

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDOS DO MEIO FÍSICO VISANDO O
CONTROLE DE EROSÃO NO MUNICÍPIO DE
PARANAPANEMA (SP)**

Edson Kagohara

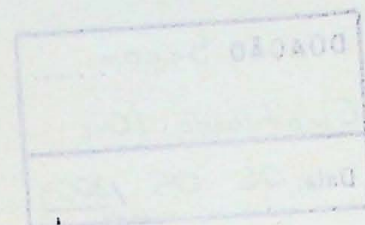
Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos

Co-Orientador: Samuel Sussumu Agena (IPT)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/21)

SÃO PAULO
2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**ESTUDOS DO MEIO FÍSICO VISANDO O
CONTROLE DE EROSÃO NO MUNICÍPIO DE
PARANAPANEMA (SP)**

Edson Kagohara



Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos
Co-Orientador: Samuel Sussumu Agena (IPT)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/21)

SÃO PAULO
2003

DOAÇÃO	Seção
Circulação - 1Gic	
Data: 06 05 12004	



EDSON KAGOH

Banco Examinadora

Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos
 Prof. Dr. José Roberto de Almeida Junior
 Prof. Dr. José Roberto dos Santos Galvão

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900014521

**ESTUDOS DO MEIO FÍSICO VISANDO O CONTROLE
DE EROSÃO NO MUNICÍPIO DE PARANAPANEMA
(SP)**

EDSON KAGOHARA



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos

Prof. Dr. José Luiz Ridente Junior

Prof. Dr. José Domingos Faraco Gallas

São Paulo

2003

TF
K11
E.e

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

ESTUDOS DO MEIO FÍSICO VISANDO O CONHECIMENTO
DE EROÇÃO NO MUNICÍPIO DE PARANAPARANÁ

(1971)

EDSON KAGOHARA



Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso

[Handwritten signatures and text, including 'Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos' and 'Prof. Dr. José Luiz Carneiro']

Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos
Prof. Dr. José Luiz Carneiro
Prof. Dr. João Luiz Carneiro

1971

Agradecimentos

Pois é mais uma fase da minha vida se passa e não poderia esquecer daqueles que me ajudaram a crescer tanto profissionalmente quanto pessoalmente.

A Deus que sempre me acompanhou e acompanhará nas horas boas e ruins, me ajudando espiritualmente a crescer.

A minha esposa Fernanda e filha Giovana e que me alegraram e ajudaram ao longo deste ano tão difícil. Em especial a Fernanda que sempre me incentivou e pacientemente entendeu tudo por que passei.

Aos meus pais, Isoroku e Nobuko e meus irmão Nelson e Ericson, além da minha irmã Edna por sempre me acompanhar em todos os estágio da minha vida.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo que me cedeu os dados para a realização da minha monografia, além de me dar a oportunidade de estagiar durante os anos de 2000 e 2003. Em especial ao pessoal do Laboratório de Física de Solo e Irrigação (Fausto, Fernanda, Márcio, Reginaldo, Tião, Vera, Zé Aparecido e Zeno) que sempre me ajudaram e dividiram ótimos momentos durante o meu estágio.

Ao Professor Paulo Roberto dos Santos por ter me orientado a concluir a minha monografia. Embora não tenha tido tempo suficiente, agradeço a compreensão por tudo...

Ao Samuel Sussumu Agena que sempre me ajudou com paciência e sabedoria oriental a realizar esta monografia. Desculpe os bolos, mas valeu por tudo SAMUCA!!!

Agradeço a Instituto de Geociências, da Universidade de São Paulo, por ter me dado a oportunidade de cursar durante muito tempo este curso. Agradeço a todos professores com quem tive aula e seria injusto citar somente alguns, pois todos contribuíram a ser um Geólogo!!! Não esquecendo do pessoal da Secretaria de Graduação que sempre me ajudou nos meus problemas curriculares.

E principalmente a galera que conviveu comigo durante este longo tempo: Alexandre "Nunsei", Cláudio "Hinfeliz", Cristinis "Joe", Daniel "Priscila", Eduardo "Debby", Eduardo "K-Paxão", Fernando "99", Itamar "Laffond", Marcelo "Ceará", Marcelo "Lambydah", Maurício "Magali", Nickie "Fogazza", Rafael "Kiki", Robercal "Mônica", Rodrigo "Acnase", Sérgio "Chicão", Sidney "Urina" e Thiago "Babacú".

E também a CETREL – Empresa de Proteção Ambiental, em especial a galera do 1º andar (Cristina, Daniel, Douglas, Fabíola, Fernando, Guilherme, Marcos, Marcos "Mocozado", Renato, Rolemberg, Simone, Tiago, Thiago e Vivian) que sempre entendeu quando precisei me ausentar para fazer esta monografia.

ÍNDICE

1. RESUMO	01
2. ABSTRACT	02
3. INTRODUÇÃO	03
3.1. Justificativa	05
3.2. Localização e acesso	08
4. METAS E OBJETIVO	10
5. MATERIAIS E MÉTODOS	11
5.1. Primeira Fase	11
5.1.1. Revisão Bibliográfica	11
5.1.1.1. Erosão: Conceitos Básicos	11
5.1.1.2. Clima	14
5.1.1.3. Aspectos Geomorfológicos	14
5.1.1.4. Aspectos Geológicos	15
5.1.1.5. Aspectos Pedológicos	18
5.1.2. Atividades de Campo	20
5.2. Segunda Fase	23
5.2.1. Atividades de Laboratório	24
5.2.2. Tratamento de Resultados	26
5.3. Terceira Fase	27
6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	29
7. RESULTADOS OBTIDOS	32
7.1. Mapa de Pontos	32
7.2. Boletins	32
7.3. Relevo	32
7.4. Solos	34
7.5. Classificação das Terras no Sistema de Capacidade de Uso	39
7.5.1. Mapa de Capacidade de Uso das Terras do Município de Paranapanema	42

7.5.2. Caracterização das Classes da Carta de Uso das Terras	42
7.6. Uso e Ocupação do Solo	44
7.6.1. Metodologia	45
7.6.2. Categorias de Uso e Ocupação	45
7.6.3. Distribuição das Categorias de Uso e Ocupação das Terras	48
7.7. Diretrizes Básicas Para o Controle da Erosão Rural	49
7.6.1. Implantação de Programa de Conservação do Solo no Nível Municipal.	49
7.6.2. Práticas de Conservação do Solo	50
9. CONCLUSÃO	54
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
11. ANEXOS	
Anexo A – Mapas	
Anexo B – Tabelas	

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do município de Paranapanema	09
Figura 2 – Mapa geomorfológico do município de Paranapanema, SP.	15
Figura 3 – Mapa geológico do município de Paranapanema, SP.	16
Figura 4 – Mapa Pedológico da Cidade de Paranapanema (SP)	19
Figura 5 - Mapa de declividade do município de Paranapanema, SP.	33
Figura 6 - Mapa de Reconhecimento de Pedológico do município de Paranapanema, SP.	35
Figura 7 – Mapa de Capacidade de Uso das Terras do município de Paranapanema, SP.	44
Figura 8 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras do município de Paranapanema, SP.	46

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 - Ravinamento no Grupo Barreiras, km 157 da BA-099. (UFBA).	13
Foto 2 – Aspecto da Boçoroca do São Dimas, São Pedro, SP, (IPT, 1997).	13
Foto 3 – Disposição de uma trincheira (P661). (IPT, 2002)	23

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1 – Tamanho e quantificação da UPA e as áreas correspondentes na zona rural no município de Paranapanema.	05
Tabela 2 – Quantificação do uso das terras das UPA's e área correspondente na zona rural.	06
Tabela 3 – Panorama geral da infra-estrutura agrícola básica das UPA	07
Tabela 4 – Nível tecnológico das UPA no município de Paranapanema (SP)	08
Tabela 5 – Nível de escolaridade dos proprietários das UPA no município de Paranapanema (SP)	08
Tabela 6 – Comparação entre os métodos de elaboração de metodologia para elaboração de carta geotécnica	28
Tabela 7 – Cronograma de atividades realizadas na primeira fase.	29
Tabela 8 – Cronograma de atividades previsto para a segunda fase.	30
Tabela 9 - Cronograma proposto para o ano de 2003	30
Tabela 10 – Cronograma das atividades para o ano de 2003	31
Tabela 11 - Área (km ² , ha e %) ocupada por cada classe de declividade que predominam nas terras do município de Paranapanema, SP.	34
Tabela 12 – Associações pedológicas do município de Paranapanema.	36
Tabela 13 - Classes e subclasses de capacidade de uso das terras de Paranapanema.	43
Tabela 14 - Categorias de uso e ocupação das terras e respectivas áreas.	46
Tabela 15 – Classificação dos solos quanto à resistência à erosão.	51

1. RESUMO

Esta monografia visa um prévio estudo do meio físico visando o controle de erosão no município de Paranapanema, estado de São Paulo.

