compartimento Barra Mansa; a camada que apresenta maiores densidades normalmente possui macroporosidade abaixo de 10% e microporosidade por volta de 40%; em um mesmo tipo de uso e manejo os diferentes tipos de solos do sistema pedológico não apresentam as mesmas alterações; os produtores têm noção da diferenciação dos solos na vertente, mas, no entanto não diferenciam o uso e o manejo empregado em cada tipo de solo. Verificou-se que a metodologia do Perfil Cultural proposta por Tavares *et al.* (1999) se mostra bastante resumida, dificultando sua aplicação em diferentes tipos de solos; nestes casos deve-se adotar uma descrição morfológica bastante detalhada, que leve em consideração o estado de umidade dos solos, uma vez que uma alta umidade pode dificultar a identificação das características morfológicas associadas à compactação. Os resultados obtidos demonstram que falta, tanto por parte dos produtores, quanto por parte dos responsáveis pela assistência técnica, um real e profundo conhecimento dos solos e de seu comportamento, pois é essencial que se conheça o solo antes que qualquer atuação seja realizada neste.

Palavras-Chave: Uso e manejo do solo, Degradação do solo, Densidade do solo, Porosidade.

ABSTRACT

The processes of degradation of the pedological cover have become more intense with the development of agriculture, which, overtime, has been increasing the productivity of the land not taking in consideration, in most cases, the real potential of the soil and its proper management. In this work, the area of research was the municipality of Maracaí, in the state of São Paulo, where four different compartments were characterized: Cervo, Anhumas, Barra Mansa and Três Cantos; this areas differ mostly due to the soil/landscape relations, and each of the compartments presents a dominant pedological system. The reactions of these systems to the usage and management were evaluated using the Cultural Profile methodology. The results point to the following conclusions: the hillslopes present different types of soils, with unique chemical and physical characteristics; in all the soils found it was verified that the lines of mechanical stress tend to present less compacted layers than the gaps between them, presenting better conditions of porosity and density, which are the result of mechanical actions performed during the plantation and also of the action of the roots during the production cycle; generally, the most dense layers are concentrated beneath the gaps between such lines or in the interface between the A and B horizons; the sugarcane crops proved to be the more aggressive than the soybeans/corn; soils with higher rats of sand presented higher densities than the soils with higher clay taxes; soils in the bottom portions of the hill slopes present higher densities than the ones nearer the top, with the exception of the Barra Mansa compartment; the layer that presents the greater densities normally show macroporosities below 10% and microporosities around 40%; different soils submitted to a similar usage and management do not present the same types of alterations; the producer are aware of the differentiation of the soils along the hill slopes, but still do not adjust the usage and management according to such differences. The Cultural Profile methodology, proposed by Tavares *et al.* (1999), has shown a serious limitation due to the fact that it's very "short", making its application fairly hard in different types of soils; in these cases, a detailed morphological description is recommended, taking in consideration the moisture of the soil at the time of the description, since higher moisture taxes may cause problems during the identification of the morphological features associated to the compactation.

The results obtained show that there's still a lack of knowledge in soil sciences both among the producers and even those responsible for the technical supervision of the crops. We consider the studies of soil sciences to be essential to all of those who intend to work and produce on this important natural resource.

Key-Words: Soils Usage and Management, Degradation of the soils, Soil density, Porosity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização do município de Maracaí, no Brasil e estado de São Paulo.....	40
Figura 2: Médias mensais de temperatura e precipitação pluvial do município de Assis, localizado na latitude de 22°40' Sul e 50°25' Oeste.....	51
Figura 3: População residente no município de Maracaí, nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007, por situação do domicílio.....	62
Figura 4: PIB do município de Maracaí, no ano de 2007, por setor produtivo. (valor em reais).	63
Figura 5: Área plantada com os principais tipos de lavoura temporária, no município de Maracaí/SP.	64
Figura 6: Efetivo dos rebanhos (nº de cabeças), por tipo de rebanho, entre os anos de 1974 e 2008.	65
Figura 7: Número de estabelecimentos agropecuários ocupados com lavoura temporária ou pecuária, por grupos de área total.	67
Figura 8: Compartimentação do município de Maracaí/SP.....	71
Figura 9: Solos do município de Maracaí/SP.	72
Figura 10: Hipsometria do município de Maracaí/SP.	73
Figura 11: Declividade do município de Maracaí/SP.....	74
Figura 12: Afloramento de basalto em posição de topo.	75
Figura 13: Áreas com solo arenoso no topo e argilosos na média baixa vertente.	76
Figura 14: Modelo digital do terreno do compartimento Cervo, em Maracaí/SP, e localização da topossequência.	76
Figura 15: Localização dos pontos de tradagem e trincheiras da topossequência Palmitalzinho, em um afluente do córrego Palmitalzinho.	77
Figura 16: Representação da topossequência Palmitalzinho, no município de Maracaí/SP. ...	78
Figura 17: a) Visão da topossequência Palmitalzinho, foto tirada a partir da média/baixa vertente. b) Topossequência Palmitalzinho, vista a partir da vertente oposta.	83
Figura 18: a) Material grosseiro, denotando erosão laminar. b) Magnetita presente no material grosseiro.	83
Figura 19: Volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).	84
Figura 20: Representação dos volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).	84
Figura 21: Valores médios de densidade de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, em área cultivada e sob mata nativa (Maringá/PR), na profundidade de 0-0,20. Valores seguidos por letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratam.	86
Figura 22: Volumes identificados na Trincheira 2 (NITOSSOLO).	87
Figura 23: Representação dos volumes identificados na Trincheira 2 (NITOSSOLO).	87
Figura 24: Detalhe dos volumes alterados pelo manejo, no NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico. a) Volume $F\mu\Delta$. b) Volume $F\Delta\mu$	88
Figura 25: Modelo digital do terreno do compartimento Anhumas, em Maracaí/SP, e localização da topossequência.	90
Figura 26: Área com domínio do LATOSSOLO, apresentando NITOSSOLO apenas na baixa vertente.	91
Figura 27: Localização dos pontos de tradagens e trincheiras, realizados na topossequência Anhumas no alto curso do ribeirão Anhumas.	92
Figura 28: Representação da topossequência do ribeirão Anhumas, no município de Maracaí/SP.	93
Figura 29: Sopé da vertente, em área contígua a topossequência ribeirão Anhumas.....	94
Figura 30: a) Terço inferior da topossequência Anhumas; b) Visão, a partir da vertente oposta, da topossequência Anhumas. (Fotos adquiridas em diferentes datas).	97

Figura 31: Volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).	98
Figura 32: a) Material grosseiro, denotando erosão laminar. b) Magnetita, presente no material grosseiro, que aderiu ao imã.	98
Figura 33: Representação dos volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).	98
Figura 34: Volumes identificados na Trincheira 2 (NITOSSOLO).	101
Figura 35: Representação dos volumes identificados na Trincheira 2 (NITOSSOLO).	101
Figura 36: Áreas com relevo ondulado e afloramento de rocha basáltica.	104
Figura 37: Modelo digital do terreno do compartimento Barra Mansa, em Maracá/SP, e localização da topossequência.	104
Figura 38: Localização dos pontos de tradagens e trincheiras, realizados na topossequência Barra Mansa no alto curso do ribeirão Anhumas.	105
Figura 39: Representação da topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	106
Figura 40: a) Topossequência Barra Mansa; b) Visão, a partir da vertente oposta, da topossequência Barra Mansa. (Fotos obtidas em diferentes datas).	110
Figura 41: Volumes identificados na Trincheira 1 (NITOSSOLO).	111
Figura 42: Representação dos volumes identificados na Trincheira 1 (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico).	111
Figura 43: Volumes identificados na Trincheira 2 (NEOSSOLO).	113
Figura 44: Representação dos volumes identificados na Trincheira 2 (NEOSSOLO LITÓLICO).	113
Figura 45: Volumes identificados na Trincheira 3 (NITOSSOLO).	115
Figura 46: Representação dos volumes identificados na Trincheira 3 (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico).	115
Figura 47: Solos argilosos de coloração vermelho-escuro.	118
Figura 48: Depressão fechada.	118
Figura 49: Modelo digital do terreno do compartimento Três Cantos, em Maracá/SP, e localização da topossequência.	119
Figura 50: Visão da topossequência Mandacarú. (Fotos adquiridas em data diferente da dos levantamentos).	119
Figura 51: Localização dos pontos de tradagens e trincheiras, realizados na topossequência Mandacarú, realizada na lagoa Mandacarú.	120
Figura 52: Representação da topossequência Mandacarú, no município de Maracá/SP.	121
Figura 53: Visão da topossequência Mandacarú, foto tirada a partir da média vertente.	125
Figura 54: Volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).	126
Figura 55: Representação dos volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico).	126
Figura 56: Representação dos volumes identificados na Trincheira 2 (LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico).	128
Figura 57: Volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).	128
Figura 58: Concreções encontradas no ponto S7, na topossequência Mandacarú, Maracá/SP. (Escala centimétrica).	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadro 1: Modos de organização do perfil de solo; Quadro 2. Estado interno dos torrões presentes nos diferentes modos de organização do volume de solo antropizado.....	56
Tabela 2: Taxa de crescimento geométrico da população residente no município de Maracáí nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007, por situação do domicílio.....	62
Tabela 3: Área (Hectares) dos estabelecimentos agropecuários por utilização das terras, no município de Maracáí/SP, nos anos de 1995 e 2006.	64
Tabela 4: Número de estabelecimentos agropecuários por utilização das terras, no município de Maracáí/SP, nos anos de 1995 e 2006.	66
Tabela 5: Número de estabelecimentos agropecuários por grupos de área total, no município de Maracáí/SP, no ano de 2006.	66
Tabela 6: Número de estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica e grupos de área total, no município de Maracáí/SP, no ano de 2006.	67
Tabela 7: Número de estabelecimentos agropecuários por sistema de preparo do solo e grupos de área total, no município de Maracáí/SP, no ano de 2006.	68
Tabela 8: Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de prática agrícola e grupos de área total, no município de Maracáí/SP, no ano de 2006.	68
Tabela 9: Granulometria dos horizontes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracáí/SP.	81
Tabela 10: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos, descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracáí/SP.....	81
Tabela 11: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos, descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracáí/SP.....	81
Tabela 12: Características dos volumes identificados no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracáí/SP.....	85
Tabela 13: Características físicas dos volumes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracáí/SP.....	85
Tabela 14: Características dos volumes identificados no NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracáí/SP.	88
Tabela 15: Características físicas dos volumes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracáí/SP.	88
Tabela 16: Granulometria dos horizontes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracáí/SP.	96
Tabela 17: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos, descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracáí/SP.....	96
Tabela 18: Teores de alguns micronutrientes e enxofre dos horizontes diagnósticos descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracáí/SP.....	96
Tabela 19: Características dos volumes identificados no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico na topossequência Anhumas, no município de Maracáí/SP.	99
Tabela 20: Características físicas dos volumes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico na topossequência Anhumas, no município de Maracáí/SP.	100
Tabela 21: Características dos volumes identificados no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracáí/SP.	102

Tabela 22: Características físicas dos volumes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracá/SP.	102
Tabela 23: Granulometria dos horizontes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico, NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico, e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência da Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	108
Tabela 24: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência da Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	108
Tabela 25: Teores de alguns micronutrientes e enxofre dos horizontes diagnósticos descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência da Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	108
Tabela 26: Características dos volumes identificados no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	112
Tabela 27: Características físicas dos volumes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	112
Tabela 28: Características dos volumes identificados no NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	114
Tabela 29: Características físicas dos volumes descritos no NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	114
Tabela 30: Características dos volumes identificados no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	116
Tabela 31: Características físicas dos volumes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.	116
Tabela 32: Granulometria dos horizontes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacaru, no município de Maracá/SP.	123
Tabela 33: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos descritos LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacaru, no município de Maracá/SP.	123
Tabela 34: Teores de alguns micronutrientes e enxofre dos horizontes diagnósticos descritos LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacaru, no município de Maracá/SP.	124
Tabela 35: Características dos volumes identificados no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na topossequência Mandacará, no município de Maracá/SP.	127
Tabela 36: Características físicas dos volumes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na topossequência Mandacará, no município de Maracá/SP.	127
Tabela 37: Características dos volumes identificados no LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacará, no município de Maracá/SP.	128
Tabela 38: Características físicas dos volumes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacará, no município de Maracá/SP.	129

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1. Estudo dos solos	19
2.2. Solo.....	20
2.2.1. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.....	25
2.3. Modificações antrópicas nos solos	26
2.3.1. Perfil Cultural	29
2.4. Características morfológicas dos solos.....	31
3. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL	39
3.1. Escolha e localização da área de estudo	39
3.2. Abordagem histórica.....	41
3.3. Caracterização do meio físico.....	44
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	52
4.1. Trabalho de Gabinete.....	53
4.2. Trabalho de Campo	54
4.3. Análises Laboratoriais	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1. Colonização e características socioeconômicas	61
5.2. Características do meio físico.....	69
5.3. Compartimentos morfopedológicos	75
5.3.1. Compartimento Cervo - 1	75
5.3.2. Compartimento Anhumas - 2	90
5.3.3. Compartimento Barra Mansa - 3	103
5.3.4. Compartimento Três Cantos - 4.....	117
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	131
REFERÊNCIAS	135

1. INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas ocasionam alterações nas propriedades dos solos, influenciando em sua qualidade. Observa-se que os processos de degradação da cobertura pedológica têm se intensificado com o desenvolvimento agrícola, pois este desenvolvimento visa cada vez mais aumentar a produção e na maioria das vezes não leva em consideração a real potencialidade do solo e o seu manejo adequado.

Neste contexto se insere a região do Médio Paranapanema, onde as atividades agrícolas apresentam grande importância desde sua colonização, que foi impulsionada pela expansão da cultura de café e após 1929 foi parcialmente substituída pela cultura do algodão, amendoim e outras, devido às condições impostas pelo cenário internacional. Aos poucos, as áreas que apresentavam desgaste do solo passaram a ter suas culturas substituídas pelas pastagens. Aos grandes proprietários pertenciam as grandes fazendas de café e de gado, e aos pequenos cabiam os demais tipos de cultivos, sendo que os pequenos proprietários eram, em sua maioria, imigrantes (BRAY, 2005). A ocupação das terras se processou muito rapidamente, e aliada à ocupação estava o desmatamento em grande escala, tanto que nas décadas de 1940 e 1950 o estado de São Paulo já estava quase totalmente ocupado, restando apenas cerca de 10% da área de vegetação original (SIGRH, 2000).

Atualmente a região do Médio Paranapanema destaca-se no estado de São Paulo, principalmente no que diz respeito às culturas temporárias de soja/milho e cana-de-açúcar. Toda essa região sofreu com as mudanças profundas na paisagem após a homogeneização da agricultura e a busca desenfreada por lucratividade. Criou-se um novo arranjo espacial sustentado por seus solos, porém isso provocou grandes mudanças ambientais e socioeconômicas.

No caso da cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, áreas cobertas por mata natural foram gradativamente substituídas por canaviais e têm sido mantidas com monocultura por longos períodos (Oliveira *et al.*, 1995). Queiroz Neto (2003) considera que a cultura da cana-de-açúcar veio na retaguarda da frente pioneira do café, e aos poucos foi ganhando espaço no estado de São Paulo. É nesta época também que a cultura de soja passa a ganhar representatividade no estado. Esta substituição, em conjunto com cultivo contínuo, prolongado e intensivo, causa alterações nas qualidades físicas dos solos (Klein & Boller, 1995; Beutler *et al.*, 2001).

O uso intenso do solo tem se mostrado como o principal problema encontrado na área, provocando compactação, que se concentra, geralmente, nos primeiros 50 cm do solo, contribuindo para um maior escoamento superficial e redução da área explorável pelas raízes, principalmente as de sistemas radiculares menos agressivos (SIGRH, 2000). Sobre a degradação dos solos Silveira (1994), Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Drew (1998) observam que as más práticas de cultivo levam à degradação das propriedades morfológicas dos solos, que conseqüentemente irão influenciar na produtividade e em novos parâmetros ambientais, sendo que os problemas que se destacam com o manejo inadequado dos solos são a erosão e a compactação. As alterações que um manejo inadequado ocasiona em um solo, vêm a influenciar todo um sistema, que deveria estar em equilíbrio. Um solo compactado, por exemplo, prejudica a infiltração de água e causa maior escoamento superficial, originando por sua vez, maiores índices de erosão e, o conseqüente assoreamento dos rios.

Observa-se que o solo possui uma importância muito grande para área, visto que é dele que são retirados os produtos responsáveis pela movimentação da economia da região, e para que o solo possa ser considerado como um recurso renovável é necessário que se desenvolva um manejo adequado às suas características (RUELLAN, 1993). Boulet (1988) afirma que só é possível manejar e conservar o solo adequadamente se entendermos como todos os seus horizontes pedogenéticos se formaram e em que estágio de evolução eles se encontram. Segundo Ruellan e Dosso (2005) a observação da morfologia dos solos deveria preceder qualquer intervenção humana, pois a fertilidade e as condições de uso de um solo são muito dependentes das suas características morfológicas.

No estudo do solo a noção de *continuum* torna-se extremamente necessária, pois integra os solos na paisagem, enquanto sistema biogeodinâmico complexo, considerando as preocupações em compreender os vínculos entre os dados do meio natural, fazendo relações entre a distribuição dos solos e sua posição na paisagem (PELLERIN e HELLUIN, 1988). Para compreender este *continuum*, a visão oferecida pela análise estrutural da cobertura pedológica se mostra como melhor opção, por evidenciar o solo como um sistema em transformação, possibilitando uma maior compreensão dos mecanismos de gênese (ESPINDOLA, 2008). Na busca de evidenciar os efeitos das práticas agrícolas sobre a qualidade dos solos, deve-se proceder com uma análise minuciosa, que é proporcionada pelo Perfil Cultural, que segundo Espindola (*ibidem*), se mostra eficaz para observações detalhadas em campo, privilegiando os aspectos ligados à estrutura do solo.

Torna-se essencial, não só avaliar a organização espacial da cobertura pedológica, como também verificar como esta vem sendo utilizada e possivelmente degradada, através de

análises específicas e do resgate do maior número possível de informações ligadas às práticas culturais realizadas nos solos. É possível obter informações importantes, que podem revelar se as alterações existentes nos solos são ocasionadas por processos naturais ou antrópicos. No intuito de se obter respostas a cerca dos processos de transformação e evolução dos solos da área, somadas às análises qualitativas, foram utilizadas as análises laboratoriais que mostraram ser importantes ferramentas nos estudos do solo.

A cobertura pedológica apresenta diferentes características ao longo da vertente, originando diferentes solos, implicando em uma consequente mudança de comportamento, diante disso, é necessário avaliar como estes diferentes solos se comportam diante do mesmo tipo de uso manejo. Desta forma poderá ser observado como os solos sob o mesmo tipo de manejo (cana-de-açúcar ou soja) ou manejos diferentes (cana-de-açúcar e soja) estão evoluindo face às ações antrópicas.

Para tanto, foram selecionadas vertentes representativas no município de Maracá/SP, localizado na região do Médio Paranapanema. O município apresenta uma diversidade de paisagens, resultante das variações litológicas, pedológicas e geomorfológicas, que dão origem a quatro grandes compartimentos morfopedológicos com dinâmicas próprias. Em virtude disto, estudou-se o principal sistema pedológico de cada compartimento, no intuito de avaliar como cada sistema pedológico reage às ações antrópicas.

Para reconhecer a variação lateral dos solos, adotou-se a análise bidimensional da cobertura pedológica (BOULET, 1988), que permite identificar a cobertura pedológica, com especial destaque à descrição morfológica, sem preocupação com a definição de horizontes diagnósticos, tão discutidos nas classificações taxonômicas (ESPINDOLA, 2008). Para uma investigação mais detalhada em campo, voltada para os efeitos das práticas agrícolas e qualidade dos solos, se utilizou o Perfil Cultural (TAVARES FILHO *et al.*, 1999) , que privilegia aspectos ligados à estrutura do solo (ESPINDOLA, 2008).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Estudo dos solos

Observa-se que o nascimento da pedologia como ciência ocorreu devido à necessidade de conhecer as imposições da natureza e criar métodos de combate à fome que desolavam periodicamente certas regiões da Rússia, trabalho este, confiado a Dokuchaev que coordenou os estudos dos solos destas regiões. Desta forma, a pedologia se desenvolve buscando conhecer os solos no intuito de melhorar a sua utilização, e seu maior objetivo é a melhoria da produção agrícola. Verifica-se que o conhecimento dos terrenos é a base da agricultura, onde um pequeno número de características do meio pode ter uma influência determinante em sua utilização (HÉNIN, 1980).

Não são apenas as características naturais dos solos que definem boas condições de produtividade para determinada área. Sua fertilidade está relacionada também com suas características físicas, e por isso os diferentes tipos de usos dos solos ao longo tempo se mostram importantes, uma vez que os efeitos de uma má utilização podem afetar diretamente na qualidade física do solo e, por conseguinte, a produção (HÉNIN *et al.*, 1960).

A partir da utilização da motomecanização é que se passou a observar que somente a quantidade de elementos nutritivos não eram suficientes para um bom desenvolvimento das plantas (TAVARES *et al.*, 1999), mas também a forma como as raízes se encontravam dispostas, afim de aproveitar esses nutrientes (HÉNIN *et al.*, 1960). Desta forma, desenvolveu-se o conceito do Perfil Cultural (*ibidem*), que segundo Tavares *et al.* (1999), permite uma nova visão de análise de problemas agrônômicos e, em particular, de análise de efeitos da exploração agropecuária no solo. Considera-se que uma das contribuições mais importantes dos estudos agropedológicos foi evidenciar o papel do homem na evolução das coberturas pedológicas (RUELLAN, 1988).

Através de todo o desenvolvimento que a pedologia tem apresentado ao longo dos anos observa-se que o estudo do solo é importante para: entender como o solo funciona como sistema depurador; compreender os regimes hidrológicos, pois o solo influencia na qualidade das águas; as construções e suas consequências que dependem das propriedades dos solos; o conhecimento das relações entre os solos e as rochas, facilitando as prospecções geológicas e a pesquisa de concentrações minerais; as produções agrícolas e florestais, que são extremamente dependentes das propriedades e modos de uso dos solos, sendo que quanto

melhores forem as condições destes, melhor será a produtividade (RUELLAN e DOSSO, 1993).

Quatro lições podem ser tiradas através do desenvolvimento dos estudos dos solos: o solo é um corpo natural, organizado, estruturado, com estreitas relações entre a morfologia das coberturas pedológicas e seu comportamento e fertilidade; o solo é um meio de concentrações monominerais: argilas, areias, carbonatos, alumínio, ferro, etc.; o solo desempenha um papel importante na elaboração das formas de relevo; o homem, utilizando os solos, age na transformação destes (RUELLAN e DOSSO, 1993).

Mesmo com toda a evolução observada no estudo dos solos, verifica-se que a maior parte das pessoas encarregadas de planejar e realizar o desenvolvimento dos solos, assim como as pessoas que os utilizam, não sabem o que é o solo e nem se interrogam sobre os conhecimentos que precisam ser adquiridos sobre ele (RUELLAN, 1988). Segundo o autor, isso se deve ao fato de que o solo não faz parte do patrimônio cultural do homem moderno, que desde a sua infância não adquiriu conhecimentos sobre este. Cabe portanto, à pedologia, ensinar a utilizar os solos sem destruí-los e, conservá-lo, com a finalidade de maximizar as suas funções alimentares, energéticas, depuradoras, etc.

2.2. Solo

O solo é um meio organizado, estruturado e poroso, que se constitui como um meio contínuo, que possui diferenciações estruturais visíveis em diversas escalas. Trata-se de um meio dinâmico, onde ocorrem transformações dos constituintes e das estruturas, e transferências de matéria, possuindo desta forma, um passado e um futuro (RUELLAN e DOSSO, 1993). É um sistema aberto, que engloba outros sistemas, que podem ser definidos como ecossistemas ou meios naturais, regiões geográficas, e etc. Trata-se de um objeto complexo, com constituintes de natureza mineral (argila e areia), orgânica (húmus), microbológica (bactérias), vegetal (raízes), animal (cupins, minhocas) (CHATELIN, 1995).

Os fatores que levam à formação dos solos são: material de origem, clima, organismos, relevo e tempo. Eles agem em conjunto e influenciam diretamente nas propriedades que diferenciam os solos (constituição, cor, textura, estrutura e etc.). Três fatores são estritamente interdependentes: o material de origem, a duração da alteração deste material e o clima (ou climas sucessivos) que regula esta alteração. Num primeiro momento o clima, a rocha e o relevo coordenam o início das alterações e a instalação das primeiras formas de

vida. Em seguida, a pedogênese, com a ação dos organismos dos solos atuando sobre as propriedades físicas e químicas dos solos rapidamente se impõem e condicionam as modalidades de evolução do relevo e da vida, e a desta forma, a evolução dos solos (RUELLAN, 1993).

As propriedades químicas do material tem certa influência sobre a evolução dos solos. Os minerais existentes na rocha de origem, quando expostos às condições diferentes daquela em que foram formados começam a se decompor, liberando elementos à solução e formando minerais mais adaptados às novas condições (RESENDE *et al.* 1999). O material de origem somado aos tipos de alterações sofridas é responsável pela coloração dos solos: “os solos originados de rochas máficas (basaltos, diabásios, anfíbolitos etc.) tendem a ter cores em direção ao vermelho-escuro, refletindo a presença de maior teor de óxidos de ferro, na forma de hematita” (RESENDE *et al.*, 1999). Os diferentes materiais de origem também influenciam na porosidade, permeabilidade e textura dos solos, estando, portanto, diretamente ligados à velocidade de circulação das soluções no solo, e dessa forma, exercendo um importante papel na evolução dos solos.

O clima desempenha um papel considerável na formação e na diferenciação dos solos, sendo que sua variação, via de regra, condiciona a variação dos solos. A temperatura e a pluviosidade são os primeiros fatores a ocasionar a alteração das rochas, e também a diferenciação dos solos, se mostrando importante na regulação da velocidade e tipos de alterações dos solos. A quantidade de água que penetra no solo desempenha um grande papel na pedogênese, e sua quantidade é determinada pela quantidade de chuvas, e também pela temperatura, pois esta última condiciona a evapotranspiração, diretamente, ou indiretamente através das plantas (AUBERT e BOULAINÉ, 1972).

As condições climáticas influenciam também na coloração do solo, sendo assim: em condições muito secas os solos não são tão vermelhos, pois há liberação lenta de Fe devido à baixa taxa de intemperização; já em condições de clima mais ativo, com maiores temperaturas e umidade, o solo tenderá a uma cor mais amarelada, assim como os solos de áreas depressionais com má drenagem (Resende *et al.*, 1999).

Os organismos desempenham um papel muito importante na evolução dos solos. Segundo Moniz (1972), os organismos compreendem a micro e macro flora e fauna, os quais, pelas suas manifestações de vida, na superfície ou dentro do solo, atuam como agentes pedogenéticos. É pela atuação dos organismos que “a rocha se modifica substancialmente, transformando-se numa camada terrosa de poucos milímetros” (RESENDE *et al.*, 1999),

possibilitando que cada vez mais organismos possam se instalar e alterar as condições dos solos.

Outro fator importante na formação do solo é o relevo que segundo Moniz (1972)

Diz respeito às formas de terreno que compõem uma paisagem. Sua ação se reflete principalmente sobre a dinâmica da água, quer no sentido vertical (infiltração), quer no sentido lateral (“run-off”), assim como indiretamente sobre a temperatura e radiações.

Para Boulet¹ (*apud* BARROS, 1985) o solo (cobertura móvel das vertentes) é constituído de uma assembléia complexa de volumes pedológicos derivados uns dos outros ou que se influenciam mutuamente, volumes cujos limites são oblíquos devido à superfície topográfica e são resultados de uma dinâmica e genética essencial. Onde as sequências de solos distribuídas ao longo dos relevos estão historicamente e dinamicamente ligadas (CHATELIN, 1995). Observa-se que os solos apresentam variações de acordo com as condições ambientais (clima, organismos, material de origem e tempo), numa escala continental ou local, e apresentam diferenciações entre solos de elevações e de baixadas (terraços e leitos maiores) (RESENDE *et al.*, 1999).

Para Queiroz Neto (2001), a gênese e evolução do relevo não são apenas o resultado de uma alternância de atuação entre processos pedogenéticos e morfogenéticos, podendo a erosão geoquímica e a pedogênese se apresentar como fatores determinantes e iniciais da modelagem de grande parte do relevo das regiões tropicais úmidas, agindo previamente, ou ao mesmo tempo que a morfogênese.

O solo não é apenas um corpo disposto ao acaso na paisagem, ele se relaciona com esta, interferindo ou sofrendo interferência durante a evolução de ambos. Não é um elemento estático, possui vida e encontra-se em perpétua evolução; para seu entendimento há a necessidade do estudo do conjunto da paisagem, considerando os aspectos físicos e humanos, que imprimem características nos solos. Não deve ser tratado como um indivíduo, que pode ser claramente demarcado, pois se trata de um meio pedológico aparentemente contínuo, mas que apresenta descontinuidades, onde volumes estruturalmente homogêneos são separados por estas descontinuidades.

O solo, enquanto sistema contínuo, é composto por sistemas pedológicos, sendo que sistema pedológico é um volume de solos que compõe uma porção da cobertura pedológica

¹ BOULET, René. Méthode d'analyse et représentation des couvertures pédologiques des bassins versants d'Ecerex, p. 11-17. In : L'écosystème forestier guyanais. Etude écologique de l'évolution du système forestier tropical humide sous l'effet d'utilisations intensives et modernes et, en particulier de la déforestation. *Bulletin de liaison groupe de travail ECEREX*. N. 1. 1979.

que, de acordo com as suas estruturas e dinâmicas, constitui uma unidade. Este volume de solo constitui um conjunto tridimensional, onde os horizontes são organizados e interagem vertical e lateralmente, possuindo uma dinâmica evolutiva que se desenvolve na escala de unidade do modelado correspondendo a uma unidade de funcionamento hidrodinâmico (RUELLAN e DOSSO, 1993).

De acordo com Ruellan e Dosso (1993), o solo, corpo natural contínuo, apresenta duas dimensões temporais: as variações sazonais e as modificações progressivas. Na primeira, onde a morfologia do solo se expressa através de numerosas propriedades físico-químicas e biológicas, variando a cada instante em função das mudanças de umidade, temperatura, atividades biológicas. Tais variações influenciam fortemente a fertilidade física e química do solo, assim como o seu comportamento hidrológico e mecânico e, através delas se sucedem as modificações progressivas, que ocorrem ao longo do tempo.

As variações que a cobertura pedológica apresenta se devem à circulação hídrica lateral existente no interior das vertentes, sendo um dos fatores determinantes para as transformações das organizações pedológicas, e sua identificação permite compreender as sucessões de perfis de solos (QUEIROZ NETO, 2001). Segundo o autor estas transformações se dão com perda de matéria, que tem início desde os processos de alteração das rochas pelo intemperismo, apresentando-se mais intensas nas áreas que possuem fraqueza estrutural, fraturas, diáclases e falhas, caminhos preferenciais de passagem das soluções que provocarão perdas geoquímicas mais localizadas e direcionadas. Essas modificações ocorrem em profundidade, mas provocam deformações nos materiais de recobrimento/formações superficiais/solos, com abatimentos localizados e direcionados por onde, posteriormente, se instala a futura rede de drenagem.

As variações existentes em uma cobertura pedológica, que pode ser formada por diversos sistemas pedológicos, imprimem-lhe uma anatomia que pode ser percebida através do estudo morfológico, trabalhando-se desde a escala da paisagem até a microscópica. O estudo morfológico, diretamente sobre o terreno, é primordial para a identificação dos volumes do solo, permitindo demonstrar as relações internas das coberturas pedológicas. O apoio das análises de laboratório pode levar à compreensão das estruturas pedológicas, permitindo reconhecer suas propriedades, seu funcionamento, sua história, e seu papel no funcionamento e comportamento dos solos em função das condições de sua utilização; este estudo é denominado análise estrutural da cobertura pedológica (RUELLAN e DOSSO, 1993). É através destes estudos que se verificam frentes de transformações de um sistema

pedológico para outro, onde cada frente representa entrada ou saída de material, e modificações de condições químicas dentre outras.

Para Boulet *et al.*(1993), existem dois grandes conjuntos de coberturas pedológicas, que apresentam distintas influências sobre a evolução do relevo, a saber:

O primeiro conjunto é constituído por associações cobertura-modelado, que se aprofundam, conservando uma estrutura constante. São chamadas, por esta razão, de coberturas em equilíbrio, e elas são então coberturas sem discordância de horizontes, nos quais os horizontes são mais ou menos paralelos à superfície do solo, exceto exclusivamente à jusante, quando o nível freático se aproxima da superfície. As variações laterais são progressivas. É possível caracterizá-las, com uma boa aproximação, por uma sequência de organizações elementares que derivam umas das outras.

No segundo conjunto, a evolução morfo-pedológica conduz a uma substituição progressiva de uma associação cobertura/modelado inicial por outra, sempre muito diferente. Denominados por esta razão de sistemas de transformação, e as coberturas pedológicas são então, na maioria dos casos, as coberturas com discordância de horizontes. Estes comportam duas sequências de horizontes ou mais, discordantes uns dos outros.

A primeira sequência, como nas coberturas em equilíbrio, é vertical, com horizontes sensivelmente paralelos à superfície do solo. A segunda é oblíqua e progressivamente lateral, a partir da superfície, da profundidade, ou das duas, interrompendo a primeira sequência que, desde então, não é mais funcional. A caracterização do sistema necessita então de uma representação de um corte contínuo, indo do topo do interflúvio ao eixo de drenagem adjacente. (tradução nossa).

De acordo com Queiroz Neto (2008) enquanto forem mantidas as relações geométricas entre a forma da vertente, sua declividade, com a cobertura latossólica e o fundo do vale, ocorrendo o rebaixamento do relevo em sua totalidade sem que ocorra modificação relativa de seus componentes, haverá a estabilidade da cobertura pedológica; se as relações geométricas entre os elementos da topografia e dos horizontes pedológicos forem modificadas a cobertura entra em desequilíbrio. Estas mudanças correspondem, sobretudo, ao aumento das declividades (aprofundamento do vale, mudança climática ou tectônica), que provocam desequilíbrios, que começam a se manifestar na base da vertente: aumentando a quantidade de água e energia de fluxos, que por sua vez, vão provocar fenômenos de hidromorfia mais intensos e generalizados, maior eliminação de ferro e desestabilização de argila. Paralelamente, as soluções podem aportar íons, provocando modificações das condições estruturais e físico-químicas e até neoformações mineralógicas. Com a maior perda de elementos na base, há um aumento na declividade e, decorrente disso, aparecem formas de convexidade mais acentuada nas vertentes. Boulet *et al.* (1993) conclui em seu trabalho que as coberturas pedológicas em equilíbrio correspondem efetivamente à coberturas zonais, pois elas se encontram em equilíbrio com o clima atual.

A evolução do solo, de acordo com as suas características, pode ocorrer mais ou menos rapidamente, sendo que a utilização do solo pelo homem pode modificar a evolução de numerosas características morfológicas, entre elas: transformações das estruturas, aceleração ou diminuição de certas migrações internas de materiais (*lessivagem*), erosão. Estas modificações, por sua vez, irão imprimir no solo uma história evolutiva, que deve ser compreendida para que se possa supor o futuro de determinadas coberturas pedológicas.

2.2.1. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica

A análise estrutural da cobertura pedológica surgiu através de trabalhos desenvolvidos na década de 1970 na África e Guiana Francesa por pedólogos franceses, destacando-se os trabalhos desenvolvidos por Bocquier (1973) e Boulet (1974). Foi no intuito de compreender o *continuum* que os pesquisadores franceses passaram a buscar as interdependências existentes entre o que observavam localmente e o clima, a litologia, o relevo, a vegetação e as intervenções humanas (PELLERIN e HELLUIN, 1988). A partir destes estudos, alcançaram a visão máxima de *continuum*, fechando os “elos da corrente” iniciados com as investigações de Milne (ESPINDOLA, 2008), permitindo a reconstituição da distribuição espacial das organizações pedológicas ao longo das encostas (QUEIROZ NETO, 2002).

A análise estrutural da cobertura pedológica consiste de um procedimento de estudo e representação cartográfica da cobertura pedológica em três dimensões, que se revelam de suma importância para a compreensão dos fenômenos pedológicos (QUEIROZ NETO, 1988). Para tanto, utiliza-se da análise bidimensional da cobertura pedológica que constitui a primeira fase da análise estrutural, e tem por objetivo a organização espacial da cobertura pedológica na escala do interflúvio elementar ou de uma parte representativa deste (Boulet, 1988a). A análise deve ser seguida por outros estudos mais detalhados, entre eles: estudos microscópicos, ultramicroscópicos, e também pesquisas dos constituintes por raios X, microscópio de varredura, microsondas, etc. (Boulet, 1988b).

Segundo Torrado *et al.* (2005) a análise estrutural é uma proposta de trabalho para estudos pedológicos de ultradetalhe com forte integração das relações pedologia-topografia-estratigrafia-hidrologia e é composta por duas fases: análise bidimensional, constituída do levantamento em contínuo dos sistemas pedológicos ao longo dos eixos topográficos, perpendicularmente às curvas de nível; análise tridimensional, que inclui a representação

cartográfica no plano por meio de curvas de isodiferenciação que marcam os aparecimentos e desaparecimentos de horizontes nos sistemas pedológicos de uma dada área. Tendo como unidade de paisagem para o desenvolvimento dos estudos uma bacia de primeira ordem.

A aplicação da análise estrutural da cobertura pedológica, observada no Brasil principalmente a partir de 1980, permitiu uma melhor caracterização das formações superficiais e dos materiais de origem destas formações. Permite ainda a compreensão do importante papel dos processos geoquímicos e pedogenéticos na elaboração do relevo, passando a avaliar o solo não mais a partir de perfis isolados, mas sim como um meio contínuo, organizado e estruturado ao longo das vertentes (QUEIROZ NETO, 2001). Apresenta-se como um importante instrumento para a avaliação de problemas de degradação dos solos por erosão, possibilitando observar a dinâmica da água nas vertentes, sua interação com as organizações pedológicas, e contribui para a tomada de decisões relativas à conservação dos solos (QUEIROZ NETO, 2002). Demonstra que as causas que promovem os desequilíbrios podem ser tanto climáticas como tectônicas, evidenciando que, para se estudar a gênese e a evolução da cobertura pedológica, é necessário observar no campo, e de forma detalhada, as características morfológicas da cobertura pedológica (SANTOS, 2000).

2.3. Modificações antrópicas nos solos

As intervenções antrópicas provocam sempre alguma forma de agressão sobre o ambiente, e a presença de sistemas agrícolas diversificados num mesmo contexto geográfico produz impactos também diferenciados (QUEIROZ NETO, 2003). Os sistemas agrícolas são compostos por diferentes características, entre elas: o meio físico, técnicas de manejo das culturas, condições socioeconômicas que delineiam e comandam as atividades agrícolas; cada região apresenta tantos sistemas agrícolas, quanto comunidades diferenciadas. Observa-se que a presença de sistemas agrícolas contrastados, com objetivos bem diferenciados, provocam agressões diferenciadas ao ambiente, sobretudo em função da aplicação de tecnologias e manejos diversos dos solos e das culturas.

A incorporação de novas tecnologias e principalmente de equipamentos que facilitam o cultivo, embora em alguns casos represente ganho de produtividade, em outros ocasiona a degradação de recursos, pois a sua utilização nem sempre considera as condições do solo, relevo e clima da região, ocasionando, desta forma, uma aceleração nos processos erosivos (SIGRHH, 2000). Verifica-se que diversas técnicas de cultivo geram mudanças no equilíbrio

dos solos, ocasionando rapidamente modificações morfológicas significativas, motivando rupturas de equilíbrio provocadas por mudanças ambientais que, aparentemente, afetam apenas a parte superficial dos solos. Tais alterações frequentemente resultam em modificações pedológicas relevantes, em particular modificações na morfologia (RUELLAN, 1988).

Observa-se que as atividades agrícolas conduzem, invariavelmente, a modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990; MATHIEU e PIELTAIN, 1997; SILVA e MIELNICZUK, 1998; ALVARENGA e DAVID, 1999). Os diferentes sistemas de manejo adotados pelo homem afetam as propriedades físicas dos solos, podendo ocasionar a degradação destas. Segundo Primavesi (1990) as principais causas de degradação do solo pelo cultivo são:

- Aração profunda, revolvendo o solo instável à água na superfície;
- Retorno deficiente da matéria orgânica ou sua incorporação profunda;
- Exposição da superfície do solo ao sol e impacto das chuvas;
- Deficiência de cálcio e fósforo, mas também de outros nutrientes;
- Monocultura, pela uniformização da microvida e das excreções radiculares.

O intenso preparo do solo ocasiona a destruição da estrutura pela exposição da superfície do solo ao impacto das gotas de chuva, insolação e variações bruscas de umidade, além de afetar o equilíbrio biológico na superfície e diminuir o teor de matéria orgânica (CARPENEDO, 1985). Outros problemas ocasionados pelo preparo intenso são: diminuição do crescimento vegetal, que pode ser associado diretamente com a água disponível no solo; uma nova condição física do solo, que é criada pelo uso de maquinário no preparo do solo, e a falta aguda de oxigênio no solo explorado pelas raízes (PRIMAVESI, 1990). A compactação é um dos problemas ocasionados pelo uso intenso do solo (que tem aumentado), assim como a poluição do mesmo; isso se deve principalmente ao crescimento da população e ao consequente aumento da pressão desta sobre o meio (JORGE, 1985).

A degradação dos solos, por vezes, já se inicia com o plantio que normalmente é realizado sobre áreas com pouca cobertura vegetal, ainda que em condições de plantio direto, e como este é realizado na época em que ocorrem excedentes hídricos, acaba por favorecer a lixiviação e a *lessivagem* das frações finas do solo, da matéria orgânica, dos macro e micros nutrientes, além de favorecer também a erosão superficial do solo (SILVEIRA, 1994).