O estudo será baseado em trabalhos de reconhecimentos do solo e relevo, na escala 1:50.000, além de análises físicas e químicas, além da Geologia e Geomorfologia do município.

A sistemática adotada é a utilizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, que prevê a integração dos dados do meio físico com o uso e ocupação do solo, bem como os conflitos entre as formas de uso do solo. Além disso, estabelece orientações técnica, preventiva e corretiva, dos problemas identificados, para minimizar custos e riscos nos empreendimentos de uso do solo.

A sistemática considera o mapeamento com base nos problemas do meio físico, considera a ocupação do solo e solicitações sobre o meio físico, obtenção de dados voltada para definir unidades de terreno de mesmo comportamento, de modo a definir práticas e técnicas de prevenção e correção e dinâmica na elaboração de cartas geotécnicas.

O resultado final será a Carta de Capacidade de Uso das Terras, que considera o comportamento do meio físico em conjunto com a intervenção humana. Também auxiliará na delimitação de áreas onde a erosão poderá afetar qualquer atividade. O emprego de informações geológicas e geomorfológicas na elaboração do Mapa de Capacidade do Uso das Terras define as diretrizes básicas para controle de erosão em áreas rurais.

2. ABSTRACT

This monograph aims at a previous study of the environment aiming at the control of erosion in the city of Paranapanema, state of São Paulo.

The study it will be based on works of recognizing of the soil and relief, in scale 1:50.000, beyond physical and chemical analyses, geology and geomorfology of the city.

Adopted systematics is the used one for the Institute of Technological Research of the State of São Paulo, that foresees the integration of the data of the environment with the use and occupation of the soil, as well as the conflicts between the forms of use of the soil. Moreover, it establishes guiding technique, preventive and corrective, of the identified problems, to minimize costs and risks in the enterprises of use of the ground.

Systematic considers the mapping the problems of the environment, considers the occupation of the soil and requests on the environment on the basis of, attainment of data come back to define units of land of same behavior, in order to define practical and techniques of prevention and correction and dynamics in the elaboration of engineering geology maps.

The final result will be the Map of Capacity of Use of the Lands, that considers the behavior of the environment in set with the intervention human being. Also it will assist in the delimitation of areas where the erosion will be able to affect any activity. The job of geologic and geomorphologic information in the elaboration of the Map of Capacity of the Use of Lands defines the basic lines of direction for control of erosion in agricultural areas.

3. INTRODUÇÃO

Segundo Toledo *et al* (2000) solo é formado pela evolução dos saprólitos através de reorganizações estruturais efetuadas por processos pedogenéticos. É considerado como produto de alteração de rochas na superfície.

Dokouchayev define solo como material rochoso que se transforma com o tempo, sob ação de fatores do ciclo supérgeo (clima, vegetação, topografia e biosfera). As ciências da terra (geologia, engenharia civil e agricultura) consideram solo como produto do intemperismo, do remanejamento e da organização das camadas superiores da crosta terrestre, sob ação da atmosfera, hidrosfera, biosfera e troca de energia.

De modo geral, solos correspondem a corpos que ocupam o topo da crosta terrestre e apresentam atributos internos (horizontes, estrutura, textura, porosidade, consistência, permeabilidade, retenção de água) e características externas (declividade, pedregosidade, rochosidade) que permitem a sua descrição e classificação.

O solo é constituído por partes sólidas, líquidas e gasosas. As partes sólidas são formadas pela intemperização de rochas que ocupam a maior parte superficial do manto continental.

Um dos fatores para se determinar a riqueza de uma nação ou povo é o solo, pois é onde se desenvolvem várias atividades que ajudam o homem na prosperidade socioeconômica.

É considerado recurso natural renovável, que se for bem aproveitado e manejado adequadamente, mantém-se recurso natural renovável com valor incalculável, pois abastece a população com alimentos e conserva os recursos hídricos, indispensáveis a sobrevivência da espécie.

Porém, quando são mal aproveitados, tornam-se improdutivo, sofrem degradações físicas e químicas, gerando grandes prejuízos, principalmente em regiões povoadas. O principal causador deste panorama é a erosão, que devido ao seu efeito na maioria das vezes devastador, provoca perda de terras produtivas, degradação de áreas urbanas e rurais, além de prejuízos em obras de infra-estrutura (estradas, pontes) e conseqüentemente de investimentos.

A erosão pode apresentar vários níveis de intensidade, desde a desagregação do solo até atingir o lençol freático, girando assim modificações na morfologia de uma região. A capacidade do solo em ser afetado pela erosão é chamada de erodibilidade e depende das características do solo.

Neste contexto, uma das ferramentas para se definir as diretrizes básicas para o controle da erosão em áreas rurais é a classificação das terras no Sistema de Capacidade do Uso.

A adaptabilidade das terras para os diferentes usos, principalmente as que envolvem cultivo e criação de animais, é considerada como a capacidade de uso, a qual se refere às possibilidades e limitações das terras ao uso, sem a ocorrência de degradação por desgaste e empobrecimento.

Para o melhor aproveitamento das terras com fins econômicos, deve-se pensar na sua capacidade de sustentação e produtividade de forma que este recurso natural seja bem aproveitado e preservado para as gerações futuras (Lepsch, 1991).

Com isso a proposta deste Trabalho de Formatura é demonstrar a importância das informações geológicas e geomorfológicas na elaboração do Mapa de Capacidade do Uso das Terras, que define cartograficamente as diretrizes básicas para controle de erosão em áreas rurais.

Esta monografia apresenta os resultados dos trabalhos realizados pela equipe de pesquisadores e técnicos da Divisão de Geologia (DIGEO), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Durante o período entre Setembro de 2000 a Janeiro de 2003 o aluno de graduação em Geociências Edson Kagohara realizou um estágio no Laboratório de Física do Solo e Irrigação (L.F.S.I.), vinculados ao Agrupamento de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente (AGAMA), da DIGEO/IPT, acumulando experiências práticas e teóricas em alguns aspectos da ciência do solo (física do solo, descrição e classificação do solo, aptidão agrícola de terras).

Um dos seus envolvimento foi no projeto "Estudos do Meio Visando a Implantação de Distritos Agrícolas Irrigados no Município de Paranapanema, SP", que se tratou basicamente de uma análise integrada dos atributos do meio físico (geologia, relevo, solo, uso e ocupação das terras, recursos hídricos e clima), tendo como um de seus objetivos principais controlar o processo de erosão nas terras rurais do município de Paranapanema.

3.1. Justificativa

Um dos fatores que provocam a degradação do solo é a erosão, provocado principalmente pelo manejo inadequado do solo, gerando boçorocas, assoreamentos de rios e cursos d'água, além da perda de nutrientes do solo.

Os produtos da erosão são o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, provocado pela alta carga de sedimentos que resulta na queda da capacidade de escoamento e armazenamento da água gerando problemas de abastecimento público, fauna e a flora.

Segundo dados da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo perde-se anualmente 194 milhões de toneladas de terras férteis, com mais de 20% localizados nos fundos de rios, lagos, etc. Isso representa a perda de 20 cm de solo numa área de 100.000 ha. Em termos de nutrientes, o custo do fertilizante usada para suprir a perda é de US\$ 200 milhões.

A cidade de Paranapanema conforme o censo IBGE de 2000 possui um pouco menos que 25% da população residente na zona rural. Predominam propriedades muito pequenas e pequenas propriedades (até 100 ha), resultando em mais de 70% das Unidades de Produção Agrícola (UPA) do município. Mas as duas correspondem a 16 % terras rurais do município. Propriedades acima de 100 ha, embora sejam minorias em termos de Unidades de Proteção Agrícola (26,25%), ocupam 84% da área na zona rural. Estes dados são representados na tabela 1.

Tamanho da UPA	Nº de UPA	Nº de UPA (%)	Área (ha)	Área (%)
Até 100 ha	441	73,75	12899,3	16
Acima de 100 ha	157	26,25	67765,6	84
Total	598	100,00	80654,9	100,00

Tabela 1 – Tamanho e quantificação da UPA e as áreas correspondentes na zona rural no município de Paranapanema (modificado de PINO *et al*, 1996).

De acordo com o Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária – LUPA do Estado de São Paulo (Pino *et al*, 1996) a agropecuária é a principal atividade econômica do município de Paranapanema. Ocupando 58,43% das terras rurais do município e representando 84,61% das UPA esta atividade é representada por pastagens.

Esses dados estão representados pela tabela 2. Outras atividades importantes na zona rural do município de Paranapanema são o cultivo de grãos, cereais e frutas.

Uso das Terras	Nº de UPA	Nº de UPA (%)	Área (ha)	Área (%)
Cultura perene	83	13,88	1.286,30	1,59
Cultura semi-perene	127	21,24	1.654,00	2,05
Cultura anual	235	39,30	11.021,00	13,66
Pastagem	506	84,62	47.124,50	58,43
Reflorestamento	93	15,55	5.831,70	7,23
Vegetação natural	403	67,39	9.259,90	11,48
Área inaproveitada	54	9,03	1.173,70	1,46
Área inaproveitável	172	28,76	2.044,90	2,54
Área complementar	517	86,45	1.258,90	1,56
Área total	598	100,00	80.654,90	100,00

Tabela 2 – Quantificação do uso das terras das UPA's e área correspondente na zona rural (modificado de PINO *et al*, 1996).

Outra característica é o baixo nível de tecnificação dos produtores, sendo representado na tabela 3 os principais insumos agrícolas.

Por outro lado, o município possui alto nível tecnológico do manejo agrícola na maioria das UPA's em pelo menos 50% das UPA de Paranapanema adota práticas de correção e conservação do solo e a assistência técnica (governamental ou privada). Estes dados estão expressos na tabela 4.

Associada a tecnologia empregada, nota-se mais de 20% da população das UPA possuem superior completo e os proprietários que possuem ou 1º grau ou 2º grau completo se equivalem. E desta população apenas 15% não possuem instrução. Esta situação está mostrada na tabela 5.

Com isso conclue-se que no município de Paranapanema, ao contrário da maioria da população que vive nas zonas rurais no Brasil, há um elevado nível de escolaridade.

INSUMOS AGRÍCOLAS	Nº DE UPA	Nº DE UPA (%)
Caminhão, camioneta ou utilitário.	203	33,95
Colhedeira (acoplada e automotriz)	39	6,53
Conjunto irrigação (pivô central, gotejamento / microaspersão, autopropelido, convencional).	90	15,05
Desintegrador, picador, triturador.	174	29,10
Ensiladeira	22	3,68
Microtrator	6	1,00
Ordenhadeira mecânica	14	2,34
Pulverizador tratorizado	79	13,21
Resfriador de leite, tanque expansão.	10	1,67
Subsolador	64	10,70
Terraceador	15	2,51
Trator de pneus	226	37,79
Barracão/galpão/garagem	302	50,50
Poço semi-artesiano	9	1,51
Secador de grãos	4	0,67
Silos (drenagem e grãos)	26	4,35
Silo para silagem	23	3,85
Silo para grãos	3	0,50

Tabela 3 – Panorama geral da infra-estrutura agrícola básica das UPA (modificado de PINO et al, 1996).

TECNOLOGIA	Nº DE UPA	Nº DE UPA (%)
Não utiliza assistência técnica	279	46,66
Utiliza somente assistência técnica (privada, governamental)	256	42,81
Utiliza assistência técnica tanto governamental quanto privada	63	10,54
Utiliza crédito rural	113	18,90
Dispõe de energia elétrica para uso residencial	411	68,73
Dispõe de energia elétrica para uso na atividade agrícola	185	30,94
Utiliza computador nas atividades agropecuárias	49	8,19
Faz análise de solo	301	50,33
Faz calagem, quando necessário.	284	47,49
Utiliza adubação orgânica/verde, quando necessário.	115	19,23
Utiliza práticas de conservação de solo, quando necessário.	331	55,35
Utiliza sementes melhoradas	292	48,83
Utiliza plasticultura	18	3,01
Utiliza confinamento de bovinos	26	4,35
Utiliza pastejo intensivo	90	15,05
Utiliza mineralização	406	67,89
Utiliza vermifugação	416	69,57

Tabela 4 – Nível tecnológico das UPA no município de Paranapanema (SP)
(modificado de PINO et al, 1996).

TECNOLOGIA	Nº DE UPA	Nº DE UPA (%)
Proprietário sem instrução ou com instrução incompleta	95	15,89
Proprietário com antigo primário completo	219	36,62
Proprietário com 1º grau (ou antigo ginasial) completo	77	12,88
Proprietário com 2º grau (ou antigo colegial) completo	69	11,54
Proprietário com curso superior completo	138	23,08

Tabela 5 –Nível de escolaridade dos proprietários das UPA no município de Paranapanema (SP) (modificado de PINO et al, 1996).

3.2. Localização e Acesso

O município de Paranapanema situa-se a sudoeste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas UTM norte 7.384 e 7.424 km, e leste 705 e 744 km. Faz divisas com os

e de Buri e Itapeva, ao sul (Figura 1).

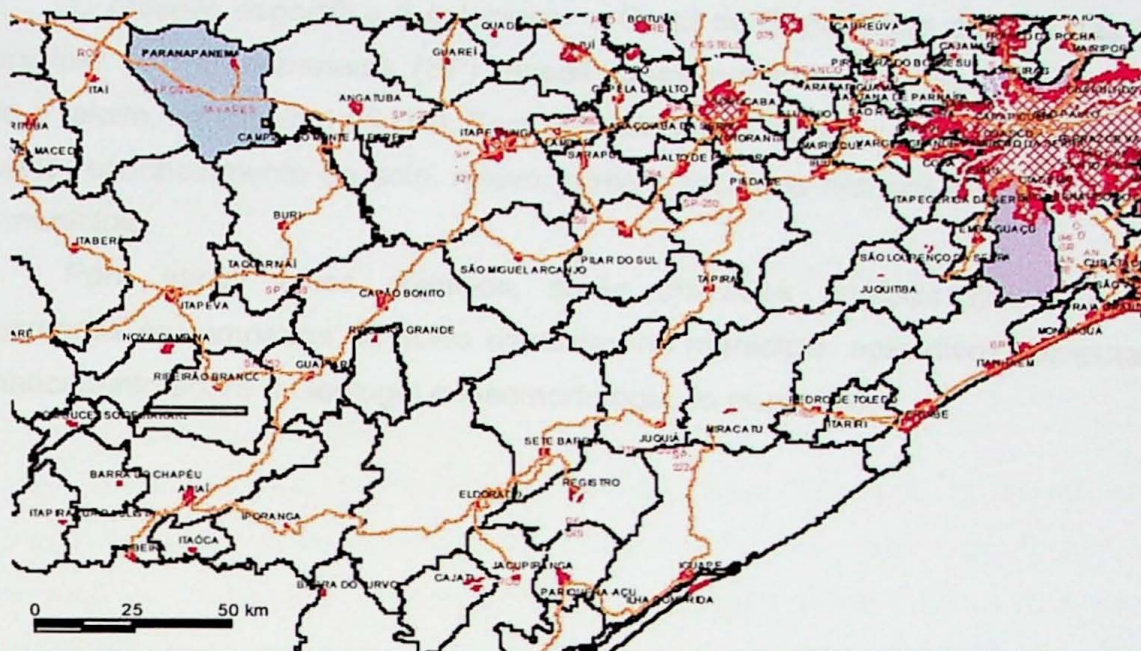


Figura 1 – Mapa de localização do município de Paranapanema

A principal via de acesso, a partir de São Paulo, é a Rodovia Raposo Tavares (SP-270) e Castelo Branco. Chega-se na cidade de Paranapanema após percorrer-se uma distância aproximada de 250 km da capital. Há outras estradas que dão acesso a Paranapanema, mas são ligadas as duas rodovias citadas.

4. METAS E OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é fornecer as diretrizes básicas para o controle de erosão nas áreas rurais do município de Paranapanema, no estado de São Paulo.

O objetivo específico é selecionar a Carta de Capacidade de Uso das Terras do município de Paranapanema (SP), baseando-se em trabalhos de reconhecimentos do solo e relevo, na escala 1:50.000. Será utilizado como ferramentas para elaboração deste projeto reconhecimento do solo, relevo, clima e recursos hídricos superficiais das terras do município.