Observa-se que podem ocorrer alterações significativas com a mudança da cobertura vegetal. Para Bigarella e Mazuchowski (1985) a erosão dos solos tem início após mudanças do recobrimento florístico determinando transformações nas condições físicas do solo. Para Duchaufour (1968), a vegetação tem grande importância para o solo, influenciando nas

características bioquímicas do perfil – ao menos nos horizontes superiores – sobre as quais ela age de maneira múltipla, diminuindo mais ou menos a erosão, modificando o microclima local e os processos de arrastamento, orientando o ciclo biológico de cátions e a atividade microbiana e qualidade do húmus.

Qualquer alteração significativa que ocorra na estrutura do solo, seja pela compactação, seja por outro processo, provocará mudanças nas relações solo-ar-água, na resistência mecânica e na própria temperatura do solo e, em consequência, na resposta do solo em termos de comportamento físico ao crescimento das plantas (PEDROTTI e DIAS JR, 1996). Portanto, é de fundamental importância buscar práticas de manejo de solo, que mantenham ou melhorem as condições estruturais dos solos.

Com o aumento na resistência do solo na camada superficial, as raízes não conseguem desenvolver-se satisfatoriamente em profundidade no perfil, e este fato se manifesta também na porção aérea da planta. A resistência do solo pode comprometer a produtividade da planta, que ao ter o crescimento de seu sistema radicular dificultado passa a explorar um volume reduzido de solo, ficando sujeita à subnutrição (embora possam existir quantidades adequadas de elementos essenciais nos solos), ao tombamento ou ao déficit hídrico.

A degradação das propriedades pedológicas leva, invariavelmente, à mudanças nas características morfológicas, físicas e químicas dos solos, que se refletem de imediato na produtividade e em novos parâmetros ambientais. Neste sentido, destacam-se os problemas de compactação e de erosão dos solos (SILVEIRA, 1994).

A erosão em superfície é resultado das modificações mais profundas no solo, de ordem estrutural (RUELLAN e DOSSO, 1993), apresentando-se como a forma mais evidente da degradação dos solos ocasionada pelo homem (Ruellan, 1988). Essas alterações afetam a porosidade do solo em dezenas de centímetros de profundidade, modificando os regimes hídricos, mudando o sentido das circulações de água e provocando arrastamentos de matéria. Millot (1979², *apud* BOULET *et al.*, 1993) ao fazer considerações sobre a evolução dos solos e dos relevos, ressalta que a alteração e a pedogênese não são mais que obras de ações de dissolução e de desagregação que não entreveem antes dos agentes de abrasão superficial. Efetivamente, as alterações e os solos encobrem os “laboratórios” subterrâneos ou hipodérmicos que transformam o manto de alteração em sua natureza e em sua estrutura antes de oferecer aos agentes de erosão da superfície e de chegar às formas de relevo.

² MILLOT G. *Phénomènes de transport de matière dans l'écorce terrestre*. In: Présentation du mémoire, Sci. Géol., Mém., Strasbourg, 53, 1979, p. 1-11.

2.3.1. Perfil Cultural

As formas de manejo do solo variam no tempo e no espaço, e de região para região sendo a avaliação de como estes sistemas de manejo atuam sobre os solos extremamente complexa. Nota-se que os efeitos do “rodado” das máquinas agrícolas, que transitam na plantação durante as etapas produtivas, ocasionam modificações na organização interna do solo, de maneira diferenciada nas linhas e entrelinhas das culturas; essas modificações se intensificam nos locais mais diretamente atingidos pelos esforços provocados, criando unidades estruturais diferenciadas num mesmo horizonte pedológico (ESPINDOLA, 2008). O manejo cria alterações nas unidades estruturais dos solos, ocasionando diferenciações, tanto em profundidade, quanto lateralmente (ESPINDOLA, 2008; DOMINGOS, 2009).

No sentido de entender o solo e seu funcionamento, se observam inúmeras avaliações pontuais, quantitativas, e que normalmente não são representativas da realidade, devido à variabilidade espacial das características e propriedades físicas dos solos (TAVARES *et al.*, 1999). Visando avaliar as alterações ocasionadas pelos diversos tipos de uso e manejo aplicados ao solo, se mostra importante o conceito de Perfil Cultural, criado por Hénin, na década de 1960.

O Perfil Cultural possui como foco central a estrutura do solo, inserindo automaticamente considerações sobre os agregados e sua estabilidade face ao uso e manejo agrícola, servindo como diagnóstico apropriado para estudos de qualidade dos solos e sustentabilidade dos sistemas de exploração (ESPINDOLA, 2008). Diferencia-se do perfil pedológico, pois, enquanto o este procura identificar os processos de formação do solo a partir da rocha-mãe, mediante fatores bioclimáticos e estacionais (MANICHON e GAUTRONNEAU, 1987), o Perfil Cultural procura diferenciar as camadas de solo individualizadas pela intervenção dos instrumentos de cultivo, as raízes de vegetais e os fatores naturais reagindo a essas ações (HÉNIN *et al.*, 1960). A técnica de observação do Perfil Cultural (HÉNIN *et al.*, 1960) se diferencia do perfil pedológico por razões de escala (tempo, espaço, etc.) ou de finalidade - a caracterização de um perfil cultural deve permitir diagnósticos e prognósticos mais especificamente ligados aos diferentes sistemas de cultivo e de populações vegetais (BLANCANEUX *et al.*, 1991). No entanto estes métodos de descrição e caracterização dos perfis se assemelham (utilizam os mesmos critérios) e são complementares, e ao serem unidos somam informações que contribuem para a descrição morfológica e funcional global de um perfil “pedológico antropizado” (BLANCANEUX *et al.*, 1991).

O Perfil Cultural consiste em evidenciar as camadas que se diferenciam no solo, mesmo quando essas diferenças são devido às propriedades eventualmente susceptíveis de serem modificadas pelas intervenções do homem, a ação das raízes dos vegetais ou a influência do clima (HÉNIN *et al.*, 1976). Trata-se de um método qualitativo que permite fazer diagnósticos do estado estrutural do solo no campo, levando em conta a heterogeneidade do meio físico trabalhado, possibilitando a observação de alguns efeitos específicos, tais como: mecanismos de compactação e efeitos de implementos no solo, dentre outros. Caracteriza um conjunto de propriedades morfoestruturais e físicas de um solo, e sua relação com a população vegetal introduzida através de operações culturais, respondendo, apenas por um estado morfoestrutural característico de um momento determinado (BLANCANEUX *et al.*, 1991).

Este método tem se mostrado eficiente no estudo da variação estrutural, e também no estudo das interações das características físicas, químicas e biológicas do solo, que são afetadas pela porosidade e movimentação da água (TAVARES *et al.*, 1999). Para um diagnóstico mais correto, é essencial que se avalie, além do estado atual do solo, todo o histórico da área estudada.

Segundo (BLANCANEUX *et al.*, 1991):

Sob a ótica da avaliação das potencialidades agronômicas, a caracterização do Perfil Cultural deve permitir avaliar o volume de terra potencialmente explorável pelas raízes, estimar a reserva útil potencial de água e a contribuição das camadas profundas à nutrição mineral das plantas, tendo-se em conta a proporção de elementos grosseiros.

Para tanto:

Limita-se a constatar e descrever as propriedades do solo a partir da observação dos caracteres facilmente identificáveis ao nível dos horizontes, tais como:

- Camadas compactadas, presença de hidromorfismo, rocha de origem, etc.
- Presença de fissuras, atividade biológica (galeria de vermes ou poros tubulares).
- Densidade e profundidade das raízes das culturas precedentes ou atuais.

Além de servir para avaliar as potencialidades agronômicas, pode-se destacar outros quatro objetivos para o Perfil Cultural (BLANCANEUX *et al.*, 1991; MANICHON e GAUTRONNEAU, 1987), a saber: dever servir como instrumento de ajuda para decisões agronômicas, destacando-se as características do estado estrutural dos solos e sua relação com o desenvolvimento das raízes; como ferramenta de diálogo com o agricultor, no sentido de se mostrar, como um instrumento de fácil acesso para a compreensão das alterações ocasionadas pelo uso e manejo do solo; enquanto ferramenta de aquisição de referências, onde vários comparativos de estudos utilizando-se o Perfil Cultural podem ser realizados; e de ferramenta

para a orientação do manejo do solo, através de diagnósticos obtidos com o estudo do Perfil Cultural.

A descrição do Perfil Cultural permite definir um conjunto de características do solo, que podem servir para estabelecer diagnóstico, bem como previsões a longo ou curto prazos sobre a evolução provável do perfil e suas consequências à população vegetal em função desta própria população e do tratamento cultural (BLANCANEUX *et al.*, 1991).

2.4. Características morfológicas dos solos

Os estudos de solos produzem melhores resultados e mais aplicáveis, quando se faz o melhor uso possível de trabalho de campo, incluindo métodos geomorfológicos em adição à descrição dos perfis dos solos; e à caracterização de amostras de seus horizontes em laboratório (TORRADO *et al.*, 2005). As descrições morfológicas efetuadas em campo servem, principalmente, para diferenciar os horizontes, possibilitando uma primeira classificação dos solos de acordo com características observadas. Em geral, a maioria dos solos apresenta um horizonte A, seguido por um B; em casos de solos rasos, pode vir abaixo do horizonte A, o horizonte C.

Segundo Espindola (2008), os primeiros horizontes criados por Dokuchaev foram o sistema A-B-C, que ainda hoje são utilizados, apresentando as seguintes características principais: o horizonte A é geralmente enriquecido com matéria orgânica e devido a isso mais escurecido; o horizonte B é considerado de máxima expressão dos processos genéticos, bastante alterado/intemperizado, típico de solos bem evoluídos, apresentando estruturas diferenciadas (granulares, poliédricas); e o horizonte C é o horizonte de transição para a rocha. Com a evolução dos estudos dos solos, outros horizontes foram criados, no intuito de melhor classificar os solos.

Para a classificação e avaliação das alterações dos solos, somadas às descrições morfológicas efetuadas em campo, deve-se proceder com análises laboratoriais, de ordem física. Verifica-se que as propriedades físicas dos solos são importantíssimas para a compreensão das interações existentes na cobertura pedológica. Dentre as características físicas avaliadas em laboratório, destacam-se a textura, a porosidade e a densidade.

Ruellan e Dosso (2005) consideram que “a observação da morfologia dos solos deveria preceder qualquer intervenção humana, pois a fertilidade e as condições de uso de um solo são muito dependentes das suas características morfológicas”. Ressaltam que se deve

observar como os constituintes do solo encontram-se organizados, lateral e verticalmente, sendo que estas estruturas indicarão a história de formação dos solos, e também suas propriedades e dinâmicas atuais, permitindo descobrir as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, além de suas relações com os outros elementos do meio.

São estas observações realizadas na cobertura pedológica que permitem classificar e indicar possíveis alterações existentes no solo. Dentre as características reconhecidas em campo destacam-se: textura, cor, estrutura, consistência e porosidade. Segundo Espindola (2008), as alterações nas organizações internas do corpo do solo, decorrentes das práticas de mobilização (preparo e cultivo), afetam as relações volumétricas (estrutura, porosidade, densidade, etc.), apresentando impactos maiores ou menores, de acordo com a intensidade das práticas de manejo, podendo reconhecer algumas destas alterações em campo.

A verificação da textura pode ser realizada em campo, e deve ser somada a análises granulométricas, no intuito de se confirmar os dados levantados em campo. A diferenciação de horizontes pode estar relacionada a mudanças de textura, que por sua vez, correspondem à distribuição das partículas do solo de acordo com o seu tamanho (argila, silte e areia); cada tipo/classe de solo se enquadra em uma designação referente à textura, que reflete o tamanho das partículas mais frequentes em sua constituição (REICHARDT e TIMM, 2004) e está diretamente relacionada com a mineralogia do solo. As características texturais são muito importantes, pois é a distribuição e proporção entre estas partículas que conferem ao solo porosidade e arranjo de partículas característicos, determinando suas propriedades hídricas, como condutividade hidráulica e a relação com a umidade e o potencial matricial (a curva característica da água do solo). Essas propriedades hídricas afetam direta ou indiretamente os processos de absorção de nutrientes, isto é, a difusão, o fluxo de massa e a interceptação radicular (REICHARDT e TIMM, 2004).

A textura também se mostra muito importante para o manejo dos solos, pois auxilia na determinação de classes de capacidade de uso do solo ou de aptidão agrícola. Influencia uma série de reações e processos físicos e químicos que ocorrem no solo, afetando a taxa de infiltração de água, a aeração, a capacidade de retenção de água, a nutrição, assim como a aderência ou força de coesão nas partículas do solo, influenciando diretamente no ponto de aderência aos implementos de preparo do solo e plantio, facilitando ou dificultando o trabalho das máquinas (BEZERRA e SANTOS, 2003).

A cor dos solos é um dos atributos prontamente visíveis a olho nu, sendo o primeiro a se revelar e atrair a atenção do observador, mostrando grande importância na diferenciação dos horizontes e unidades de solos (ESPINDOLA, 2008). A cobertura pedológica é um meio

colorido onde quase todos os solos apresentam variações verticais e laterais de cores, que podem ser progressivas ou rápidas, sendo que dentro de um mesmo horizonte a cor pode ser homogênea ou heterogênea (RUELLAN e DOSSO, 2005). As cores são classificadas de acordo com a carta de cores “Munsell” (MUNSELL COLLOR COMPANY, 1975), diferenciadas por cor, claridade e pureza apresentadas (RUELLAN e DOSSO, 2005).

Segundo RESENDE *et al.* (1999), a matéria orgânica e os compostos de Fe são os principais agentes responsáveis pela cor, atuando, em geral, no fundo de cor branca proveniente dos silicatos. A observação e determinação das cores constituem informações preciosas para revelar a constituição e funcionamento dos solos, podendo inferir condições de fertilidade destes, que estão ligadas: à presença de constituintes (textura, matéria orgânica, carbonato de cálcio, sais); ao estado do complexo de adsorção, que se pode deduzir através do reconhecimento de alguns mecanismos, como as migrações de argila; e à dinâmica da água (RUELLAN e DOSSO, 2005).

Uma das características principais dos solos é ser um meio poroso devido aos vazios apresentados no conjunto de seus constituintes. O conjunto desses vazios determina a porosidade, que é resultado das modificações pedológicas da evolução atual dos solos e que correspondem às vias de circulação e estocagem de possíveis fluidos (MATHIEU e PIELTAIN, 1997); a porosidade está, portanto, relacionada com os valores de densidade do solo.

O solo ideal é composto por metade do volume de massa sólida e a outra metade do volume composta por poros, sendo que a porosidade ideal que um solo deve apresentar é de 1/3 para macroporos e 2/3 para microporos (KIEHL, 1979), assegurando, desta forma, que o solo possua uma boa capacidade de aeração, infiltração e transporte, armazenamento e retenção, tanto de água quando de nutrientes.

Para Hénin *et al.* (1976) a porosidade corresponde à “fração de unidade de volume do solo *in situ* que não é ocupada por matéria sólida”, ou seja, é o espaço no solo ocupado por ar e água, e pode ser dividida em macro e microporosidade, onde a macro correspondente aos poros mais grosseiros/maiores, utilizados para a circulação da água e do ar, e a micro, que corresponde ao volume dos poros mais finos, responsáveis pela armazenagem de água.

A macroporosidade representa os poros visíveis no solo, que possuem dimensões superiores a 0,01mm, limite que segundo Riou (1990), discutível, principalmente no caso dele se apoiar na distinção entre água gravitacional e capilar. Sendo a macroporosidade relacionada aos poros abandonados pela água gravitacional que infiltra no perfil, e os microporos ocupados com a água capilar. Segundo EMBRAPA (1997), os macroporos

compreendem poros com mais de 0,05mm de diâmetro, e os microporos apresentam dimensões menores que estas.

Para Riou (1990) o limite entre macro e microporosidade se situa entre 8 e 40 μ , mudando de acordo com o solo, e para um mesmo solo em função das variações sazonais da organização estrutural, da atividade biológica, entre outros. A porosidade determina as relações da pedosfera com a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera, e dela dependem: a dinâmica das trocas gasosas entre o solo e a atmosfera; os funcionamentos quantitativos e qualitativos dos lençóis freáticos e dos rios; o desencadeamento da erosão superficial e interna; as condições de produção (evitar excesso de água, garantir reserva de água, volume de solo explorado pelas raízes, dentre outros) (MATHIEU e PIELTAIN, 1997). Sendo assim, a porosidade influencia tanto nos processos de pedogênese e geomorfogênese, quanto nas relações solo-vegetação (RIOU, 1990), podendo então ser considerada como um indicativo de mudanças nas características físicas do solo, que podem estar associadas às formas de uso e manejo (SILVA e MIELNICZUK, 1998).

A porosidade, conforme a sua morfologia e origem, se divide em três tipos, a saber: de alteração, textural e estrutural.

As **Porosidades de alteração**, segundo Ruellan e Dosso (1993), se desenvolvem no interior e na superfície dos minerais das rochas, por dissolução e transformação destes minerais. Elas não são visíveis a olho nu ou através de lupa, salvo as que afetam as superfícies dos cascalhos e areias. Este tipo de porosidade representa, no entanto, grande parte da porosidade total dos materiais pedológicos, e é a primeira a aparecer, surgindo no processo de formação dos solos a partir da alteração das rochas.

A **Porosidade textural** resulta do amontoamento das frações granulométricas do solo, sendo elas: cascalhos, areias, pseudo-areias (pequenos agregados de argila e ferro), siltes e argilas. Segundo Riou (1990), é um dado geralmente estável, mas para os horizontes de solos tropicais pode evoluir em consequência de processos de agregação associados à acumulação e endurecimento de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Grandes porcentagens de frações grosseiras ocasionam uma circulação rápida da água gravitacional, ao passo que frações finas tornam a circulação da água mais lenta, aumentando a quantidade de água capilar e tornando também a porosidade total mais importante.

De acordo com Ruellan e Dosso (1993), a morfologia e o volume dos poros dependem do tamanho e morfologia das partículas que constituem o material do solo. Estão ainda relacionados à história energética do material solo, variando de acordo com as diversas

pressões recebidas por este material, que podem ser de origem climática, biológica ou cultural. Dentre estas, destacam-se o ressecamento, que provoca uma aproximação das partículas, geralmente, de maneira irreversível; e a atividade biológica (ocasionada pelo crescimento de raízes, ou deslocamento de animais no interior do solo), que provoca em seu entorno pressões que aproximam as partículas entre si. As variações no tempo da porosidade textural de um material estão ligadas a duas causas principais: a quantidade de água em torno de cada partícula (a porosidade diminui quando o material resseca); e a elasticidade das partículas (RUELLAN e DOSSO, 1993).

A **Porosidade estrutural**, segundo Ruellan e Dosso (1993), resulta da organização das partículas entre si, não sendo simplesmente um amontoamento (com ou sem pressão), mas com estruturação e deslocamento das partículas, originando novos poros. Pode ser subdividida em três tipos: a porosidade tubular e de cavidades, que são de origem biológica, animal ou vegetal; a porosidade fissural, que resulta das variações de volume das argilas e que serve para delimitar os agregados angulosos e os laminares; e a porosidade de amontoamento dos agregados arredondados, que são os poros que separam os agregados arredondados uns dos outros.

Riou (1990) considera a porosidade biológica (ou tubular) como um tipo de origem de porosidade, separando-a da porosidade textural e estrutural. De acordo com o autor, a porosidade biológica é criada por raízes (depois de decompostas) e pelo trabalho da fauna no solo, apresentando uma variedade de dimensões bastante grande, desde tocas de mamíferos (megafauna do solo > 10 cm) aos mais finos canais de radículas, e da mesofauna (0,2-4 mm) à microfauna (< 0,2mm). Destaca-se a microfauna, por possuir grande importância, uma vez que originam microporos, além de gerar uma porosidade de grande estabilidade independente da taxa de umidade. A porosidade estrutural, para o autor, é somente a fissural, correspondendo às fendas de retração que limitam os agregados de diversos tamanhos. Apresenta-se variável, atingindo seu estado máximo quando o solo está seco, e desaparece quase que totalmente quando úmido, sobretudo se as argilas constituintes do solo forem do tipo expansivo.

A estrutura do solo diz respeito à agregação das partículas em unidades maiores (RESENDE *et al.*, 1999) e da fissuração dos conjuntos agregados, formando estruturas que se apresentam com diferentes formas (arredondadas, angulares, foliares) e dimensões variadas (RUELLAN e DOSSO, 2005). Os autores destacam ainda que assim como a cor, as características dos agregados mudam vertical e lateralmente na cobertura pedológica, onde cada tipo de agregado possui um significado em termos de história, funcionamento e

fertilidade do solo. A estrutura é definida pela forma como se organizam os diversos constituintes dos solos, através do arranjo dos elementos texturais uns em relação aos outros, sendo necessário considerar tanto a forma e dimensão das partículas, quanto as consequências de seus arranjos – porosidade e friabilidade, por exemplo (BLANCANEUX *et al.*, 1991). O autor destaca que a estrutura do solo, onde se desenvolvem os processos físicos, é que irá determinar, segundo suas características específicas, as condições de evolução destes.

Espindola (2008) considera que de todos os atributos morfológicos classicamente utilizados na descrição de perfis de solos, provavelmente a estrutura e a porosidade sejam as de maior subjetividade de registro. Por vezes, a distribuição dos poros é até mesmo omitida e as recomendações para esse atributo são bastante superficiais, se restringindo frequentemente nos manuais de descrição dos solos ao tamanho e abundância dos poros.

De acordo com Lal (2000) e Mathieu e Pielain (1997), o processo de formação dos agregados do solo é uma reorganização de partículas por meio de fluxos de matéria e energia que circulam no sistema solo-planta. Destacam que quando o fluxo é alto uma grande quantidade de energia e matéria está entrando através das plantas, sendo assim, o sistema solo tem condições de se organizar em níveis sucessivamente mais elevados, formando estruturas maiores (macroagregados), contendo grande quantidade de matéria orgânica retida (ELLIS e MELLOR, 1995). Por outro lado, quando a magnitude do fluxo é baixa, formam-se estruturas menores (microagregados) e mais simples, com menor quantidade de matéria orgânica retida (MIELNICZUK *et al.*, 2003). Desta forma, a agregação do solo constitui-se numa característica física importante para a manutenção da capacidade produtiva do solo, principalmente pela sua influência na acumulação de carbono (BRONICK e LAL, 2005).

A agregação nos solos é, contudo, desenvolvida devido a forças (1) físicas, como a expansão e contração associadas à desidratação/hidratação e compactação causada pelo impacto das gotas de chuva, pisoteio de animais e maquinaria agrícola; (2) químicas, relacionadas com características eletrostáticas das várias partículas que podem provocar atração entre elas; e (3) bióticas, expressa pela presença de componentes orgânicos, tais como fungos e raízes das plantas, que podem ajudar na agregação de partículas (MATHIEU e PIELTAIN, 1997). A agregação de partículas primárias origina macroagregados, facilmente observáveis no terreno, sendo que estes podem apresentar várias morfologias (esferoidais, granulares, prismáticos e achatados) e dimensões (desde inferior a 2 mm até mais de 10 mm) (RIOU, 1990). A distribuição do tamanho destes agregados e sua estabilidade em água

conferem ao solo características físicas importantes, que se traduzem em elevado poder de retenção de água, bom arejamento, penetração fácil de raízes e boa permeabilidade (GROHMANN e ARRUDA, 1961).

Castro Filho e Logan (1991) afirmam que os mecanismos de formação das diferentes classes de tamanho dos agregados são influenciados pela matéria orgânica, cuja quantidade irá permitir maior ou menor agregação, resultando em menor ou maior perda de solo. Com o cultivo, há redução nos teores da matéria orgânica e, conseqüentemente, na estabilidade de agregados, resultando em aumento da proporção relativa de microagregados no solo, cuja estabilidade não é influenciada pelo manejo (BRONICK e LAL, 2005). A manutenção de agregados estáveis permite minimizar o salpicamento de partículas e é essencial no manejo do solo (MIELNICZUK et al., 2003).

A estabilidade e forma dos agregados são, portanto, indicadores de processos envolvidos na (1) degradação do solo (REICHERT *et al.*, 1993), pois influencia a infiltração, retenção de água, aeração, resistência à penetração de raízes, atividade biológica, circulação de fluídos (BEUTLER, 2004; RUELLAN e DOSSO, 1993); (2) selamento e encrostamento superficial (RIOU, 1990); (3) erosão hídrica e eólica, correlacionada a erodibilidade (SUN *et al.*, 1995).

Desta forma, ao avaliar os agregados dos solos, o interesse agrônômico volta-se para a forma e distribuição de tamanhos, quantidade e estabilidade dos agregados, pois esses fatores de agregação são importantes na determinação da quantidade e distribuição dos espaços porosos (LAL, 2000). Portanto, a avaliação dos agregados permite a definição dos indicadores da qualidade do solo.

A densidade de partículas corresponde à densidade da matéria sólida, representa um valor médio ponderado das densidades e de seus diferentes constituintes, estando os coeficientes de ponderação em proporções volumétricas de acordo com cada um de seus constituintes (RIOU, 1990). Este parâmetro pode dar indicações sobre a repartição dos diversos constituintes nos perfis e é passível de interpretação particular relativa das migrações, sendo que, efetivamente, a densidade de partículas varia pouco no perfil e de um tipo de solo a outro (2,3 a 2,9) (*ibidem*), e está diretamente ligada à composição química e estrutura cristalográfica da partícula mineral (BRADY, 1989). Para exemplificar, os solos desenvolvidos a partir de rochas ricas em minerais pesados atingem valores mais elevados que os que se desenvolvem a partir de arenitos.

Por tratar-se de uma característica estável, que depende da composição da fração sólida do solo, o manejo poderá modificá-la apenas ao longo do tempo, mas somente se a partir deste manejo houver modificações significativas de conteúdo de matéria orgânica, já que esta, em quantidades elevadas, ocasiona uma redução do valor de densidade de partículas (BRADY, 1989). Os resultados de densidade de partículas são utilizados para o cálculo da porosidade total e como critério auxiliar na classificação de minerais.

A densidade do solo corresponde à massa do solo seco por unidade aparente, isto é, volume do solo ao natural, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água; sendo assim está diretamente relacionada com a estrutura do solo, e por consequência, com o arranjo e volume dos poros. Sofre variações de acordo com a natureza dos constituintes dos solos, sua organização, porosidade e, em um mesmo perfil, também podem ser encontradas diferenças significativas conforme o horizonte, torrões, agregados e tipos de porosidades (MATHIEU e PIELTAIN, 1997).

Este parâmetro é variável e depende da estrutura e compactação do solo, sendo que estas modificações na estrutura podem ser ocasionadas por modificações naturais (*splash*, abatimento) ou artificiais (tratos culturais que podem provocar um fracionamento ou compactação do solo) (MATHIEU e PIELTAIN, 1997). Quanto menos estruturado e mais compactado o solo, maior é a sua massa específica aparente. Portanto, os resultados permitem inferir condições de compactação do solo e, conseqüentemente, sobre o impedimento mecânico ao sistema radicular das plantas. É, portanto, indicativo de mudanças nas características físicas do solo que podem estar associadas às formas de uso e manejo (compactação), ou alterações do ambiente.

Segundo revisão efetuada por Reichert *et al.* (2003), os valores de densidade do solo considerados críticos residem entre 1,4 a 1,8, em função do teor de argila, estando entre 1,4 e 1,6, para solos argilosos, e 1,6 a 1,8, para solos francos e arenosos. Mas segundo os autores, estes valores são estritamente empíricos, pois a dificuldade de a adoção de um valor crítico para as propriedades e atributos dos solos reside no fato de que esses não são determinantes diretos do crescimento das plantas, uma vez que as diversas propriedades e atributos dos solos atuam de forma conjunta e complexa sobre os fatores de crescimento. Dessa forma, a definição de um valor específico de propriedade pode não ter significado nenhum quando analisado isoladamente. Destacam ainda, que em caráter experimental, observa-se que as plantas continuam produzindo adequadamente, mesmo em solos que muitas vezes apresentam, para algumas propriedades, condições inadequadas em termos teóricos.

3. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

3.1. Escolha e localização da área de estudo

No intuito de verificar como diferentes solos reagem às ações antrópicas, buscou-se uma área que apresentasse uma grande diversidade de solos e vertentes, e tais características foram observadas no município de Maracáí. Constatou-se na área a presença do contato entre duas litologias distintas (arenito e basalto), que originam uma grande variedade de solos e vertentes, além de diferenciações geomorfológicas sobre um mesmo substrato litológico. Utilizou-se a delimitação municipal, pois esta delimitação facilita a utilização de dados estatísticos, já que estes são, na grande maioria, disponibilizados de acordo com os recortes municipais.

Para a realização do presente estudo foi selecionado o município de Maracáí/SP, que está inserido na região do Médio Paranapanema. O município de Maracáí (Figura 1), ocupa o sul do Planalto Ocidental do estado de São Paulo, na bacia sedimentar do Paraná. A cidade encontra-se no cruzamento da latitude 22° 37' Sul com a longitude 50° 40' Oeste, numa altitude 330 m. Situa-se no sudoeste do estado de São Paulo, na Meso e Microrregião de Assis (IBGE, 2009a) limitando-se com os seguintes municípios: Assis, Cruzália, Iepê, Paraguaçu Paulista, Pedrinhas Paulista, Rancharia e Tarumã no estado de São Paulo, e Sertaneja, no estado do Paraná.

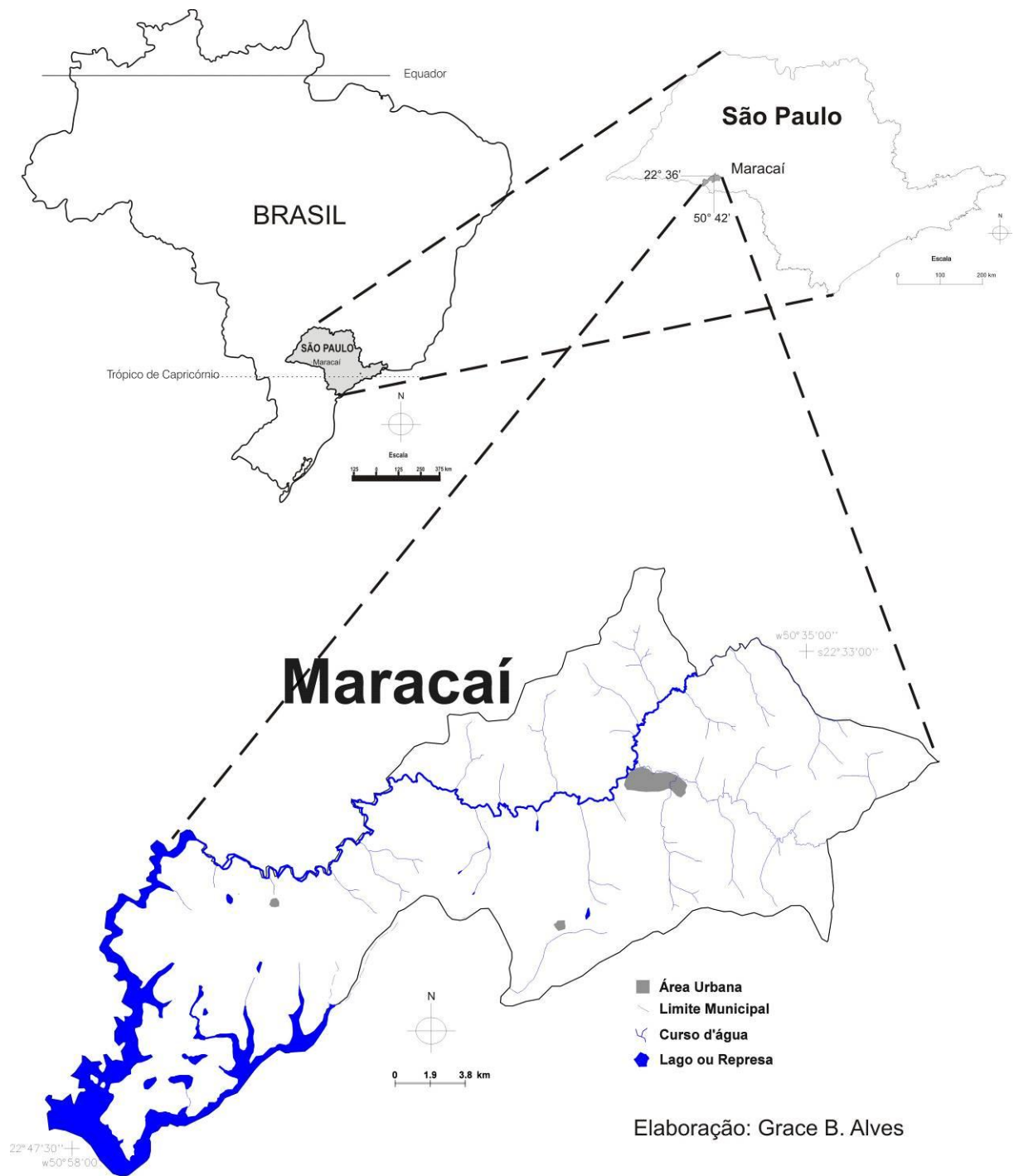


Figura 1: Localização do município de Maracáí, no Brasil e estado de São Paulo.

3.2. Abordagem histórica

De acordo com Bray (1987), a primeira tentativa de povoamento no vale do Paranapanema se deu no início do século XVII, com a fundação das missões de jesuítas espanhóis. No entanto essa tentativa foi aniquilada pelos bandeirantes paulistas – após este fato a região só seria mais densamente ocupada no final do século XIX.

A ocupação da região do Médio Paranapanema está relacionada com a história de colonização do estado de São Paulo, que se iniciou a partir do litoral, passando pelos campos da borda do planalto ocidental, para depois se expandir para todo o interior, utilizando inicialmente os caminhos naturais (redes de drenagem, áreas de vegetação mais rala), trilhas pré-cabralinas e posteriormente seus próprios caminhos. O povoamento mais efetivo dessa região passa a ocorrer no final do século XIX com a “marcha para o oeste” (FRANÇA, 1960) em busca de novas terras férteis para as plantações de café, e mais precisamente no início do século XX com o avanço da implantação das ferrovias, sendo que a Alta Sorocabana chega à região na década de 1910 (IBGE, 2010).

De acordo com Bray (1987) os trabalhos de prolongamento da estrada de ferro, que ia de Salto Grande em direção ao “Porto Tibiriçá” (Presidente Epitácio), eram acompanhados de volumosas correntes de colonização. Ressalta que à medida que a estrada de ferro penetrava na região do Médio Paranapanema, a frente pioneira acompanhava e povoava rapidamente as suas margens.

A partir de 1930, a cultura de café foi parcialmente substituída pelas culturas do algodão, amendoim e outras, em função do mercado internacional. Essa substituição se deu principalmente pela queda dos preços, problemas climáticos e a pouca fertilidade dos solos arenosos. Queiroz Neto (2003) afirma que a modernização do país, a industrialização crescente e a necessidade de encontrar uma saída para a crise geraram uma diversificação da produção agrícola, a par da reformulação das instituições de apoio.

As diversas culturas implementadas após a retirada do café, com o paulatino esgotamento dos solos, são substituídas pelos campos de pastagem, isso principalmente nas áreas de arenito que ocupam grande parte da região do Médio Paranapanema. Nessa época, através de experiências adquiridas, os agricultores já observavam as características dos solos e nas regiões de arenito destinavam principalmente a meia encosta, com solos mais pobres, à criação de gado (SIGRH, 2000).

Observou-se que a implantação do café e das grandes fazendas de gado foram iniciativas das classes mais abastadas, cabendo ao pequeno agricultor os demais tipos de cultivos, principalmente os de caráter de subsistência. Posteriormente, estas atividades passaram a adquirir característica econômica, sobretudo no que diz respeito ao cultivo do algodão. Queiroz Neto (2003) observa que o cultivo do café “trouxe consigo um aumento populacional espetacular e, em pouco mais de um século, a destruição quase total da vegetação florestal, que então recobria cerca de 82% do território paulista”.

A quantidade de pequenos proprietários teve aumento significativo a partir da década de 1920, com a vinda de imigrantes para a região, que aos poucos foram adquirindo pequenos lotes de terra para o cultivo (SIGRH, 2000). Estes imigrantes vieram primeiramente em busca de postos de trabalho, e recebiam como parte de pagamento direito ao uso de uma parte da propriedade. Essas frações seriam utilizadas na cultura de subsistência e, quando havia excedentes, estes eram comercializados. Desta forma começaram a gerar algumas economias que possibilitaram, com a quebra de grandes agricultores, que estes imigrantes adquirissem parte destas grandes propriedades, transformando-as em propriedades menores.

Com o desenvolvimento da cultura do algodão começam a aparecer alguns equipamentos tracionados por animais que visavam auxiliar na produção, e que aos poucos foram incorporados também a outras culturas, tais como arroz, feijão e milho. Após 1945 o café tem seu cultivo retomado, e ocorre então uma saída de agricultores paulistas em busca de novas terras no Norte do Paraná. É a partir desta época que se começa a observar algumas práticas conservacionistas mais efetivas, tais como o plantio em cordões acompanhando as curvas de nível, que visava minimizar a degradação dos solos pelos processos erosivos (SIGRH, 2000).

A partir do início da década de 1940 passa a se desenvolver a cultura da cana-de-açúcar, que aos poucos foi ganhando espaço na região, apoiada pela instalação paulatina de agroindústrias e propriedades fornecedoras, estabelecendo uma nova organização agrária em sua área de domínio (BRAY, 1987); esse fato se caracterizou principalmente nos solos arenosos, naturalmente menos férteis. Queiroz Neto (2003) considera que a cultura da cana-de-açúcar veio na retaguarda da frente pioneira do café, e aos poucos foi ganhando espaço no estado de São Paulo.

Segundo o autor, após 1950 passam a aparecer incentivos, que chegavam na forma de subsídios, objetivando sistemas agropecuários voltadas à exportação, como grãos (soja e milho) e carne (frango e bovinos). Nesta fase se observa um esforço nacional em diversificar a produção agrícola e em ocupar espaços maiores, fato que recebeu um reforço apreciável

com a primeira crise do petróleo, no início da década de 1970. A produção nacional de petróleo atendia cerca de 70% do consumo nacional, e a busca de suplementação foi feita na direção da produção de álcool para motores à explosão. O programa do Proálcool atendia perfeitamente ao interesse das montadoras nacionais dos veículos de passeio, mas não era, em absoluto, um substituto do petróleo e seus derivados, principalmente para o combustível dos veículos de transporte de carga e passageiros, ou mesmo para a indústria. Mesmo assim, os grandes subsídios permitiram a rápida expansão das culturas de cana-de-açúcar e das usinas de álcool, ou ainda o acoplamento às usinas de açúcar de unidades de transformação de açúcar em álcool. Os incentivos para a instalação de novas unidades de produção possibilitaram o surgimento de extensas culturas canavieiras onde antes havia pasto e cerrado (QUEIROZ NETO, 2000).

O autor destaca ainda que, após a década de 1970, ocorre um aumento da área cultivada e, após a década de 1980, observa-se que esta área se mantém estável. No entanto, ocorre um aumento na produção, fato que decorre da introdução de insumos e novas tecnologias. Este aumento de produtividade, porém, não alcança todos os tipos de culturas e sim culturas específicas, como é o caso da soja e da cana-de-açúcar na região do Médio Paranapanema, ou seja, produtos ligados à exportação ou à agroindústria.

A adoção de novas tecnologias encareceu a produção e diminuiu a necessidade de tantos trabalhadores no campo, fato que ocasionou uma redução significativa da população rural e um rápido crescimento dos centros urbanos em geral, e principalmente dos mais equipados, onde passaram a se instalar os empreendimentos industriais ligados à transformação dos produtos agrícolas regionais. Este processo de concentração demográfica se deu principalmente nas cidades de Ourinhos e Assis, e em menor intensidade em Santa Cruz do Rio Pardo e Bernardino de Campos (SIGRH, 2000).

Atualmente, a região do Médio Paranapanema caracteriza-se como uma importante região agropecuária do estado de São Paulo, e seus municípios possuem uma produção agrícola extremamente importante para a economia da região e do estado (*ibidem*). Destacam-se, principalmente, as produções de soja/milho e de cana-de-açúcar.

Com relação à produção de cana-de-açúcar, têm se verificado um significativo aumento nas áreas destinadas a este tipo de cultivo, visando principalmente à produção de biocombustíveis. Tal fato, segundo estudos realizados pela OECD (Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento) e pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação), indica que os biocombustíveis provavelmente terão forte impacto na agricultura, prejudicando a produção de alimentos (BIGOTTO, 2008).

3.3. Caracterização do meio físico

A litologia da área de estudos é constituída por arenitos da Formação Adamantina, pertencente ao Grupo Bauru; por rochas da Formação Serra Geral, do Grupo São Bento e também por sedimentos aluvionares, onde a Formação Adamantina encontra-se capeando a Formação Serra Geral (JOAQUIM *et al.*, 2003). Segundo Almeida (1974), nos maiores vales do Planalto Ocidental Paulista a erosão descobriu o substrato basáltico do Grupo São Bento, que se expõe em estreitas faixas no fundo dos vales, mais amplamente, na bacia do rio Paranapanema.

A Formação Adamantina apresenta um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenitos de granulação fina a muito fina, cor róseo a castanho, apresentando estratificação cruzada com espessuras variando entre 2 a 20m, alternando-se com bancos de lamitos de cor castanho-avermelhado a cinza-castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo grosseiro, frequentemente com marcas de onda e microestratificação cruzada (SOARES *et al.*, 1980). Em termos paleoambientais, a unidade compreende depósitos arenosos acanalados, sugestivos de sedimentação fluvial em canais meandantes com deficiência em produtos silto-argilosos. A sucessão, como um todo, indica sedimentação em sistemas fluviais progradantes fomentadores do processo de assoreamento da bacia (PAULA e SILVA, 2003).