Para atingir estes objetivos, serão utilizados análises físicas e químicas, executadas em amostras de solos coletadas no município, aplicativos computacionais e conhecimento sobre a Geologia e Geomorfologia do município.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto consistirá em 3 fases onde na primeira consiste de revisão bibliográfica e coleta de amostras; a segunda compreende a análise laboratorial e tratamento de dados. E finalmente a terceira fase consiste de usar uma metodologia adequada para a elaboração da Carta de Capacidade de Uso da Terra.

5.1. Primeira Fase

Nesta primeira fase do projeto, a metodologia utilizada é a revisão bibliográfica e coleta de amostras.

5.1.1. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica é estudo de caso que consiste na leitura de livros, relatórios e outras referências sobre a região de trabalho, com a orientação de Geólogos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas. A bibliografia consultada, todos no idioma português, contou com livros e relatórios gerados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas. A pesquisa bibliográfica contou com uma considerável gama de informações que serviu de base para o direcionamento do trabalho.

As principais informações obtidas serão sobre geologia e geomorfologia do município de Paranapanema. Trabalhos anteriores sobre classificação das terras no Sistema de Capacidade de Uso, também são utilizados.

5.1.1.1. Erosão: Conceitos Básicos

A erosão consiste na desagregação do solo, resultando em partículas menores sólidas e mais soltas (argila e silte). Trata-se de um processo considerado natural durante a evolução da história geológica, mas poderá ser induzido e acelerado pela intervenção humana através da movimentação e desestruturação dos terrenos.

Segundo Infanti Jr & Fornasari Jr (1998), a erosão está associada à alteração do escoamento das águas de superfície e de subsuperfície, causadas pela remoção ou destruição da cobertura vegetal. Os fatores que condicionam a erosão são a chuva, cobertura vegetal, topografia e tipo de solo.

Os fatores que condicionam a erosão são a chuva, cobertura vegetal, topografia e tipo de solo. Destes as gotas de água da chuva que atingem o solo sem cobertura vegetal são o de maior gravidade. Quando a chuva ocorre em grande volume, a erosão

atinge níveis prejudiciais e a degradação atinge seu nível máximo, resultando em ravinas e boçorocas.

A erosão pode apresentar vários níveis de intensidade, desde a desagregação do solo pelo simples impacto das gotas de água da chuva, passando pela laminar até chegar à boçoroca, que é o pico do evento erosivo.

Erosão Laminar

Segundo o DAEE (1990) *apud* Ridente Jr (2000) consiste no fluxo horizontal, superficial e difuso, onde são retiradas as partículas sólidas e superficiais do solo, sem a formação de canais da água que escorre. Esta retirada é feita de forma homogênea, lateral ou em pequenos filetes.

É um fenômeno pouco perceptível e pode ser identificada pela coloração do solo, exposição das raízes e diminuição da produtividade agrícola.

Erosão Linear

Ocorre quando o escoamento concentrar-se em determinados pontos do terreno, onde há desprendimento das partículas do solo, sofrendo posterior transporte. E serão divididos em sulcos, calhas, ravinas e boçorocas.

- Sulcos: possui profundidade e largura centimétricas e suas bordas com pequena ruptura na superfície, segundo o DAEE (1990) *apud* Ridente Jr (2000). É associado a trilhas de gado e solo exposto pela movimentação de terra.

- Calhas: em forma de canal e originada pelo escoamento concentrado das águas superficiais, porém é pouco profunda; possui borda suave e largura de dimensões métricas (Oliveira, 1994 *apud* Ridente Jr, 2000).

- Ravinas: evento que envolve escoamento superficial concentrado e mecanismo de erosão, gerando movimentos de massa provocando deslizamentos dos taludes laterais (Oliveira, 1994 *apud* Ridente Jr, 2000). Esta situação é vista na foto 1.

- Boçoroca: gerada pelo avanço da ravina, chegando a atingir o lençol freático. Isto faz com que feições geomorfológicas como o piping sejam criados (Rodrigues, 1982 *apud* Ridente Jr, 2000). Atinge grandes dimensões com impactos, tanto na área próxima quanto na drenagem de jusante (Salomão, 1994 *apud* Ridente Jr, 2000). Esta situação é vista na foto 2.

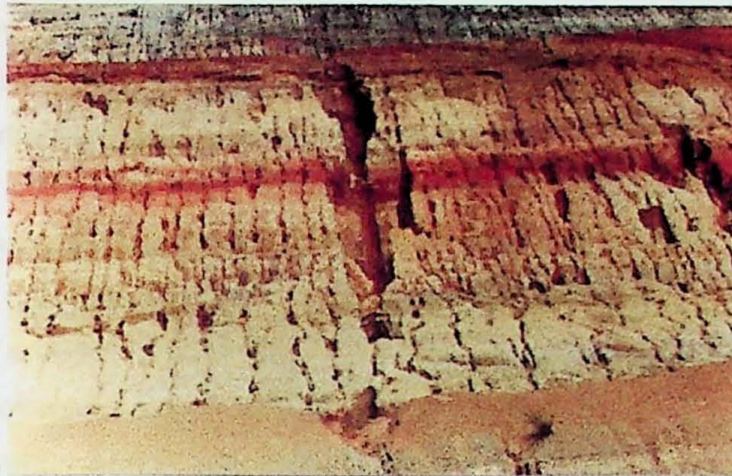


Foto 1 - Ravinamento no Grupo Barreiras, km 157 da BA-099.
(http://www.cpgg.ufba.br/~cgps/conde/relatorio_conde.htm).



Foto 2 – Aspecto da Boçoroca do São Dimas, São Pedro, SP,
(<http://www.ipt.br/areas/digeo/srg>).

Erodibilidade

A capacidade do solo em ser afetado pela erosão é chamada de erodibilidade e depende das características do solo. O índice erodibilidade reflete a suscetibilidade do solo aos processos erosivos. Fatores como textura, estrutura e permeabilidade influenciam a erodibilidade (Bertoni e Lombardi Neto, 1985).

A textura, que corresponde ao tamanho das partículas influi na capacidade de infiltração e absorção de água, que interfere na intensidade de enxurrada no solo e coesão entre as partículas. Logo solos de textura arenosa são porosos e com maior infiltração, fazendo com que haja pouco escoamento; mas por possuírem pouca quantidade de partículas argilosas, haverá maior erodibilidade.

A estrutura, que corresponde ao arranjo de partículas, influi na infiltração, absorção de água e arraste de partículas. Por influir na infiltração, estará relacionada à porosidade; assim solos arenosos são mais permeáveis que solos argilosos devido à porosidade. Mas segundo Salomão e Iwasa (1995), solos argilosos dependendo de sua estruturação podem ser mais permeáveis que solos arenosos.

Outra característica relacionada a erodibilidade é a espessura; solos rasos sofrem mais com a erosão, devido à rápida saturação dos horizontes superficiais.

5.1.1.2. Clima

Segundo a classificação climática de *Köppen*, em Paranapanema predomina o clima tropical úmido dos tipos Cfa e Cfb (CAMARGO, 1974 e RUSSO JR., 1980). O tipo Cfa se caracteriza por verão quente e ausência de seca no inverno (chuva total do mês mais seco maior que 60mm). O tipo Cfb se caracteriza pelo verão ameno e chuvoso e pela ausência de estação seca.

5.1.1.3. Aspectos Geomorfológicos

O município de Paranapanema situa-se na Depressão Periférica Paulista, na denominada “Depressão Paranapanema”. A Figura 2 refere-se a geomorfologia na região de Paranapanema (IPT, 1981). Dominam formas de relevo tipo colinas amplas em altitudes entre 600 a 700 m e encostas com declividades 10 a 20%.