A Formação Adamantina aflora de modo generalizado em praticamente toda a área de ocorrência do Grupo Bauru, estando recoberta apenas parcialmente pela Formação Marília no compartimento centro-oriental da bacia; o contato inferior da Formação Adamantina é discordante com os basaltos da Formação Serra Geral e com a Formação Santo Anastácio; e concordante interdigitado, localmente erosivo, com a Formação Araçatuba; o contato superior é concordante interdigitado a abrupto com a Formação Marília (PAULA E SILVA *et al.*, 2003).

Fernandes (1998) apresenta uma proposta de subdivisão estratigráfica dos sedimentos cretáceos suprabasálticos, onde sugere o abandono do nome Adamantina e a fragmentação da unidade nas formações Vale do Rio do Peixe, São José do Rio Preto e Presidente Prudente. Paula e Silva (2003) e Paula e Silva *et al.* (2005), sugerem, todavia, que a designação Adamantina é a mais correta, por entenderem que a característica principal dessa unidade é a variabilidade litofaciológica lateral e vertical.

A Formação Serra Geral (Grupo São Bento) é formada por rochas básicas derivadas de múltiplos derrames superpostos de magma, decorrentes do vulcanismo fissural, originados a

partir de eventos vulcânicos que ocorreram entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior. Estes basaltos são suportados pelas camadas da Formação Botucatu, e apresentam textura intergranular fina a muito fina, formados por efusivas básicas toleíticas com basaltos maciços e amigdalóides, afaníticos, cinzentos a pretos, raramente andesíticos. Encontram-se interdigitados aos arenitos da Formação Botucatu, confirmando-se a persistência das condições desérticas durante o vulcanismo (IPT, 1981).

Os sedimentos aluvionares, incluem areias inconsolidadas de granulação variável, argilas fluviais em depósitos de calha e/ou terraços, e são encontradas, principalmente, margeando o rio Paranapanema (JOAQUIM *et al.*, 2003).

Na maior parte do Planalto Ocidental Paulista, o Grupo Bauru apresenta um relevo uniforme e monótono, com extensos espigões de perfis convexos e cimos ondulados, com terminações lobadas, configurando baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos principais rios que buscam o Paraná, separando seus afluentes. A maior parte desse relevo apresentam altitudes inferiores a 600m de altitude, e seus desníveis locais raramente se aproximam de uma centena de metros. A área de estudo faz parte da bacia do Paranapanema, que é um dos três maiores rios que banham o Planalto Ocidental Paulista, que juntamente com o Tietê e o Grande, atravessam as cuevas basálticas e apresentam uma inclinação sudeste-noroeste, formando estreitas bacias alongadas no sentido do mergulho regional das camadas, em direção ao rio Paraná (ALMEIDA, 1974).

Geomorfologicamente, a região é caracterizada por apresentar predomínio de “formas de relevo denudacional cujo modelado constitui-se basicamente em colinas amplas e baixas, com topos convexos e topos aplanados ou tabulares [...] os entalhamentos médios dos vales são inferiores a 20m [...] As altimetrias variam de 400 e 700m e as declividades estão entre 2% e 10%” (ROSS e MOROZ, 1997). “Possui drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais restritas, presença de lagos perenes ou intermitentes” (PONÇANO *et al.*, 1980). Segundo Ross e Moroz (1997), devido à área “apresentar formas de dissecação baixa e vales pouco entalhados e com densidade de drenagem baixa”, possui um nível de fragilidade potencial baixo. Mas de acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1995), as áreas que possuem solos derivados da Formação Adamantina têm uma susceptibilidade média à erosão, apresentando frequentemente processos de ravinas e boçorocas de encosta, de grandes dimensões, erosão laminar de moderada à intensa e sulcos frequentes. Os solos derivados dos basaltos da Formação Serra Geral, apresentam uma baixa susceptibilidade à erosão, manifestando erosões laminares moderadas.

Segundo Joaquim *et al.* (2003), a área da folha Maracaí (ROSSI *et al.*, 2000), que abarca todo o município, apresenta na maior parte de sua extensão, “uma sucessão de baixas colinas de formas suavizadas e com topos subaplainados, ligeiramente abaulados, mantidos geralmente nas cotas de 310-550 metros, com relevo plano e suave ondulado, e declives que, em sua maior parte, são inferiores a 8%”.

O município de Maracaí é drenado por dois afluentes do rio Paranapanema: o rio Capivara e o ribeirão Anhumas, ambos desembocando no rio Paranapanema, em pontos próximos à represa Capivara. O rio Capivara percorre uma área de basalto da Formação Serra Geral, recoberto em certos locais por arenitos da Formação Adamantina. O ribeirão Anhumas apresenta seu curso em área de cobertura exclusivamente basáltica. Esses canais de drenagem dissecam o relevo local, originando uma diversidade de vertentes e coberturas pedológicas.

Mais de 90% da área estudada pertence à bacia hidrográfica do rio Capivara. A direção predominante do rio Capivara é NE/SW, passa para E/W; NE/SW e finalmente N/S até a represa Capivara. Seus afluentes apresentam na margem direita direção geral NNW/SSE e na margem esquerda direção geral SSE/NNW. A bacia do ribeirão Cervo, principal afluente da margem esquerda do rio Capivara, abrange a área urbana de Maracaí em sua confluência com o rio Capivara. Possui direção preferencial E/W e seus afluentes possuem direção S/N na margem esquerda e NE/S na margem direita. Toda a drenagem do rio Capivara é desenvolvida sob forte controle estrutural, fato facilmente observado nos leitos dos rios. Tal fato se deve provavelmente ao controle estrutural das rochas basálticas. Os cursos d’água apresentam em seu percurso algumas corredeiras e pequenas quedas d’água, exibindo, em tais casos, afloramentos de basalto. Em outros trechos destes canais de drenagem, aparecem pequenas planícies alveolares, que dão origem aos Gleissolos. Nas áreas onde o relevo apresenta maior declividade, os vales são encaixados, simétricos ou assimétricos. Já nas áreas de menor declividade os vales apresentam conformação em V, abertos, e em geral simétricos, apresentando, por vezes, fundo chato.

Na parte sul da área de estudo, as drenagens dirigem-se diretamente para a represa Capivara, onde o principal representante é o ribeirão Anhumas. Nesse setor, verifica-se a ocorrência de vários lagos alongados, de algumas centenas de metros de comprimento, todos oriundos de depressões fechadas, ou por vezes, depressões semi fechadas, que são encontradas nas áreas mais rebaixadas e aplainadas do município, próximos ao rio Paranapanema.

Devido às fracas declividades da área, é muito comum, em toda a sua extensão, encontrar áreas represadas, que são fruto de uma época em a área era densamente ocupada

pela criação de gado; estas represas eram utilizadas para facilitar o trato dos animais, pois serviam de bebedouro para o gado. Além disso, podiam, por vezes, serem utilizadas para o funcionamento de rodas d'água.

Com relação à cobertura pedológica, os principais tipos de solos observados na região são: LATOSSOLO VERMELHO Férrico (LATOSSOLO ROXO), NITOSSOLO VERMELHO Férrico (TERRA ROXA ESTRUTURADA), NEOSSOLO LITÓLICO (SOLO LITÓLICO), GLEISSOLO HÁPLICO (GLEISSOLO), derivados da cobertura basáltica; LATOSSOLO VERMELHO (LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO), ARGISSOLO VERMELHO (PODZÓLICO VERMELHO), derivados do arenito ou do contato deste como basalto (IAC, 2000).

O LATOSSOLO VERMELHO Férrico, antigamente denominado de Latossolo Roxo, é um solo mineral, não hidromórfico, com horizonte B latossólico, formado a partir de rochas eruptivas básicas. Apresenta avançado estágio de intemperização, sendo muito evoluído e profundo, resultante de intensas transformações no material de origem. Possui uma coloração arroxeada, muito friável e poroso. Varia de fortemente a bem drenado. Possui sequência de horizontes A, B latossólico e C, sendo que as transições são menos nítidas entre o horizonte A e o horizonte B, devido ação intensa do clima, que tende a uniformizar o perfil. A textura, tanto no horizonte A como no horizonte B é muito argilosa, ocasionando um baixo gradiente textural. O horizonte A apresenta estrutura pequena e/ou média granular, fraca ou moderadamente desenvolvida, enquanto no horizonte B latossólico é comum a ocorrência de estruturas fracas, de tamanho médio, em blocos sub-angulares e/ou microagregada. O tipo Eutroférico foi muito procurado durante a expansão da cultura cafeeira por apresentar-se mais rico em nutrientes que os demais latossolos (LEPSCH, 2002).

O LATOSSOLO VERMELHO, antigamente denominado de LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO, apresenta textura que varia de média a argilosa. Como é característico dos latossolos, possui evolução muito avançada com atuação expressiva de processos de latolização (ferralitização ou laterização), resultando em intemperização intensiva dos constituintes minerais primários e/ou mesmo secundários, menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e, ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização (EMBRAPA, 2006). Tratam-se de solos minerais com horizonte B latossólico, de textura média ou argilosa, apresentando teores de óxidos de ferro, de titânio e de manganês

menores que os LATOSSOLOS VERMELHO Férricos (JOAQUIM *et al.*, 2003). São muito profundos, de sequência de horizontes A, B e C, sendo a espessura de A + B superior a 2 metros. São porosos ou muito porosos e permeáveis, acentuadamente drenados, quando de textura argilosa, e fortemente drenados, quando de textura média (*ibidem*). Enquadram-se no matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 2006), sua coloração o torna facilmente confundível com o LATOSSOLO VERMELHO Férrico, podendo ser diferenciado através do auxílio de um ímã, uma vez que possui menor atração magnética que o LATOSSOLO VERMELHO Férrico (JOAQUIM *et al.*, 2003).

Estes solos são provenientes do intemperismo das rochas da Formação Adamantina, quando de textura média, e do retrabalhamento do arenito e basalto, quando argilosa (*ibidem*). Possui boas condições físicas e um relevo favorável à mecanização, tem boa permeabilidade, apresentando, porém, baixa fertilidade natural, o que não constitui limitação para o uso do solo com sistemas tecnificados de agricultura. Sua principal ocorrência se dá em superfícies de cimeira de um relevo plano e suave ondulado, com declives de 2 a 8%. A vegetação original é o cerrado ou cerradão, e o principal uso atual do solo é com cana-de-açúcar (JOAQUIM *et al.*, 2003).

O LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO apresenta coloração vermelho-amarelada, alta porosidade, textura média e reduzido teor de óxido de ferro total (7 a 11%, nos solos de textura argilosa ou mais fina). Tratam-se de solos profundos, permeáveis e fortemente drenados. São oriundos do intemperismo do arenito da Formação Adamantina, ocorrem em relevo suavemente ondulado ou plano, e sua vegetação original é representada pelo cerrado ou cerradão (JOAQUIM *et al.*, 2003).

Em geral os latossolos ocorrem associados a áreas relativamente estáveis, dificultando a erosão e favorecendo a intensa ação do clima; por isso, apresentam-se bastante profundos e lixiviados. São facilmente mecanizáveis e, portanto submetidos a utilizações intensas, principalmente devido aos avanços tecnológicos que possibilitam, entre outros fatores, a realização de correções de acidez e adição de fertilizantes (LEPSCH, 2002).

O NITOSSOLO VERMELHO Férrico ocorre em relevo suave ondulado e ondulado; aparece, normalmente, no terço inferior das vertentes, próximos ao fundo de vale, sendo que a rocha de origem é o basalto. Antigamente era denominada de Terra Roxa Estruturada, e assim como o LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (Latossolo Roxo), foi também muito procurado durante a expansão cafeeira. De acordo com a EMBRAPA (2006) trata-se de um

solo com horizonte B nítico, com argila de atividade baixa, ou com caráter álico; possui “avançada evolução pedogenética pela atuação de ferralitização com intensa hidrólise, originando composição caulínica-oxídica ou virtualmente caulínica, ou ainda vermiculita com hidróxi-Al nas entrecamadas”. É um solo mineral, não hidromórfico, com textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos sub-angulares, angulares ou prismáticos, moderado ou forte, com superfície dos agregados reluzente, relacionada na cerosidade e/ou superfície de compressão (EMBRAPA, 1984). Possuem coloração avermelhada, e são profundos, bem drenados, porosos, apresentando sequência de horizonte A, B nítico e C. Apresenta horizonte B bem espesso em termos de desenvolvimento de estrutura e cerosidade, mas com pequeno gradiente textural. A estrutura do horizonte A é do tipo granular, moderada e fortemente desenvolvida; o horizonte B nítico apresenta estrutura em blocos sub-angulares ou angulares, ou prismáticos, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva nas unidades estruturais (EMBRAPA, 2006). A cerosidade apresenta-se moderada nas variedades intermediárias para o Latossolo Vermelho, que são os NITOSSOLOS VERMELHOS Férricos latossólicos, nestas variedades, observa-se o horizonte B latossólico abaixo do horizonte B nítico, dentro de 150 cm da superfície (*ibidem*). O NITOSSOLO VERMELHO Férrico ocorre na média-baixa vertente, podendo aparecer associado ao LATOSSOLO VERMELHO Férrico.

O ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO apresenta textura que varia de arenosa/média até média, originados da alteração do arenito (JOAQUIM *et al.*, 2003). Apresenta coloração vermelho-amarelada a amarelo-avermelhada. O horizonte A, quando de textura arenosa, apresenta estrutura fraca em forma de grãos simples (quanto ao grau), com aspecto de maciço poroso; consistência solta, tanto em solo seco quanto úmido, e não plástico e não pegajoso quando molhado. Pode ou não apresentar horizonte E de perda de material (EMBRAPA, 2006). Apresenta horizonte B textural, possui estrutura que varia de fraca a moderada nos tipos blocos sub-angulares e angulares e com tamanho pequeno e médio; a consistência é macia a ligeiramente dura ou dura quando seca, muito friável a friável quando úmida, e ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa quando molhada. Ocorrem em relevo suavemente ondulado com declives de 3 a 8%. A vegetação primitiva é o Cerrado ou Cerradão, e o uso atual é principalmente com cana-de-açúcar (JOAQUIM *et al.*, 2003). São bastante suscetíveis a erosão, devido à baixa quantidade de argila no horizonte superficial, e possuem baixa fertilidade natural.

O ARGISSOLO VERMELHO apresenta um horizonte B textural, com cores desde vermelho a bruno-avermelhado-escuro. São formados com contribuições do arenito e do

basalto (*ibidem*). O horizonte B textural possui coloração bruno-avermelhado-escuro, é argiloso, pouco poroso e de permeabilidade lenta. Sua estrutura é bem desenvolvida, sendo normalmente composta de blocos angulares e sub-angulares, moderada a fortemente desenvolvida, de tamanhos médios e recobertos por cerosidade comum a abundante e moderada a forte. Ocorre em relevo suavemente ondulado a ondulado, com declives de 3 a 8%, e em áreas de vegetação natural de mata ou Cerrado e Cerradão, que cedeu lugar, principalmente a cultura canavieira (*ibidem*).

O NEOSSOLO LITÓLICO é um solo não hidromórfico, com pequena espessura até a rocha (excluindo petroplintita), apresentando o horizonte A diretamente sobre a rocha, com ou sem horizonte C. ocorrem em relevo ondulado, com declives entre 8 e 16%, e são utilizados principalmente por pastagens.

O GLEISSOLO HÁPLICO é um solo hidromórfico, que se encontra permanente ou periodicamente saturado por água, sendo que esta permanece estagnada internamente, ou a saturação ocorre por fluxo lateral no solo. É constituído por material mineral, que apresenta horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo, ou a profundidades entre 50 e 125 cm, imediatamente sob o horizonte A ou E (gleizados ou não), ou precedidos por horizonte B incipiente, B textural ou C com presença de mosqueamentos abundantes com cores de redução. Ocorrem nas áreas próximas às várzeas e ao longo das margens dos rios, onde o relevo é praticamente plano. Apresenta forte gleização, devido ao regime de umidade, que se processa em meio anaeróbico, com deficiência ou mesmo ausência de oxigênio, devido ao encharcamento do solo por longo período ou durante todo o ano (EMBRAPA, 1999). Nestas áreas, o solo apresenta uma coloração acinzentada devido à saída do ferro que é solubilizado pela ação dos ácidos húmicos, além da ação dos organismos que retiram o oxigênio dos óxidos de ferro, eliminando, desta forma, sua coloração avermelhada.

O NEOSSOLO FLÚVICO (Solo aluvial) ocorre, principalmente, em relevo plano, nos terraços próximos aos rios, onde ainda não ocorreu gleização e conseqüentemente não possui coloração acinzentada. Apresenta profundidade em torno de 1 m, com horizonte A sob camadas estratificadas, com cor, granulometria, composição química e mineralógica muito variada. São solos moderadamente drenados, com texturas que variam de acordo com o material originário, derivados de sedimentos recentes (EMBRAPA, 1986).

A região do Médio Paranapanema, segundo SIGRH (2000), apresenta o clima Cfa (classificação de Köppen), denominado subtropical úmido mesotérmico sem estação seca definida, com verões quentes e geadas pouco frequentes. Já para Joaquim *et al.* (2003) a

região de Assis apresenta uma distribuição pluvial caracterizada por verões chuvosos e invernos relativamente úmidos, onde os dados de temperatura e precipitação pluvial permitem identificar “um clima do tipo Cwa transicional para Cfa”.

A temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 22°C e a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C. As chuvas tendem a se concentrar nos meses dezembro, janeiro e fevereiro, épocas em que as temperaturas também possuem médias elevadas, enquanto os meses de julho e agosto representam um período de estiagem, com precipitações e temperaturas bem menores que a encontrada nos outros meses (Figura 2). De acordo com Reco (2008) embora a distribuição média anual das chuvas na região indique ser suficiente, tem-se observado que é comum a ocorrência de veranicos em dezembro e janeiro, fato, que na região, contribui para a redução da produtividade da soja, principalmente.

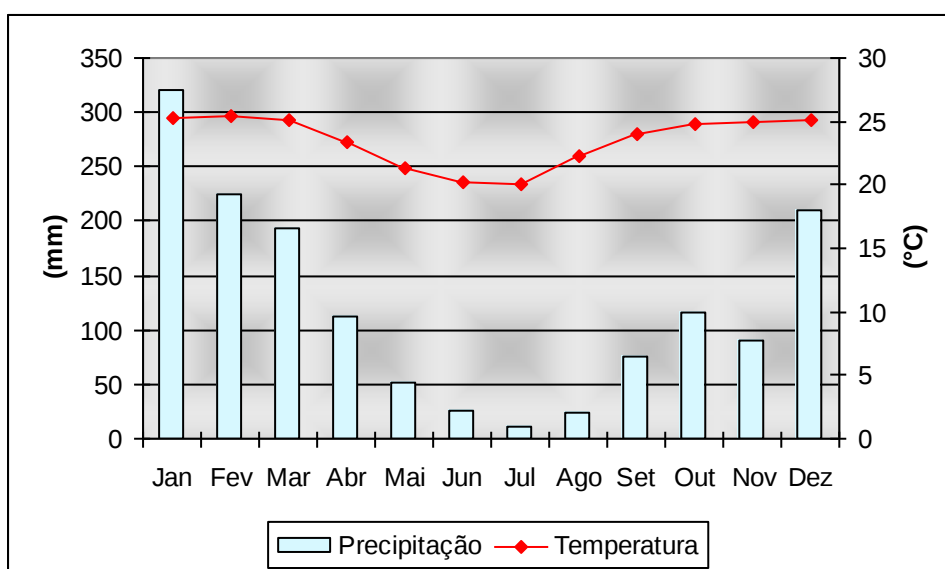


Figura 2: Médias mensais de temperatura e precipitação pluvial do município de Assis, localizado na latitude de 22°40' Sul e 50°25' Oeste.

Fonte: Joaquim *et al.*, 2003.

A vegetação primária da área de estudo é a Floresta Estacional Semidecidual, e nas áreas com arenito e arenito em contato com basalto é possível encontrar algumas manchas de Savana (Cerrado) e áreas de transição entre estas duas vegetações (IBGE, 2004).

A Floresta Estacional Semidecidual Sub-Montana está relacionada ao clima de duas estações, uma chuvosa e outra seca, que ocasionam uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, que são adaptados à estação desfavorável (fria ou seca), onde a percentagem de árvores caducifólias no conjunto florestal situa-se entre 20% e 50% (*ibidem*). Apresenta, normalmente, árvores altas, de troncos cilíndricos e grandes diâmetros, copas

parassol e muito cipós; árvores médias, de copas mais fechadas, árvores pequenas, ervas e arbustos. Os exemplares mais comuns são: peroba, canafístula, cedro, guarita, figueira branca e outras (Joaquim *et al.*, 2003). Segundo o autor, essa vegetação natural praticamente não existe, pois foi substituída, em decorrência do relevo pouco movimentado e das qualidades físicas do solo, pela agricultura intensiva.

Nas áreas onde predominam os solos de textura média, tendendo a arenosa, persiste uma reserva maior de vegetação natural, ainda que estas áreas apresentem um relevo suave ondulado, os representantes desta vegetação natural são o cerrado e, em alguns casos, o cerradão (Joaquim *et al.*, 2003). O cerrado é uma formação mais aberta e com maior percentagem de gramíneas do que o cerradão. De acordo com o Veloso *et al.* (1991), o termo correto é Savana, sendo o termo “cerrado”, considerado como um sinônimo regionalista. A Savana, segundo IBGE (2004), é caracterizada por várias formações campestres, com vegetação gramíneo-lenhosa baixa, alternando-se, às vezes, com pequenas árvores isoladas, capões florestados e galerias florestais ao longo dos rios, mostrando assim, uma grande variabilidade estrutural e, por consequência, grandes diferenças em porte e densidade, no que também influi a intensidade da ação antrópica. Sua distribuição espacial está preferencialmente ligada a determinados tipos de solos, na maioria das vezes profundos, álicos e distróficos, arenosos lixiviados e mesmo litólicos, desenvolvidos a partir de terrenos de idade pré-cambriana até quaternária ao nível do mar (*ibidem*).

Nas áreas úmidas, representadas pelas planícies aluviais mal drenadas, observa-se uma vegetação de campos hidrófilos, composta principalmente por gramíneas e ciperáceas, com algumas ervas arbustivas adaptadas ao meio constantemente alagado.

Atualmente, observa-se que a vegetação original encontra-se reduzida a pequenas áreas, sendo que o predomínio é de uma vegetação secundária e atividades agropecuárias; isso se deve ao intenso desmatamento, que teve por objetivo a colonização e aumento da produção agropecuária. Devido a isto, hoje a vegetação original encontra-se intensamente devastada, reduzida a pequenas manchas, que se concentram principalmente no entorno da rede de drenagem, e em algumas áreas de solo raso. Os principais usos identificados foram a soja, milho e cana-de-açúcar, sendo que as plantações de cana-de-açúcar são mais facilmente encontradas nas áreas de solos derivados do arenito.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente realizou-se uma leitura da paisagem do município, através da avaliação das características físicas e socioeconômicas. A partir das diferenças observadas, realizou-se uma compartimentação, baseada, principalmente, nas características morfológicas da área de estudo, que, de certa forma, acabam condicionando as características socioeconômicas.

Efetuiu-se uma leitura detalhada da carta de solos (ROSSI *et al.*, 2000), que além de servir de base para a compartimentação do município, foi utilizada para verificar os sistemas pedológicos predominantes em cada compartimento. Em seguida foram escolhidas topossequências representativas dos sistemas pedológicos predominantes em cada compartimento, que possuíam o mesmo tipo de uso e manejo em toda a sua extensão, ou na maior parte da vertente. Para caracterizar lateralmente os solos existentes nas vertentes (sistema pedológico) utilizou-se a análise bidimensional, que faz parte da análise estrutural da cobertura pedológica, metodologia proposta por Boulet *et al.* (1982a, b, c), que visa o detalhamento dos sistemas pedológicos; após caracterizar a variação lateral dos solos existentes na vertente, efetuou-se a descrição dos perfis pedológicos e culturais destes solos (SANTOS *et al.*, 2005; TAVARES FILHO *et al.*, 1999).

4.1. Trabalho de Gabinete

Na primeira etapa, realizada em gabinete, efetuou-se levantamentos bibliográficos e cartográficos. Estes documentos permitiram realizar a compartimentação do município e introduzir as investigações pedológicas, que necessitam de uma análise de documentos cartográficos e interpretação prévia de produtos de sensoriamento remoto, possibilitando a seleção de áreas para estudos das relações solo x paisagem (TORRADO *et al.*, 2005).

Os documentos cartográficos serviram de apoio para a elaboração das cartas temáticas. Estas foram elaboradas tendo como base as folhas topográficas do IBGE (IBGE, 1975ab; 1973), na escala 1:50.000; e imagens SRTM (INPE, 2009) que possibilitam a visualização da elevação do terreno.

Através do material cartográfico foi possível a elaboração das primeiras cartas temáticas (hipsometria, declividade e solos) que serviram de base para a realização da pesquisa. Para elaboração dos mapas foi utilizado o software Spring 5.1.4.

Na última etapa do trabalho, também realizada em gabinete, finalizou-se as cartas temáticas de declividade, hipsométrica e de solos. Os resultados foram analisados e interpretados, com a finalidade de compor a dissertação de mestrado.

4.2. Trabalho de Campo

Os trabalhos de campo possibilitaram realizar a compartimentação do meio físico da área, a escolha e levantamento das topossequências de solos representativas em cada compartimento, além da descrição dos perfis pedológicos e culturais.

A compartimentação da área foi realizada após a análise dos primeiros documentos cartográficos elaborados e da observação da *in loco*. Desta forma, foi possível identificar os principais sistemas pedológicos e agrícolas existentes no município e em cada compartimento identificado, possibilitando também a escolha das topossequências de solos mais representativas e dos perfis culturais.

A topossequência consiste num estudo detalhado em campo (macromorfológico) e em laboratório (propriedades físicas), e possibilitou o conhecimento das características pedomorfológicas atuais da vertente, permitindo fazer uma relação entre a distribuição dos solos nos diferentes segmentos topográficos, evidenciando a hierarquia e cronologia dos horizontes e suas transições verticais e laterais. Conhecendo as relações entre a pedogênese e a morfogênese torna-se possível traçar um diagnóstico não só da própria paisagem, mas também do atual estágio de desenvolvimento pedogenético da cobertura pedológica. As diferenciações morfológicas laterais nos solos trazem subsídios sobre o grau de equilíbrio e desequilíbrio dos solos em relação à morfologia atual das vertentes das áreas estudadas, fornecendo dados e contribuindo para a avaliação do seu comportamento em termos de erosão.

As topossequências foram realizadas em áreas que apresentavam o principal tipo de uso em manejo e o principal sistema pedológico de cada compartimento identificado no município de Maracaí. Para escolha das vertentes, sobre as quais se realizaram os estudos de solos, o critério adotado foi: vertente representativa com o mesmo uso e manejo de solo desde o topo até a base, sendo que o tipo de cultura adotado deveria ser o mesmo nos últimos dez anos e representar a principal forma de uso do compartimento.

A Análise Bidimensional da Cobertura Pedológica permitiu a reconstituição da distribuição espacial das organizações pedológicas ao longo da encosta (BOULET, 1978), possibilitando verificar as diferenciações morfológicas laterais nos solos e entender o comportamento hídrico destes. Esta etapa auxiliou no entendimento do solo, além de melhorar a compreensão de suas relações com os que lhe são adjacentes, quer se situem numa mesma paisagem ou dispostos contínua ou descontinuamente, desde que em locais similares (TORRADO *et al.*, 2005).

Foi estudada a transecção do topo até a base da vertente. Esta parte se iniciou com o trado a fim de situar em seguida as trincheiras sobre as áreas que apresentavam solos diferenciados, permitindo o estudo dos horizontes. As tradagens foram realizadas a distâncias médias de cinquenta metros, variando, de acordo com as características da vertente – onde se observava alteração nos horizontes foram realizadas tradagens intermediárias, visando melhor definir as mudanças de horizontes existentes nas áreas trabalhadas. Dessa forma foi possível realizar a análise bidimensional, que é o levantamento contínuo dos sistemas pedológicos ao longo dos eixos topográficos, perpendicularmente às curvas de nível. Para tanto, foram utilizados: clinômetro, GPS, trado, tabela de cores Munsell (1975) e outros materiais para a descrição dos solos. As observações feitas no campo permitiram obter a imagem da estrutura horizontal e vertical da cobertura pedológica.

A etapa seguinte consistiu na abertura das trincheiras ao longo das topossequências, nas quais foram efetuadas as descrições morfológicas dos perfis pedológicos, e também as descrições dos Perfis Culturais. As trincheiras foram abertas nos diferentes tipos de solos identificados na vertente, sendo em geral, uma na alta vertente, e outra na média-baixa vertente, com exceção do compartimento 3, onde se realizou também uma trincheira na média vertente, totalizando nove trincheiras.

O Perfil Cultural consiste, principalmente, na avaliação das propriedades físicas e morfológicas de solos cultivados. Foram avaliados vertentes com diferentes solos sob diferentes culturas, sendo três em áreas de produção de soja/milho e uma em área de cana-de-açúcar. Desta forma, observou-se em cada compartimento identificado como os diferentes solos de uma mesma vertente se comportam diante do mesmo tipo de uso e manejo.

Ao examinar o exame do Perfil Cultural, primeiramente se distinguiu os volumes que são resultantes das operações culturais (horizontes antrópicos) daqueles mais profundos (horizontes pedológicos) (BLANCANEUX *et al.*, 1991). A descrição morfológica dos perfis

pedológicos e Culturais foi realizada de acordo com Santos *et al.* (2005) e Tavares Filho *et al.* (1999).

Nas descrições morfológicas dos perfis de solos, através do Método Perfil Cultural, foram examinadas as alterações das camadas superficiais e subsuperficiais do solo, em geral com até 50 cm de profundidade ou um pouco mais. Este procedimento permitiu verificar as alterações que as diversas culturas e seu manejo provocam nos solos, e quais os tipos de uso e manejo geram um maior índice de degradação. As trincheiras foram abertas no sentido do trabalho do solo pelos implementos agrícolas, buscando-se áreas por onde passa o rodado dos implementos, com intuito de detectar as modificações estruturais provocadas por estes no solo.

Enquanto o critério textura é utilizado para a caracterização do perfil pedológico, permitindo a apreciação da variabilidade espacial vertical dos horizontes pedológicos; nos horizontes antrópicos, privilegia-se, sobretudo as observações referentes ao estado estrutural. Para essa análise do estado estrutural dos solos foi empregada a metodologia preconizada Hénin *et al.* (1960) e adaptada para solos tropicais por Tavares Filho *et al.* (1999), conforme os quadros 1 e 2 (Tabela 1)

Tabela 1: Quadro 1: Modos de organização do perfil de solo; **Quadro 2.** Estado interno dos torrões presentes nos diferentes modos de organização do volume de solo antropizado.

Quadro 1

Nível de análise	Simbologia	Definição
I	AM	Volume de solo visualmente alterado pelo manejo, isto é, pelo maquinário agrícola e pelas raízes.
	NAM	Volume de solo visualmente não alterado pelo manejo.
II	L	Volume de solo livre, solto, constituído por terra fina, solo pulverizado, agregado de torrões de tamanhos variados (de 0 a 10 cm) sem nenhuma coesão. Comum na superfície dos solos trabalhados. Pode apresentar raízes em grandes quantidades, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções. A estabilidade em água e a coesão a seco entre agregados desse volume de solo são nulas, mas a estabilidade e a coesão dos agregados podem ser altas. A porosidade a olho nu é importante.
	F	Volume de solo fissurado, em que a individualização de torrões é facilitada pela fissuração, sendo estes de tamanhos variados. Quando presentes nesse volume, as raízes se desenvolvem preferencialmente entre os torrões, nas fissuras existentes. Podem ser bem ramificadas e orientadas em todas as direções, mas normalmente apresentam aspecto achatado. A porosidade é essencialmente fissural.
(Somente para volume AM)	Z	Volume de solo formado essencialmente de estrutura laminar. As raízes, quando presentes nesse volume, são tortuosas e com desenvolvimento horizontal. Normalmente, não são ramificadas e, além da tortuosidade, apresentam aspecto bem achatado.

	C	Volume de solo em que os elementos (agregados e terra fina) estão unidos, formando um volume bastante homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, sendo impossível à individualização de torrões a olho nu. Pode apresentar raízes em grandes quantidades, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções, quando o volume não for compacto, e, ou, não ramificadas, achatadas e tortuosas, orientadas horizontalmente, quando o volume for compacto. A porosidade é essencialmente de empilhamento de agregados, podendo apresentar cavidades arredondadas e, ou, poros tubulares.
⁽¹⁾ Nos modos de organização L e F, além do estado interno dos torrões, devem-se classificar os torrões pelo tamanho: 1 a 5 cm = pequenos; 6 a 10 cm = médios; > 10 cm = grandes.		

Quadro 2.

Nível de análise	Simbologia	Definição
III	μ (agregado não compactado)	Estado interno dos torrões caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura interna e externa porosa, fácil de ser observada a olho nu, com predominância de poros tipo amontoamento de agregados. Normalmente, apresenta raízes intra e entre agregados, bem ramificadas, não achatadas, com orientação vertical não prejudicada pela compactação. As faces de ruptura são rugosas e a coesão a seco é pequena.
	Δ (agregado compacto)	Estado interno de torrões compactados, caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura angulosa (poliédrica, cúbica ou prismática), devido à forte pressão externa, com uma porosidade visível a olho nu muito pouco desenvolvida, com predominância, quando existir, de poros tubulares e, ou, cavidades arredondadas, podendo existir fissuras. Quase não apresenta raízes e estas, quando presentes, possuem poucas ramificações. São achatadas, com orientação vertical prejudicada pela compactação. As faces de ruptura são principalmente lisas e a coesão a seco é muito elevada.
	$\mu\Delta/\Delta\mu$ (agregado $\pm$ compacto)	Estado intermediário entre agregados compactos e não compactos, com duas possibilidades: (1) Estado ($\mu\Delta$): agregados que estão em processo de compactação, mas que ainda guardam predominantemente as características do estado não compacto μ sobre as características do estado compacto Δ (definidos acima); (2) Estado ($\Delta\mu$): agregados que estão bem compactos, mas que ainda guardam algumas características do estado não compacto μ (definido acima).
Obs: Durante a análise do perfil cultural, se forem observados volumes de solo com problema de hidromorfia, volumes com concentração de matéria orgânica ou resultantes de atividade biológica, estes devem ser indicados com a seguinte simbologia: h para indicar hidromorfia; b par indicar atividade biológica, e mo para indicar matéria orgânica.		

Ao examinar o perfil, com o intuito de detectar as diferentes camadas existentes, torna-se essencial a avaliação do sistema radicular, pois é através da “comparação do estado desse sistema e a estrutura do solo que se pode apreciar a influência desta última sobre as raízes” (HÉNIN *et al.*, 1976). Na observação das raízes considera-se a disposição destas em relação às estruturas.

A caracterização das estruturas dos horizontes antrópicos dos solos devem ser realizadas da forma mais detalhada possível, pois se trata do principal critério de caracterização do perfil, onde o estado estrutural é o resultado direto das operações culturais

em interação com os agentes naturais, e, por outro lado, o fator principal direcionando o funcionamento global do perfil (porosidade, aeração, etc.) e consequentemente o desenvolvimento das culturas (BLANCANEUX *et al.*, 1991).

Os autores descrevem que se deve observar a contribuição das diferentes máquinas agrícolas a uma modificação lateral das características físicas dos solos, e mais particularmente no nível dos horizontes antrópicos, diretamente sobrejacente aos horizontes pedológicos, sendo que esses últimos serão objetivo de uma atenção particular durante a descrição do perfil pedológico. Na apreciação dos horizontes antrópicos verifica-se as variações das características de consistência do material, os estados estruturais, de fissuramento e de alisamentos, de acumulação de matéria orgânica ou de vazio. Essas variações laterais estão diretamente relacionadas com as marcas identificadas, decorrentes da passagem de máquinas cujos limites ou zonas de influência sobre os horizontes serão delimitados.

Para a descrição morfológica dos perfis culturais se utilizou as normas contidas no Manual de Descrição e Coleta de Solo da Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos (SANTOS *et al.*, 2005), e como materiais foram utilizados: enxada, martelo, faca, metro, altímetro, Tabela de Munsell (1975) e giz. Após as descrições morfológicas dos solos, foram coletadas amostras para análises físicas e químicas. Foram utilizados sacos plásticos e anéis volumétricos.

Somada à descrição visual, realizada em campo, foram realizadas análises laboratoriais, para que desta forma, os dados tenham resultados mais consistentes e se comprove o que foi identificado no campo. Com este objetivo, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de cada volume identificado em cada um dos perfis culturais e pedológicos analisados e realizadas as suas respectivas análises laboratoriais.

Nos horizontes identificados nos perfis pedológicos foram coletadas amostras deformadas para a realização das seguintes análises: densidade de partículas, granulometria e análise química básica.

Para a coleta das amostras indeformadas foram utilizados anéis de metal (anéis volumétricos), de volume conhecido. Estes anéis foram cravados no sentido vertical em cada um dos volumes identificados no Perfil Cultural, exceto nos de espessura menor que a do anel. Depois, com o auxílio de uma faca, foram retirados os anéis do solo, limpando o excesso de material no seu exterior. Em seguida, as amostras foram envolvidas em filme plástico, para

evitar a perda de material das amostras. Este material foi utilizado para as seguintes análises: densidade do solo, macro e microporosidade.

4.3. Análises Laboratoriais

Em laboratório foram realizadas as seguintes análises de solo: densidade do solo, densidade de partículas, macro e microporosidade, porosidade total, granulometria, e análise química básica. Para as análises de densidade do solo, macro e microporosidade e condutividade hidráulica, foram coletadas três amostras de solo de cada volume identificado através da análise do Perfil Cultural. Já para as análises de granulometria e químicas foram utilizadas amostras deformadas de solos, que foram coletadas nos diferentes horizontes identificados através do Perfil Pedológico.

Para a macroporosidade utilizou-se o peso da amostra saturada, subtraído do peso da amostra levada ao nível de sucção correspondente a 60 cm de altura de coluna d'água. A microporosidade foi determinada através do método da mesa de tensão, onde se submete a amostra saturada a uma sucção de 60 cm de coluna d'água, que depois de pesada é levada à estufa em temperatura de 105°C; o valor da pesagem da amostra submetida à tensão é subtraído do valor da amostra seca e dividida pelo volume do anel (EMBRAPA, 1997). Foram utilizadas as mesmas amostras coletadas para a realização da macroporosidade, microporosidade e densidade aparente; para tanto primeiro estas amostras sofreram uma saturação, depois foram submetidas sucção correspondente a 60 cm de altura de coluna d'água e finalmente levadas à estufa para obtenção da densidade do solo e macroporosidade.

A densidade do solo corresponde à massa do solo seco por volume da unidade aparente ($d = m/v$), isto é, volume do solo ao natural, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água. Varia de acordo com a estrutura e compactação do solo, quanto menos estruturado e mais compactado o solo, maior é a sua massa específica aparente. Portanto os resultados permitem inferir sobre as condições de compactação do solo e conseqüentemente sobre o impedimento mecânico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. É, portanto, indicativo de mudanças nas características físicas do solo que podem estar associadas às formas de uso e manejo (compactação), ou alterações do ambiente. Essa análise foi realizada utilizando o método do anel volumétrico, observando as normas descritas em Embrapa (1997), onde se utiliza o peso da amostra seca dividido pelo volume do anel.

A densidade de partículas varia dentro de limites muito próximos, oscilando geralmente entre 2,4 a 3,0 g/cm³. Os solos desenvolvidos a partir de rochas ricas em minerais pesados, como os derivados do basalto, normalmente atingem valores mais elevados que os que se desenvolvem a partir de arenitos. Os resultados são utilizados para o cálculo da porosidade total e como critério auxiliar na classificação de minerais. Como a densidade de partícula não varia muito dentro de um mesmo tipo de solo, realizou-se uma amostra por perfil e duas repetições por amostra. As amostras foram avaliadas segundo método do balão volumétrico, preconizado pela Embrapa (1997), onde se utiliza a peso da amostra seca dividido pelo volume de álcool utilizado.

A porosidade total determina o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar. Foi determinada através da utilização dos dados de densidade do solo e de partículas, e ainda através dos dados de macro e microporosidade. A quantidade de macro e microporos está diretamente ligada às condições de infiltração e escoamento de água, sendo uma qualidade física do solo muito importante para regular seu uso e manejo. É também indicativa de mudanças nas características físicas do solo que podem estar associadas ao uso.

A granulometria tem como finalidade a avaliação da textura do solo, fator de grande importância na determinação dos horizontes pedológicos. Consiste na análise das partículas contidas nas amostras, permitindo classificar os componentes sólidos do solo, de acordo com os seus diâmetros, obtendo-se desta forma a porcentagem de cada fração granulométrica (areia grossa, areia fina, argila e silte) que compõem a amostra. Foram coletadas amostras em cada horizonte identificado e a granulometria foi determinada através do método da pipeta, observando-se as descrições contidas em Embrapa (1997).

A análise química dos solos avalia as características químicas destes. Foi realizada nos horizontes B identificados nos perfil pedológicos, visando caracterizar a qualidade natural dos solos trabalhados. Foram realizadas medidas pH em água, CaCl₂ e KCl, determinação de macronutrientes (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, H⁺+Al³⁺, P e C) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn).

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Pedologia, do Departamento de Geografia, da Universidade Estadual de Maringá; as análises químicas foram efetuadas no Laboratório de Solos, do Departamento de Agronomia, da Universidade Estadual de Maringá.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Maracaí apresenta uma diversidade de paisagens, que refletem tanto a diversidade das características físicas do meio, quanto as características de ocupação humana, sendo que estas são diretamente influenciadas pelas primeiras.

5.1. Colonização e características socioeconômicas

A colonização do município de Maracaí teve início no ano de 1905, quando Joaquim Gonçalves de Oliveira e José Gonçalves de Mendonça desceram o rio Capivara e se fixaram na confluência deste com o rio Cervo, fundando então um povoado denominado Patrocínio das Pitangueiras, onde gradativamente as terras férteis da região foram ocupadas com café, algodão e cereais (IBGE, 2009b).

Em 1919, o então povoado foi elevado à categoria de distrito do município de Conceição do Monte Alegre e recebeu a denominação de Maracaí, que em tupi-guarani significa “rio dos chocalhos”, em alusão ao barulho que o rio produzia devido ao seu leito pedregoso. Finalmente, em 1924, foi elevado à categoria de município. Em 1964 o distrito de Cruzália torna-se município, sendo desmembrado do município de Maracaí (*ibidem*).

Segundo o IBGE (2009a), o município possui uma área de 533,024 km² e uma população de 13.710 habitantes, segundo a Estimativa de População de 2009 (IBGE, 2009c).

A população total do município apresentou uma taxa negativa de crescimento geométrico entre os anos de 1970 e 1980, no valor de -1,3 (Figura 3 e Tabela 1). Este dado foi motivado pela substituição da cultura do algodão pelo cultivo de soja e trigo, principalmente, fato que ocasionou um esvaziamento no campo, pois estas novas culturas demandavam menos mão de obra que a antiga, além de ter custos para produção maiores, o que também contribuiu para que a mão de obra contratada fosse reduzida. A partir de 1980 o município passou a apresentar taxas de crescimento geométrico da população total positivas, provavelmente associadas ao aumento da área com plantio de cana-de-açúcar.

No que diz respeito à população urbana, a quantidade triplicou entre 1970 e 2007, e o município apresentou somente taxas de crescimento geométrico (TCG) positivo (Tabela 1), sendo que o maior índice ocorreu entre os anos de 1980 e 1991, quando o município apresentou também a maior taxa de crescimento geométrico para a população total. Estes dados mostram que o município sofreu com o esvaziamento do campo e o inchaço urbano repentino, ocorrido principalmente devido à modernização da agricultura.

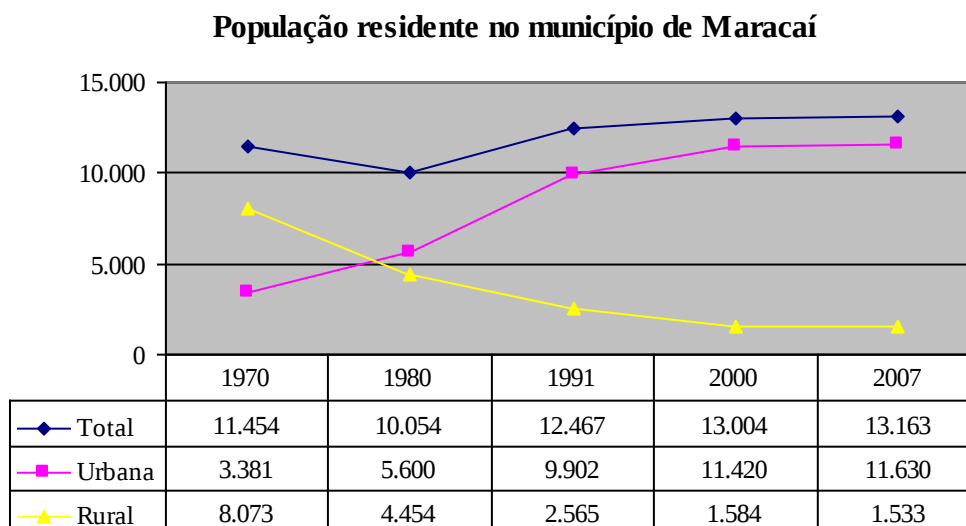


Figura 3: População residente no município de Maracaí, nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007, por situação do domicílio.

Fonte: IBGE – Censos Demográficos 1970, 1980, 1991 e 2000, e Contagem da População 2007.

Tabela 2: Taxa de crescimento geométrico da população residente no município de Maracaí nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2007, por situação do domicílio.

Ano	Taxa de crescimento geométrico (TCG)		
	1970/1980	1980/1991	1991/2000
Total	-1,3	2,0	0,5
Urbana	5,2	5,3	1,6
Rural	-5,8	-4,9	-5,2

Base: IBGE – Censos Demográficos 1970, 1980, 1991 e 2000.

Org.: Grace Bungenstab Alves, 2009.

Com relação ao valor adicionado ao PIB (Produto Interno Bruto), no ano de 2007 (Figura 4), verifica-se que a maior porcentagem coube aos serviços (46%), seguido pela indústria (40%) e a agropecuária (14%). No entanto, ao comparar os dados de valor adicionado pela agricultura, com os dados existentes para o estado de São Paulo (2%) e Brasil (6%), no mesmo ano, observa-se que a porcentagem existente para a agricultura no município de Maracaí se apresentou bem maior, demonstrando a importância deste setor para o município.

Produto Interno Bruto (Valor Adicionado)

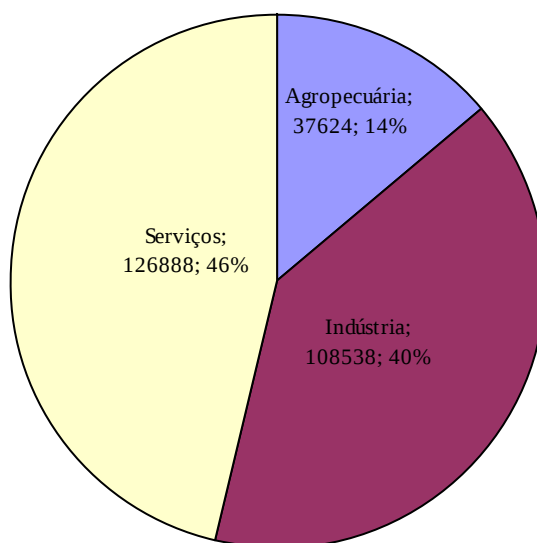


Figura 4: PIB do município de Maracá, no ano de 2007, por setor produtivo. (valor em reais).

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais, 2007.

O município de Maracá destaca-se no estado de São Paulo na produção de soja e milho, encontrando-se entre os dez maiores produtores do estado ano de 2007 (IBGE, 2009d). Outra cultura que se destaca no município é a de cana-de-açúcar (Figura 5), devido às várias unidades de usinas de transformação de cana-de-açúcar que existem na região. Estas usinas se encontram instaladas desde a década de 1940, tendo passado por várias fusões ao longo dos anos, sem no entanto suspender a transformação de cana-de-açúcar.

Verifica-se que nas últimas décadas as áreas destinadas às pastagens no município estão sendo gradativamente substituídas por culturas temporárias (Tabela 3), primeiramente por soja/milho, e mais recentemente pela cana-de-açúcar³. A produção de cana-de-açúcar apresentava uma área de 5.507 ha no ano de 1985 (IBGE, 2010) e em 2008 passa compreender uma área de 18.291 ha, indicando que o cultivo de cana-de-açúcar tem obtido cada vez mais expressividade no município, substituindo também as áreas antes destinadas à cultura de soja/milho (Figura 5). Os demais tipos de produção temporária são inexpressivos no município.

³ A lavoura de cana-de-açúcar, mesmo sendo uma cultura de ciclo longo, será considerada no presente trabalho como temporária, pois é esta a classificação adotada nas pesquisas do IBGE.

Tabela 3: Área (Hectares) dos estabelecimentos agropecuários por utilização das terras, no município de Maracá/SP, nos anos de 1995 e 2006.

Utilização das terras	Área (ha)		Percentual		TCG 1995/2006
	1995	2006	1995	2006	
Lavouras permanentes	29	x	0,06	x	X
Lavouras temporárias	33.756	38.697	75,1	93,38	1,25
Pastagens	8.372	2.605	18,63	6,29	-10,07

Nota: Os dados das Unidades Territoriais com menos de 3 (três) informantes estão desidentificados com o caractere X.

Fonte: IBGE - Censos Agropecuários de 1995 e 2006.

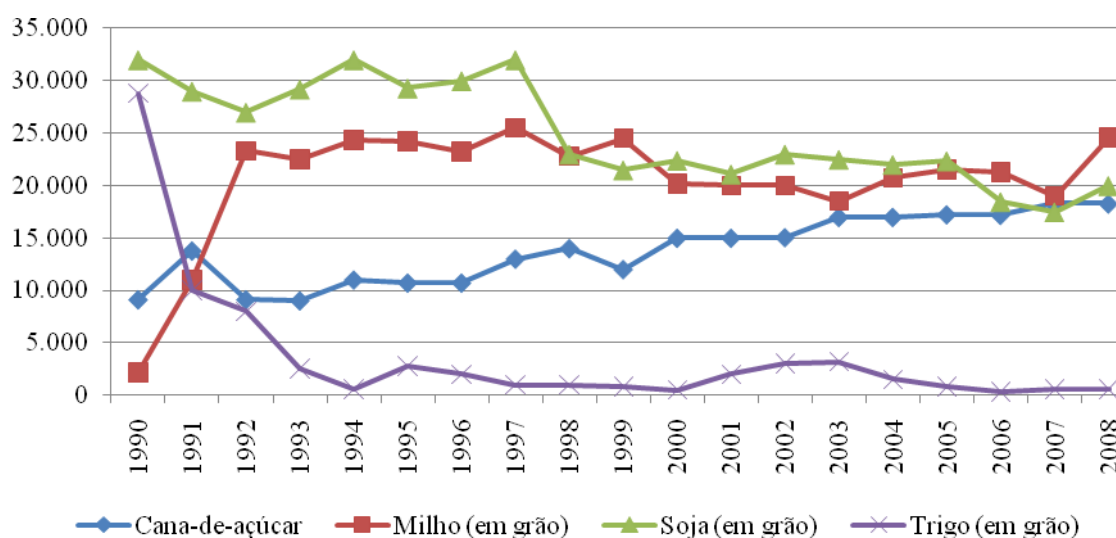


Figura 5: Área plantada com os principais tipos de lavoura temporária, no município de Maracá/SP.

A lavoura de cana-de-açúcar se mostra como sendo a principal nas propriedades que possuem solo de textura arenosa, e a de soja/milho para as áreas com solos argilosos. De acordo com informações levantadas junto aos produtores, nota-se que a escolha pelo tipo de produção a ser praticada está mais relacionada ao histórico de produção, que à adoção de novos tipos de culturas. A mudança nos valores de áreas que produzem determinado tipo de cultura, como é o caso do aumento da área destinada à produção da cana-de-açúcar, está associada ao arrendamento ou à venda das terras. A opção pelo arrendamento para a cultura de cana-de-açúcar ou de soja está relacionada à lucratividade que cada uma poderá oferecer ao dono da propriedade. No caso de venda, a adoção de determinado tipo de cultura, está ligada ao histórico de produção do comprador e também às potencialidades (naturais e logísticas) da área.

Na área do município verifica-se que as plantações de cana-de-açúcar se localizam, principalmente, na parte oeste do município, se concentrando nas áreas de solos mais arenosos, mas não se restringindo a estes. Esta localização se deve à proximidade com usinas

de transformação da cana-de-açúcar, sendo que no município de Maracá há apenas uma usina instalada – as demais usinas para onde é direcionada a produção do município estão localizadas nos municípios de Paraguaçu Paulista e Tarumã.

Observa-se que as áreas próximas às usinas são densamente ocupadas por lavouras de cana-de-açúcar, devido às fortes pressões que estas usinas passam a exercer nas terras vizinhas. Isso ocorre porque este tipo de cultura possui uma elevada especificidade locacional, na qual a sua produção a mais de 50 km da usina inviabiliza o seu processamento, devido aos altos custos de transporte. Além desta especificidade locacional, existe a ainda a especificidade temporal, pois a cana queimada precisa ser esmagada rapidamente sob pena de ir perdendo qualidade (WAACK & NEVES, 1998).

Nota-se que apesar da cultura de cana-de-açúcar trazer benefícios econômicos, é necessário observar as reais consequências deste cultivo, que implica, não só em desgaste do solo (compactação, intensificação de erosão, grande volume de corretivos aplicados e etc.) (ALVES *et al.*, 2009b), como também a substituição dos cultivos, em áreas que antes eram destinadas a produção de alimentos (BIGOTTO, 2008).

As lavouras permanentes são inexpressivas no município, se resumindo a alguns hectares destinados principalmente à produção de banana (IBGE, 2009d). A produção pecuária também se mostra pouco expressiva no município, sendo que a área destinada a este uso foi bastante reduzida entre os anos de 1995 e 2006 (Tabela 3). A principal utilização é para a criação de bovinos e galináceos, sendo que ambos apresentam uma grande redução no efetivo de rebanhos, entre os anos de 1974 e 2008 (Figura 6).

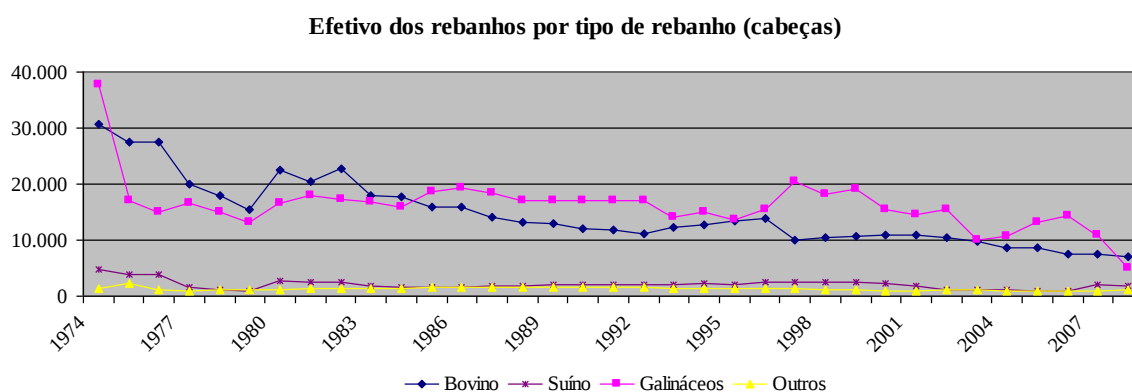


Figura 6: Efetivo dos rebanhos (nº de cabeças), por tipo de rebanho, entre os anos de 1974 e 2008.

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal.

No que diz respeito ao número de estabelecimentos rurais, de acordo com o tipo de utilização das terras (Tabela 4), observa-se que tem ocorrido uma grande concentração de

terras, pois em 1995 o município possuía 519 estabelecimentos agropecuários e passou a apresentar 279 no ano de 2006, sendo que a maior concentração observada ocorre nas unidades destinadas a lavouras permanentes e temporárias (IBGE, 2009e).

Tabela 4: Número de estabelecimentos agropecuários por utilização das terras, no município de Maracá/SP, nos anos de 1995 e 2006.

Utilização das terras	Nº de estabelecimentos		%		TCG
	1995	2006	1995	2006	
Total	519	279	100	100	-5,49
Lavouras permanentes	54	2	10,4	0,72	-25,89
Lavouras temporárias	420	140	80,92	50,18	-9,50
Pastagens	307	131	59,15	46,95	-7,45

Fonte: IBGE - Censos Agropecuários de 1995 e 2006.

No que diz respeito à área dos estabelecimentos agropecuários, verifica-se que ocorre uma maior concentração no número de propriedade que possuem menos de 20 ha, totalizando 50,2%, os outros 49,8% dos estabelecimentos possuem mais de 20 ha, com maior porcentagem de estabelecimentos com mais 100 ha (Tabela 5). Observa-se que os estabelecimentos com mais de 20 ha possuem 94% da área total do município destinada à produção agropecuária (IBGE, 2009).

Tabela 5: Número de estabelecimentos agropecuários por grupos de área total, no município de Maracá/SP, no ano de 2006.

Área total	Nº de estabelecimentos	%
Total	279	100
Menos de 10 ha	98	35,1
10 a 20 há	42	15,1
20 a 50 há	46	16,5
50 a 100 ha	34	12,2
Mais de 100 ha	54	19,4
Produtor sem área	5	1,8

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário de 2006.

Os grupos de atividades econômicas que concentram o maior número de propriedades são as lavouras temporárias e a criação de animais, que inclui a pecuária, que mesmo sendo pouco expressiva encontra-se bem distribuída nas propriedades do município (Tabela 6). Observa-se que a lavoura temporária é praticada, principalmente nas propriedades que possuem área acima de 20 ha, totalizando quase 40% de total geral de propriedades, e 79% das propriedades que possuem lavoura temporária. Já a pecuária e criação de outros animais, é

exercida, principalmente em propriedade com menos de 20 ha, correspondendo a 38% do total de propriedades do município e 80% das propriedades que desenvolvem a pecuária (Figura 7).

Tabela 6: Número de estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica e grupos de área total, no município de Maracá/SP, no ano de 2006.

Grupos de atividade econômica	Número de estabelecimentos						
	Total	Menos de 10 ha	10 a 20 ha	20 a 50 ha	50 a 100 ha	Mais de 100 ha	Produtor sem área*
Total	279	98	42	46	34	54	5
Lavoura temporária	140	12	18	31	30	49	-
Horticultura e floricultura	5	4	-	1	-	-	-
Lavoura permanente	2	0	-	1	1	-	-
Pecuária e criação de outros animais	131	81	24	13	3	5	5
Aquicultura	1	1	-	-	-	-	-

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário de 2006.

* Produtores sem área são empregados que administram suas próprias atividades econômicas em áreas de propriedade de seus patrões, sem se enquadrarem em outra condição de produtor (arrendatário, parceiro, ocupante, proprietário).

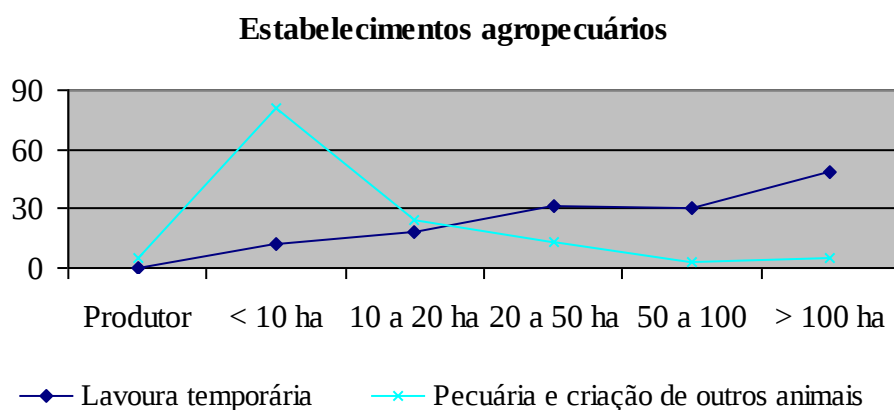


Figura 7: Número de estabelecimentos agropecuários ocupados com lavoura temporária ou pecuária, por grupos de área total.

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário de 2006.

O sistema de preparo do solo mais empregado no município é o plantio direto na palha (Tabela 7), os cultivos convencional e mínimo também são utilizados no município, se concentrando principalmente nas propriedades com menos de 20 ha. As propriedades que não utilizam sistema de preparo de solo são, principalmente, as que empregam como atividade econômica a pecuária e criação de outros animais, mas também 3 propriedades de lavoura

temporária, 2 de horticultura e floricultura, 1 de lavoura permanente e 1 de aquicultura (IBGE, 2009e).

Tabela 7: Número de estabelecimentos agropecuários por sistema de preparo do solo e grupos de área total, no município de Maracá/SP, no ano de 2006.

Sistema de preparo do solo	Número de estabelecimentos						Produtor sem área*
	Total	Menos de 10 ha	10 a 20 ha	20 a 50 ha	50 a 100 ha	Mais de 100 ha	
Total	279	98	42	46	34	54	5
Cultivo convencional (aração mais gradagem) ou gradagem profunda	16	7	0	1	3	5	0
Cultivo mínimo (só gradagem)	9	1	2	0	1	5	0
Plantio direto na palha	132	7	20	32	28	45	0
Não utiliza	127	83	21	13	3	2	5

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário de 2006.

* Produtores sem área são empregados que administram suas próprias atividades econômicas em áreas de propriedade de seus patrões, sem se enquadrarem em outra condição de produtor (arrendatário, parceiro, ocupante, proprietário).

O plantio em nível é o tipo de prática agrícola mais empregada no município, mas também se destaca o uso de terraços. Observa-se que, por vezes, os vários tipos de práticas agrícolas são combinados, visando uma melhor conservação dos solos (Tabela 8). As práticas de rotação de culturas e pousio, que são consideradas de vital importância, por se apresentarem muito significativas para a conservação dos solos, são pouco empregadas, sendo que sua maior utilização se dá em propriedades com mais de 100 ha.

Tabela 8: Número de estabelecimentos agropecuários por tipo de prática agrícola e grupos de área total, no município de Maracá/SP, no ano de 2006.

Tipo de prática agrícola	Número de estabelecimentos						Produtor sem área*
	Total	Menos de 10 ha	10 a 20 ha	20 a 50 ha	50 a 100 ha	Mais de 100 ha	
Total	279	98	42	46	34	54	5
Plantio em nível	148	13	19	33	31	52	-
Uso de terraços	141	12	20	32	28	49	-
Rotação de culturas	79	2	8	17	13	39	-
Uso de lavouras para reforma e/ou renovação e/ou recuperação de pastagens	6	-	1	1	-	4	-
Pousio ou descanso de solos	4	-	-	-	1	3	-
Queimadas	3	-	-	-	-	3	-

Proteção e/ou conservação de encostas	65	10	11	16	18	10	-
--	----	----	----	----	----	----	---

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário de 2006.

* Produtores sem área são empregados que administram suas próprias atividades econômicas em áreas de propriedade de seus patrões, sem se enquadrarem em outra condição de produtor (arrendatário, parceiro, ocupante, proprietário).

O plantio da lavoura de soja ocorre entre os meses de outubro e dezembro, utilizando-se do plantio direto. Em setembro são realizadas as aplicações de calcário e/ou gesso que ocorrem a cada dois ou três anos em média, e normalmente associadas à correção se faz uso da subsolagem, no intuito de melhorar a incorporação dos elementos corretivos. Estes tratos estão associados à cultura de soja, por essa apresentar, segundo os agricultores, os maiores rendimentos. Em algumas propriedades pode-se observar o cultivo de milho, durante o verão, mas isso não é uma prática comum no município. Utiliza-se a cultura de milho, normalmente no inverno, denominada de milho safrinha. Este plantio ocorre entre os meses de fevereiro a abril, e geralmente só é realizado sobre a palhada, com alguma aplicação de fertilizante. O plantio do trigo, quando cultivado, é realizado entre os meses de abril e maio, sendo utilizado apenas como cultura de inverno; é utilizado para áreas consideradas “praguejadas” (com muitas “ervas daninhas”), pois seu porte facilita os tratos culturais sem que ocorram muitos danos nas plantas; ultimamente não tem se mostrado como uma alternativa viável, devido aos altos custos para a sua produção.

Os demais tratos culturais incluem a pulverização, que pode possuir diversas naturezas: 1- dessecação, que é realizada aproximadamente 20 dias antes do plantio, no intuito de eliminar ervas consideradas “daninhas” e também os resíduos da cultura anterior, oriundos de sementes caídas durante a colheita, que podem ter germinado ou estar em processo de germinação; 2- herbicida, para controlar determinadas “ervas daninhas” que prejudicam o desenvolvimento da cultura; 3- pesticida que combate normalmente insetos, que se instalam na cultura, prejudicando o seu desenvolvimento; 4- fungicida, que combate a “ferrugem asiática” e outras “doenças de final de ciclo”. Durante o desenvolvimento das culturas, em geral se realizam de quatro a cinco pulverizações, sem contar a dessecação realizada antes do plantio, que podem ser com um objetivo específico (aplicação de herbicida), ou com propósitos combinados (pesticida e fungicida), e que são efetuadas durante todo o ciclo da cultura.

5.2. Características do meio físico

O município de Maracá apresenta diferenças em sua paisagem expressas diretamente na cobertura pedológica, as variações são derivadas da relação solo/relevo, que por sua vez recebe contribuições da geologia local. O contexto pedológico da área torna perceptível a diferenciação de diferentes compartimentos (Figura 8), visíveis principalmente na escala local. Para tanto, procurou-se principalmente as diferenciações visíveis em campo e que na verdade são reflexo das diferenças dos elementos físicos da paisagem, destacando-se como elementos significativos o solo (Figura 9), o relevo (representados aqui pela hipsometria e declividade) (Figuras 10 e 11) e a geologia (material de origem). Através das observações em campo e do material cartográfico da área, procedeu-se com a compartimentação em quatro unidades, que são áreas caracterizadas por estruturas geoecológicas e socioeconômicas particulares. Dessa forma, foi possível definir compartimentos distintos, a saber:

1- Compartimento Cervo: localizado na porção nordeste do município, possui a maior diversidade de solos de todos os compartimentos; apresenta desde solos arenosos até solos argilosos, desenvolvidos em relevo suavemente ondulado. Destacando-se os seguintes tipos de solos LATOSSOLO VERMELHO, NITOSSOLO VERMELHO férrico, ARGISSOLO VERMELHO, LATOSSOLO VERMELHO férrico. Possui uma variação altimétrica de 180 metros e uma área de 27.248 ha.

2- Compartimento Anhumas: situado na porção central do município, cortado pelo Compartimento Barra Mansa. É caracterizado pela dominância de solos muito argilosos e espessos, derivados de rochas basálticas, em relevo suave. Os principais solos são LATOSSOLO VERMELHO férrico e NITOSSOLO VERMELHO férrico. Possui uma variação altimétrica de 120 metros e uma área de 18.165 ha.

3- Compartimento Barra Mansa: localizado no centro do município, é caracterizado pela dominância de solos muito argilosos, oriundos do basalto, com relevo mais dissecado, originando solos mais rasos. Destacam-se os seguintes tipos de solos: NITOSSOLO VERMELHO férrico, que pode ou não se apresentar como latossólico; e NEOSSOLO LITÓLICO. Possui uma variação altimétrica de 140 metros e uma área de 2.504,6 ha, apresentando a segunda maior variação de altitude e a menor área, evidenciando seu maior entalhamento.

4- Compartimento Três Cantos: situada na porção sudoeste do município. É caracterizado por solos areno-argilosos e argilosos, desenvolvido em relevo plano. Onde domina o LATOSSOLO VERMELHO. Possui uma variação altimétrica de 40 metros e uma área de 5.659 ha.

Cada compartimento será descrito na sequência, com maior riqueza de informação.

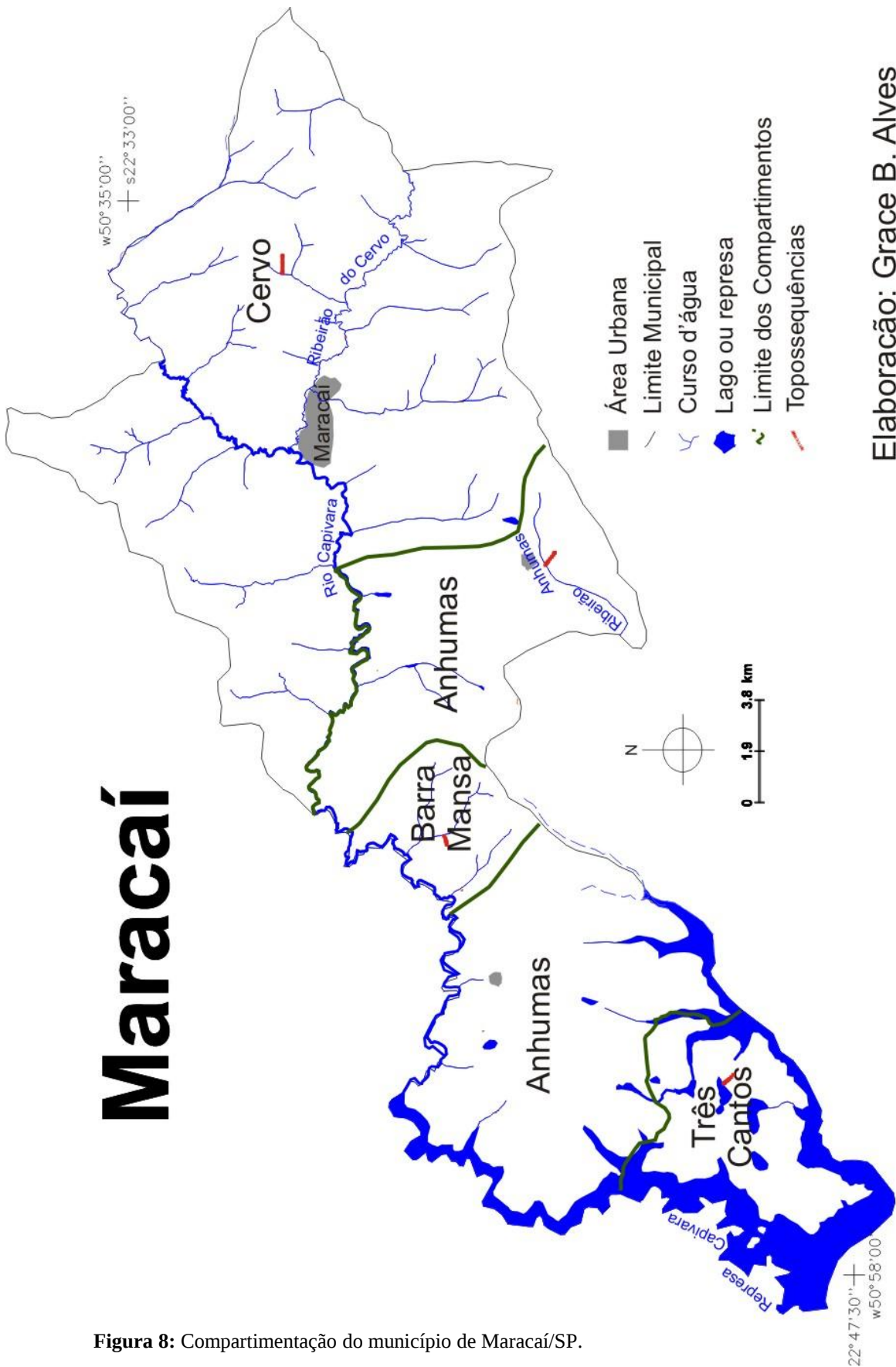


Figura 8: Compartimentação do município de Maracáí/SP.

Carta de Solos Texturizada do Município de Maracá/SP

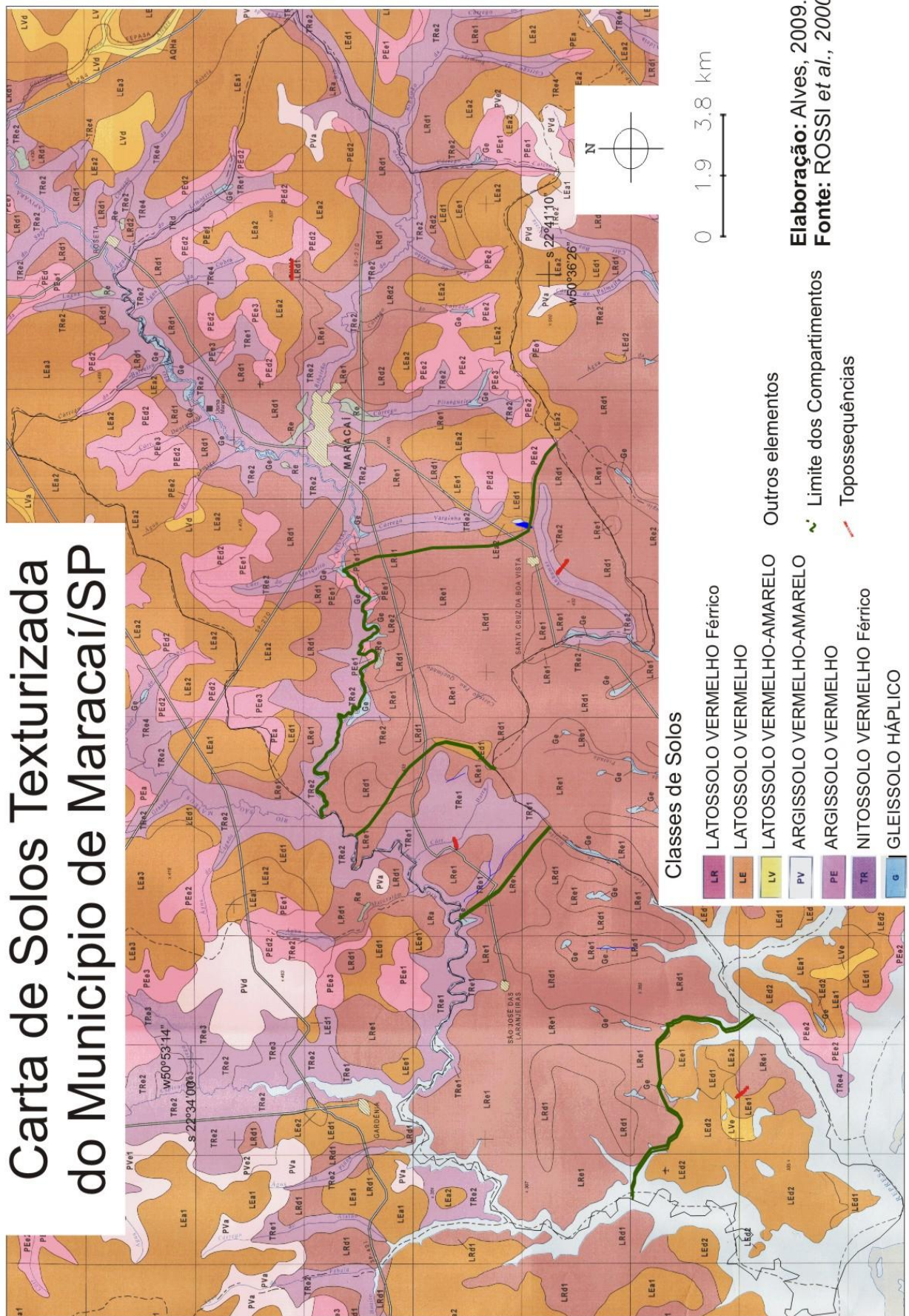


Figura 9: Solos do município de Maracá/SP.

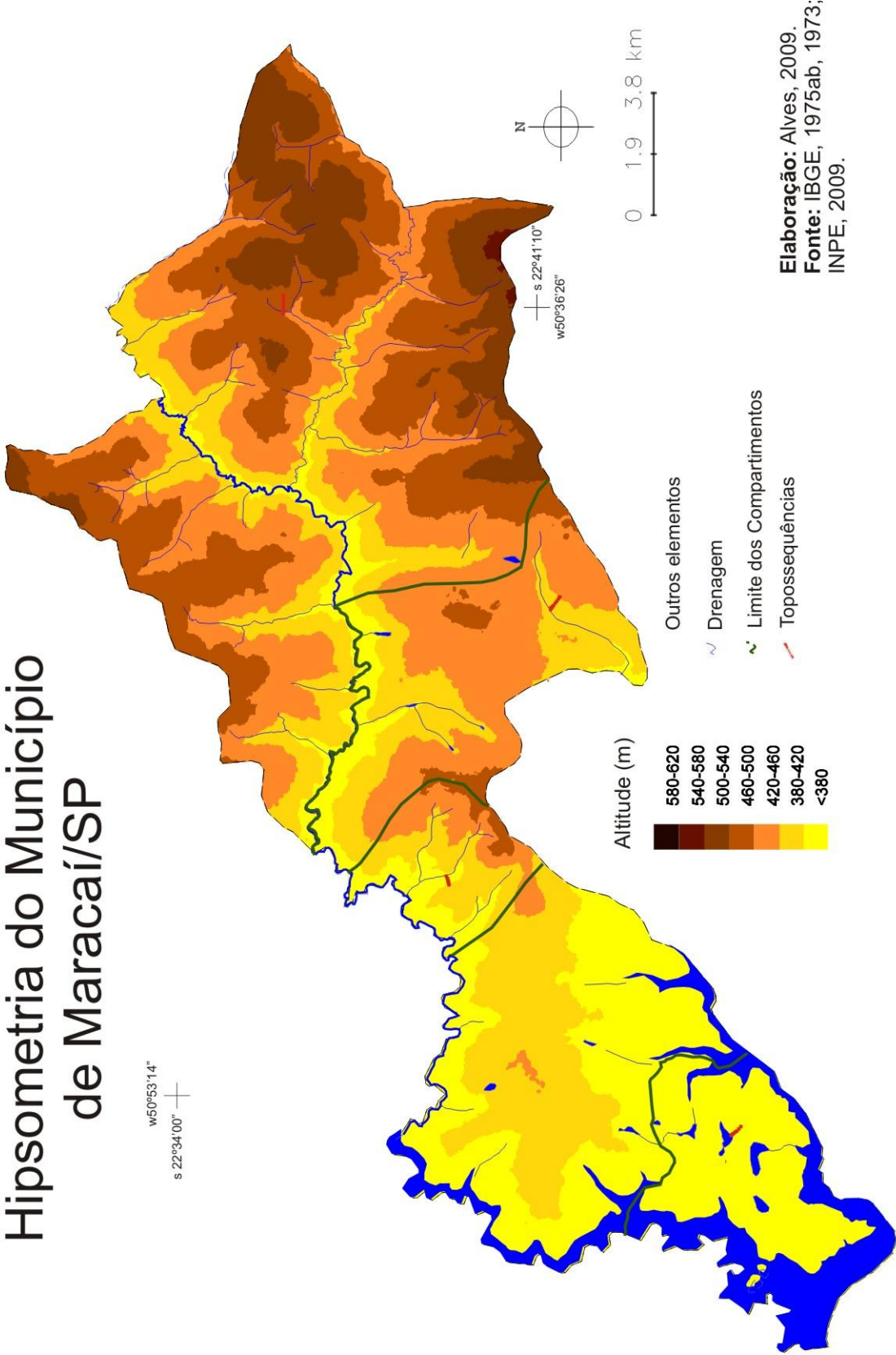


Figura 10: Hipsometria do município de Maracáí/SP.

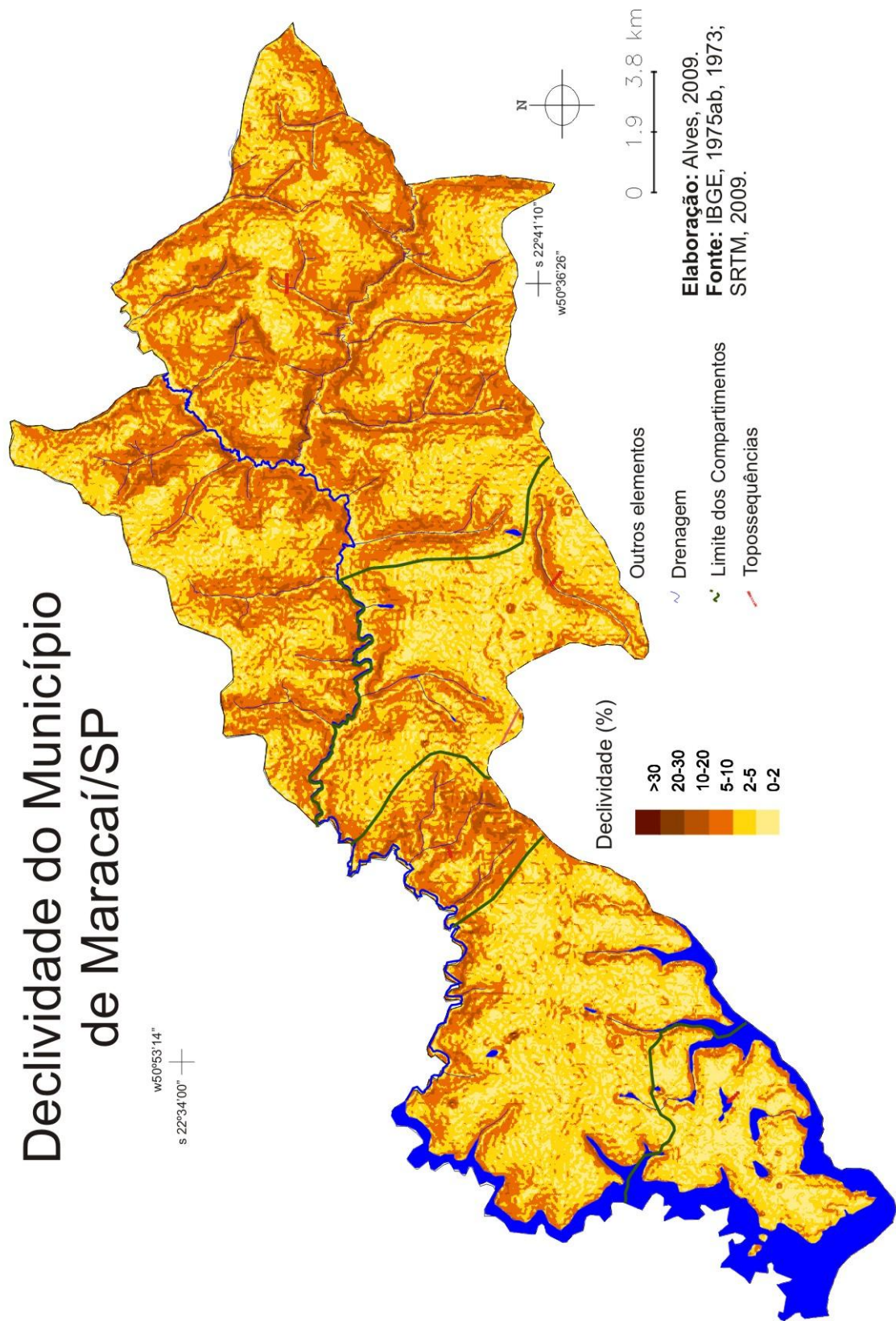


Figura 11: Declividade do município de Maracáí/SP.

5.3. Compartimentos morfopedológicos

5.3.1. Compartimento Cervo - 1

Este compartimento localiza-se na porção nordeste do município de Maracaí e limita-se com o compartimento Anhumas ao sul. Os canais de drenagem mais importantes são o ribeirão do Cervo e o rio Capivara, compreendendo também a confluência destes, que ocorre na área urbana de Maracaí. Este compartimento encontra-se inteiramente na bacia do rio Capivara.