Nas colinas amplas, os interflúvios têm áreas superiores a 4 km²; os topos são extensos e aplainados; as vertentes apresentam-se com perfis regionais retilíneos a convexos; a drenagem é de baixa densidade, com padrão subdendrítico; os vales são abertos e pouco entalhados; as planícies aluviais interiores são restritas, tendo-se presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Associadas às colinas amplas, foram observadas em campo colinas médias. Nestas colinas predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², com topos aplainados; vertentes apresentando perfis regionais convexos a retilíneos; drenagem de média a

baixa densidade e padrão sub-retangular; vales abertos a fechados; planícies aluviais interiores restritas; e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

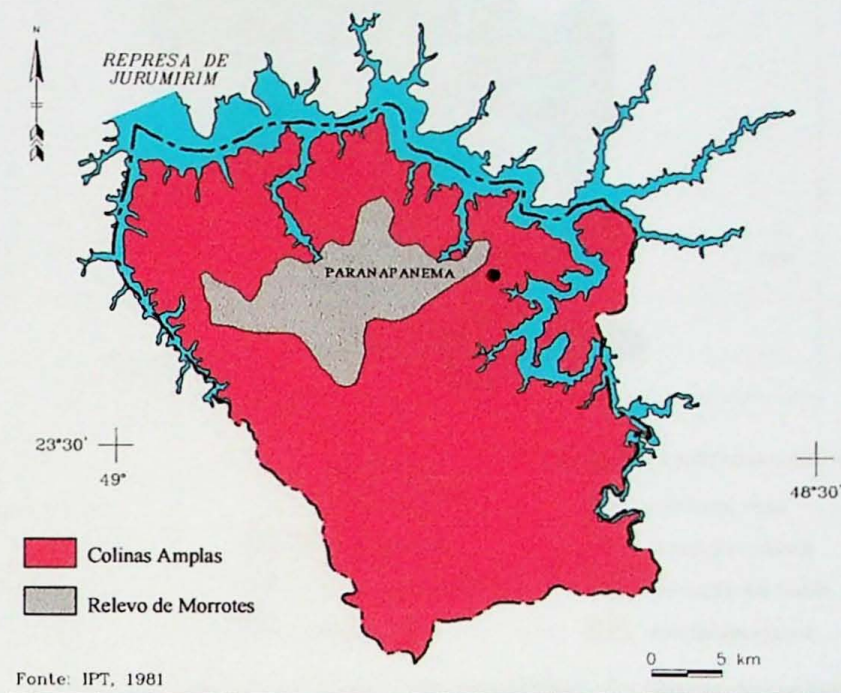


Figura 2 – Mapa geomorfológico do município de Paranapanema, SP.
(modificado de IPT, 1981).

Ocorrem também morrotes alongados e espigões, originadas por dissecação intensa, caracterizada assim por vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta ou vales muito entalhados; por densidade de drenagem baixa; predominância de interflúvios sem orientação preferencial; topos angulosos e achatados; vertentes ravinadas e com perfis retilíneos. Refere-se a áreas sujeitas a processos erosivos agressivos, inclusive com movimento de massa.

5.1.1.4. Aspectos Geológicos

No município de Paranapanema as unidades da Bacia do Paraná serão expostos, sendo compostos por litotipos das formações Tatuí, Irati, Serra Alta, Teresina, Pirambóia, Botucatu, diques básicos mesozóico e coberturas colúvio-aluvionares recentes. A exposição destas rochas é mostrada na figura 3.

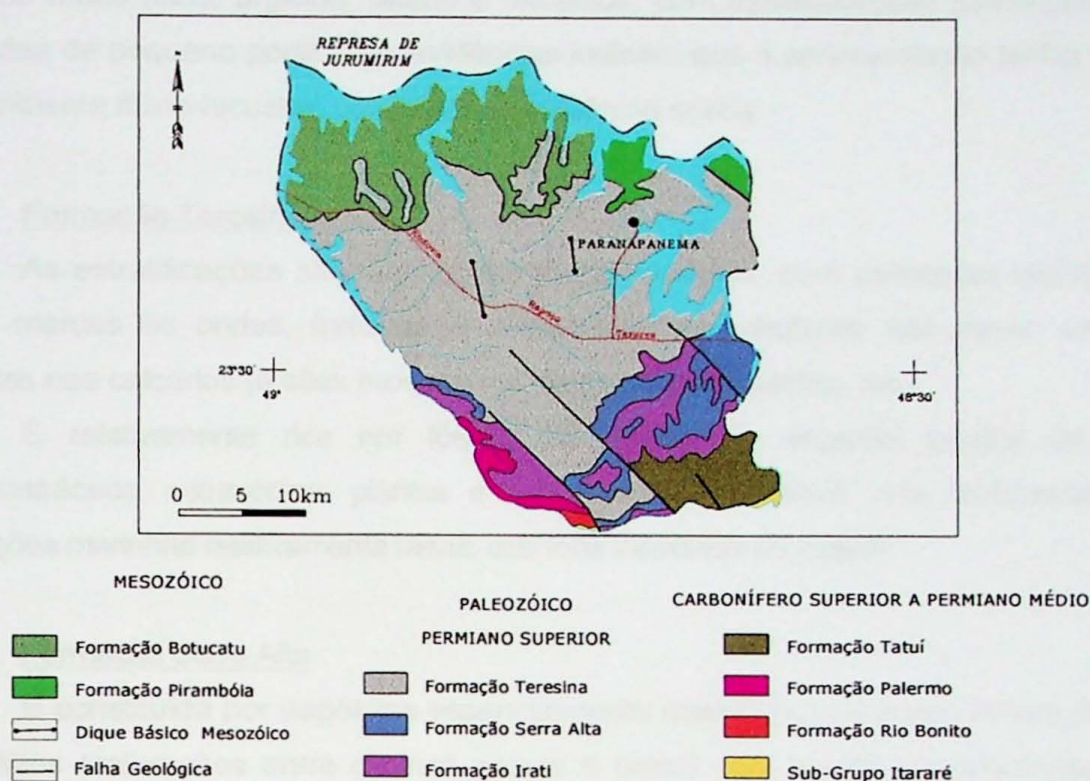


Figura 3 – Mapa geológico do município de Paranapanema, SP.
(modificado de IPT, 1981).

Formação Botucatu:

Unidade constituída por arenitos muito finos a médios, tendo seleção regular a boa e limpos, estratificações cruzadas médias a grande porte, depositados em ambiente desértico, pela ação eólica em extensos campos de dunas. Esses arenitos sustentam uma paisagem caracterizada por relevo colinoso.

Formação Pirambóia

É composta por arenitos com granulometria fina a média e matriz argilosa, apresentando ocorrências locais de níveis de arenitos grossos e conglomerados, formando uma paisagem de relevo colinoso.

Os sedimentos constituem a porção basal da seqüência Mesozóica (Soares, 1975) e se estendem desde a divisa entre os Estados de São Paulo e Minas Gerais até o Estado do Paraná, atingindo uma espessura máxima em torno de 300 m.

As estruturas sedimentares mais comuns são as estratificações cruzadas do tipo planar, tangencial e acanalada. Subordinadamente têm-se intercalações de camadas de

arenitos muito finos, argilitos, siltitos e folhelhos, com estratificações plano-paralelas e cruzadas de pequeno porte. Tais evidências indicam que a sedimentação tenha ocorrido em ambiente flúvio-lacustre, com discreta influência eólica.

Formação Teresina

As estratificações são laminações plano-paralelas, com estruturas sedimentares como marcas de ondas, fraturas de ressecamento, estruturas tipo *flaser*, estruturas oolíticas nos calcários (e sílex proveniente deles), estromatólitos, etc.

É relativamente rica em fósseis de animais e vegetais (restos de peixes, conchostráceos, ostracódios, plantas e palinórfos), refletindo uma sedimentação em condições marinhas relativamente rasas, sob forte influência de marés.

Formação Serra Alta

É constituída por depósitos essencialmente marinhos, e incluem siltitos, folhelhos e argilitos (colorações entre o cinza escuro e preto) com laminação plano-paralela. É relativamente abundante a ocorrência de fósseis tais como restos de peixes e pelecípodes, conchostráceos, bem como de concreções carbonáticas ricas em fósseis.

Formação Irati

É representada por siltitos, argilitos e folhelhos silticos (colorações entre o cinza claro e escuro); folhelhos pirobetuminosos, localmente em alternância rítmica com calcários silicificados; e por restritos níveis conglomeráticos.

O ambiente de deposição das rochas é sujeito a controvérsias. A presença de fósseis de répteis, crustáceos, peixes e de vegetais, dentre outros, associados aos litótipos permite que concluam por um ambiente deposicional marinho de águas rasas em bacias confinadas; outros indicam um ambiente marinho costeiro com forte influência continental.

Formação Tatuí

Apresenta predominância de depósitos marinhos com estratificações plano-paralela, constituída principalmente por siltitos, arenitos finos (em parte concrecionados), calcários, folhelhos e sílex. A cor é vermelha arroxeada na parte inferior e esverdeada na parte superior. Apresentam conteúdo fóssil composto por conchas, fragmentos de

dentes, espículas de esponjas e restos vegetais. Na região de Paranapanema ocorre a maior espessura em superfície e é da ordem de 130 m.

Formação Palermo

É constituída de siltitos cinzentos, tomando-se esverdeados quando alterados. Podem ocorrer arenitos finos, com estratificação plano-paralela a cruzada, e ainda, localmente camadas calcíferas em parte silicificadas. Leitões de sílex na base são de ocorrência freqüente, constituindo verdadeiras camadas chave.

Formação Rio Bonito

É representada por uma seqüência de sedimentos avermelhados, constituídos de arenitos finos, siltitos e argilitos de cores vermelha, marrom-chocolate e arroxeada, com níveis calcíticos e camadas calcárias locais. Predomina laminação plano-paralela nos termos pelíticos, podendo os arenitos apresentar estratificação cruzada e marcas de ondas.

Subgrupo Itararé

Apresenta ampla variedade faciológica (continental, marinha e glacial), e agrupam os arenitos, com granulometria extremamente variada (desde muito finos a conglomeráticos), folhelhos, lamitos, siltitos, argilitos maciços e diamictitos. Esses sedimentos assentam-se diretamente sobre as rochas das unidades cristalinas ou da Formação Furnas.

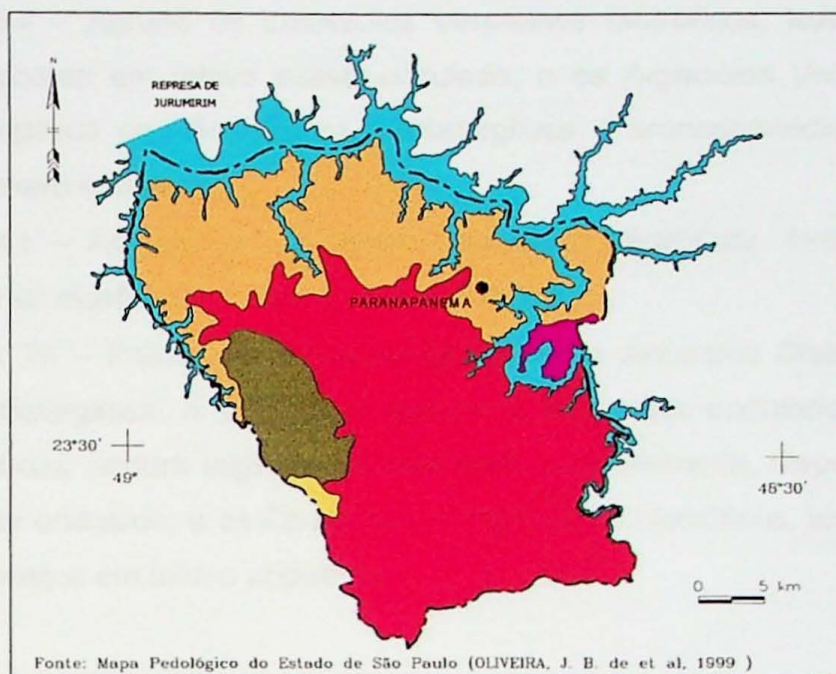
Diques Básicos

Correspondem aos afloramentos de diabásios que cortam as rochas sedimentares da Formação Teresina, na direção preferencial N45°W. Estão relacionados ao episódio vulcânico de idade Juro-Cretácea, fazendo parte da Formação Serra Geral do Grupo São Bento.

5.1.1.5. Aspectos Pedológicos

Conforme Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA *et. al.*, 1999), baseado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, (EMBRAPA, 1999), há predominância de solos com textura argilosa e muito argilosa. A Figura 4 representa a

região de Paranapanema dentro do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, com as seguintes associações de solos:



LEGENDA

	PVA78
	LV39
	LV41
	LV64
	LVA13

Figura 4 – Mapa Pedológico de Paranapanema, SP.

(Modificado de Oliveira, J. B. et al. 1999).

- LV 39 – Agrupa os Latossolos Vermelhos Distróficos, textura argilosa, A moderado, dispostos em relevo plano e suave ondulado.

- LVA 13 – Corresponde à associação de Latossolos Vermelho Amarelo Distróficos, textura média, e Neossolos Quartzarênicos Órticos distróficos ambos A moderado, dispostos em relevo suave ondulado e plano.
- LV 64 – Agrupa os Latossolos Vermelhos Distróficos, textura argilosa, A moderado, dispostas em relevo suave ondulado; e os Argissolos Vermelho Amarelo Distróficos abruptos ou não, textura média/argilosa e arenosa/média, A moderado, dispostos em relevo ondulado.
- LV 41 – Agrupa os Latossolos Vermelhos Distróficos, textura argilosa, A moderado, que se dispõem num relevo suave ondulado.
- PVA 78 – Predominam Argissolos Vermelho Amarelos Distróficos, texturas argilosa e média/argilosa, A moderado, dispostos em relevo ondulado; os Neossolos Litólicos Distróficos, textura argilosa, A moderado e proeminente, dispostos em relevo ondulado e forte ondulado; e os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos, textura argilosa, A moderado, dispostos em relevo ondulado.

5.1.2. Atividades de Campo

A coleta de amostra se caracteriza na retirada de material para ser analisada em laboratório. Neste projeto, a coleta se faz por meio de tradagem e por trincheira, gerando amostra de caráter deformada (que não mantém as características originais do material) e indeformada (que mantém as características do material). Neste processo tem-se a participação dos Técnicos de Campo e estagiários, sendo supervisionados e auxiliados pelos Geólogos.

A coleta de amostra inclui a retirada e classificação do material e será auxiliada por equipamentos como trados, pá, enxada, facas, espátula, régua métrica, etiquetas, pincel atômico, barbante, papel alumínio, carta de Munsell, pisseta, trena graduada, amostrador Uhland modificado para coleta de solo, Cilindros e anéis para coleta de solo, papel alumínio, saco plástico e mapas topográficos do IBGE em escala 1:50.000.

A coleta de amostras foi feita de duas formas: tradagem e trincheiras. Em escritório foram selecionadas, através do mapa, de possíveis regiões potenciais a erosão. Na fase de campo para a retirada de material, foram deslocadas equipes compostas por geólogo (em alguns locais), técnico de campo, estagiário e trabalhadores braçais. Após uma breve descrição do local foram iniciados os trabalhos de coleta de amostra.

A tradagem é uma perfuração manual e consiste no uso de concha metálica ou espiral que é impulsionada pelo movimento circular de uma cruzeta. A espiral ou concha à medida que vai perfurando o solo guardará o material perfurado na concha, obtendo amostras de caráter deformada. A coleta de amostras é feita a cada metro ou se houver mudanças de caráter geológico ou pedológico.

No projeto, cada tradagem atinge profundidades de até 2 metros ou até encontrar mudanças de caráter geológico ou pedológico, obtendo amostras de caráter deformada. Materiais a partir da segunda tradagem será comparado com o anterior, a fim de definir os horizontes pedológicos. Para definir estes horizontes são usados alguns critérios como coloração, textura e consistência no estado úmido.

As tradagens, feitas de forma manual, iniciam-se com a limpeza da parte superficial do perfil do solo, com a ajuda de uma espátula. Coleta-se aproximadamente 1 Kg de amostra, raspando o local de amostragem com a espátula de modo a abranger todo o horizonte de interesse e acomodando-o em um saco plástico. Identifica-se cada amostra utilizando etiquetas adequadas e foram afixadas na parte interna do saco e ao barbante que amarra a abertura do saco plástico.

A identificação da amostra deve conter os seguintes dados:

- local e data de amostragem;
- nomenclatura NEMA ou PMN seguido por um número seqüencial da tradagem, e a profundidade de coleta (por exemplo: NEMA 40: 10-30 cm, que se lê "perfil 40, profundidade de 10 a 30 cm"). Este número servirá posteriormente para as análises laboratoriais. Esta nomenclatura será mudada na fase final do relatório.
- número do projeto

As amostras retiradas foram acondicionadas em sacos plásticos, onde por meio de pincel atômico, foi anotado o local e a profundidade perfurada. E os sacos plásticos foram colocados em uma caixa de plástico ou papelão. As amostras servirão principalmente para medir a granulometria.