Caracteriza-se por uma grande diversidade de solos, que frutos do contato litológico entre arenitos da Formação Adamantina e basaltos da Formação Serra Geral. O arenito encontra-se recobrindo o basalto, aparecendo, portanto, nas partes mais altas do município. Na área não foi possível observar nenhum afloramento do arenito e em sondagens que chegaram a quatro metros (ponto 3) não foi possível encontrar vestígios de alterações do arenito, sugerindo que este foi inteiramente intemperizado, permanecendo apenas as formações superficiais advindas desta litologia. Já os afloramentos de basaltos são facilmente encontrados em áreas onde houve um maior entalhamento da drenagem, e em locais que apresentam solos mais rasos (Figura 12).



Figura 12: Afloramento de basalto em posição de topo.

Autor: Nakashima, M. R., 2009.

Devido a este contato, constata-se a presença de solos arenosos nas áreas mais altas, passando para solos de textura média, na média vertente, e chegando a solos argilosos na baixa vertente (Figura 13). O sistema pedológico predominante neste compartimento é composto pela sequência de solos LATOSSOLO VERMELHO e NITOSSOLO VERMELHO férrico, mas outras sequências de solos também são muito frequentes, como é o caso das seguintes: LATOSSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO e NITOSSOLO

VERMELHO férrico; e LATOSSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO, LATOSSOLO VERMELHO férrico e NITOSSOLO VERMELHO férrico. Ainda é possível encontrar outros tipos de solos, como é o caso do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, NEOSSOLO LITÓLICO (SOLO LITÓLICO) E GLEISSOLO HÁPLICO (GLEISSOLO).



Figura 13: Áreas com solo arenoso no topo e argilosos na média baixa vertente.
Autor: Alves, GB, 2009.

A diversidade de solos se reflete também numa diversidade de vertentes, que apresentam formas e dimensões variadas, possuindo desde vertentes com cerca de 500m, a vertentes mais longas, chegando a atingir 2.000m (Figura 14). O relevo se encontra um pouco mais dissecado que o dos compartimentos Anhumas e Três Cantos, provavelmente devido à fraca resistência dos solos arenosos, e da própria rocha que o originou, que são facilmente erodidos. Apresenta uma altitude que varia de 360 à 540m.

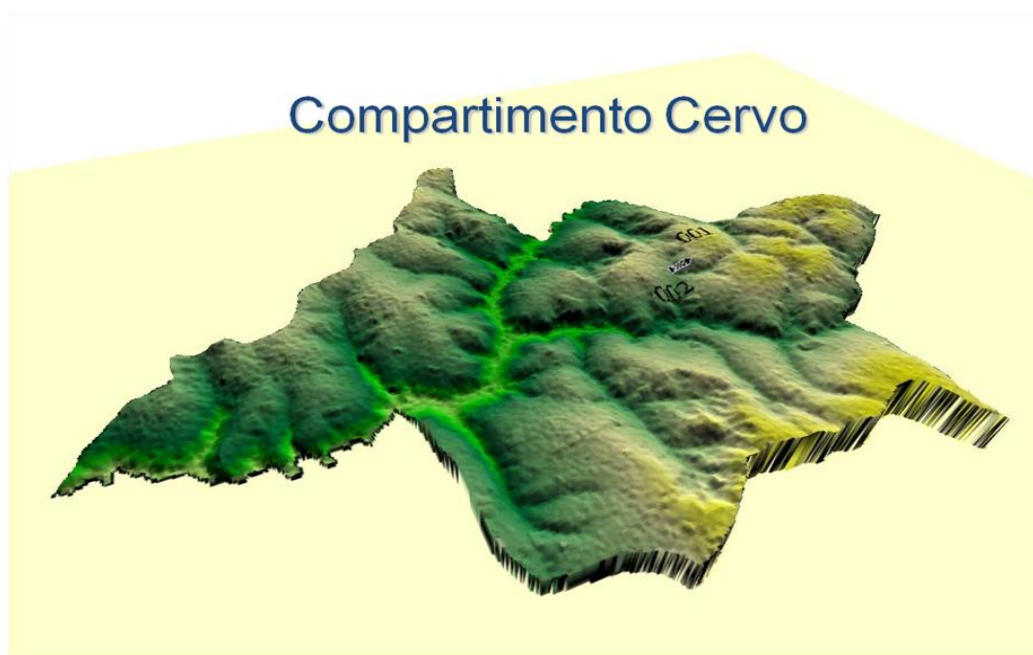


Figura 14: Modelo digital do terreno do compartimento Cervo, em Maracá/SP, e localização da topossequência.
Elaboração: Alves, GB, 2009.

Essa diversidade de solos acaba gerando outro tipo de diversidade na área, que é a de vegetação (ALVES *et al.*, 2009a), onde nas áreas de solos derivados de arenito, naturalmente menos férteis, ocorre a presença de uma vegetação mais adaptada a estas características, típica de Cerrado, enquanto nas áreas de solos mais férteis predomina uma vegetação mais densa, a Floresta Estacional Semidecidual. Observa-se ainda, que em áreas onde ocorre a presença de afloramentos rochosos ocorre a presença de cactáceas e bromeliáceas. A vegetação primária se encontra reduzida a pequenas áreas, predominando uma vegetação secundária e atividades agropecuárias. O principal uso é com a cultura de cana-de-açúcar, devido à presença de uma usina de açúcar e álcool, instalada neste compartimento.

A topossequência do córrego Palmitalzinho estudada no compartimento Cervo, em Maracá/SP (Figura 15), possui 650 metros de comprimento, com desnível de 32 metros. O perfil da vertente é convexo-retilíneo, tornando-se ligeiramente côncavo na baixa vertente. Apresenta três grandes horizontes: A, B latossólico e B nítico, que originam dois tipos de solos: o LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (Tr1) e o NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico (Tr2) (Figura 16).



Figura 15: Localização dos pontos de tradagem e trincheiras da topossequência Palmitalzinho, em um afluente do córrego Palmitalzinho.

Fonte: Google, 2010.

Adaptação: Alves, GB.

Topossequência de solos Palmitalzinho

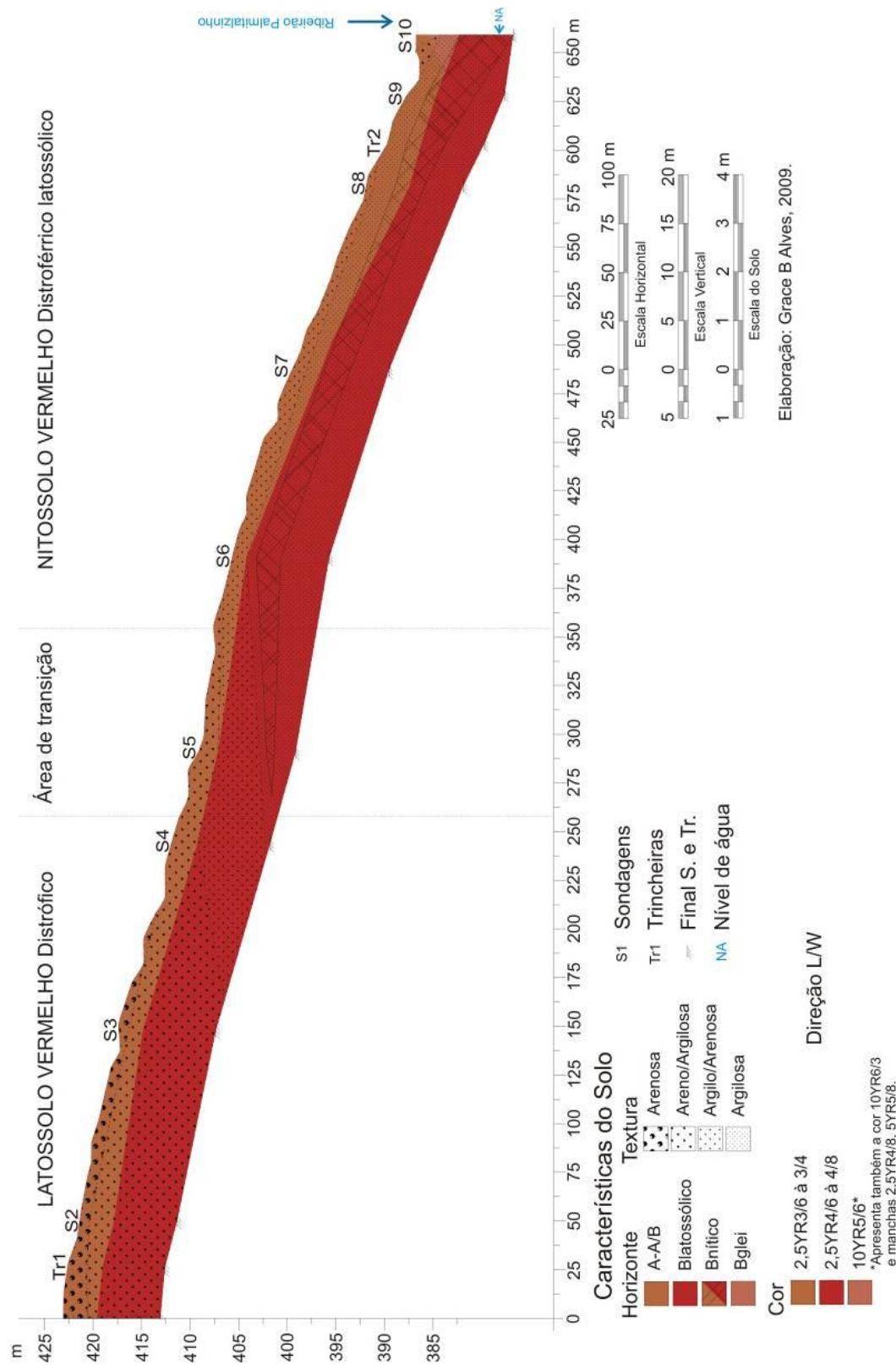


Figura 16: Representação da topossequência Palmitalzinho, no município de Maracá/SP.

Esta topossequência foi realizada na Fazenda Nossa Senhora da Conceição, de propriedade do senhor Pedro Kappaz, que produz cana-de-açúcar há mais de 20 anos na área. Opta por este tipo de cultura porque é a cultura que a família já adota há anos, apresentando as condições necessárias para este tipo de cultivo, e ainda por preferir culturas de ciclo longo. Adota o sistema de preparo convencional, que é executado a cada cinco ou seis anos, no momento do plantio, utilizando grade aradora (que atinge cerca de 30 cm), para incorporação da palha, e subsolador em profundidade de 40 cm, ou menos, dependendo dos dados obtidos com o penetrômetro (aparelho que avalia a resistência penetração apresentada pelos solos). Neste ano será testado na fazenda o plantio direto sobre a palhada.

O plantio é efetuado a cada seis anos, entre os meses de janeiro e abril, coincidindo com a entressafra da usina; cada plantio possibilita cerca de seis cortes. Em toda a fazenda é realizado o plantio de mais ou menos 20% da área por ano, ocorrendo uma reforma constante dos canaviais. A produtividade decai a cada corte, sendo que no primeiro se observa, em média, uma produtividade de 110 ton./ha, no segundo de 80 a 90 ton./ha, chegando a uma produtividade média de 60 ton./ha no quinto corte.

O plantio e a colheita são feitos manualmente, os demais tratos culturais são realizados por maquinários agrícolas. Entre os tratos culturais destaca-se: a aplicação de corretivos de acidez e adubação, que ocorrem anualmente após o corte da cana-de-açúcar e antes do plantio subsequente; e pulverização para aplicação de herbicida. O trânsito de equipamentos agrícolas, ainda se processa na distribuição da cana-de-açúcar para o plantio e na coleta da cana-de-açúcar cortada, realizado por uma “carregadeira” que descarrega em equipamento apropriado para o transporte até o caminhão que levará a produção até a usina.

Nesta fazenda realiza-se a observação da pluviosidade com suas respectivas anotações, hábito que já ocorre há vários anos, mas só recorrem aos dados quando ocorrem condições atípicas (período muito seco ou muito chuvoso), direcionando as observações para os dados dos últimos dez anos. São efetuadas análises químicas de rotina todos os anos, logo após o corte da cana-de-açúcar, que são utilizadas para a correção da acidez e adubação do solo. A coleta de amostra se processa diferenciadamente de acordo com as condições da área, realizando-se de 6 a 10 coletas por hectare, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm; na reforma do canavial (plantio); reúnem-se as coletas por hectares até a soma de cinco hectares; já para a manutenção, que é efetuada anualmente, as coletas abrangem uma área de dez hectares. As coletas são realizadas em ziguezague e originam uma única amostra por profundidade, podendo então, representar uma área de 5 ou 10 hectares.

Os dados das análises são utilizados para a aplicação de fertilizantes e corretivos que obedecem, normalmente, a seguinte composição de NKP (Nitrogênio, Potássio e Fósforo): 20-0-30, 25-0-25, 18-0-37 e 0-5-20, para aplicação processada após o corte (manutenção do canavial); e 5-25-25 e 8-30-10, na reforma do canavial. Quando ocorrem diferenças nas análises de um mesmo talhão aplica-se a mesma quantidade de corretivo e adubo no talhão, obedecendo às quantidades prescritas para a área com maiores necessidades. Verifica-se que esse comportamento ocorre pelo fato de que os produtores acreditam que as diferenças obtidas não são significativas, observando-se, por exemplo, uma prescrição de 1.500 toneladas de calcário para uma amostragem e 1.400 toneladas para outra, aplicando-se no caso, 1.500 toneladas em toda a área.

Na última correção de acidez do solo realizada em junho de 2009 na área da topossequência, foram aplicadas duas toneladas de calcário, uma de gesso e também torta de filtro, que segundo Cortez *et al.* (1992), trata-se de um subproduto do açúcar, que é

[...] proveniente do processo de clarificação do caldo, que tem sido uma fonte de matéria orgânica intensamente utilizada em substituição aos adubos minerais anteriormente adquiridos. Para cada tonelada de cana moída, são produzidos de 30 a 40 kg de torta de filtro. A composição da torta de filtro varia de acordo com vários fatores: variedade, solo, maturação da cana, processo de clarificação do caldo e outros. Dentre os nutrientes principais, podemos notar uma predominância de CaO, N e P₂O₅ e pouco de K₂O.

Efetuuou-se a aplicação de torta de filtro porque se constatou que a produtividade desta área se apresentou muito abaixo da expectativa, com uma produção de 50 ton./ha, quando o esperado era algo em torno 80 ton./ha, pois se tratava do segundo corte. Verifica-se na propriedade um controle rigoroso da produção, onde as médias de produção dos talhões são examinadas e quando ocorrem situações que fogem da normalidade são investigadas, como foi o caso na área da topossequência Palmitalzinho.

Segundo o funcionário responsável pelas etapas de produção, na área estudada ocorre uma diferença na produtividade, com melhores resultados na baixa vertente. Apesar destas observações empíricas a aplicação de fertilizantes se faz de forma homogênea em toda a extensão da área, e a calagem de acordo com as análises químicas, mas tendendo, também a sofrer uma homogeneização: as quantidades aplicadas possivelmente não condizem com as reais necessidades do terreno, podendo apresentar distorções devido à forma de amostragem.

O LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e o NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico apresentam valores de granulometria (Tabela 9) e de características químicas (Tabela 10 e 11), condizentes com os encontrados por Joaquim *et al.* (2003) para o

mesmo tipo de solo. O LATOSSOLO VERMELHO Distrófico apresentou uma densidade de partículas de $2,93 \text{ g/cm}^3$ e o NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico $3,02 \text{ g/cm}^3$.

Tabela 9: Granulometria dos horizontes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracá/SP.

Frações Granulométricas dos horizontes (%)		Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	A (0-47 cm)	16,37	7,95	60,49	15,19
	Bw ₁ (47-100 cm)	19,05	8,65	57,88	14,42
	Bw ₂ (100-200 cm)	20,93	5,50	60,77	12,81
NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico	A (0-30 cm)	39,68	22,39	30,45	7,48
	Bni (30-55 cm)	60,95	14,78	19,13	5,14
	Bni/w (55-90 cm)	56,82	17,18	21,18	4,82
	Bw (90-200 cm)	55,27	18,74	20,81	5,17

Tabela 10: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos, descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracá/SP.

	P mg dm ⁻¹	pH CaCl ₂ H ₂ O		H ⁺ + Al ⁺³ —————	Al ⁺³ —————	Ca ⁺² cmolc dm ⁻³	Mg ⁺² —————	K ⁺ —————	CTC	V %
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Bw ₁ (47-100 cm)	0,60	4,40	5,30	2,94	0,20	0,81	0,37	0,04	3,79	22,43
NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico Bni/w (90-200 cm)	0,70	4,90	5,50	3,42	0,00	2,80	1,45	0,02	6,24	45,19

Tabela 11: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos, descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracá/SP.

	Fe	Zn	Cu	Mn	S-SO ₄ ²⁻ ————— mg dm ⁻³ —————
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Bw ₁ (47-100 cm)	67,95	0,73	2,56	8,44	14,77
NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico Bni/w (90-200 cm)	92,58	0,62	15,19	33,79	12,62

Verifica-se que os dois tipos de solos encontrados na topossequência Palmitalzinho apresentam características químicas diferentes (Tabelas 10 e 11), sendo que o NITOSSOLO apresenta-se mais rico, tanto em micro, quanto macronutrientes, quando comparado ao LATOSSOLO, fato que, provavelmente está relacionado às suas respectivas posições na vertente, que condicionam a ação dos fluxos hídricos locais e de toda a evolução do sistema, além de sofrer interferência de práticas agrícolas, como a aplicação de corretivos e fertilizantes. Observa-se que não ocorre diferenciação na aplicação de corretivos e fertilizantes nos diferentes tipos de solos observados.

O horizonte A, que predomina ao longo de toda a vertente, varia em espessura de 45 cm a 60 cm; tem coloração vermelho-escura (2,5YR3/6), a bruno-avermelhado-escura (2,5YR3/4) em toda vertente. A textura passa gradualmente de média na alta/média vertente à argilosa na baixa vertente. Observa-se 16,37% de argila na trincheira 1 e 39,68% na trincheira 2 (Tabela 05). A estrutura é granular a angular, pequena a média, fraca a moderada ao longo de toda a vertente.

O horizonte B latossólico apresenta espessura média geralmente superior a 150 cm, diminuindo de espessura conforme se aproxima da média vertente. Este horizonte ocorre na alta vertente, passando progressivamente a B nítico, com aumento progressivo de argila. Lateralmente, a partir do topo e alta vertente, o horizonte B latossólico se desenvolve sotoposto ao horizonte A na alta vertente e ao horizonte B nítico na baixa, passando a ceder espaço a este. Apresenta coloração vermelha (2,5YR4/6 a 4/8), sua textura passa progressivamente de média a argilosa. A estrutura é microagregada.

O horizonte B nítico apresenta espessura que varia de 40 cm a mais de 100 cm, ele aparece após a ruptura de declividade e se espessa na baixa vertente. Lateralmente aparece abaixo do horizonte A e acima do horizonte B latossólico. Apresenta coloração vermelha (2,5YR4/6 a 4/8), e textura muito argilosa com 61% de argila (Tabela 05). A estrutura é granular a angular, apresenta cerosidade.

Abaixo do horizonte B nítico, descrito na Tr2, ocorre uma mudança gradual deste para o horizonte B latossólico, originando um horizonte B nítico/latossólico. Este horizonte é encontrado abaixo do horizonte B nítico e acima do B latossólico. Apresenta coloração vermelha (2,5YR4/6 a 4/8). A textura é argilosa, com 56% de argila (Tabela 06). A estrutura é sub-angular, com tendência a microagregada, apresentando traços de cerosidade.

Na baixa vertente, próximo ao canal de drenagem foram observada camadas de coloração variada, apresentando a seguinte sequência de cores: vermelho-escura (2,5YR3/6); bruno-amarelada (10YR5/6), com manchas vermelhas (2,5YR4/8); bruno-claro-acinzentada

(10YR6/3), com manchas vermelho-amarelado (5YR5/8); e vermelha (2,5YR4/8, 5/8); com textura média à argilosa.

No momento em que foram descritas as trincheiras (28/03/2009), o solo apresentava a cultura de cana-de-açúcar em ponto de corte e um pouco de palhada, proveniente da própria cultura de cana-de-açúcar (Figura 17). A reforma havia sido realizada há três anos, e a cana-de-açúcar estava pronta para o segundo corte. Na figura 16 é possível observar uma ruptura de declividade que ocorre na média vertente e que reflete a alteração dos solos. Na área foram observados sinais de erosão laminar, como manchas de areia lavada, sinalizando que o material mais fino foi retirado, deixando o grosso concentrado em alguns locais, principalmente na estrada (Figura 18).



Figura 17: a) Visão da topossequência Palmitalzinho, foto tirada a partir da média/baixa vertente. b) Topossequência Palmitalzinho, vista a partir da vertente oposta.

Autor: a) Nakashima, M. R., 2009; b) Alves, GB, 2009.



Figura 18: a) Material grosseiro, denotando erosão laminar. b) Magnetita presente no material grosseiro.

Autor: Alves, GB, 2009.

O perfil Cultural descrito no LATOSSOLO apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo até 47 cm (Figura 19 e 20), concentradas no horizonte A. Observou-se, no horizonte B, a presença de uma estrutura microagregada, onde não foi constatada a existência de volumes alterados pelo manejo, portanto, este não se encontra representado na figura 20.

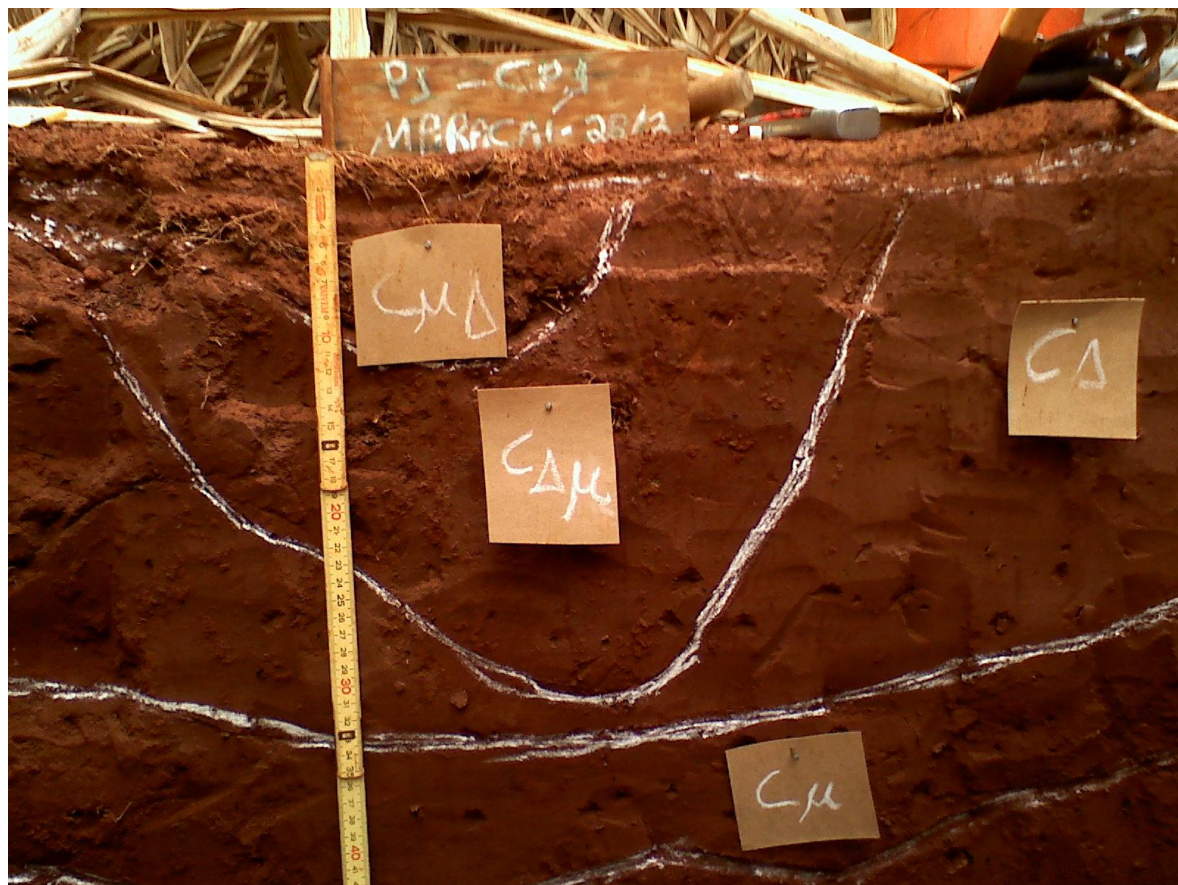


Figura 19: Volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).
Autor: Alves, GB, 2009.

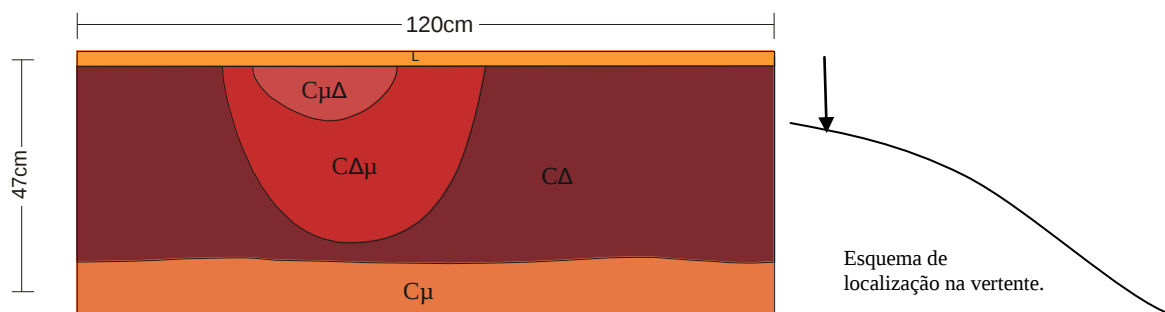


Figura 20: Representação dos volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).

O perfil se caracteriza por possuir uma camada livre, de mais ou menos 2 cm, composta por partículas de solo solto, palha, material decomposto e volumes maciços (Tabela

12). O volume $C\mu\Delta$ apresenta-se menos denso por ser a linha de plantio, sofrendo o efeito mecânico do sulco de plantio e também ação direta das raízes da cultura de cana-de-açúcar (Tabela 13). O volume $C\Delta\mu$ recebe menor intensidade de intervenção das raízes em relação ao $C\mu\Delta$ e apresenta maiores alterações nos dados de porosidade e densidade que o $C\Delta$, que se encontra nas entrelinhas do plantio; estes volumes receberam denominação diferenciada por apresentarem estrutura e estabilidade diferenciadas; no entanto a classificação não reflete a real diferença destes volumes, onde o $C\Delta\mu$ deveria apresentar melhores condições de porosidade e densidade do solo. O mesmo ocorre para o $C\mu$ que possui a maior densidade e também o menor valor de macroporosidade, neste caso pode ser que o fator umidade tenha influenciado durante a descrição do perfil criando uma “sensação” de menor adensamento. A descrição foi efetuada no final do mês de março, que é historicamente o quarto mês mais chuvoso da região (Figura 2), e segundo Santos *et al.* (2005), a expressão do arranjo estrutural de um solo varia com a umidade, fato que influencia também na consistência do solo (RUELLAN e DOSSO, 2005). Neste volume é provável que estes valores estejam associados à uma concentração de pressão que este volume tem acumulado ao longo do tempo, desenvolvendo uma estrutura mais adensada, onde as ações biológicas e mecânicas não se mostraram suficientes para alterar.

Tabela 12: Características dos volumes identificados no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
$C\mu\Delta$	granular, pequena, fraca,	estáveis		friáveis	NP/NP
$C\Delta\mu$	angular a laminar, média a grande, moderada a forte	estáveis	ligeiramente duros	pouco friáveis	NP/NP
$C\Delta$	angular, média/grande, orientados horizontalmente	pouco estáveis	duros	pouco friáveis	NP/NP
$C\mu$	sub-angular, pequena/média, fraca/moderada	instáveis	ligeiramente duros	friáveis	NP/NP

C: Maciço; $\mu\Delta$: em processo de compactação; $\Delta\mu$: compactados, mas que ainda guardam características do estado não compactado; Δ : compactados; μ : não compactos; NP/NP: não plástico e não pegajoso.

Tabela 13: Características físicas dos volumes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)			Total (Densidade)	Densidade do solo (kg dm^{-3})
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)		
$C\mu\Delta$	23,0	23,7	37,17	54,05	1,37

CΔμ	23,8	16,2	39,98	47,68	1,56
CA	24,0	21,0	45,07	48,72	1,53
Cμ	28,6	8,6	46,67	39,76	1,79

Densidade de partículas: 2,97 g/cm³.

Em estudo realizado por Araújo *et al.* (2004), no mesmo tipo de solo, mas em área de mata nativa e solo cultivado, observou-se que a mata apresentou valores de densidade menores (Figura 21) que os encontrados na maioria dos volumes analisados desta pesquisa; e na área cultivada os valores se apresentam maiores que os encontrados na Tr1, para a mesma profundidade. Alves *et al.* (2008) também encontrou valores semelhantes aos descritos por Araújo *et al.* (2004) para solos sob mata (1,48 kg dm⁻³ 0-15cm; e 1,37 kg dm⁻³ 15-40cm) enquanto em solo sob o cultivo de cana-de-açúcar, os valores variaram entre 1,6 kg dm⁻³ (20-40) e 1,8 kg dm⁻³ (0-20), maiores que aqueles verificados na Tr1. Apenas o volume Cμ apresentou valor de densidade do solo entre os considerados como críticos por Reichert *et al.* (2003), que varia de 1,6 e 1,8 kg dm⁻³ para solos arenosos.

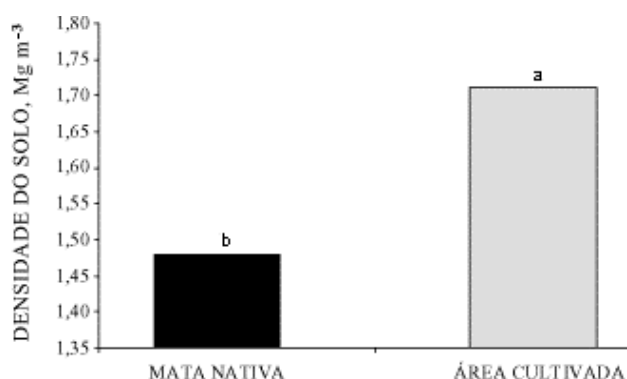


Figura 21: Valores médios de densidade de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, em área cultivada e sob mata nativa (Maringá/PR), na profundidade de 0-0,20. Valores seguidos por letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratam
Fonte: Araújo *et al.*, 2004.

O Perfil Cultural descrito no NITOSSOLO apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo a até 25 cm (Figura 22 e 23), concentradas no horizonte A; no horizonte B não foi observada a existência de volumes alterados pelo manejo.

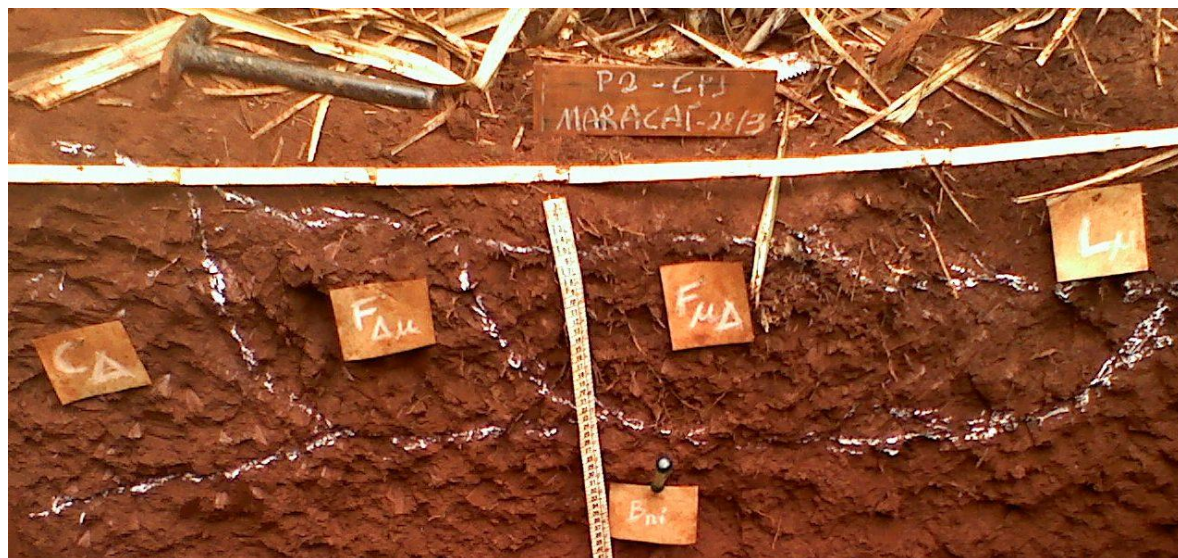


Figura 22: Volumes identificados na Trincheira 2 (NITOSSOLO).

Autor: Alves, GB, 2009.

O perfil descrito no NITOSSOLO apresenta volumes: livre (L), maciço (C) e dois fissurais (F) (Tabela 14). Os volumes L_{μ} e $F_{\mu\Delta}$ localizam-se na linha de plantio, sendo que o L_{μ} se apresenta mais solto, com os melhores valores de porosidade e densidade do perfil (Tabela 15). O $F_{\mu\Delta}$, mais profundo, encontra-se densamente povoado por raízes, fato que deveria lhe conferir melhores condições de porosidade e densidade do solo que o $F_{\Delta\mu}$, que apresenta uma quantidade menor de raízes e está nas entrelinhas de plantio, indicando que estes dados provavelmente estejam mascarados por $F_{\Delta\mu}$ apresentar mais macroporos, que em sua maioria são fissurais (Figura 24), o que lhe confere, desta forma, maiores porosidades e menor densidade do solo. O volume C_{Δ} apresentou maior densidade entre os volumes analisados por localizar-se nas entrelinhas do plantio, não sendo muito atingido pela ação das raízes, que agem no sentido de melhorar a estrutura do solo.

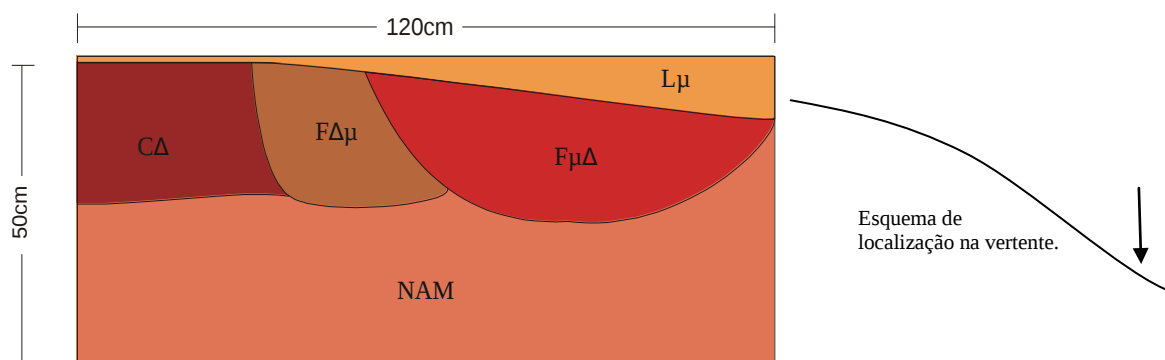


Figura 23: Representação dos volumes identificados na Trincheira 2 (NITOSSOLO).

Tabela 14: Características dos volumes identificados no NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
Lμ	grãos soltos	instáveis	-	muito friáveis	P/P
F$\mu\Delta$	granular com tendência à sub-angular, pequena/média, moderada/forte (Figura 23a)	estáveis	soltos	friáveis	P/P
F$\Delta\mu$	sub-angular a angular, média/grande, fraca, dispostas verticalmente (Figura 23b)	estáveis	duros	firmes	P/P
CA	angular, média/grande, moderada/forte	pouco estáveis	duros	muito firmes	P/P

L: Livre; **C:** Maciço; **F:** Fissural; **$\mu\Delta$:** em processo de compactação; **$\Delta\mu$:** compactados, mas que ainda guardam características do estado não compactado; **Δ :** compactados; **μ :** não compactos; **P/P:** plástico e pegajoso.

Tabela 15: Características físicas dos volumes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico na topossequência Palmitalzinho, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)				Densidade do solo (kg dm ⁻³)
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)	Total (Densidade)	
Lμ	32,3	23,0	57,02	55,34	1,30
F$\mu\Delta$	39,5	6,3	48,91	45,86	1,55
F$\Delta\mu$	37,3	11,6	48,96	48,90	1,54
CA	40,5	6,1	41,50	46,58	1,77

Densidade de partículas: 3,02 g/cm³.



Figura 24: Detalhe dos volumes alterados pelo manejo, no NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico. a) Volume F $\mu\Delta$. b) Volume F $\Delta\mu$.

Autor: Alves, GB, 2009.

Ao comparar os dados deste perfil com os alcançados por Assis e Lancas (2005), em trabalho realizado em um NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico, verifica-se que os

valores de densidade para área de mata – $1,05 \text{ kg dm}^{-3}$ (0-5cm) e $1,22 \text{ kg dm}^{-3}$ (10-15cm) – são menores que os encontrados nos volumes da Tr2, e mesmo os valores da área de cultivo encontrados pelo autor – $1,06 \text{ kg dm}^{-3}$ (0-5cm) a $1,36 \text{ kg dm}^{-3}$ (10-15cm) – também se apresentam menores que os observados na Tr2. Apenas o volume CΔ apresenta um valor de densidade do solo acima do considerado como crítico para solos argilosos ($1,4$ e $1,6 \text{ kg dm}^{-3}$) (REICHERT *et al.*, 2003).

Verifica-se que na topossequência Palmitalzinho ocorre uma mudança lateral do solo, onde o horizonte B latossólico, passa gradativamente a B nítico/latossólico, com mudança de textura, mas sem que haja uma mudança de coloração. Essas mudanças ocorrem conjuntamente com uma ruptura na declividade da vertente, demonstrando que a alteração na relação das transferências de materiais existentes no interior do *continuum*, que influenciam na dinâmica hídrica existente no local, está refletida no modelado.

Observou que na área ocorrem alterações nas propriedades físicas dos solos ocasionadas pelo uso e manejo, sendo que nas entrelinhas da cultura de cana-de-açúcar, foram observadas as maiores alterações, e no caso do LATOSSOLO, na camada abaixo de 30 cm, se observou as maiores alterações.

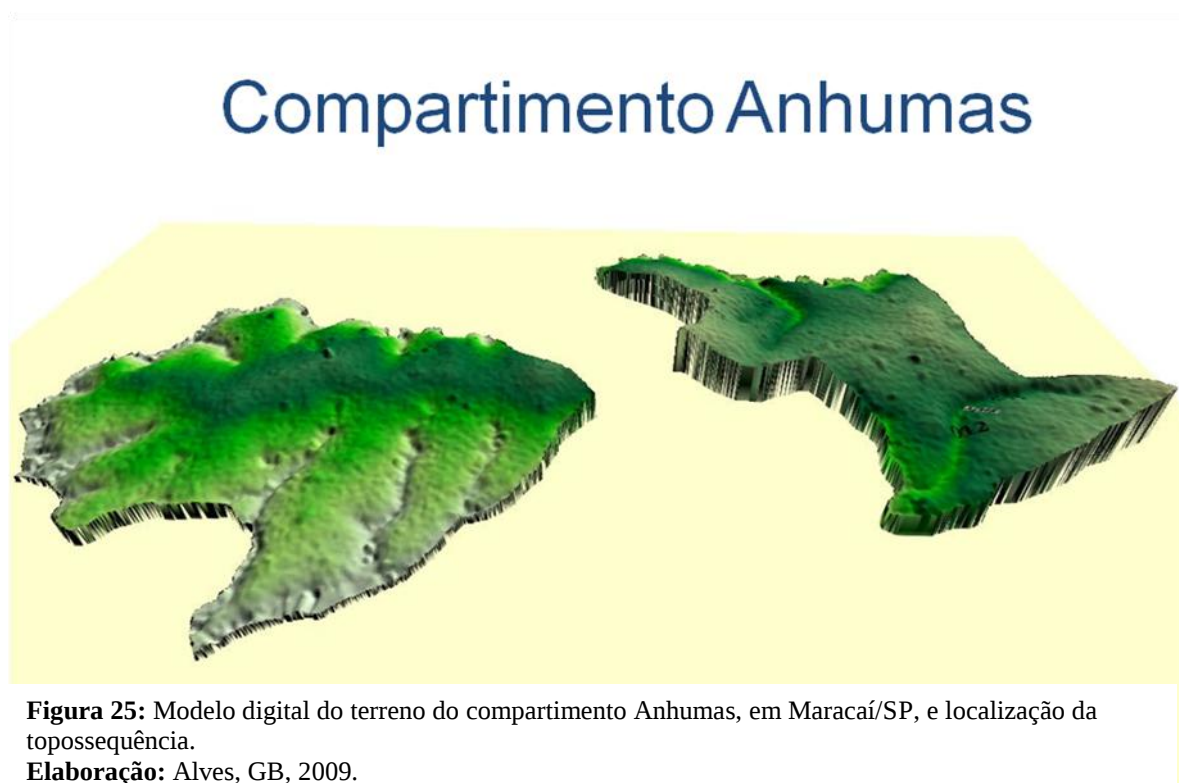
Verificou-se que o NITOSSOLO e LATOSSOLO, apresentam resultados de características físicas diferenciados, evidenciando que apesar destes solos receberem o mesmo tipo de uso e manejo, eles reagem de maneira diferenciada aos impactos antrópicos presentes na área. Tal fato está provavelmente relacionado ao tipo de estrutura que cada um destes solos apresenta, sendo que o LATOSSOLO possui uma estrutura granular no horizonte A e microagregada em profundidade, enquanto o NITOSSOLO apresentou em profundidade uma estrutura sub-angular, que cede espaço à uma estrutura microagregada em profundidade. Esta diferença estrutural existente principalmente no horizonte B, provavelmente, encontra-se refletida no horizonte A, denotando-lhe características de alteração diferenciadas.