E finalmente as trincheiras foram feitas de forma manual, com o auxílio de trabalhadores braçais. As amostragens devem ser executadas em cada camada de interesse. Devem ser coletadas duas amostras confinadas nos conjuntos de anéis e quatro, em cilindros. Usa-se o melhor lado da trincheira para amostrar e com o auxílio de espátula e a enxada, molda-se uma bancada horizontal na profundidade de interesse, retirando a camada do solo que fica na porção superior (por exemplo: se a camada de

interesse se encontra entre 10 e 17 cm de profundidade, a bancada deve ser feita a 10 cm);

A identificação será feita da seguinte forma:

- anotação da identificação da amostra na parte externa do cilindro e anel. A parte superior da identificação indicará o topo da amostra e a parte inferior, a base.

Obs. A identificação deve conter o número do perfil acompanhado da profundidade de coleta. No conjunto de três anéis, a identificação conterá também as letras A, B e C para se distinguir o anel do topo, o intermediário e o da base do conjunto, respectivamente;

- inserir o cilindro ou o conjunto de anéis na camisa do amostrador de Uhland;
- cravar a camisa, utilizando o peso do amostrador, até o nível demarcado na parte externa da camisa;
- retirar a camisa cravada no solo tendo-se o cuidado de não danificar a amostra, pois ela pode escorregar pela parte inferior da camisa;
- novamente, com a devida atenção, retirar o cilindro ou o conjunto de anéis que contém a amostra do interior da camisa do amostrador;
- embrulhar o cilindro com a amostra em papel alumínio;
- anotar a identificação da amostra na parte externa do papel;
- parafinar a amostra.

A coleta de material indeformada em trincheira consiste na retirada de amostra no fundo de um nível previamente definido da trincheira. Neste processo, um equipamento com amostrador é manipulado manualmente e o material é retida em camisas e anéis e acondicionado em um invólucro chamado amostrador de Uhland.

O amostrador de Uhland é revestido por uma camada de papel alumínio e acondicionada em caixas. É feita a marcação do local e da profundidade através de um pincel atômico e respeitando a localização espacial do topo

As amostras retiradas servirão pra determinar parâmetros como densidades de partícula e solo, condutividade hidráulica e retenção de água no solo.

Nas trincheiras, horizontes são previamente definidos com base nas características usadas na tradagem (coloração, textura e consistência no estado úmido). Para isso usa-se umas das paredes da trincheira, visualizado na foto 3.



Foto 3 – Disposição de uma trincheira (P661). (IPT, 2002).

5.2. Segunda Fase

Depois de coletadas as amostras deformadas e indeformadas, o material é enviado ao laboratório, onde serão submetidos aos ensaios físico-químicas, seguidos pelo tratamento dos resultados.

Em laboratório, as amostras deformadas são secadas ao ar por mais de 48 horas, a fim de eliminar a umidade, sendo necessário protegê-los de interferências externas como, por exemplo, a poluição.

Dentre os parâmetros que serão obtidos incluem-se: retenção de água no solo, granulometria, densidades real e global, porosidades total e efetiva e permeabilidade ou condutividade hidráulica. Para isso, será importante a aplicação de *software* para o tratamento dos dados obtidos nos ensaios. Dentre esses programas incluem-se *Word*, *Excel*.

Também foram aplicados conhecimentos sobre classificação de solo, baseando-se no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Assim, os solos são agrupados conforme as suas características como espessura do horizonte, cor, textura, estrutura, consistência (seca, úmida, molhada) permeabilidade, porosidade, retenção de água, profundidade efetiva. Também serão

considerados vários outros fatores como a produtividade agrícola, risco de erosão, entre outros.

5.2.1. Atividades de Laboratório

Foram executados nas amostras os seguintes ensaios físico-químicos: retenção de água no solo, granulometria, densidade (real e global), porosidade e condutividade hidráulica.

A execução destes ensaios segue os procedimentos apresentados no Volume 3 do Manual da Qualidade (Manual de Procedimentos) do Laboratório de Físico do Solo e Irrigação do IPT, descritos a seguir.

Retenção de Água no Solo

Tem como objetivo a determinação da curva característica de retenção de água no solo, sendo realizadas baixas tensões (menor que 0,1 bar) e a altas tensões (maior que 0,1 bar).

Neste ensaio, após a saturação por 48 horas a amostra é transferida para o funil de placa porosa (para baixa pressão) ou para Câmara de Richards (para alta pressão). Retira-se a amostra fazendo a pesagem e anotação do valor obtido; a amostra em seguida é levada a estufa onde após 48 horas será pesada novamente, finalizando pela anotação dos valores.

E finalmente, após o uso de software como *Excel* e *Van Genuchten*, será determinada a curva característica de retenção de água no solo.

Granulometria

Tem como objetivo determinar os tamanhos das partículas sólidas do solo, segundo as classes de tamanhos definidas pela USDA (*United States Department of Agriculture, Soil Survey Staff*, 1975).

São usados equipamentos como densímetro, Agitador de Wagner obtendo assim frações como argila, silte e areia (muito fina, fina, média, grossa e muito grossa).

Para execução deste ensaio prepara-se o dispersante químico onde uma mistura de NaOH e HMP (hexametáfosfato de sódio) será diluída em água destilada.

É determinada o fator F, que é um fator de correção do peso de uma alíquota do solo, provocada pela umidade. É determinada através da secagem da amostra previamente pesada.

Também é necessária que se prepare uma solução chamada “em branco” onde se usa dispersante químico e água destilada. Nesta solução é medida e anotada temperatura e a densidade. Esta mistura mais a amostra previamente selecionada e pesada, além da água destilada será agitada por 17 horas em um equipamento apropriado. Após este tempo, inicia-se nova agitação com um êmbolo de forma a tornar esta solução homogênea. Após esta agitação inicia-se a contagem onde após 40 segundos e 2 horas serão feitas leituras da dispersão química.

Segue-se pela passagem da amostra numa peneira e separada em um cadinho, que é secada e transferida numa bateria de peneiras de diferentes aberturas e agitada. Para cada fração obtida, anota-se o seu peso.

Os dados obtidos após 40 segundos e 2 horas, associados aos resultados do fator F e da solução em branco, darão a granulometria, com o auxílio do programa *Excel*.

Densidade Real

Tem como objetivo determinar a densidade real ou densidade de partículas menores que 2 mm em amostras de solo.

Neste ensaio pesa-se um picnômetro com e sem a amostra, anotando seu resultado. Em seguida com a adição de água destilada, o picnômetro é colocado no dessecador. Será aplicado vácuo por 48 horas na amostra, seguida pela sua pesagem e leitura. Também será medida e anotada a temperatura da água, que servirá como fator corretivo da densidade da água. Assim como a granulometria é determinado o fator F.

Os dados obtidos pelo fator F, peso do picnômetro e densidade corrigida darão a densidade de partículas, com o auxílio do programa *Excel*.

Densidade Global

Tem como objetivo a determinação da densidade global com o auxílio de um cilindro com estrutura indeformada.

Depois de preparada a amostra é secada em estufa por 48 horas, sendo pesada e anotada a seguir.

A razão peso da amostra com o cilindro e o cilindro vazio sobre o volume do cilindro dará como resultado final a densidade do solo.

Porosidade Total

Tem como objetivo a determinação da porosidade total. Neste ensaio a relação entre a densidade de partículas menores que 2 mm e a densidade do solo para a determinação da porosidade total será da seguinte forma:

$$P_t = 1 - \frac{D_s}{D_p}$$

onde:

D_p = Densidade de Partículas

Condutividade Hidráulica

Tem como objetivo a determinação da condutividade hidráulica em amostras de solo saturado, através de uma carga constante.

Neste ensaio amostra indeformada previamente preparada é saturada por 48 horas e afixada em um suporte de sustentação, onde será aplicada uma carga d'água constante. Após a estabilização, a água será captada por uma proveta e anotado os resultados. A leitura na proveta é repetida a cada 2 horas.

Os dados obtidos pelo volume na proveta, comprimento da amostra, área da seção transversal da amostra, carga hidráulica e tempo de coleta darão a condutividade hidráulica saturada, com o auxílio do programa *Excel*.

5.2.2. Tratamento de Resultados

Após obter os parâmetros para retenção de água no solo, granulometria, densidade (real e global), porosidade e condutividade hidráulica foram realizado tratamento dos dados, onde a principal ferramenta é a utilização de software como *Microsoft Excel*. Com isso possibilitou a determinação dos parâmetros físicos.