O LATOSSOLO apresentou maiores valores de macroporosidade que o NITOSSOLO, demonstrando que a diferença textural e estrutural conferem-lhe características de porosidade diferenciadas, principalmente no que diz respeito às alterações ocasionadas pelo uso e manejo. Estas diferenças imprimem diferentes alterações, onde o LATOSSOLO de textura arenosa apresenta volumes em geral maciços, e o NITOSSOLO tende a apresentar, na maior parte das vezes volumes fissurados e expressiva quantidade de microporos.

5.3.2. Compartimento Anhumas - 2

Este compartimento localiza-se na porção central do município de Maracaí, tendo sua área permeada pelo compartimento Barra Mansa. O compartimento é composto pelo interflúvio entre o rio Capivara e o ribeirão Anhumas, estando a maior parte concentrada na bacia do ribeirão Anhumas.

Neste compartimento predominam colinas amplas e baixas, com vertentes longas, apresentando, na maioria das vezes, mais de 1.000 metros de comprimento, convexo-retilíneas, com topos convexos ligeiramente aplainados e declividades abaixo de 10%. Apresenta um desnível de 120m, com variações de 340 à 460m (Figura 25).



Ocorre uma dominância de solos muito argilosos e bastante espessos, derivados de rochas basálticas em relevo suavemente ondulado, caracterizados pelo sistema pedológico composto pela sequência de solos LATOSSOLO VERMELHO férrico, NITOSSOLO VERMELHO férrico (Figura 26). O primeiro se encontra na alta e média vertente, e o segundo exclusivamente na baixa vertente. Ainda é possível encontrar outros tipos de solos, como é o caso do LATOSSOLO VERMELHO, NEOSSOLO FLÚVICO e GLEISSOLO HÁPLICO.



Figura 26: Área com domínio do LATOSSOLO, apresentando NITOSSOLO apenas na baixa vertente.
Autor: Alves, GB, 2009.

A vegetação primária desta área é a Floresta Estacional Semidecidual que se encontra reduzida a pequenas manchas, predominando no compartimento a vegetação secundária e atividades agropecuárias. Os principais usos são: cana-de-açúcar e soja/milho. Há um predomínio da cultura de cana-de-açúcar na porção nordeste deste compartimento; este tipo de cultura encontra-se próximo às rodovias que ligam Maracá a outras localidades, fato relacionado à logística empregada no escoamento da produção; já no restante do município passa a predominar a cultura de soja/milho.

A topossequência do alto curso do ribeirão Anhumas, estudada em Maracá/SP (Figura 27), possui 1.700 metros de comprimento, onde os últimos 500 metros, próximos à drenagem, foram detalhados, por apresentarem uma maior variação lateral; possui um desnível total de 57 metros. O perfil da vertente é ligeiramente convexo-retilíneo, a topossequência apresenta três grandes horizontes: A, B latossólico e B nítico/latossólico, que originam dois tipos de solos: o LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (Tr1) e o NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico (Tr2) (Figura 28).

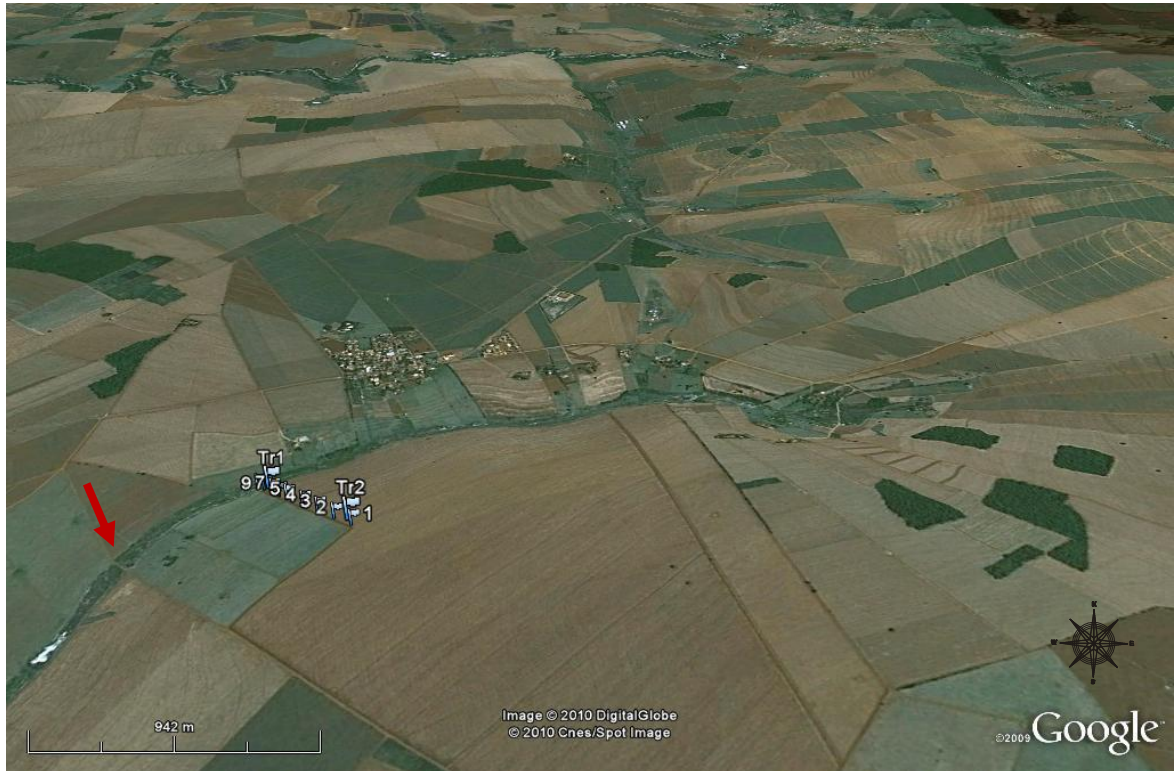


Figura 27: Localização dos pontos de tradagens e trincheiras, realizados na topossequência Anhumas no alto curso do ribeirão Anhumas.

Fonte: Google, 2010.

Adaptação: Alves, GB.

Topossequência de solos Anhumas

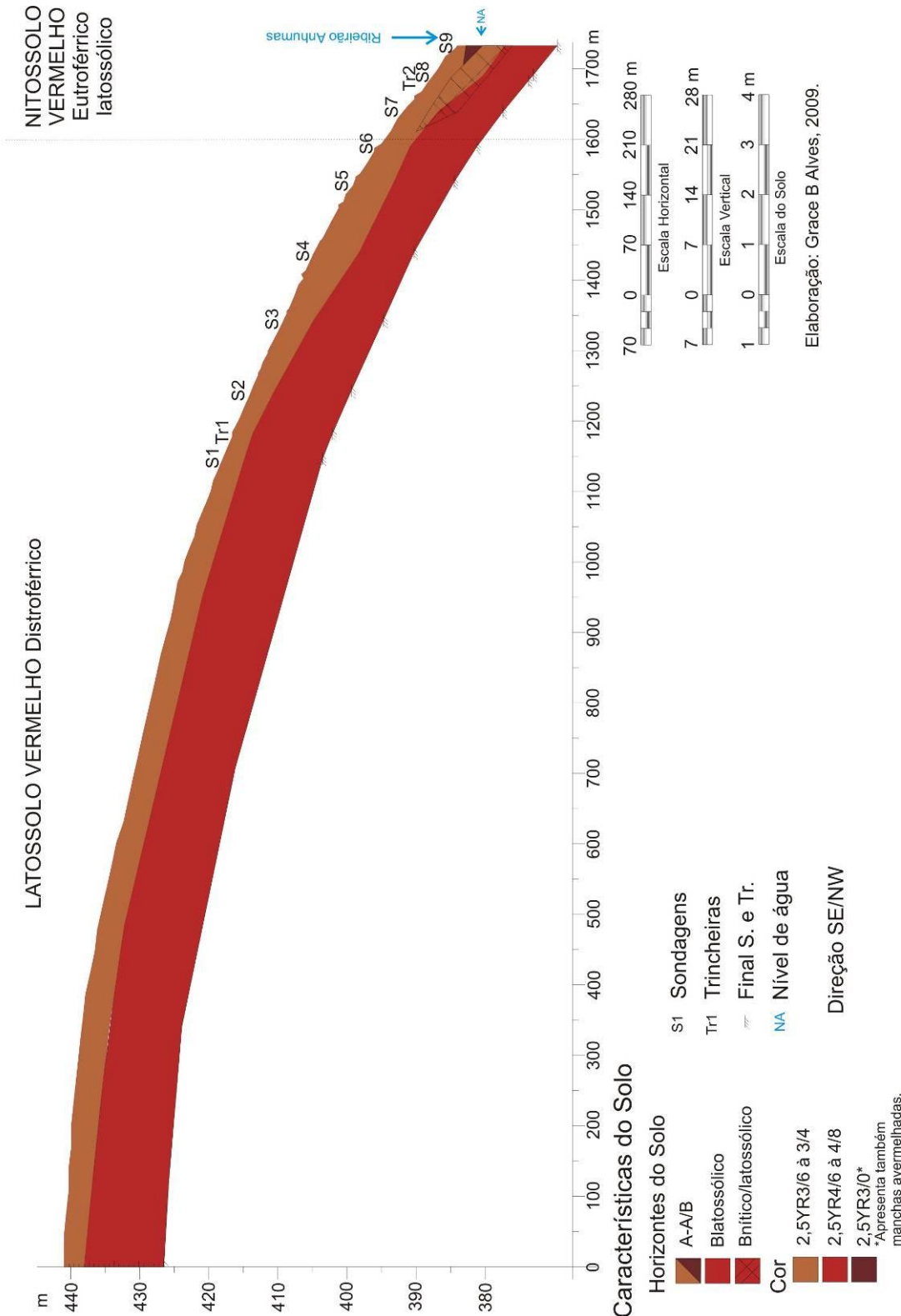


Figura 28: Representação da topossequência do ribeirão Anhumas, no município de Maracá/SP.

No final da topossequência ocorre uma pequena convexidade, não registradas durante o levantamento topográfico devido às condições alagadiças em que local se encontrava. Essa condição fica visível na figura 29, tomada à jusante da topossequência e cuja localização do ponto de visada da foto encontra-se indicada na figura 27.



Figura 29: Sopé da vertente, em área contígua a topossequência ribeirão Anhumas.

Autor: Nakashima, M. R., 2009.

A topossequência foi realizada na Fazenda Anhumas, que é uma propriedade arrendada para o cultivo de soja/milho há cinco anos, que utiliza o plantio direto como medida de economia, pois a adoção deste reduz os tratos culturais (gradagem e aração), e também evita processos erosivos. Adota-se o cultivo de soja/milho na área, nos últimos vinte anos, utilizando primeiramente a forma de cultivo convencional, com aração mais gradagem (grade aradora) antes do plantio, sendo que nos últimos dez anos passou-se a adotar o plantio direto. Há mais de vinte anos cultivava-se a cana-de-açúcar, com cultivo convencional.

O arrendatário adota o cultivo de soja por possuir a estrutura necessária para executar este tipo de cultivo. Toda a preparação para as culturas é feita com a utilização de mecanização, portanto o trânsito de máquinas agrícolas nessa propriedade é constante, destacando-se as seguintes etapas: plantio, pulverização e colheita. Utiliza geralmente uma plantadeira de 11 linhas, um Pulverizador Autopropelido (John Deere), com 30m de barra, desenvolvido especialmente para realizar pulverizações, e uma colheitadeira de 23 pés. Realiza, em torno de 5 pulverizações por ciclo produtivo, sem contar a dessecação, e não realizou descompactação na área durante o período em que está cultivando a terra (cinco anos), exceto nas cabeceiras, pois nestas áreas o trânsito de máquinas se mostra mais efetivo;

para tanto, é utilizado um subsolador (escarificador) que atinge a profundidade de cerca de 30 cm.

Nesta fazenda realiza-se a observação da pluviosidade, no entanto os dados verificados não são anotados para um controle mais preciso. São efetuadas análises granulométricas e químicas de rotina a cada um ano e meio, no intuito de cumprir as exigências de realização do seguro da cultura. Estes dados são utilizados também para a correção do solo, observando que são realizadas várias coletas (em torno de 8) a cada 15 hectares, em ziguezague, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, que são misturadas, dando origem a uma única amostra por profundidade (0-20 cm e 20-40 cm).

A última correção de acidez do solo foi realizada há dois anos, com aplicação de 2 a 3 toneladas de gesso por alqueire paulista (2,42 hectares), diretamente sobre a palhada, sem efetuar subsolagem. Já a adubação é efetuada a cada plantio, com aplicação simultânea com as sementes. Normalmente são aplicadas as seguintes concentrações de NPK (Nitrogênio, Potássio e Fósforo): 0-20-20 para a cultura de soja; e 15-15-15 ou similar, para o milho.

Segundo o funcionário responsável pelas etapas de produção, verifica-se que na área estudada ocorre uma diferença na produtividade, com melhores resultados na baixa vertente. Apesar destas observações empíricas a aplicação de fertilizantes se faz de forma homogênea em toda a extensão da área, e a calagem de acordo com as análises químicas que devido à forma de amostragem, provavelmente não correspondem fidedignamente à realidade da área.

O LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e o NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico apresentam valores de granulometria (Tabela 16) e de características químicas (Tabela 17 e 18) condizentes com os encontrados por Joaquim et al. (2003) para o mesmo tipo de solo. Ambos os solos apresentaram uma densidade de partículas de $3,07 \text{ g/cm}^3$.

Verifica-se que os dois tipos de solos encontrados na topossequência Anhumas apresentam características químicas diferentes (Tabelas 17 e 18), sendo que o NITOSSOLO apresenta-se mais rico, tanto em micro, quanto macronutrientes, quando comparado ao LATOSSOLO, fato que, provavelmente está relacionado às suas respectivas posições na vertente, que condicionam a ação dos fluxos hídricos locais e toda a evolução do sistema, além de sofrer interferência de práticas agrícolas, como a aplicação de corretivos e fertilizantes. Deve-se observar que só ocorre diferenciação na aplicação de corretivos, e que a aplicação de fertilizantes é a mesma para os diferentes tipos de solos observados na topossequência.

Tabela 16: Granulometria dos horizontes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracá/SP.

Frações Granulométricas dos horizontes (%)		Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa
LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico	A (0-40 cm)	66,58	18,55	12,36	2,52
	Bw ₁ (40-100 cm)	70,65	16,91	10,32	2,13
	Bw ₂ (100-200 cm)	73,00	13,46	11,32	2,22
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico	A (0-40 cm)	60,42	26,82	8,34	4,42
	Bni/w (40-90 cm)	76,07	17,21	4,38	2,34
	Bw (90-200 cm)	76,58	16,43	4,56	2,44

Tabela 17: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos, descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracá/SP.

	P mg dm ⁻¹	pH CaCl ₂ H ₂ O		H ⁺ + Al ⁺³ —————	Al ⁺³	Ca ⁺² cmolc dm ⁻³	Mg ⁺²	K ⁺	CTC	V %
LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico Bw₁ (40-100 cm)	1,30	5,60	5,90	2,94	0,00	1,92	0,71	0,02	4,88	39,75
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico Bni/w (40-90 cm)	1,20	6,00	6,40	2,73	0,00	4,82	1,02	1,02	7,59	64,03

Tabela 18: Teores de alguns micronutrientes e enxofre dos horizontes diagnósticos descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracá/SP.

	Fe	Zn	Cu	Mn	S-SO ₄ ²⁻ ————— mg dm ⁻³ —————
LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico Bw₁ (40-100 cm)	92,58	0,80	12,27	23,77	17,46
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico Bni/w (40-90 cm)	88,58	0,96	24,78	45,63	2,13

Observa-se que o horizonte A se estende ao longo de toda a vertente, com espessura variando entre 45 e 66 cm; possui coloração vermelho-escuro (2,5YR3/6) a bruno-avermelhado-escuro (2,5YR3/4) em toda vertente, sendo que a coloração vermelho-escuro desaparece do horizonte A na baixa vertente. A textura é muito argilosa em toda vertente,

apresentando no topo 66% de argila e na baixa vertente 60% de argila (Tabela 06). A estrutura é granular, pequena a média, fraca a moderada ao longo de toda a vertente.

O horizonte B latossólico apresenta espessura média geralmente superior a 150 cm, diminuindo de espessura, conforme se aproxima da baixa vertente. Este horizonte ocorre ao longo de toda a vertente. Lateralmente a partir do topo e alta vertente, o horizonte B latossólico se desenvolve sotoposto ao horizonte A; na baixa vertente passa a ceder espaço ao horizonte B nítico. Apresenta coloração vermelha (2,5YR4/6 a 4/8) e bruno-avermelhada (2,5YR4/4), sua textura é muito argilosa, com uma média de 71% de argila no topo e 76% na baixa vertente (Tabela 06). A estrutura é microagregada.

Observa-se que o horizonte B latossólico, na média-baixa vertente, progressivamente cede espaço para o horizonte B nítico/latossólico, apresentando maior estruturação. O horizonte B nítico/latossólico apresenta espessura que varia de 40 cm a mais de 150 cm, aparecendo nos últimos 100 metros da vertente. Lateralmente aparece abaixo do horizonte A e acima do horizonte B latossólico. Apresenta coloração que varia de vermelho (2,5YR4/6 a 4/8). A textura é muito argilosa, com uma média de 76% (Tabela 12). A estrutura é sub-angular, com tendência a microagregada, apresentando traços de cerosidade.

Na baixa vertente, próximo ao canal de drenagem foi observada uma camada de coloração cinzenta muito escura (2,5YR 3/0) com manchas avermelhadas, com textura muito argilosa.

No momento em que foram descritas as trincheiras (29/03/2009), o solo estava semeado com a cultura de milho, apresentando restos de palhada da última cultura (soja) (Figura 30). Observou-se em alguns pontos da estrada sinais de erosão, ocorrendo a presença de material grosseiro composto basicamente de areias, microagregados e magnetita, identificada por sua atração ao imã (Figura 31).



Figura 30: a) Terço inferior da topossequência Anhumas; b) Visão, a partir da vertente oposta, da topossequência Anhumas. (Fotos adquiridas em diferentes datas).

Autor: Alves, GB, 2009.



Figura 32: a) Material grosseiro, denotando erosão laminar. b) Magnetita, presente no material grosseiro, que aderiu ao imã.

Autor: Alves, GB, 2009.

O perfil Cultural descrito no LATOSSOLO apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo até 50 cm (Figura 32 e 33), concentradas, portanto no horizonte A. Observou-se no horizonte B a presença de uma estrutura microagregada, onde não se constatou a existência de volumes alterados pelo manejo.

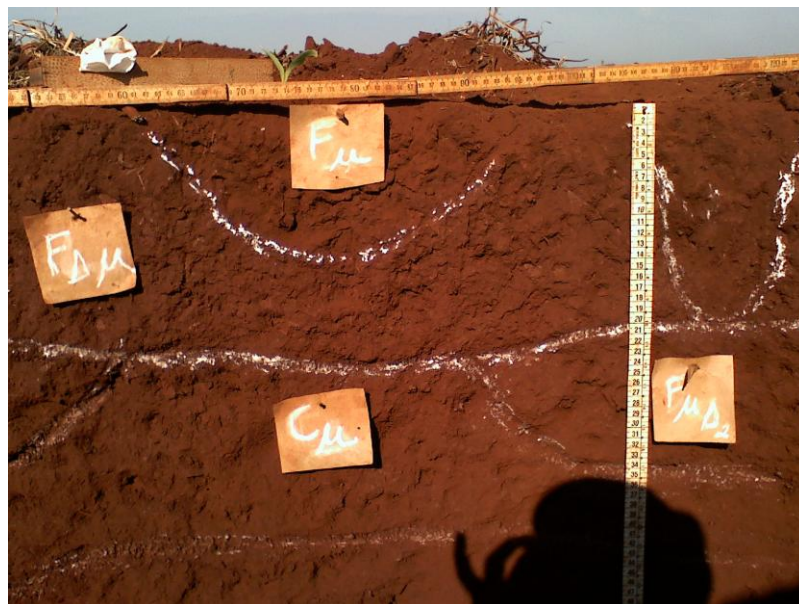


Figura 31: Volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).

Autor: Alves, GB, 2009.

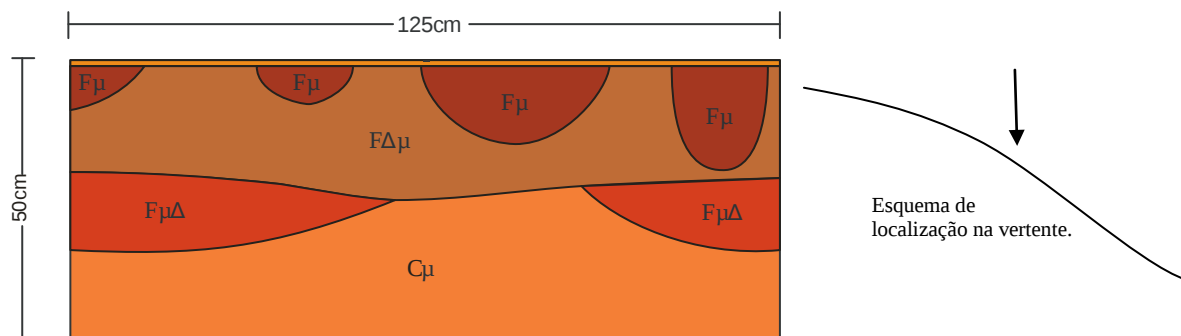


Figura 33: Representação dos volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).

O perfil caracteriza-se por possuir uma camada livre, de mais ou menos 3 cm, composta por partículas de solo solto, palha e material decomposto. Foram observados volumes fissurados (F) e um volume com estrutura maciça (Tabela 19). Os volumes F_{μ} representam as linhas de plantio, onde houve ação mecânica no ato do plantio e depois passou a ocorrer a ação das raízes que agem no sentido de melhorar a estrutura dos solos, tornando mais aerado e possibilitando maior infiltração de água (Tabela 20). O volume $F\Delta_{\mu}$ apresentou os maiores índices de densidade do solo e está relacionado às entrelinhas de plantio e ao corpo do solo que sustenta a parte superficial; nesse volume ocorre uma concentração da compactação, fato que dificulta que as raízes explorem uma maior quantidade de solo, reduzindo os nutrientes e a água disponíveis para o seu desenvolvimento. Apesar de apresentar a maior densidade, possui valores de porosidade maiores que os apresentados pelo volume $F\Delta_{\mu}$, que provavelmente estão relacionados à sua condição mais compactada, onde os macroporos estão associados às fissuras e o microporos aos poros que foram reduzidos a este tamanho. O volume $F_{\mu}\Delta$ representa a área que recebeu pressões advindas do rodado dos implementos que transitam na área e que imprimem suas marcas em profundidades maiores. O volume C_{μ} deveria apresentar valores semelhantes ao F_{μ} , no entanto, possui dados próximos dos obtidos no $F_{\mu}\Delta$, provavelmente estes resultados se devem ao mesmo motivo destacado no LATOSSOLO do compartimento Cervo, onde a umidade do perfil pode ter disfarçado as reais condições durante as observações em campo. Neste volume os valores estão associados a uma concentração de pressão que este volume tem acumulado ao longo do tempo, desenvolvendo uma estrutura mais adensada, onde as ações biológicas e mecânicas têm se mostrado insuficientes para provocar alterações.

Tabela 19: Características dos volumes identificados no LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico na topossequência Anhumas, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
F_{μ}	granular, pequena e fraca	estáveis	duros	friáveis	P/P
$F\Delta_{\mu}$	granular a sub-angular	estáveis	-	friáveis	P/P
$F_{\mu}\Delta$	sub-angular a angular, média a forte	instáveis	-	muito friáveis	P/P
C_{μ}	sub-angular com tendência à microagregado, formando macroestruturas dispostas em forma de plaquetas verticais	instáveis	-	friáveis	P/P

C: Maciço; **F:** Fissural; **$\mu\Delta$:** em processo de compactação; **Δ_{μ} :** compactados, mas que ainda guardam características do estado não compactado; **Δ :** compactados; **μ :** não compactos; **P/P:** plástico e pegajoso.

Tabela 20: Características físicas dos volumes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distroférico na topossequência Anhumas, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)			Total (Densidade)	Densidade do solo (kg dm ⁻³)
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)		
F _μ	41,2	15,6	56,84	58,36	1,28
FΔ _μ	44,3	14,3	58,60	54,21	1,40
F _μ Δ	39,7	6,8	46,52	56,83	1,32
C _μ	38,9	9,8	48,73	56,90	1,32

Densidade de partículas: 3,07 g/cm³.

Em estudo realizado na mesma área (alto curso do ribeirão Anhumas), e no mesmo tipo de solo (BARREIROS, 2009) observou densidades entre 0,94 g/cm³ (<15 cm) e 0,99 g/cm³ (30-50 cm) para uma área de mata nativa, e em área de cultivo de soja/milho, verificou, no volume considerado como não alterado pelo manejo, uma densidade de 1,34 g/cm³ (40-60cm). Em trabalhos realizados por Oliveira e Moniz (1975) na região de Ribeirão Preto, observou-se em um Latossolo Vermelho Distroférico, sob mata natural, valores de densidade entre 0,98 e 1,13 kg dm⁻³. Estes dados indicam que os valores levantados no LATOSSOLO, da topossequência Anhumas, denunciam alterações ocasionadas pelo uso e manejo, ainda que se apresentem abaixo dos valores considerados como críticos (REICHERT *et al.*, 2003), exceto o volume FΔ_μ que encontra-se entre estes valores tidos como críticos (1,4 e 1,6 kg dm⁻³ para solos argilosos).

O perfil Cultural descrito no NITOSSOLO apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo até 45 cm (Figura 34 e 35), concentradas no horizonte A; no horizonte B, através da descrição morfológica, observou-se a presença de uma estrutura sub-angular com tendência a microagregada, seguida por um horizonte que apresenta apenas estrutura microagregada, nestes horizontes, durante as observações morfológicas efetuadas em campos, foram considerados como volumes não alterados pelo manejo.



Figura 34: Volumes identificados na Trincheira 2 (NITOSSOLO).

Autor: Alves, GB, 2009.

O perfil descrito no NITOSSOLO apresenta uma camada livre, de mais ou menos 2 cm, composta por partículas de solo solto, palha e material decomposto. Foram observados volumes fissurados (F) e um maciço (C) (Tabela 21). Os volumes $F_{\mu\Delta}$ representam as linhas de plantio, onde ocorreu ação mecânica no ato do plantio e posterior ação das raízes que agem no sentido de melhorar a estrutura dos solos, tornando-o mais aerado e possibilitando maior infiltração de água (Tabela 22). O volume $F_{\Delta\mu}$ apresentou a maior densidade do solo e macroporosidade; a densidade está associada a condições de compactação e a macroporosidade as fissuras que o material possui. Este volume está relacionado às entrelinhas de plantio e ao corpo do solo que sustenta a parte superficial, onde ocorre uma concentração da compactação que pouco é alterada pelas ações mecânicas e biológicas, fato que dificulta que as raízes explorem uma maior quantidade de solo, reduzindo os nutrientes e a água disponíveis para o desenvolvimento das plantas. Apesar de apresentar a maior

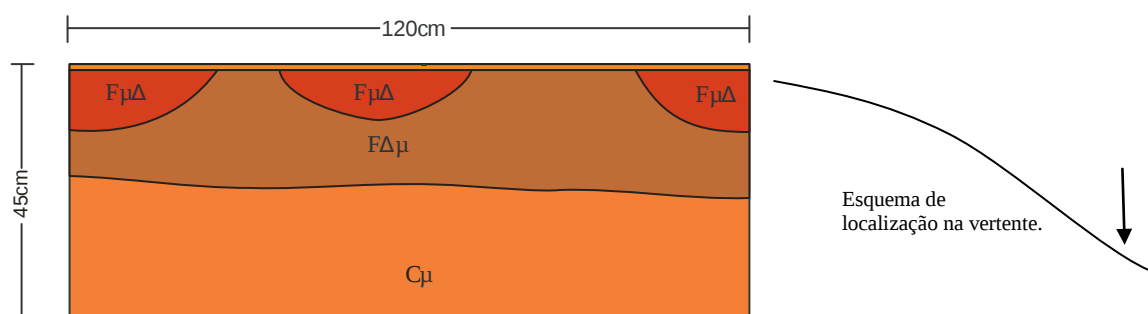


Figura 35: Representação dos volumes identificados na Trincheira 2 (NITOSSOLO).

densidade, este volume possui valores mais altos de porosidade, provavelmente relacionados à

sua condição mais compactada, onde os macroporos estão associados às fissuras e o microporos a poros que foram reduzidos a este tamanho. O volume C_{μ} , assim como no perfil anterior, apresenta valores de densidade do solo e porosidade fora do esperado para este volume (μ), provavelmente pelo mesmo motivo destacado anteriormente, a presença de umidade. Neste volume os valores estão associados a uma concentração de pressão que este volume tem acumulado ao longo do tempo, desenvolvendo uma estrutura mais adensada, onde as ações biológicas e mecânicas têm se mostrado pouco eficientes para provocar alteração.

Em trabalho realizado em um NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico, Domingos *et al.* (2009), constataram valores de densidade de $1,05 \text{ kg dm}^{-3}$ (0-20cm) e $1,15 \text{ kg dm}^{-3}$ (20-40cm) para área de mata nativa, e valores entre $1,6 \text{ kg dm}^{-3}$ (0-20cm) a $1,16 \text{ kg dm}^{-3}$ (20-40cm), para solos sob plantio direto, mostrando que os valores encontrados são condizentes com os observados em literatura, indicando alterações ocasionadas pelo uso e manejo. Observa-se que apenas o volume C_{μ} apresenta valor de densidade do solo entre o considerado como crítico por Reichert *et al.* (2003) ($1,4$ e $1,6 \text{ kg dm}^{-3}$ para solos argilosos).

Tabela 21: Características dos volumes identificados no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
$F_{\mu\Delta}$	granular à sub-angular, pequena/média, fraca	estáveis,	duros	friáveis	P/P
$F_{\Delta\mu}$	granular, média a grande, moderada à forte	estáveis,	duros	friáveis	P/P
C_{μ}	sub-angular à granular, pequena a média, fraca à moderada, apresenta macroestruturas dispostas em forma de plaquetas verticais	estáveis	-	friáveis	P/P

C: Maciço; **F:** Fissural; **$\mu\Delta$:** em processo de compactação; **$\Delta\mu$:** compactados, mas que ainda guardam características do estado não compactado; **Δ :** compactados; **μ :** não compactos; **P/P:** plástico e pegajoso.

Tabela 22: Características físicas dos volumes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Anhumas, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)				Densidade do solo (kg dm^{-3})
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)	Total (Densidade)	
$F_{\mu\Delta}$	39,4	16,0	55,45	55,21	1,37
$F_{\Delta\mu}$	38,7	20,8	59,50	54,84	1,38
C_{μ}	44,6	5,9	50,48	52,28	1,46

Densidade de partículas: $3,07 \text{ g/cm}^3$.

Verifica-se que na topossequência Anhumas ocorre uma mudança lateral do solo, onde o horizonte B latossólico, passa gradativamente a B nítico/latossólico, sem que haja uma mudança de coloração. Esta mudança ocorre, sem uma variação significativa no modelado da vertente, demonstrando que a mudança na relação das transferências de materiais existentes no interior do *continuum*, que está diretamente relacionada à dinâmica hídrica existente no local, não afeta diretamente o modelado da vertente.

Observou-se na área alterações nas propriedades físicas dos solos ocasionadas pelo uso e manejo, relacionadas aos locais onde ocorre a ação mecânica dos implementos (sulcos de plantio e pressão ocasionada pelo impactos das rodas) e ação biológica (raízes). Verificou-se que o NITOSSOLO e LATOSSOLO apresentam resultados de características físicas diferenciados, onde o NITOSSOLO mostrou-se mais denso nos sulcos de plantio e no volume C_{μ} , e um pouco menos na camada imediatamente abaixo dos sulcos de plantio. Tais dados evidenciam que apesar destes solos receberem o mesmo tipo de uso e manejo, reagem de maneira diferenciada aos impactos antrópicos presentes na área.

5.3.3. Compartimento Barra Mansa - 3

Este compartimento localiza-se na porção central do município de Maracaí, cercado pelo compartimento Anhumas. Os canais de drenagem mais importantes são o córrego da Barra e Água do Macaco, que se dirigem para o rio Capivara. Este compartimento encontra-se inteiramente na bacia do rio Capivara.

Caracteriza-se pela dominância de solos muito argilosos e pouco espessos, derivados de rochas basálticas em relevo ondulado (Figura 36). O relevo se diferencia bastante dos demais compartimentos do município de Maracaí. Possui vertentes que variam de 500 a 800m, que concentram as maiores declividades do município, variando de 2 a 20%. Apresenta cotas altimétricas entre 340 à 480m, com variação de 140m. Verifica-se neste compartimento uma variação de altitude maior, em um território bem menor, em relação aos outros compartimentos (Figura 37).

O sistema pedológico predominante neste compartimento é a sequência de solos NITOSSOLO VERMELHO Férrico latossólico e NEOSSOLO LITÓLICO. Estes solos se sucedem na paisagem, podendo aparecer em qualquer ponto da vertente; o NEOSSOLO LITÓLICO pode ser encontrado em áreas de topo, de média e de baixa vertente; em áreas onde se observa um leve aplainamento do relevo, que permite que o solo se espesse um pouco

mais, ocorre o NITOSSOLO VERMELHO Férrico; em áreas de topo, onde o solo tem maior possibilidade de se desenvolver é possível observar o LATOSSOLO VERMELHO Férrico. Ainda é possível encontrar outros tipos de solos, como é o caso do NEOSSOLO FLÚVICO e do GLEISSOLO HÁPLICO, próximos aos fundos de vales.



Figura 36: Áreas com relevo ondulado e afloramento de rocha basáltica.
Autor: Alves, GB, 2009.

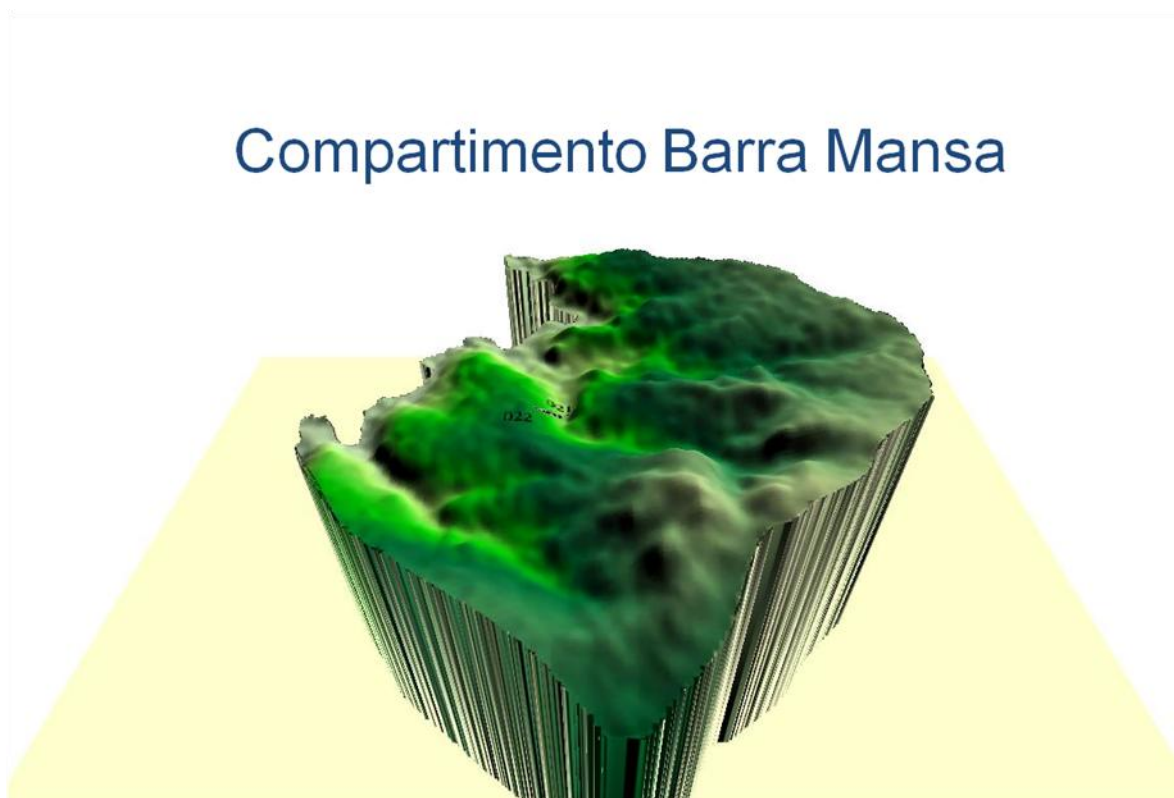


Figura 37: Modelo digital do terreno do compartimento Barra Mansa, em Maracáí/SP, e localização da topossequência.
Elaboração: Alves, GB, 2009.

A vegetação primária desta área é a Floresta Estacional Semidecidual; este é o compartimento que apresenta a maior quantidade de matas preservadas, onde é possível

observar uma grande quantidade de cactáceas, que aparecem, sobretudo, em áreas onde ocorre o afloramento de rochas basálticas.

Nesta área ocorre uma diversidade de usos controlados principalmente pelas características dos solos; onde é possível a mecanização ocorre o cultivo de soja/milho, algumas áreas cana-de-açúcar, e nas demais áreas com solos muito rasos ou pedregosos, o principal uso é a pastagem ou são preservadas com mata.

A topossequência Barra Mansa, estudada em Maracá/SP (Figura 38), possui 414 metros de comprimento, e desnível de 36 metros. O perfil da vertente é convexo-retilíneo com pequena concavidade na baixa vertente onde o solo se apresenta pouco profundo. Os pontos de tradagem se iniciam em S1, a mais ou menos 75 metros do topo da vertente, o estudo se iniciou neste ponto em direção à baixa vertente, por ele indicar o início de uma propriedade onde o ocorre o mesmo tipo de uso e manejo.

Na topossequência Barra Mansa observam-se cinco horizontes que se sucedem ao longo da vertente, sendo eles: A, B latossólico, B nítico/latossólico, B nítico e C; originando os seguintes tipos de solos: NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico (Tr1), NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico (Tr2), NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico (Tr3) (Figura 39).



Figura 38: Localização dos pontos de tradagens e trincheiras, realizados na topossequência Barra Mansa no alto curso do ribeirão Anhumas.

Fonte: Google, 2010.

Adaptação: Alves, GB.

Topossequência de solos Barra Mansa

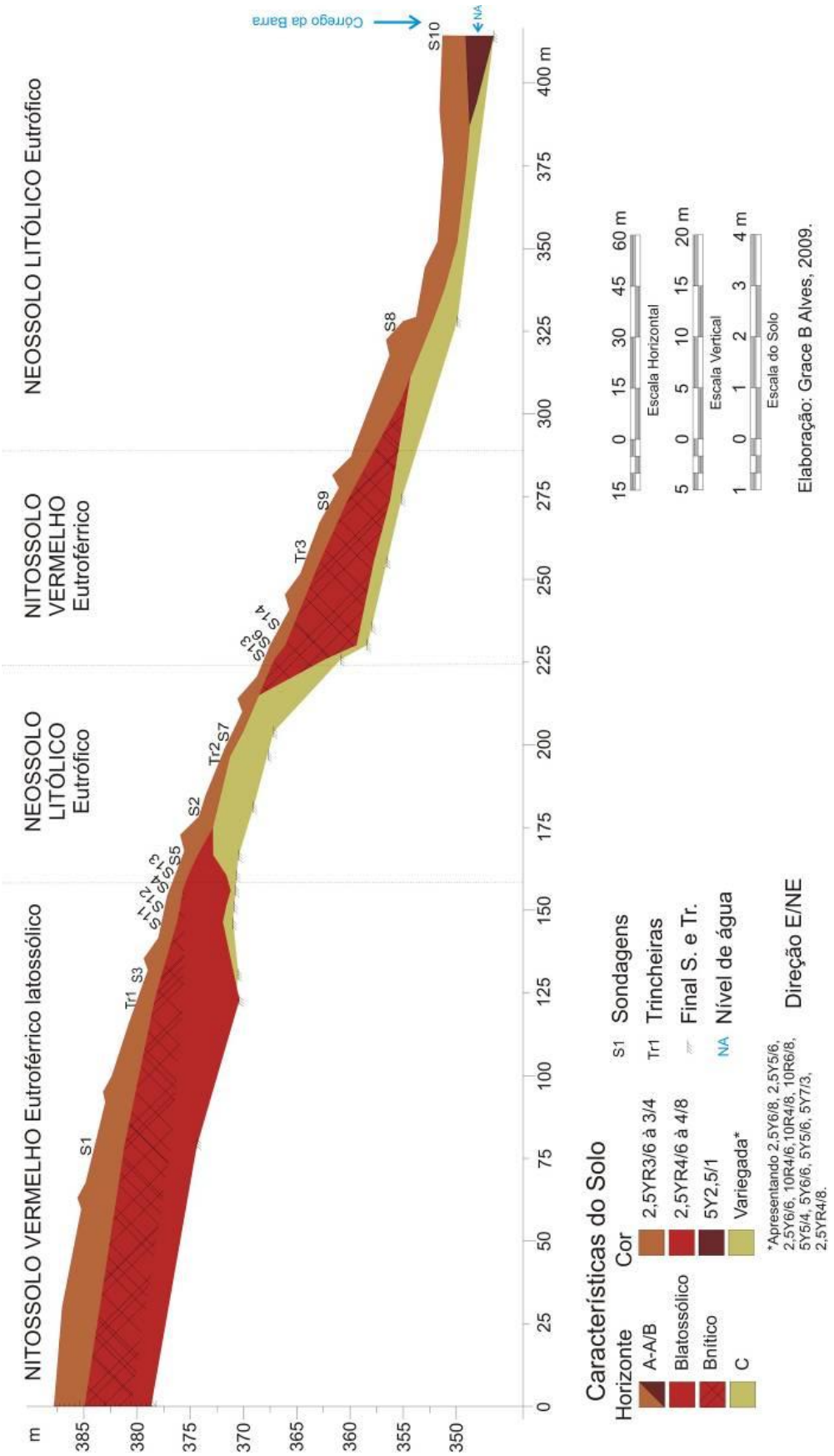


Figura 39: Representação da topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

A topossequência foi realizada na Fazenda Araçá, de propriedade do senhor Udo Wendland, que pratica a cultura de soja/milho, utilizando o plantio direto como medida de economia, pois a adoção deste reduz os tratos culturais (gradagem e aração), e também, para evitar processos erosivos. Cultiva soja/milho há mais de vinte anos, adotando o plantio direto há cerca de dez anos, e anteriormente, utilizava a o plantio convencional, com aração mais gradagem (grade aradora) antes do plantio. Adota o cultivo de soja por já ser uma tradição de sua família, apresentando-se estruturado para tal. Toda a preparação para as culturas é feita com a utilização de mecanização, portanto o trânsito de máquinas agrícolas nessa propriedade é constante, destacando-se as seguintes etapas: plantio, pulverização e colheita. Utiliza-se geralmente uma plantadeira de 11 ou de 13 linhas, um pulverizador convencional, com barra de 18 m, e uma colheitadeira de 11 pés. São realizadas em torno de 5 pulverizações por ciclo produtivo, sem contar a dessecação, e a descompactação é feita a cada dois ou três anos, atingindo cerca de 30 cm de profundidade; a última vez em que se efetuou a subsolagem foi em setembro de 2009, juntamente com aplicação de calcário.

Nesta fazenda realiza-se a observação da pluviosidade, com respectiva anotação dos dados. São efetuadas análises granulométricas e químicas de rotina, a cada três anos, no intuito de efetuar a correção do solo. Realizam-se seis coletas a cada 15 hectares, que são efetuadas em ziguezague, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, que são misturadas, dando origem a uma única amostra por profundidade (0-20 cm e 20-40 cm).

A última correção de acidez do solo foi realizada em setembro de 2009, com aplicação de 3 toneladas de calcário por alqueire paulista (2,42 hectares), efetuada durante o preparo do solo para o plantio. Já a adubação é efetuada a cada plantio, com aplicação juntamente com as sementes, normalmente, aplica as seguintes concentrações de NPK (Nitrogênio, Potássio e Fósforo): 0-20-20 para a cultura de soja; e 15-15-15 ou similar, para o milho. Segundo o proprietário não ocorrem diferenças na produtividade de soja/milho na propriedade estudada.

O NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico, o NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico, e o NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico apresentam valores de granulometria (Tabela 23) e de características químicas (Tabela 24 e 25), condizentes com os encontrados por Joaquim *et al.* (2003) para os mesmos tipos de solos. O NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico apresentou uma densidade de partículas de $3,07 \text{ g/cm}^3$; para o NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico o valor foi de $3,29 \text{ g/cm}^3$; e para o NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico $3,02 \text{ g/cm}^3$. Não foram realizadas análises químicas para o NEOSSOLO, por se tratar de um solo raso em área de cultura onde os dados químicos poderiam apresentar resultados mascarados pela aplicação de corretivos e adubos químicos,

sendo que nos demais tipos de solos encontrados, procurou-se efetuar coletas mais profundas, abaixo de 70 cm, no intuito de reduzir as alterações químicas antrópicas.

Tabela 23: Granulometria dos horizontes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico, NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico, e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência da Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

Frações Granulométricas dos horizontes (%)		Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico	A (0-51 cm)	65,78	23,77	8,32	2,14
	Bni/w (51-80 cm)	68,13	24,28	6,33	1,27
	Bw (80-200 cm)	70,40	20,44	7,48	1,69
NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	A (0-47 cm)	27,75	34,42	26,97	10,87
	C (47-100 cm)	37,10	34,32	18,98	9,60
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	A (0-37 cm)	58,02	25,52	11,56	4,90
	Bni (37-98 cm)	71,43	19,50	6,28	2,80
	Bni/w (98-135 cm)	74,08	17,21	5,83	2,89
	C (>135 cm)	53,65	35,89	8,22	2,24

Tabela 24: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência da Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

	P	pH		$\frac{H^+ + Al^{+3}}{Al^{+3}}$	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	CTC	V
	mg dm ⁻¹	CaCl ₂	H ₂ O	—————	—————	cmolc dm ⁻³	—————	—————	—————	%
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico Bni/w (51-80 cm)	1,70	6,10	6,50	2,54	0,00	4,30	0,93	0,02	6,86	62,97
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico Bni/w (98-135 cm)	2,50	6,10	6,60	2,73	0,00	5,92	2,45	2,45	8,71	68,66

Tabela 25: Teores de alguns micronutrientes e enxofre dos horizontes diagnósticos descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência da Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

	Fe	Zn	Cu	Mn	S-SO ₄ ²⁻
	————— mg dm ⁻³ —————				
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico Bni/w (51-80 cm)	97,66	1,05	22,72	43,03	4,37
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico Bni/w (98-135 cm)	109,85	1,22	22,79	28,62	4,55

Verifica-se que os dois principais tipos de solos encontrados na topossequência Barra Mansa apresentam características químicas um pouco diferenciadas (Tabelas 24 e 25), sendo que o NITOSSOLO da baixa vertente apresenta-se um pouco mais enriquecido que o da baixa vertente, fato que, provavelmente está relacionado à suas respectivas posições na vertente, que condicionam a ação dos fluxos hídricos locais e toda a evolução do sistema, além de sofrer interferência de práticas agrícolas, como a aplicação de corretivos e fertilizantes. Observa-se que não ocorre diferenciação na aplicação de corretivos e fertilizantes para os diferentes tipos de solos observados na topossequência.

O horizonte A que predomina ao longo de toda a vertente, varia em espessura de 26 cm a 55 cm; tem coloração vermelho-escuro (2,5YR3/6) a bruno-avermelhado-escuro (2,5YR3/4) em toda vertente. A textura é muito argilosa na alta vertente, onde a rocha observada é o basalto de estrutura maciça, na média vertente passa a apresentar fragmentos mais grosseiros, devido à proximidade com a rocha, e na baixa vertente passa a apresentar textura argilosa, em virtude da alteração da rocha, que nesta posição da vertente, passa a apresentar afloramentos de basalto amigdaloidal. Quanto às frações granulométricas, apresenta 65,78% de argila na trincheira 1, 27,75% na trincheira 2 e 58,02 na trincheira 3 (Tabela 19). A estrutura é granular a angular, pequena a média, fraca a moderada ao longo de toda a vertente.

O horizonte B latossólico apresenta espessura variável, atingindo pouco mais de um metro, se concentra na alta vertente. Apresenta coloração vermelha (2,5YR4/6 a 4/8), textura muito argilosa e estrutura microagregada.

O horizonte B nítico apresenta espessura que varia de 30 cm a mais de 150 cm, aparece ao longo de toda a topossequência, exceto nas áreas onde o solo torna-se mais raso, apresentando afloramentos rochosos. Lateralmente aparece abaixo do horizonte A e acima do horizonte B latossólico. Observa-se também um horizonte com características intermediárias entre B nítico e o B latossólico, que ocorre na alta vertente e na baixa vertente, aparecendo acima do B latossólico na alta vertente e abaixo do horizonte B nítico, na baixa vertente. Apresenta coloração vermelha (2,5YR4/6 a 4/8) a bruno-avermelhada (2,5YR4/4), e textura muito argilosa, com 71,43% de argila no horizonte B nítico e 68 e 74% no B nítico/latossólico (Tabela 19). A estrutura é sub-angular, com tendência à microagregada, apresentando traços de cerosidade.

O horizonte C ocorre a partir da média vertente e se prolonga até a baixa vertente; sua espessura não foi levantada, pois se trata da alteração da rocha, apresentando-se, por vezes,

muito endurecido. Sua proximidade com a superfície é extremamente variável. Apresenta coloração variada, destacando-se: Vermelho (2,5Y5/6, 4/8; 10R4/6, 4/8), Vermelho-claro (2,5Y6/8, 6/6; 10R6/8), Vermelho-amarelado (5YR5/8), Bruno-forte (7,5YR5/6), Bruno-amarelado (10YR5/8), Oliva (5Y5/4,5/6), Amarelo-oliváceo (5Y6/6), Amarelo-claro-acinzentado (5Y7/3).

Na baixa vertente, próximo ao canal de drenagem foi observada uma camada de coloração variada, apresentando as cores: bruno-avermelhado-escuro (2,5YR3/4), vermelho-escuro (2,5YR3/6) e preto (5Y2,5/1) com manchas vermelhas; com textura silto/argilosa.

No momento em que foram descritas as trincheiras (30/03/2009) o solo apresentava restos da cultura de soja, que havia sido colhida há poucos dias (Figura 40). Na área não foi observado nenhum sinal de erosão.



Figura 40: a) Topossequência Barra Mansa; b) Visão, a partir da vertente oposta, da topossequência Barra Mansa. (Fotos obtidas em diferentes datas).

Autor: Alves, GB, 2009.

O perfil Cultural descrito no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico, na alta vertente apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo até 50 cm (Figura 41 e 42), concentradas, portanto no horizonte A. Logo abaixo se observa um horizonte B nítico/latossólico, com estrutura sub-angular com tendência à microagregada, estável, seguido por um horizonte B latossólico, com estrutura microagregada, instável, sendo que em ambos, não se constatou a existência de volumes alterados pelo manejo.



Figura 41: Volumes identificados na Trincheira 1 (NITOSSOLO).
Autor: Alves, GB, 2009.

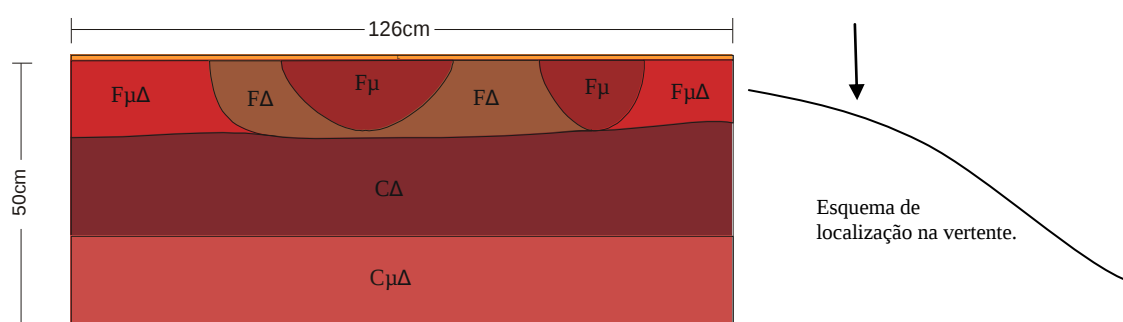


Figura 42: Representação dos volumes identificados na Trincheira 1 (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico).

O perfil caracteriza-se por possuir uma camada livre, de mais ou menos 2 cm, composta por partículas de solo solto, palha e material decomposto. Foram observados volumes fissurados (F) e maciços (C) (Tabela 26). O volume F_{μ} representa os sulcos de plantio, que além da ação mecânica, recebem a ação das raízes que melhoram a estrutura do solo, conferindo-lhe menor densidade do solo e maiores porosidades no perfil (Tabela 27). Os volumes $F_{\mu\Delta}$ e F_{Δ} representam as entrelinhas de cultivo, e se diferenciam na consistência dos torrões quando úmidos e na macroporosidade, onde $F_{\mu\Delta}$ apresenta torrões friáveis e uma macroporosidade um pouco maior que F_{Δ} que apresenta torrões firmes. O volume C_{Δ} concentra a compactação que o perfil tem sofrido ao longo do tempo, recebendo pouca ou nenhuma alteração decorrente de intervenções mecânicas ou biológicas. O volume de $C_{\mu\Delta}$ apresenta uma densidade de solo e porosidades menores que o volume C_{Δ} , demonstrando que alterações ultrapassam o volume C_{Δ} e atingem o volume $C_{\mu\Delta}$ com menor intensidade.

Observa-se que apenas o volume F μ não apresenta valor de densidade do solo entre o considerado como crítico por Reichert *et al.* (2003) (1,4 e 1,6 kg dm⁻³ para solos argilosos).

Tabela 26: Características dos volumes identificados no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
F μ Δ	granular à angular, moderada à forte, média a grande	estáveis	duros	friáveis	P/P
F Δ	angular, média grande, moderada forte	estáveis	duros	firmes	P/P
F μ	granular à sub-angular, pequena a média, moderada a forte	estáveis	duros	firmes	P/P
C Δ	angular, pequena a média, moderada a forte	estáveis	duros	firmes	P/P
C μ Δ	sub-angular a angular, pequena a média, fraca a moderada, dispostas em forma de plaquetas verticais	estáveis	-	friáveis	P/P

C: Maciço; F: Fissural; μ Δ : em processo de compactação; Δ μ : compactados, mas que ainda guardam características do estado não compactado; Δ : compactados; μ : não compactos; P/P: plástico e pegajoso.

Tabela 27: Características físicas dos volumes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)				Densidade do solo (kg dm ⁻³)
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)	Total (Densidade)	
F μ Δ	43,26	11,34	54,60	52,94	1,44
F Δ	43,56	10,87	54,43	53,17	1,44
F μ	40,04	19,82	59,86	54,57	1,39
C Δ	44,19	10,25	54,45	48,35	1,58
C μ Δ	48,02	7,78	55,80	50,85	1,51

Densidade de partículas: 3,07 g/cm³.

O perfil Cultural descrito no NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo até 15 cm (Figura 43 e 44), concentradas no horizonte A; o horizonte C não apresenta estrutura bem desenvolvida, e constatou-se a existência de cores: vermelho-claro-acinzentadas (2,5YR6/4), vermelho-clara (2,5YR6/8) e vermelha (10R4/6,4/8), relacionadas à massa do solo e a muitos fragmentos de rocha, que se encontravam recobertos por óxido de manganês e por uma película fina de argila de cor vermelha (2,5YR4/8). Neste horizonte, devido às suas características não foi possível avaliar se este volume encontrava-se alterado pelo manejo.



Figura 43: Volumes identificados na Trincheira 2 (NEOSSOLO).
Autor: Alves, GB, 2009.

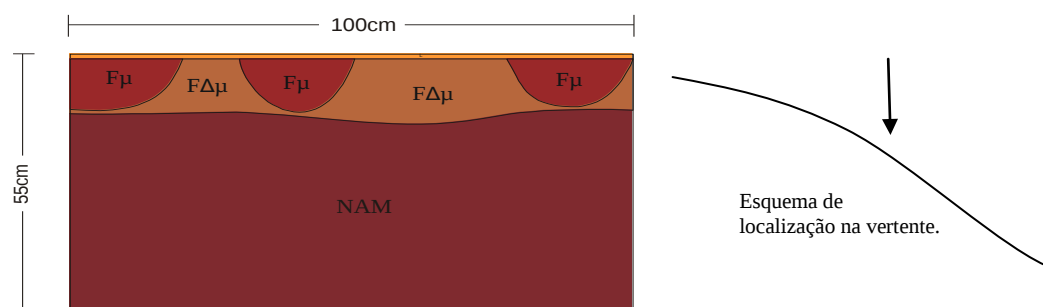


Figura 44: Representação dos volumes identificados na Trincheira 2 (NEOSSOLO LITÓLICO).

O perfil descrito no NEOSSOLO LITÓLICO apresenta uma camada livre, de mais ou menos 2 cm, composta por solo solto, palha e material decomposto. Foram observados apenas volumes fissurados (F) (Tabela 28). Em todo perfil foi possível encontrar muitos fragmentos de rocha, de tamanhos variados. O volume $F\mu$ apresenta a menor densidade do solo e os maiores valores de porosidade do perfil, demonstrando que a ação mecânica dos implementos e da ação biológica tem se mostrado eficientes, fazendo com que este volume apresente melhores condições que o volume $F\Delta\mu$ (Tabela 29). Este volume acaba dificultando o livre desenvolvimento das raízes e a circulação de água e ar no perfil, fatores que já se encontram prejudicados por se tratar de um solo raso.

Tabela 28: Características dos volumes identificados no NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
Fμ	granular, média a grande, moderada forte	pouco estáveis		friáveis	P/P
F$\Delta\mu$	granular a sub-angular, pequena a média, moderada a forte	estáveis		friáveis	P/P

F: Fissural; **$\Delta\mu$:** compactados, mas que ainda guardam características do estado não compactado; **μ :** não compactos; **P/P:** plástico e pegajoso.

Tabela 29: Características físicas dos volumes descritos no NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)				Densidade kg dm ⁻³
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)	Total (Densidade)	
Fμ	40,47	12,97	53,44	58,66	1,36
F$\Delta\mu$	43,15	8,19	51,34	55,11	1,48

Densidade de partículas: 3,29 g/cm³.

O perfil Cultural descrito no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico, na baixa vertente, apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo até 37 cm (Figura 45 e 46), concentradas, portanto no horizonte A. Logo abaixo se observa um horizonte B nítico, com estrutura angular a sub-angular, pequena a média, que se desfaz em microagregados, instável, com cerosidade abundante; seguido por um horizonte B nítico/latossólico, sub-angular com tendência a microagregado, pouco estável, com traços de cerosidade; encerrando o perfil com um horizonte C, com estrutura angular, média a grande, moderada a forte, multicolorido, apresentando as seguintes cores: vermelho-escuro (10R3/6), vermelha (2,5R5/6,5/8), bruna-acinzentada muito escura (10YR3/2) e bruno-amarelada (10YR5/8). Essa variedade de cores está relacionada aos fragmentos de rocha alterada, nos quais é possível observar também um recobrimento por óxido de manganês. A partir do horizonte B nítico, não se observou a existência de volumes alterados pelo manejo.



Figura 45: Volumes identificados na Trincheira 3 (NITOSSOLO).
Autor: Alves, GB, 2009.

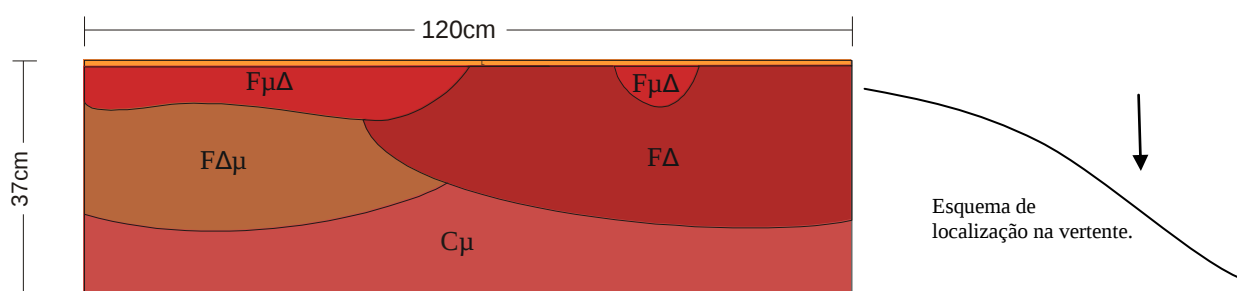


Figura 46: Representação dos volumes identificados na Trincheira 3 (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico).

O perfil caracteriza-se por possuir uma camada livre, de mais ou menos 3 cm, composta por solo solto, palha e material decomposto. Foram observados volumes fissurados (F) e um maciço (C) (Tabela 30). O volume $F_{\mu\Delta}$ representa os sulcos de plantio; apresenta o menor valor de densidade do solo e os maiores de macroporosidade, que se devem às ações de implementos (sulcos) e biológicas (raízes) (Tabela 31). Os volumes F_{Δ} e $F_{\Delta\mu}$ apresentam os maiores valores de densidade do solo e os menores de macroporosidade, encontram-se na entrelinha do plantio e se prolongam abaixo das linhas de plantio, se diferenciam devido à estrutura e estabilidade e também em relação os dados de densidade e porosidade, sendo que o volume F_{Δ} apresenta as piores condições para o desenvolvimento das plantas. Possui estas características provavelmente por representar a área por onde passa o rodado dos implementos de cultivo do solo. O volume C_{μ} apresenta alterações na densidade do solo e porosidade maiores que a do volume $F_{\mu\Delta}$, provavelmente o fator umidade também tenha influenciado na descrição deste volume. Observa-se que os volumes C_{μ} e $F_{\mu\Delta}$ apresentam valores de

densidade do solo fora do considerado como crítico por Reichert *et al.* (2003) (1,4 e 1,6 kg dm⁻³ para solos argilosos).

Tabela 30: Características dos volumes identificados no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
F μ Δ	granular, pequena a média, moderada a forte angular à sub-angular,	estáveis	duros	firmes	P/P
F $\Delta\mu$	média a grande, moderada a forte	estáveis	-	friáveis	P/P
F Δ	angular, média grande, moderada forte	instáveis	-	friáveis	P/P
C μ	angular à sub-angular, muito grande, dispostas em forma de plaquetas verticais	pouco estáveis	-	friáveis	P/P

C: Maciço; F: Fissural; $\mu\Delta$: em processo de compactação; $\Delta\mu$: compactados, mas que ainda guardam características do estado não compactado; Δ : compactados; μ : não compactos; P/P: plástico e pegajoso.

Tabela 31: Características físicas dos volumes descritos no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico na topossequência Barra Mansa, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)				Densidade do solo (kg dm ⁻³)
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)	Total (Densidade)	
F μ Δ	41,65	15,36	57,01	58,49	1,25
F $\Delta\mu$	43,39	8,59	51,98	53,70	1,40
F Δ	43,12	5,79	48,91	50,82	1,49
C μ	45,75	6,88	52,63	55,37	1,35

Densidade de partículas: 3,02 g/cm³.

Verifica-se que na topossequência Barra Mansa, ocorre uma mudança lateral do solo, onde o horizonte B nítico/latossólico, passa a ceder espaço ao B latossólico, na alta vertente, sem que haja uma mudança de coloração; na média/baixa vertente ocorre a presença do horizonte B nítico, seguido pelo B nítico/latossólico, e depois pelo C, sendo que esse horizonte foi observado em vários pontos da topossequência, onde a sua proximidade com a superfície é variável. Essas mudanças ocorrem sem que, no entanto, haja uma variação significativa no modelado da vertente, exceto na baixa vertente, onde ocorre uma pequena convexidade da mesma. Constata-se que essa mudança na relação das transferências de materiais existentes no interior do *continuum* é afetada principalmente pela menor espessura do solo em alguns pontos, sendo refletida no modelado da vertente. Estas condições de solos mais espessos intercalados com solos mais rasos pode estar associada a diferentes derrames basálticos ocorridos no local, que também acabam ocasionando uma pequena diferenciação nas rochas presentes na área, já que nota-se que os fragmentos de rochas existentes na média

vertente são de basaltos maciços, enquanto que os encontrados na baixa vertente são de basalto amigdaloidal.

Observou-se que na área ocorrem alterações nas propriedades físicas dos solos ocasionadas pelo uso e manejo. Nos locais por onde normalmente ocorrem a passagem do rodado dos implementos, as alterações, caracterizadas principalmente pela presença de volumes com torrões compactados (Δ) se acentuam; e em áreas onde ocorreu uma alteração mecânica e biológica, devido ao cultivo, verifica-se um alívio na compactação, apresentando em geral volumes com torrões não compactados (μ). Observa-se que em profundidade ainda se encontram grandes alterações que não foram observadas durante a descrição morfológica, provavelmente devido às condições de umidade em que o solo se encontrava.

No NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico observou-se uma alteração mais relevante que no NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico, demonstrando que os diferentes solos encontrados na vertente reagem diferentemente ao mesmo manejo empregado.

5.3.4. Compartimento Três Cantos - 4

Este compartimento localiza-se no setor sudoeste do município de Maracá e limita-se com o compartimento Anhumas ao norte. Possui alguns pequenos canais de drenagem que se dirigem à represa Capivara, onde ocorre a confluência do ribeirão das Anhumas, do rio Capivara e do rio Paranapanema, formando os “três cantos”, como é conhecida a área. Nesse compartimento aparecem várias depressões fechadas e semi-fechadas, podendo ou não possuir água em seu interior (Figura 47).

Apresenta solos areno-argilosos e argilosos, desenvolvidos em relevo plano, formados a partir da combinação do material arenoso que recobre rochas basálticas. Este material não se encontra descrito em mapas geológicos da área, existentes nas escalas 1:500.000 e 1:750.000. Não foram encontrados mapas geológicos mais detalhados. Este material arenoso pode ser constituído por depósitos sedimentares recentes, ou então ser contemporâneo ao material encontrado no compartimento Cervo (Formação Adamantina), depositado em uma superfície mais rebaixada, ou ainda, tratar-se de uma camada de arenito intertrapiano, onde a parte superficial foi totalmente removida. Em tradagens de até 7 metros executadas na área não foi possível encontrar o contato desse material arenoso com o material característico da decomposição do basalto, no entanto, é possível encontrar, em direção às margens da represa

Capivara, esse material, que é caracterizado por solos vermelho-escuros com presença de magnetita (Figura 48). Apresenta uma altitude que varia entre 320 à 360m (Figura 49).



Figura 48: Depressão fechada.
Autor: Alves, GB, 2009.



Figura 47: Solos argilosos de coloração vermelho-escuro.
Autor: Alves, GB, 2009.

O sistema pedológico predominante neste compartimento é caracterizado pela presença dominante do LATOSSOLO VERMELHO, apresentando também uma mancha de LATOSSOLO VERMELHO Férrico e de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, além de apresentar também o GLEISSOLO HÁPLICO e o NEOSSOLO FLÚVICO próximo aos canais de drenagem, sendo o GLEISSOLO mais comumente encontrado.



Figura 49: Modelo digital do terreno do compartimento Três Cantos, em Maracá/SP, e localização da topossequência.

Elaboração: Alves, GB, 2009.

A vegetação primária desta área é a Floresta Estacional Semidecidual sub-Montana, que se encontra reduzida a pequenas manchas, predominando, na área, a vegetação secundária e atividades agropecuárias. Os principais usos são soja/milho e em algumas áreas são praticadas técnicas de irrigação.

A topossequência Mandacaru (depressão fechada), estudada em Maracá/SP (Figura 50 e 51), possui 360 metros de comprimento, com desnível de 16 metros. O perfil da vertente é ligeiramente convexo-retilíneo, apresentando dois grandes horizontes A e B latossólico, que originam o LATOSSOLO VERMELHO, que se diferencia entre a alta e a baixa vertente, em termos de fertilidade, apresentando-se distrófico na alta vertente (Tr1) e eutrófico na baixa vertente (Tr2) (Figura 52).

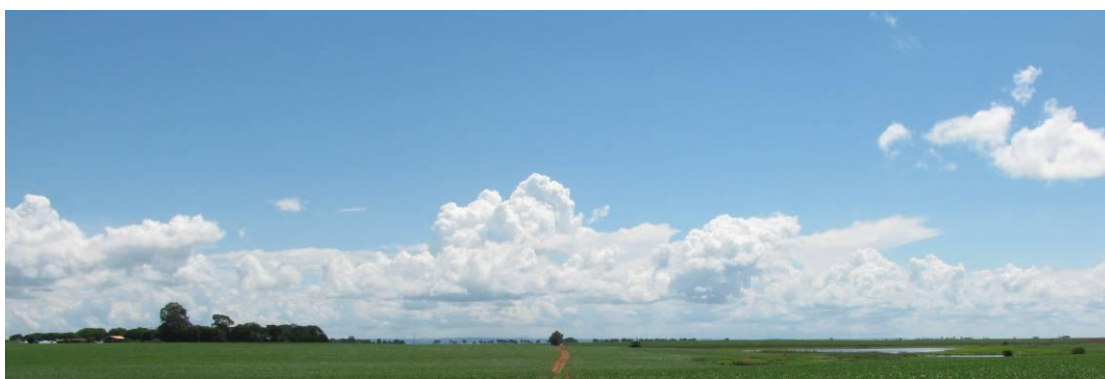


Figura 50: Visão da topossequência Mandacaru. (Fotos adquiridas em data diferente da dos levantamentos).

Autor: Alves, GB, 2009.

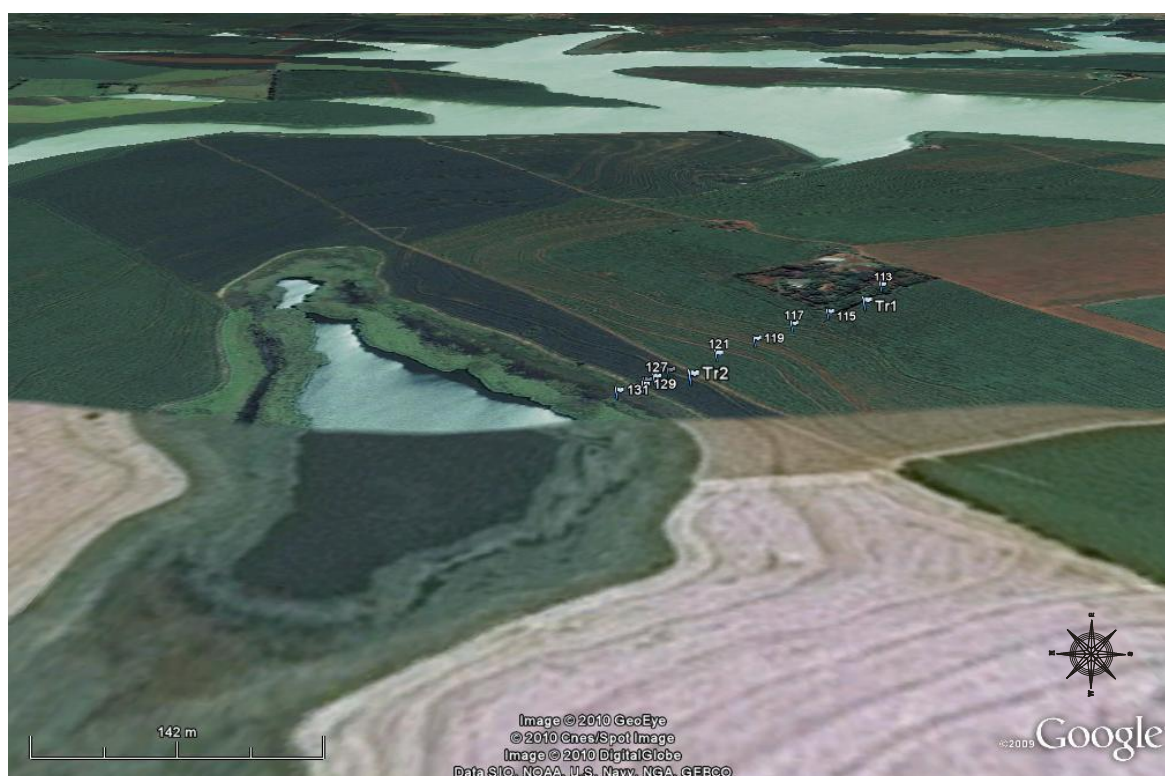


Figura 51: Localização dos pontos de tradagens e trincheiras, realizados na topossequência Mandacarú, realizada na lagoa Mandacarú.

Fonte: Google, 2010.

Adaptação: Alves, GB.

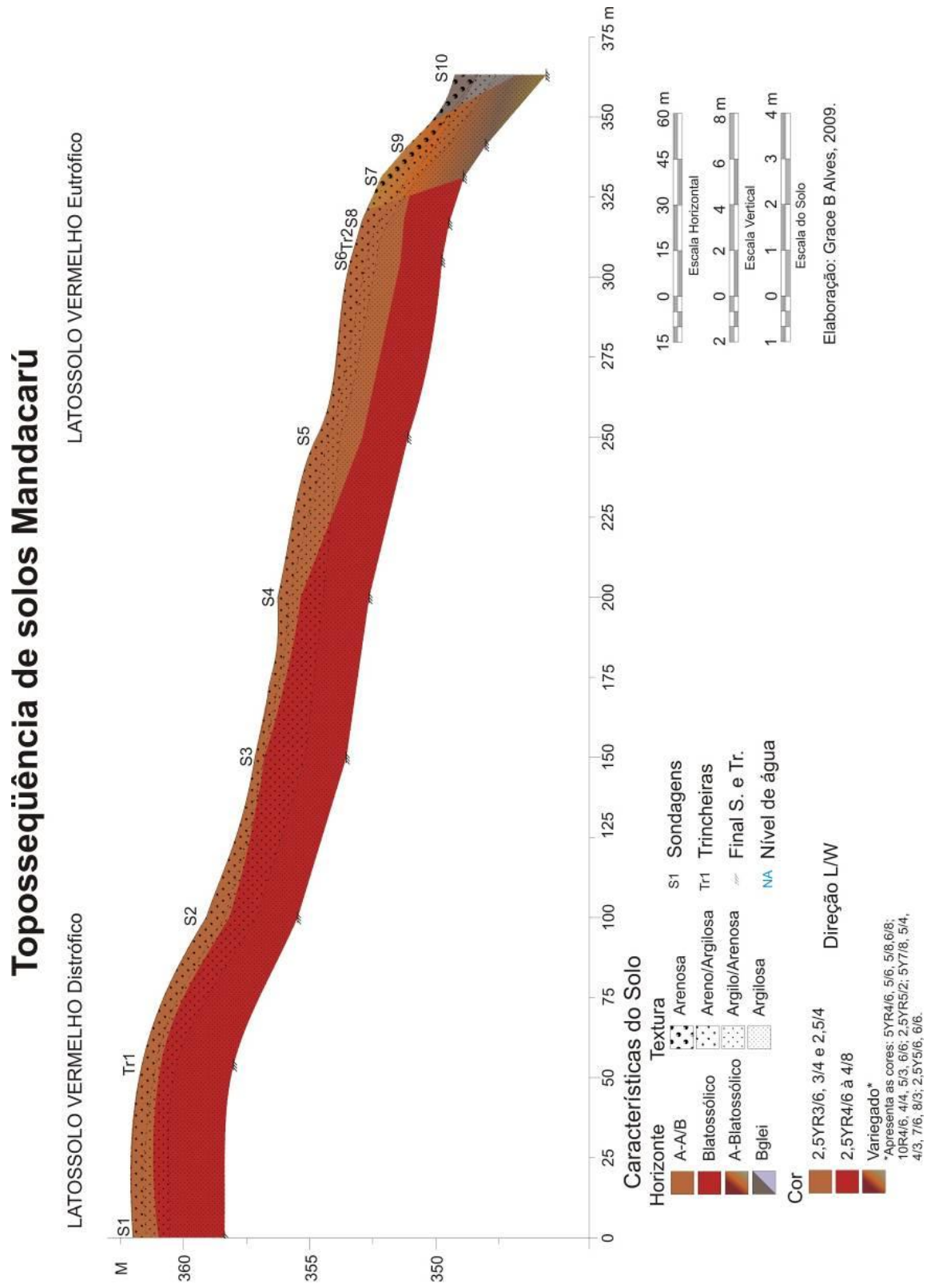


Figura 52: Representação da topossequência Mandacarú, no município de Maracá/SP.

A topossequência foi realizada na Fazenda Santa Lúdia, propriedade arrendada para o cultivo de soja/milho, que utiliza o plantio direto como medida de economia, pois sua adoção

reduz os tratos culturais (gradagem e aração), ajudando a evitar o desenvolvimento de processos erosivos. Adota-se o cultivo de soja/milho na área há mais ou menos quinze anos, utilizando primeiramente a forma de cultivo convencional, com aração mais gradagem (grade aradora) antes do plantio, e sendo que nos últimos dez anos passou-se a adotar o plantio direto. Antes da cultura de soja/milho, a área era utilizada como pastagem, para a criação de gado de corte.

O arrendatário adota o cultivo de soja/milho por ter as condições para executar este tipo de cultivo e acreditar que se trata de uma opção rentável, que requer pouca mão-de-obra, mesmo para produção em grandes escalas, e por essas culturas serem expressivas na região. Toda a preparação para as culturas é feita com a utilização de mecanização, portanto o trânsito de máquinas agrícolas nessa propriedade é constante, destacando-se as seguintes etapas: plantio, pulverização e colheita. Utiliza geralmente uma plantadeira de 11 ou 13 linhas, um pulverizador Jacto terrestre, com 18 metros de barra, e colheitadeira de 15 ou 17 pés. Realiza, em torno de 5 pulverizações por ciclo produtivo, sem contar a dessecação. Realizou subsolagem no ano de 2008, com escarificador de 7 pés, na profundidade de 30 cm. Normalmente utiliza-se deste procedimento quando avalia que o solo se apresenta muito denso (análise com penetrômetro); ou quando ocorre uma chuva torrencial que danifica os terraços; e/ou quando realiza a aplicação de calcário.

Nesta fazenda é realizada a observação da pluviosidade, para um acompanhamento das chuvas ocorridas mês a mês, embora não se trate de um controle rigoroso, com anotação dos dados. São efetuadas análises granulométricas e químicas de rotina, a cada dois anos, para cumprir as exigências de realização do seguro da cultura e para a correção do solo. No último ano, foi realizado um levantamento de alta precisão, com coletas de amostras de 3 em 3 hectares, com respectiva posição georreferenciada, e profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Normalmente, coleta duas amostras (0-20 cm e 20-40 cm) a cada 15 hectares, efetuando várias coletas (em torno de 7) em ziguezague, que são misturadas, dando origem a uma única amostra por profundidade. A adubação é efetuada a cada plantio, com aplicação simultânea de sementes. Normalmente, aplicam-se as seguintes concentrações de NPK (Nitrogênio, Potássio e Fósforo): 0-20-20 ou 2-20-20 para a cultura de soja; e 15-15-15 ou similar, para o milho.

Segundo o proprietário, que acompanha rigorosamente todas as etapas da produção na área estudada ocorre uma diferença na produtividade, com melhores resultados na baixa vertente. Apesar destas observações empíricas a aplicação de fertilizantes se faz de forma homogênea em toda a extensão da área, e a calagem de acordo com as análises químicas, que devido à forma de amostragem, provavelmente, não respondem fidedignamente à realidade da

área, com exceção do levantamento de alta precisão que possivelmente deve responder muito melhor à realidade apresentada pelos solos, mas que por enquanto se apresenta com altos custos para os produtores.

O LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e o LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico apresentam valores de granulometria (Tabela 32) condizentes com os encontrados por Joaquim *et al.* (2003) para os mesmos tipos de solos, e valores das características químicas (Tabela 33 e 34), relacionadas às bases, pouco maiores que os existentes para os LATOSSOLOS VERMELHO Distróficos descritos pelo autor. Isso porque os valores das bases encontrados neste perfil são altos e quase o enquadram como um solo eutrófico, sendo que para isso deveria apresentar um valor de V% acima de 50%, mas apresentou um valor de 47,32%. O LATOSSOLO VERMELHO Distrófico apresentou uma densidade de partículas de 3,01 g/cm³ e o LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico 2,91 g/cm³.

Tabela 32: Granulometria dos horizontes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacaru, no município de Maracá/SP.

Frações Granulométricas dos horizontes (%)		Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	A (0-30 cm)	33,75	11,80	32,92	21,53
	Bw ₁ (30-55 cm)	48,93	13,17	24,44	13,46
	Bw ₂ (55-90 cm)	45,75	14,69	24,55	15,02
	Bw ₃ (90-200 cm)	46,25	12,44	26,60	14,71
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico	A (0-47 cm)	32,85	15,70	32,20	19,26
	Bw ₁ (47-100 cm)	40,60	11,27	29,85	18,29
	Bw ₂ (100-200 cm)	39,07	10,15	31,71	19,07

Tabela 33: Características químicas (complexo sortivo) dos horizontes diagnósticos descritos LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacaru, no município de Maracá/SP.

	P mg dm ⁻¹	pH CaCl ₂ H ₂ O		H ⁺ + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	CTC	V %
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Bw ₂ (55-90 cm)	2,00	6,00	6,50	2,36	0,00	2,08	0,71	0,04	4,48	47,32
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico Bw ₁ (47-100 cm)	2,20	6,10	6,50	2,36	0,00	2,37	0,80	0,80	4,78	50,63

Tabela 34: Teores de alguns micronutrientes e enxofre dos horizontes diagnósticos descritos LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacaru, no município de Maracá/SP.

	Fe	Zn	Cu	Mn	S-SO ₄ ²⁻
	mg dm ⁻³				
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Bw ₂ (55-90 cm)	104,62	1,93	16,09	29,58	6,79
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico Bw ₁ (47-100 cm)	81,90	1,03	11,32	34,03	17,37

Verifica-se que os dois tipos de solos encontrados na topossequência Mandacaru apresentam características químicas um pouco diferentes (Tabela 33 e 34), sendo que o LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico apresenta-se mais rico, em macronutrientes, e com valores um pouco menores na maioria dos micronutrientes, que o LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, fato que, provavelmente está relacionado às suas respectivas posições na vertente, que condicionam a ação dos fluxos hídricos locais e toda a evolução do sistema, além de sofrer interferência de práticas agrícolas, como a aplicação de corretivos e fertilizantes. Observa-se que só ocorre diferenciação na aplicação de corretivos, e que a aplicação de fertilizantes é a mesma para os diferentes tipos de solos observados na topossequência.

O horizonte A, que predomina ao longo de toda a vertente, varia em espessura de 37 cm a 55 cm; tem coloração vermelho-escuro (2,5YR3/6) a bruno-avermelhado-escuro (2,5YR3/4) e textura média; no sopé da vertente passa a apresentar uma grande variação de cores, sendo elas: vermelho-amarelado (5YR4/6, 5/6), bruno-amarelado-escuro (2,5YR2,5/4; 10YR4/4) e textura arenosa, indicando a ação da água na alteração do ferro e na remoção de materiais. Apresenta 33,75% de argila na trincheira 1 e 32,85% na trincheira 2 (Tabela 32). A estrutura é granular a angular, pequena a média, fraca a moderada ao longo de toda a vertente.

O horizonte B latossólico apresenta espessura média, geralmente superior a 150 cm, e se prolonga por toda vertente, apresenta coloração uniforme, variando de vermelho (2,5YR4/6 a 4/8) a vermelho escuro (2,5YR3/6). Somente no sopé da vertente, apresenta uma coloração vermelho-amarelada (5YR5/6, 5/8) e em profundidade a cor vermelha (10R4/6), com manchas amarelo-oliváceas (2,5Y6/6) e presença de fragmentos grosseiros (concreções); mais próximo à lagoa passa progressivamente a apresentar as cores bruno-acinzentado (2,5Y5/2);

bruno (10YR5/3), com manchas amarelas (10YR7/8); amarelo-brunado (10YR6/6), com manchas vermelhas (10R4/6) e fragmentos grosseiros; e amarelo (5Y7/6), com pequenas manchas amarelo-claro-acinzentado (5Y8/3). A partir disto se torna mais acinzentado, originando um horizonte gleizado. Desenvolve-se abaixo do horizonte A, e na baixa vertente passa a ceder espaço ao horizonte B glei. A textura passa progressivamente de média a argilosa, em profundidade, e se mantém constante lateralmente. A estrutura é microagregada.

Na baixa vertente, próximo à lagoa, foi observada uma sequência de horizontos gleizados, com texturas arenosa na superfície e argilosa em profundidade, com cores variadas, sendo que a partir da superfície é possível encontrar as seguintes cores: cinzenta (N5/, 6/); cinzento-azulada (5B6/1), com manchas amarelas (5Y7/8); Cinzento-azulada (5B5/1), com muitas manchas cinzento-oliváceo-claras (2,5Y5/6) e amarelo-avermelhadas (5YR6/8); e oliva (5Y4/3, 5/4) na parte mais profunda da tradagem (2 metros).

No momento em que foram descritas as trincheiras (29/03/2009), o solo estava semeado com a cultura de milho, e apresentava ainda alguns restos de palhada da última cultura (soja) (Figura 53). Na área não foi observado nenhum sinal de erosão.



Figura 53: Visão da topossequência Mandacarú, foto tirada a partir da média vertente.

Autor: Alves, GB, 2009.

O perfil Cultural descrito no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo até 50 cm (Figura 54 e 55), concentradas, portanto, no horizonte A; no horizonte B através da descrição morfológica, observou-se a presença de uma estrutura microagregada, onde não se constatou a existência de volumes alterados pelo manejo.



Figura 54: Volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).

Autor: Alves, GB, 2009.

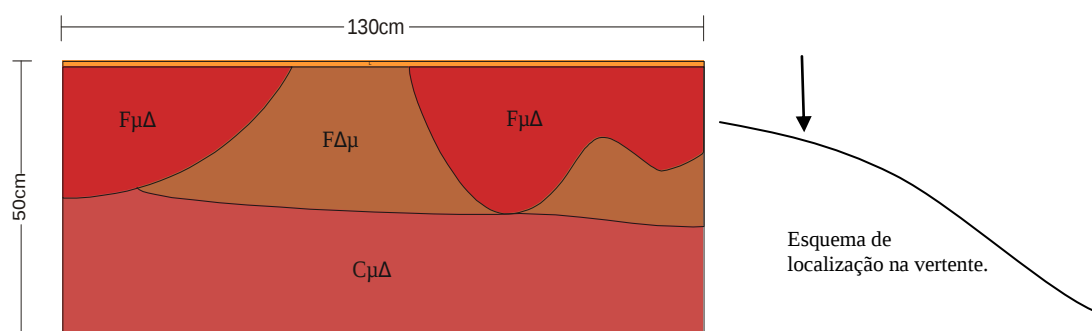


Figura 55: Representação dos volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico).

O perfil caracteriza-se por possuir uma camada livre, de mais ou menos 3 cm, composta por solo solto, palha e material decomposto. Foram observados volumes fissurados (F) e maciços (C) (Tabela 35). Os volumes $F\mu\Delta$ representam as linhas de cultivo, que possuem as menores densidades de solo e maiores macroporosidades; possuem estas características por sofrerem intervenções mecânicas dos implementos de plantio e das raízes (Tabela 36). O volume $F\Delta\mu$ encontra-se na entrelinha de plantio e abaixo das linhas de plantio, encontrando-se mais adensando que o volume $F\mu\Delta$, devido às pressões recebidas, que não são aliviadas por ações de implementos ou de raízes. O volume $C\mu\Delta$ apresentou os piores resultados de densidade e macroporosidade do perfil, fato que discorda das observações realizadas em campo, provavelmente isto esteja associado a maior umidade presente neste volume. Estes dados estão associados a uma concentração de pressão que este volume tem

acumulado ao longo do tempo, desenvolvendo uma estrutura mais adensada, onde a ação biológica não se mostra suficiente para provocar alterações. Observa-se que apenas o volume C $\mu\Delta$ apresentou valor de densidade do solo entre o considerado como crítico por Reichert *et al.* (2003) (1,4 e 1,6 kg dm⁻³ para solos argilosos; 1,6 e 1,8 kg dm⁻³ para solos arenosos).

Tabela 35: Características dos volumes identificados no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na topossequência Mandacarú, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
F $\mu\Delta$	granular, pequena, fraca	estáveis	soltos	muito friáveis	LP/LP
F $\Delta\mu$	angular, média a grande, moderada a forte	estáveis	duros	friáveis	LP/LP
C $\mu\Delta$	sub angular, média a grande, moderada a forte, com macro estruturas dispostas em formas de plaquetas verticais	instáveis	macios	friáveis	LP/LP

C: Maciço; **F:** Fissural; **$\mu\Delta$:** em processo de compactação; **$\Delta\mu$:** compactados, mas que ainda guardam características do estado não compactado; **LP/LP:** ligeiramente plástico e pegajoso.

Tabela 36: Características físicas dos volumes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na topossequência Mandacarú, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)				Densidade kg dm ⁻³
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)	Total (Densidade)	
F $\mu\Delta$	30,63	24,60	55,23	52,90	1,42
F $\Delta\mu$	30,06	19,20	49,26	50,26	1,50
C $\mu\Delta$	34,41	10,89	45,30	45,82	1,63

Densidade de partículas: 3,01 g/cm³.

O perfil Cultural descrito no LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico apresenta alterações ocasionadas pelo uso e manejo até 42 cm (Figura 56 e 57), concentradas no horizonte A, no horizonte B. Através da descrição morfológica, observou-se a presença de uma estrutura sub-angular com tendência a microagregada, no início do horizonte B latossólico, que se transforma progressivamente em microagregada; nestes horizontes não se constatou a existência de volumes alterados pelo manejo.



Figura 57: Volumes identificados na Trincheira 1 (LATOSSOLO).
Autor: Alves, GB, 2009.

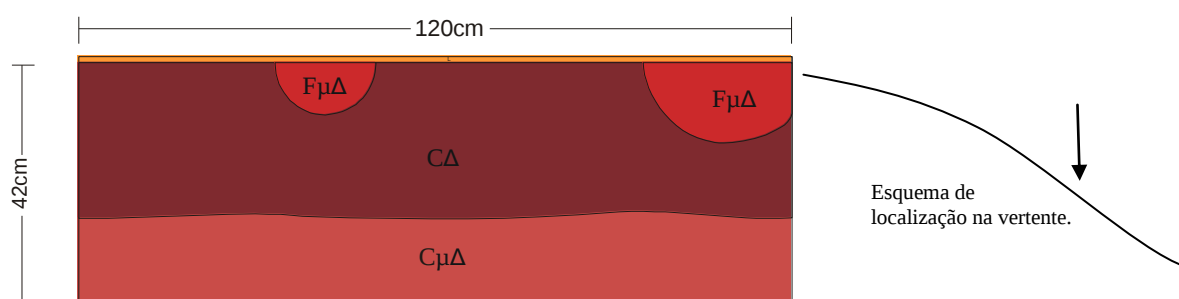


Figura 56: Representação dos volumes identificados na Trincheira 2 (LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico).

O perfil descrito no LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico apresenta uma camada livre, de mais ou menos 3 cm, composta por solo solto, palha e material decomposto. Foram observados volumes fissurados (F) e maciços (C) (Tabela 37). O volume $F\mu\Delta$ representa o sulco de plantio, onde ocorre uma melhora no valor de densidade do solo e macroporosidade, que é fruto da ação biológica e mecânica dos implementos (Tabela 38). Durante a descrição do volume $C\Delta$ avaliou-se que este possuía as piores condições no perfil, no entanto as análises de densidade do solo e porosidade demonstraram que estas características pertencem ao volume $C\mu\Delta$, este fato se deve, provavelmente, às condições de umidade apresentadas pelo volume $C\mu\Delta$ no ato da descrição. Observa-se que os volumes $C\Delta$ e $C\mu\Delta$ apresentam valores de densidade do solo entre os considerados como críticos por Reichert *et al.* (2003) ($1,6$ e $1,8 \text{ kg dm}^{-3}$ para solos arenosos).

Tabela 37: Características dos volumes identificados no LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacarú, no município de Maracá/SP.

Volume	Estrutura	Estabilidade dos torrões	Consistência (seco)	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)
--------	-----------	--------------------------	---------------------	----------------------	------------------------

F$\mu$$\Delta$	granular, pequena/média, fraca	estáveis	macios	friáveis	NP/NP
CA	angular, média/grande, moderada/forte	estáveis	duros	firmes	LP/LP
C$\mu$$\Delta$	sub-angular a angular, média/grande, moderada/forte, dispostas em forma de plaquetas verticais	pouco estáveis	-	friáveis	LP/LP

C: Maciço; **F:** Fissural; **μ Δ :** em processo de compactação; **Δ :** compactados; **NP/NP:** não plástico e não pegajoso; **LP/LP:** ligeiramente plástico e pegajoso.

Tabela 38: Características físicas dos volumes descritos no LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico na topossequência Mandacarú, no município de Maracá/SP.

Volume	Porosidade (%)			Total (Densidade)	Densidade kg dm ⁻³
	Micro	Macro	Total (Macro+Micro)		
F$\mu$$\Delta$	28,45	23,45	51,89	52,53	1,38
CA	29,79	9,70	39,48	40,60	1,73
C$\mu$$\Delta$	36,18	5,49	41,67	40,13	1,74

Densidade de partículas: 2,91 g/cm³.

Verifica-se que na topossequência Mandacaru a mudança lateral do solo é muito tênue, indicando um possível equilíbrio existente nesta vertente, onde se observou que a alteração de solo é motivada pela transferência de materiais, que ocasionam apenas uma mudança em termos de fertilidade. Não foi observada uma mudança significativa de textura e estrutura ao longo da vertente, com exceção do final do topossequência, onde ocorre uma grande alteração no solo, evidenciada principalmente pelas cores apresentadas, isto se deve a grande influência que o nível de água exerce neste ponto.

Sabe-se que a morfodinâmica tem grande influência na pedogênese (Tricart, 1968), e neste caso, se observa que é a concentração e manutenção da água que provém da parte mais alta da vertente e que, de certa forma, acaba se acumulando na baixa, ocasionando as alterações de cores. É também a ação da água que possibilita a formação das concreções observadas na baixa vertente, para tanto, foi necessário que houvesse uma concentração de ferro dissolvido e posterior ressecamento, possibilitando, assim, que se formassem as concreções. Observa-se que estas, por vezes, indicam que recobriam outro material, possivelmente raízes (Figura 58).



Figura 58: Concreções encontradas no ponto S7, na topossequência Mandacarú, Maracá/SP. (Escala centimétrica).
Autor: Alves, GB, 2009.

Observou-se que na área ocorrem alterações nas propriedades físicas dos solos ocasionadas pelo uso e manejo. Possuem volumes onde ocorre um alívio na densidade nas linhas de cultivo, através de pressão mecânica no ato da semeadura e posterior pressão biológica, por conta da ação das plantas que ali se desenvolveram. Os volumes identificados se apresentam bastante adensados, apresentando as maiores densidades do solo entre os perfis analisados que eram cultivados com soja/milho. Este fato possivelmente se deva ao fato de que estes solos apresentam maior fração de areia que os demais analisados sobre o mesmo tipo de cultivo; verifica-se que na vertente os resultados também se mostram diferentes, sendo que o LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico apresenta maiores valores de densidade que o LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, provavelmente, por apresentar uma fração um pouco maior de areia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da diversidade pedológica do município de Maracá caracterizamos quatro diferentes compartimentos (Cervo, Anhumas, Barra Mansa e Três Cantos), que se diferenciam principalmente em função das relações solo/paisagem, cada um apresentando uma sequência de solos predominante.

Observamos nos compartimentos que as características dos solos se diferenciam lateralmente, onde em alguns casos (Cervo, Barra Mansa e Três Cantos) essa variação se manifesta claramente no modelado da vertente. Em todas as áreas foram observadas diferenças laterais de algumas características dos solos (cor, estrutura, complexo sortivo), onde, em geral, o solo presente na seção mais baixa da vertente se apresenta mais enriquecido quimicamente (complexo sortivo), fato relacionado às dinâmicas hídricas das vertentes, à evolução dos sistemas pedológicos, além dos tratos culturais que não se diferenciam na vertente, apesar das diferenciações dos solos.

Observou-se que aplicação de corretivos (calcáreo e/ou gesso) ocorre de maneira homogênea – tanto em quantidade, quanto em modo de aplicação – ao longo de toda a vertente; a necessidade de aplicação é avaliada através de análises químicas que amostram áreas muito grandes através da mistura de coletas de vários pontos, não revelando as diferenciações pedológicas existentes; e mesmo quando estas amostragens denotam diferentes necessidades, acaba-se aplicando a mesma quantidade de corretivo para toda a área a ser corrigida. Para a incorporação do corretivo, revolvem o solo no intuito de melhorar a absorção do material, sem que haja diferença no modo de revolvimento e aplicação nos diferentes solos; e sem que se avalie a necessidade de um revolvimento dos solos através de análises físicas. Quando ocorre uma avaliação de compactação, esta é geralmente feita através de penetrômetro, não considerando as condições de umidade; a adubação é realizada a cada plantio em doses praticamente fixas, sem que haja uma avaliação da composição química do solo, que é utilizada, via de regra, somente para a correção do solo com calcáreo ou gesso. De maneira geral, os produtores tem consciência de que o solo se diferencia na vertente devido à observação de suas produções, que se mostram maiores nos setores de na baixa vertente. Não obstante a tal fato, não há qualquer intenção de diferenciação nos tratos culturais em uma mesma vertente. Com relação aos tratos culturais, conclui-se que, em geral, o manejo dos solos é realizado de maneira uniforme nas propriedades; o cultivo é realizado praticamente como se fosse uma receita que se segue à risca, independentemente das características dos

solos. As análises químicas só são utilizadas para calcular a quantidade de corretivo (calcáreo ou gesso); já o adubo é aplicado de acordo com as necessidades da planta, desconsiderando o que o solo já possui e que se encontra na mesma análise química utilizada para calcular a quantidade de corretivo.

No que diz respeito às alterações nas condições físicas dos solos, constatamos que os solos de uma mesma vertente apresentam alterações diferenciadas, não reagindo da mesma forma ao uso e manejo.

O compartimento Cervo encontra-se densamente ocupado com a cultura de cana-de-açúcar, que se instalou neste compartimento visando um melhor aproveitamento dos solos arenosos e, posteriormente, tem se propagado intensamente também em áreas sobre solos argilosos. Na área estudada, o cultivo convencional é utilizado, com intensa mobilização dos solos. Observamos que este tipo de cultivo, quando comparado com os demais analisados, foi o que deu origem às maiores alterações. Dentre os solos avaliados sob o cultivo de cana-de-açúcar, verificou-se que no LATOSSOLO e no NITOSSOLO, a camada que engloba a linha de plantio apresentou o menor valor densidade e os melhores de porosidade, sendo que no NITOSSOLO, essa camada se divide e, somente a mais superficial se apresenta dentre os melhores resultados. Em ambos os solos, as camadas das entrelinhas de plantio apresentaram-se bastante adensadas; e no caso do LATOSSOLO, a camada mais adensada foi a descrita, segundo sua morfologia, como tendo as melhores condições. Esta divergência nos dados de campo com os dados de laboratório pode ter ocorrido por esta camada se apresentar, na ocasião da descrição, mais úmida que as demais, influenciando no procedimento da descrição morfológica. Esse erro induzido pode ter dado origem à falsa impressão de que estaria menos alterada. As trincheiras foram descritas quando o solo se apresentava relativamente seco superficialmente, mas ainda contava com certa umidade em profundidade, devido não só à época em que os solos foram descritos, no mês de março, como também às condições físicas de porosidade que estes solos apresentam, pois essa camada adensada possui também a menor macroporosidade e maior microporosidade do perfil.

Uma vez sabendo que a macroporosidade é a responsável pela circulação do ar da água gravitacional no perfil, e a microporosidade a responsável pela água capilar que passa mais tempo armazenada no perfil, podemos inferir que as alterações antrópicas que agem na porosidade do solo são capazes de originar uma ideia enganosa de que o solo se encontrava pouco alterado - uma vez que reteria umidade por um intervalo de tempo mais longo, dificultando as observações morfológicas.

Para que se possa avaliar claramente estes fatos, seria necessário que a descrição fosse realizada em época em que o solo se encontre o mais seco possível; sendo ainda necessário que se complemente as descrições com análises de laboratório que visem identificar as características físicas e de umidade dos solos.

No LATOSSOLO e NITOSSOLO sob o cultivo de cana-de-açúcar observamos os dois maiores valores de densidade em relação a todos os perfis analisados; no entanto no NITOSSOLO foi constatado, durante a descrição, que abaixo de 25cm o solo não se apresenta alterado pelo manejo, fato que não foi observado em nenhum outro perfil dentre todos os analisados. Possivelmente abaixo dos 25cm o solo ainda pode se apresentar alterado, pois camada mais densa do NITOSSOLO está muito acima do que se considera como crítico para o desenvolvimento das plantas (REICHERT *et al.*, 2003). Tal fato só foi observado neste perfil específico, sendo que em todos os outros analisados, os valores chegam no máximo ao considerado como crítico para aquele tipo de solo, sem no entanto ultrapassá-lo. Isto nos leva a crer que as condições que levaram à uma falsa ideia de camada pouco alterada no LATOSSOLO também devem ter influenciado a caracterização desta camada, porém, uma vez que não foi efetuada a coleta de solo para análises de porosidade e densidade - justamente por julgarmos que esta camada não se encontrava alterada - não foi possível verificar se esta condição realmente se repetiria neste perfil, sendo necessárias novas avaliações para tal constatação.

Em geral, observamos que os perfis sob o cultivo de soja/milho apresentam uma camada mais porosa e menos densa nas linhas de plantio, geradas pela ação mecânica provocada por implementos no ato da semeadura e posterior ação das raízes; nas entrelinhas se encontra uma camada mais adensada que a encontrada nas linhas. Nos casos do LATOSSOLO (Compartimento Anhumas) e dos NITOSSOLOS (Compartimento Barra Mansa), a camada mais adensada do perfil se encontra imediatamente abaixo das linhas de cultivo; esta camada acaba dificultando a penetração das raízes, reduzindo o volume de solo explorado pelas plantas, e consequentemente, a obtenção de água e nutrientes. Já no NITOSSOLO (Compartimento Anhumas) e nos LATOSSOLOS (Compartimento Três Cantos) a camada mais adensada é a que se encontra no contato com o horizonte B, no entanto, este fato só foi observado nas análises de laboratório, pois em todas as trincheiras levantadas a camada na interface do horizonte A com o B foi descrita como sendo uma das menos alteradas. Tal constatação se deve também às condições de umidade, assim como foi observado no LATOSSOLO do compartimento Cervo, pois todos os solos sob o cultivo de soja que apresentaram a camada próxima ao B mais adensada possuíam, nesta mesma

camada, a menor macroporosidade e maior microporosidade do perfil, fatores que influenciam diretamente na circulação da água e do ar no perfil.

Com relação aos diferentes usos dos solos avaliados, verificamos que o sistema adotado para o cultivo de cana-de-açúcar se mostra muito mais agressivo que o da soja/milho. Dentre os solos analisados, aqueles com as maiores porcentagens de areia apresentam camadas mais densas que a dos solos com maiores teores de argila. Os solos da baixa vertente tendem a se apresentar mais alterados que os de alta vertente, com exceção do compartimento Barra Mansa, onde o oposto ocorre, com o solo da seção de alta vertente mais alterado. Nos compartimentos Barra Mansa e Anhumas, o NITOSSOLO latossólico exibiu os maiores índices de densidade.

As camadas que apresentam altas densidades, em geral, apresentam uma pequena macroporosidade e alta microposidade; isso porque foram utilizadas as mesmas amostras para estas três análises, quando possivelmente o ideal fosse avaliar a porosidade e a densidade através de outros métodos além do método do anel volumétrico, para que se tenha uma maior confrontação de dados. O método do anel volumétrico apresentou valores bastante altos para a densidade (ainda que alguns estejam dentro do observado em outros trabalhos aqui citados), este fato pode estar relacionado com a forma de coleta que utiliza pressão para cravar o anel no solo, podendo desta forma, alterar as condições de densidade e também de porosidade.

Através da adoção da metodologia de descrição do Perfil Cultural, proposto por Tavares *et al.* (1999), verificou-se que nem sempre a simbologia apresenta correspondência entre os diferentes solos e nos mesmo tipo de cultivo, e que se trata de uma avaliação do estado físico dos solos por demais resumida. É possível fazer uma avaliação mais minuciosa dos solos, sem que se adote uma simbologia de referência, mas na qual se proceda com a descrição do estado morfológico das camadas do solo, fazendo uso da maior riqueza de detalhes possíveis, considerando, inclusive, as condições de umidade que estas apresentam - pois a umidade pode mascarar os efeitos de compactação se o solo estiver úmido durante a descrição. Somadas às descrições realizadas em campo, são necessárias análises de laboratório que avaliem as características dos solos. Com isso, torna-se relevante a comparação de diferentes métodos de avaliação.

Provavelmente, estas posturas frente às características químicas e físicas dos solos ocorrem devido à uma falta de conhecimento sobre os solos e seu comportamento; tanto por parte dos produtores, quanto por parte das pessoas que prestam assistência técnica aos produtores. Consideramos, por fim, que é necessária uma maior propagação e utilização dos conhecimentos oriundos do desenvolvimento e evolução da Pedologia.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. *Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista*. São Paulo: IGEOG, 1974. 99p.
- ALVARENGA, M.I.N.; DAVID, A.C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:933-942, 1999.
- ALVES, G. B.; BARREIROS, A. M.; CORREA, M. G. G.; NAKASHIMA, M.; NAKASHIMA, P. Análise da teoria dos refúgios em Maracá/SP. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Viçosa, Minas Gerais, 2009.
- ALVES, G. B.; PAIVA, R. G. ; UGATTIS, A. K. L. A cana-de-açúcar no município de São Carlos do Ivaí. In: *Anais do VIII ENANPEGE Encontro Nacional dos estudantes de Pós-graduação em Geografia*. Curitiba, 2009.
- ALVES, G. B.; NAKASHIMA, M.; NAKASHIMA, P. Alteração das propriedades físicas dos solos, em decorrência do uso e manejo, no município de São Carlos do Ivaí/PR. *Geografia. Ensino & Pesquisa*, v. 12, p. 1621-1635, 2008.
- ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 337-345, 2004.
- ASSIS, R. L.; LANCAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 2005, v.29, n.4, p. 515-522.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14724: apresentação de trabalhos acadêmicos*. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.comunicacao.pro.br/uff/modelos/14724_2002_trabsacad.pdf>. Acesso em: 30 set. 2007.
- _____. *NBR 6023: informação e documentação: referências - elaboração*. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.unb.br/ciord/informacoes/defesa/abnt_nbr6023_2002_referencia.pdf>. Acesso em: 30 set. 2007.
- AUBERT, G. BOULAINÉ, J. *La pédologie*. 2.ed. Paris: Presses Universitaire de France, 1972, 126 p.
- BARBOSA, D. L.; JAQUETA, E. A.; FERNANDES, M. M. *A agroindústria sucroalcooleira e a logística de transporte do álcool anidro/hidratado: um estudo de caso – Usina Nova América*. Marília, 2007. 50p. Monografia (Graduação em Administração de Empresas), Centro Universitário Eurípides de Marília, Marília, 2007.
- BARROS, O. N. F. *Análise estrutural e cartográfica detalhada de solos em Marília, Estado de São Paulo: ensaio metodológico*. São Paulo, 1985. 146 p. Dissertação (Mestrado) –

Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, São Paulo, 1985.

BARREIROS A. M. *Alterações das propriedades físicas impostas a um Latossolo Vermelho férrico decorrentes do uso e manejo, em Maracá – SP*. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

BERTONI, J.; LOMBARDI, F. N. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, M.M.; PEREIRA FILHO, I.A. & CRUZ, J.C. Agregação de Latossolo Vermelho Distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados de Minas Gerais. *Bras. Ci. Solo*, 25:129-136, 2001.

BEZERRA, J.R.; SANTOS, J.W. (Org.). *Sistema de Produção - Cultivo do Algodão Irrigado*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado_2ed/index.html>. Acesso em: 15 abr. 2008.

BIGARELLA J.J.; MAZUCHOWSKI J.Z.. Visão integrada da problemática da erosão. In: *III Simpósio Nacional de Controle da Erosão*. ABGE/ADEA: Maringá, 1985. 332p.

BIGOTTO, F. J. Cana-Brava. *Discutindo Geografia*. São Paulo: Escala Educacional, ano 4, n.21, p.42-45, 2008.

BLANCANEUX, P.; P.L. de FREITAS; R.F. AMABILE. Sistematização e adaptação da metodologia para a caracterização do Perfil Cultural. In: *Reunião técnica sobre a metodologia do Perfil Cultural*. Londrina: UEL/CCA, 1991. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_33-34/37567.pdf#search=%22perfil%20cultural%22>. Acesso em: 15 dez. 2009.

BOCQUIER, G. *Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad: interprétation byogéodynamique*. Paris, ORSTOM, 1973. 350p. (Mémoires ORSTOM, 62). Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/memoires/05969.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2009.

BOULAIN, J. Histoire des pédologues et de la science des sols. Paris: INRA, 1989. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=UHUGOUpoMeQC&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 20 nov. 2009.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: *Anais XXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo*. 1987, Campinas. *A responsabilidade social da ciência do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 79-90.

_____. *Toposéquence de sols tropicaux en Haute Volta*. Équilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Mémoire ORSTOM, Paris, n. 85, 272p, 1974. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/memoires/09233.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2009.

_____. Análise estrutural da cobertura pedológica e a experimentação agrônômica. In: *Anais XXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo*. V. 21, 1987. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 431-446.

_____. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: *Anais XXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo*. V. 21, 1987. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 79-446.

_____. Existence de systèmes à forte différenciation laterale em milieu ferrallitique guyanais: un nouvel exemple de couverture pédologique en déséquilibre. *Science du Sol*, n. 2, p. 75-82, 1978.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et pédologie. I Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. 19, n. 4, p.309-322. 1982a.

BOULET, R.; HUMBEL, F. X. e LUCAS, Y. Analyse Structurale et Cartographie en Pédologie. II Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. 19, n. 4, p.323-339, 1982b.

BOULET, R.; HUMBEL, F. X. e LUCAS, Y. Analyse Structurale et Cartographie en pédologie. III Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. 19, n. 4, p.341-351, 1982c.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; LUCAS, Y. Os sistemas de transformação em pedologia. *Boletim de Geografia Teórica*. V. 20, 1990, p. 45-63.

BOULET, R ; LUCAS, Y ; FRITSCH, E.; PAQUET, H. (1993) Géochimie des paysages: le rôle des couvertures pédologiques. In: H. PAQUET e N CLAUER (ed) Coll. *Sédimentologie et Géochimie de la Surface à la mémoire de Georges Millot*. Le Colloques de l'Académie des Sciences et du Cadastre, Paris, 1993. p. 55-76.

BRADY, N. C. *Natureza e Propriedade dos Solos*. 7.ed. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 1989. 898p.

BRAY, S. C. Os primeiros povoadores e a posse de terra no vale do Paranapanema. In: *Boletim de Geografia*. UEM: Maringá. Ano 5, n.1, mar., 2005.

BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124:3-22, 2005.

CARPENEDO, V. *Qualidade e estabilidade de agregados de latossolo roxo submetido a diferentes manejos*. 1985, 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), UFRS, Porto Alegre, 1985.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 14:99-105, 1990.

CASTRO FILHO, C. & LOGAN, T.J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:1407-1413, 1991.

CHATELIN, Y. Genèse, mutation et éclatement de paradigmes: le cas de la science de sols tropicaux. In: CHATELIN, Y ; BONNEUIL, C. *Nature et environnement*. Paris: ORSTOM, 1995, p. 141-154. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/carton07/010008859.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2009.

CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. *Revista Brasileira de Energia*, V.2, N. 2, 1992.

CURI, N. (Coord.). *Vocabulário de ciência do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993, 90 p.

DREW, D. *Processos interativos homem-meio ambiente*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 224 p.

DOMINGOS, M. M. M. *Sistemas de manejo em terras agricultáveis da Gleba Pinguim-Ribeirão Floriano (Maringá-PR) e suas influências nas propriedades do solo*. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

DOMINGOS, M. M. M.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P.; RALISCH, R.; TAVARES FILHO, J. Estrutura de um Nitossolo Vermelho Latossólico eutroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e floresta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1517-1524, 2009.

DOKOUCHEV, V. V. Le tchernozen russe. *Rev. Nov. Aperçu populaire*: Saint Petersburg, n.18, 1895. p.195-215

DUCHAUFOR, P. *L'évolution des sols: essai sur la dynamique des profils*. Paris: Masson & Cie, 1968, 91 p.

ELLIS, S.; MELLOR, A. *Soils and environment*. London, Routledge, 1995. 363 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA DE SOLOS (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

_____. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

_____. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

_____. *Guia para identificação dos principais solos do estado do Paraná*. Brasília: EMBRAPA, 1986. 36 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Levantamento*

de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL / IAPAR, 1984. 2 v. Boletim de Pesquisa, 27; IAPAR. Boletim Técnico, 16.

ESPINDOLA, C. R. *Retrospectiva crítica sobre a pedologia*. Campinas: UNICAMP, 2008. 397 p.

FERNANDES, L A; COIMBRA, A M. Revisão estratigráfica da parte oriental da bacia Bauru (Neocretaceo). *Revista Brasileira de Geociências*. 30(4):717-728, dez. 2000.

FERNANDES, L A. Mapa Litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1000000. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 55, p. 53-66, 2004. Editora UFPR.

_____. *Estratigrafia e evolução geológica da parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)*- São Paulo. 1998. 216 p. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRANÇA, A. *A Marcha para o Oeste e as Frentes Pioneiras*. Conselho Nacional de Geografia. Rio de Janeiro, 1960.

GAUTRONNEAU Y.; MANICHON, H. *Guide méthodique du profil cultural*. 1987, 62 p. Disponível em: < <http://www.isara.fr/fr/profilcultural/profil.exe>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Mapa geológico das regiões administrativas 10 e 11: Presidente Prudente e Marília*. 1979. 1 maps, color. Escala 1:500.000.

GROHMANN, F.; ARRUDA, H. V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra-roxa-legítima. *Bragantia*. Boletim técnico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, v. 20, n. 49, dez 1961.

HÉNIN, S. Pédologie et Agronomie: du concept de “Vocation” au concept d’ “Aptitude” des sols. In: Journee Georges Aubert. Set. 1980. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cahiers/PTP/1413.PDF>. Acesso em: 14 ago. 2009.

HÉNIN, S.; GRAS, R. & MONNIER, G. *Le profil cultural*. Paris, Masson, 1960.

HÉNIN, S; GRAS, R.; MONNIER, G. *Os solos agrícolas*. Tradução Orlando Valverde. São Paulo: Forense Universitária, 1976. 327 p. tradução de: *Le profil cultural*.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA).

Documentação territorial do Brasil. Disponível em:

<<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/saopaulo/paraguacupaulista.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2010.

_____. *Censo Agropecuário de 1985*. Disponíveis em:

<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/censoagropecuario/Censo%20Agropecuário_1985_SP.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2010.

_____. Unidade Territorial: 3528809 - Maracaí - SP. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/territorio/infounit.asp?codunit=3731&codunitibge=3528809&nomeunit=Maraca%ED+%2D+SP&n=6&nomenivel=Munic%EDpio&z=t&o=4>>. Acesso em: 14 ago. 2009.

_____. Documentação territorial do Brasil. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/saopaulo/maracai.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2009.

_____. Estimativas de população. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/estimativa.shtm>>. Acesso em: 14 ago. 2009.

_____. *Pesquisa Agrícola Municipal*. Disponíveis em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 ago. 2009.

_____. *Censos Agropecuários de 1995 e 2006*. Disponíveis em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 ago. 2009.

_____. *Censos Demográficos*. Disponíveis em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 ago. 2009.

_____. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. *Manual técnico de pedologia*. 2. ed. atual. e aum. Rio de Janeiro, 2007. n. 4, p. 323 (Manuais técnicos em geociências). Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/pedologia/manual_tecnico_pedologia.pdf>. Acesso em 10 ago. 2009.

_____. *Folha Topográfica SF-22-Z-A-IV-1, Maracaí*. 1 mapa, color., 55 cm x 50 cm. Escala 1:50.000. 1975.

_____. *Folha Topográfica SF-22-Z-A-IV-2, Cruzália*. 1 mapa, color., 55 cm x 50 cm. Escala 1:50.000. 1975.

_____. *Folha Topográfica SF-22-Z-A-IV-3, Paranaji*. 1 mapa, color., 55 cm x 50 cm. Escala 1:50.000. 1973.

_____. Diretoria de Geociências. *Mapa de Vegetação do Brasil*. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Departamento de Processamento de Imagens (INPE/DPI). *Sistema de processamento de informações georreferenciadas (SPRING)*. Versão 5.1 [S.L.]: INPE, 2009. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2009.

_____. *TOPODATA*: Bando de dados geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 15 nov. 2009.

IPT, Divisão de Geologia. *Mapa de erosão do estado de São Paulo*. São Paulo: Imprensa Oficial do estado S. A. IMESP, 1995. 1 mapa, color. Escala 1:1.000.000.

_____. *Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, Div. Minas e Geol. Aplicada, Monogr. 1981. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.

JOAQUIM, A. C.; PRADO, H.; MENK, J. R. F.; ROSSI, M.; LEPSCH, I. F.; BOGNOLA, I. A. Levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo: quadrícula de Maracáí. II Memorial Descritivo. *Boletim Científico*. Série APTA, n.09. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003.

JORGE, J. A. *Física e manejo dos solos tropicais*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia: relações solo – planta*. São Paulo: Agronômica “Ceres”, 1979. 264 p.

KLEIN, V. A.; BOLLER, W. Avaliação de diferentes métodos de manejos do solo e métodos de semeadura em área sob sistema de plantio direto. *Ci. Rural*, 25:395-398, 1995.

LAL, R. Soil management in the developing countries. *J. Soil Science*, 165:57-72, 2000.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 178p.

MANICHON, H.; GAUTRONNEAU, Y. *Guia metódica del perfil cultural*. La Paz, IBTA-ORSTOM, Informe n.54, 1996. 29 p.

MATHIEU, C. ; PIELTAIN, F. *Analyse physique des sols: méthodes choisies*. Paris, Lavoisier Tec & Doc, 1997. 275p.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. *Top. Ci. Solo*, 3:209-241, 2003.

MILNE, G. *Some suggested of classification and mapping particular for east African*. *Soil res.* n.4, v. 2, p.183-198, 1934.

MONIZ, A.C. (Coord.). *Elementos da Pedologia*. São Paulo: EDUSP, 1972, 459 p.

MUNSELL, Color Company. *Munsell soil color charts*. Baltimore, 1975.

OLIVEIRA, J.B.; MONIZ, A.C. Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Ribeirão Preto, SP. *Bragantia*, 34:59-114, 1975.

OLIVEIRA, J.C.M.; VAZ, C.M.P. ; REICHARDT, K.. Efeito do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Escuro. *Sci. agric.* Piracicaba. 1995, v.52, n.1, pp. 50-55.

PAULA E SILVA, F. *Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do grupo Bauru no estado de São Paulo*. 2003. 201 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Área de concentração em Geologia Regional, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

PAULA E SILVA, F; CHANG, H K, CAETANO-CHANG, M R. Perfis de referência do Grupo Bauru (k) no estado de São Paulo. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 22, N. Especial, p. 21-32, 2003.

_____. Estratigrafia de subsuperfície do Grupo Bauru (k) no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*. V.35(1):77-88, março de 2005.

PEDROTTI, A.; DIAS JÚNIOR, M.S. Compactação do solo: como evitá-la. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.9, n.4, p.50-2, 1996.

PELLERIN, J. ; HELLUIN, M. Análise estrutural e organização das paisagens: as pesquisas visando a generalização cartográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXI, 1987, Campinas. *A responsabilidade social da ciência do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 526, ref. 455-463.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. 9.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 541p.

POÇANO, W. L. Carta geomorfológica do estado de São Paulo: na escala 1:2.500.000, com base no conceito de sistemas de relevo. *Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia*. v. 2, Santa Catarina, 1980. 1 mapa. Escala 1:2.500.000.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 15, p. 77-90, 2002. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_15/77-90.pdf>. Acesso em: 12 set. 2007.

_____. Agricultura Brasileira, pesquisa de solos e sustentabilidade. In: *Patrimônio Ambiental Brasileiro*. EDUSP - Imprensa Oficial: São Paulo, 2003. p.49-75.

_____. Reações entre as vertentes e os solos: uma revisão. In: *Anais do VII SINAGEO*. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

_____. Análise estrutural da cobertura pedologia: uma experiência de ensino e pesquisa. *Revista do departamento de geografia*. V. 15, 2002, p.77-90.

_____. O estudo de formações superficiais no Brasil. *Revista do Instituto Geológico*. v. 22, p. 65-78, 2001.

_____. Geomorfologia e Pedologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. V. 1, 2000, p. 59-67.

_____. Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P. & FREITAS, S.S., coords. *A responsabilidade social da ciência do solo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.415-429.

RECO, P. C.; PAULA, J. C. B.; BAPTISTA, V. C. F.; KANTHACK, R. A. D; CRUZ, F. A.; DUARTE, A. P.; MASSUD, J. R. G. Avaliação regional de cultivares de soja no estado de São Paulo em 2007/08: região do Médio Paranapanema. In: Reunião de Pesquisa de Soja da

Região Central do Brasil. *Resumos da XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil*. Rio Verde: Embrapa Soja, 2008.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. Barueri: Manole, 2004.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M. da; CABEDA, M.S.V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros de solo. *R. Bra. Ci. Solo*, 17:283-290, 1993.

_____. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência & Ambiente*. Santa Maria: UFSM, n.27, jul/dez, 2003, p. 29-48.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F.. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 3.ed. Viçosa/MG, NEPUT, 1999. 338p.

RIOU, G. *L'eau et les sols: dans les géosystèmes tropicaux*. Paris, Masson, 1990. 222p.

RISER, Jean. *Erosão e paisagens naturais*. Tradução de António Viegas. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. 127 p.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. *Mapa geomorfológico do estado de São Paulo*. v. 1. São Paulo: FFLCH-USP, IPT e Fapesp, 1997. 1 mapa, color. Escala 1:500.000.

ROSSI, M.; JOAQUIM, A. C.; BOGNOLA, I. A.; PRADO, H.; MENK, J. R. F.; LEPSCH, I. F. *Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo: Folha de Maracá*. Campinas: IAC, 2000. 1 mapa, color. Escala 1:100.000 (Série APTA)

RUELLAN, A. Contribuição das pesquisas em zona tropical ao desenvolvimento da ciência do solo. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: A responsabilidade social da ciência do solo*, 21, 1987. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.405-415.

RUELLAN, A.; DOSSO, M. *Regards sur le sol*. Paris: Éditions Foucher-AUPELF, Collection Universités francophones, 1993. 192 p.

_____. *SOLDIDAC*. Tradução: Alain Ruellan e Selma Simões de Castro. 2005. CD-ROM.

SANTOS, L. J. C. Contribuição da análise estrutural da cobertura pedológica ao desenvolvimento da ciência do solo. *Revista RA'EGA*. V. 4, 2000, p.131-138. Disponível em: <<http://calvados.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega/article/viewFile/3344/2680>>. Acesso em: 12 fev. 2009.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 5. ed. rev. e aum. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:311-317, 1998.

SILVEIRA, H. *Degradação das propriedades de Latossolos Vermelho escuro em função da ação antrópica no Município de Cianorte-PR*. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1994.

SIGRH (SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO). *Relatório de situação dos recursos hídricos da UGRHI do Médio Paranapanema*. 2000. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-MP/223/v1reimpseg.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2007.

SOARES, P C; LANDIM, P M B; FÚLFARO, V J; SOBREIRO NETO, A F. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, V. 10, n. 3, set. 1980, p. 177-185

SUN, H.; LARNEY, F.J.; BULLOCK, M.S. Soil amendments and water-stable aggregation of a desurfaced Dark Brown Chernozem. *Can. J. Soil Science*, 75:319-325, 1995.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L. C.; NEVES C. S. V. J. Método do Perfil Cultural para a avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, p. 393-399, 1999.

TORRADO, P. V.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: *Tópicos em Ciência do Solo*. V. IV (2005), Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

TRICART, J. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. *Notícia Geomorfológica*, 8 (15), Campinas, 1968.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/classificacaovegetal.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

WAACK, R. S.; NEVES, M. F. *Competitividade no agribusiness brasileiro: competitividade no sistema agroindustrial da cana-de-açúcar*. 1998. V. 5. Disponível em: <http://www.fundacaofia.com.br/pensa/pdf/relatorios/ipea/vol_v_canaparte1.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2009.