5.3. Terceira Fase

Como resultado final da integração das duas primeiras fases, tem-se a elaboração da Carta de Capacidade de Uso da Terra. São utilizados os programas computacionais *Spring*, *Autocad*, *Coreldraw*.

A sistemática usada para a realização deste projeto foi a adotada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, uma vez que considera processos envolvidos, objetivos e usuários (Santos, 1999).

Esta sistemática foi desenvolvida a partir de problemas relativos ao meio físico ocorrido em cidades brasileiras, com o objetivo de oferecer respostas efetivas, considerando prazos e custos determinados pelas necessidades e possibilidades dos clientes-usuários.

Segundo Prandini *et al.* (1995), as cartas geotécnicas como expressão prática do conhecimento geológico, aplicado ao gerenciamento dos problemas gerados pelos diferentes usos do solo tem como objetivos:

- Prever o desempenho da interação entre o meio físico e sua ocupação, bem como os conflitos entre as diversas formas de uso do solo.
- Estabelecer orientações técnicas, preventivas e corretivas, dos problemas identificados, para minimizar custos e riscos nos empreendimentos de uso do solo.

Os pontos centrais dessa sistemática são:

- Partir dos problemas do meio físico e daí para as condicionantes mapeáveis.
- Considerar as formas de ocupação do solo e as suas solicitações sobre o meio físico como fator fundamental na determinação do desempenho dos terrenos.
- Coleta objetiva e orientada de dados, voltada para definir unidades de terreno de mesmo comportamento, de modo a corresponder a práticas distintas e técnicas de prevenção e correção dos problemas identificados.
- Superar o determinismo ingênuo intrínseco aos conceitos de aptidão, comumente empregados nas cartas geotécnicas, valendo-se das técnicas disponíveis para a maximização de opções plausíveis de uso do solo.
- Elaborar cartas geotécnicas de caráter dinâmico que possam incorporar novos conhecimentos do meio físico e novas técnicas de ocupação de solo.

Outras metodologias brasileiras conhecidas são: IG (UFRJ), EESC-USP (SP), UFRGS (RS) e IG (SP).

- Metodologia IG (UFRJ): na Universidade Federal do Rio de Janeiro, são desenvolvidos trabalhos em escalas desde 1:50.000 até maiores que 1:10.000, relacionados a movimentos de massa e processo de ocupação.

- Metodologia da EESC – USP (SP): pertencente ao Departamento de Geotecnia da Universidade Estadual de São Carlos, desenvolveu seus trabalhos na região centro leste do Estado de São Paulo, Franca, Ribeirão Preto, Ouro Preto e Fortaleza. A escala

de trabalho varia de 1:100.000 até 1:10.000 e centra-se no procedimento global do processo, desde a obtenção de atributos até a elaboração de cartas específicas para usuários, assim como com relação a todas as regras cartográficas e de conteúdo (qualidade).

- Metodologia da UFRGS (RS): o Grupo de Geotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul tem seus trabalhos visando os aspectos relacionados aos solos, correlacionando características geotécnicas e pedológicas.

- Metodologia do IG (SP): O Instituto Geológico desenvolve trabalhos em algumas regiões do Estado de São Paulo com base no uso dos conceitos de tipos de terrenos.

Estas metodologias são comparadas na tabela 6

Metodologia	Local de Atuação	Escala	Princípio
IPT (SP)	Grandes cidades brasileiras.		Oferecer respostas efetivas, considerando prazos e custos determinados pelas necessidades e possibilidades dos clientes-usuários.
IG – UFRJ (RJ)	RJ.	Desde 1:50.000 até maiores que 1:10.000	Relacionados a movimentos de massa e processo de ocupação.
EESC – USP (SP)	SP, MG e CE.	Varia de 1:100.000 até 1:10.000	Procedimento global do processo, assim como com relação a todas as regras cartográficas e de conteúdo (qualidade).
UFRGS (RS)	RS.		Visa os aspectos relacionados aos solos, correlacionando características geotécnicas e pedológicas.
IG (SP)	SP.		Uso dos conceitos de tipos de terrenos.

Tabela 6 – Comparação entre os métodos de elaboração de metodologia para elaboração de carta geotécnica (Zuquette e Nakazawa, 1998).

6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A primeira etapa do cronograma proposto (tabela 7) foi o levantamento da bibliografia relacionada à erosão e Sistema de Capacidade de Uso do Solo.

Devido a diversidade de informações sobre a região e da necessidade do entendimento sobre a classificação das terras no Sistema de Capacidade de Uso do Solo, esta pesquisa se alastrou por mais um mês.

Nesta fase, um dos fatores que mais prejudicaram a realização das etapas foi a dificuldades, devido a desencontros com o co-orientador deste projeto. Esta situação fez com que certos conhecimentos teóricos sejam esclarecidos após o tempo estabelecido pelo cronograma da tabela 7.

	Março	Abril	Maio	Junho	Julho
Revisão Bibliográfica					
Estudo de Caso					
Coleta de Amostras					

Tabela 7 – Cronograma de atividades realizadas na primeira fase.

Para a segunda fase é obter as informações necessárias para a finalização deste projeto e confecção do relatório.

Nesta fase as principais dificuldades encontradas foram a da realização das análises laboratoriais que, devido a grande quantidade de amostras, gerou atraso na entrega dos resultados no prazo definido. Com isso as etapas seguintes (uso de aplicativos computacionais, elaboração do mapa de capacidade do uso da terra) sofreram atraso em seu cumprimento. A tabela 8 mostra o cronograma de atividades para a fase final deste projeto.

Com isso, o cronograma das atividades para o ano de 2003 proposta no Projeto Inicial sofreu mudanças, mas que não alterou substancialmente o andamento do projeto.

Nas tabelas 9 e 10, mostram o cronograma proposto e o cronograma das atividades, respectivamente, das atividades para 2003.

	Agosto	Setembro	Outubro
Análise das Amostras			
Aplicativos Computacionais			
Elaboração do Mapa de Capacidade do Uso da Terra			
Elaboração do Relatório Final			

Tabela 8 – Cronograma de atividades previsto para a segunda fase.

	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setem bro	Outu bro
Revisão Bibliográfica								
Estudo de Caso								
Coleta de Amostras								
Análise das Amostras								
Aplicativos Computacionais								
Elaboração do Mapa de Capacidade do Uso da Terra								
Elaboração do Relatório Final								

Tabela 9 - Cronograma proposto para o ano de 2003

	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setem bro	Outu bro
Revisão Bibliográfica								
Estudo de Caso								
Coleta de Amostras								
Análise das Amostras								
Aplicativos Computacionais								
Elaboração do Mapa de Capacidade do Uso da Terra								
Elaboração do Relatório Final								

Tabela 10 – Cronograma das atividades para o ano de 2003

7. RESULTADOS OBTIDOS

7.1. Mapa de Pontos.

O mapa contendo os pontos visitados tanto na tradagem quanto de tricheiras estão no anexo A. Este mapa foi feita a partir de medidas obtidas através de uma aparelho de GPS.

7.2. Boletins

O boletim contendo as informações das trincheiras e tradagens, como parâmetros físico-químicas serão mostrados no anexo B.

Os parâmetros que serão obtidos incluem-se: retenção de água no solo, granulometria, densidades real e global, porosidades total e efetiva e permeabilidade ou condutividade hidráulica.

Estes boletins consideram características do solo como espessura do horizonte, cor, textura, estrutura, consistência (seca, úmida, molhada) permeabilidade, porosidade, retenção de água, profundidade efetiva.

7.3. Relevo

O estado atual do relevo condiciona o movimento da água sobre as terras, na forma de infiltração e de escoamento superficial.

Para o planejamento adequado do uso das terras a fim de evitar a erosão torna-se necessário o estudo detalhado do relevo, em termos de declividade. Assim as terras planas onde o deflúvio é lento ou muito lento, serão mais bem aproveitadas; terras muito inclinadas com deflúvio muito rápido serão evitadas.

Mapa de Declividade

O Mapa de Declividade do município de Paranapanema elaborado a partir da base planialtimétrica digital, na escala 1:50.000. O Modelo Digital de Elevação do Terreno foi gerado a partir do Sistema de Informação Geográfica–SIG *Arcinfo*, versão para o ambiente *Windows*. E este mapa será representado pela figura 5.

Esse mapa apresenta a delimitação das seguintes classes de declive: **A** (0 a 3%), **B** (3 a 6%), **C** (6 a 12%), **D** (12 a 20%) e **E** (> 20%). Esta classificação é demonstrada na tabela 11.

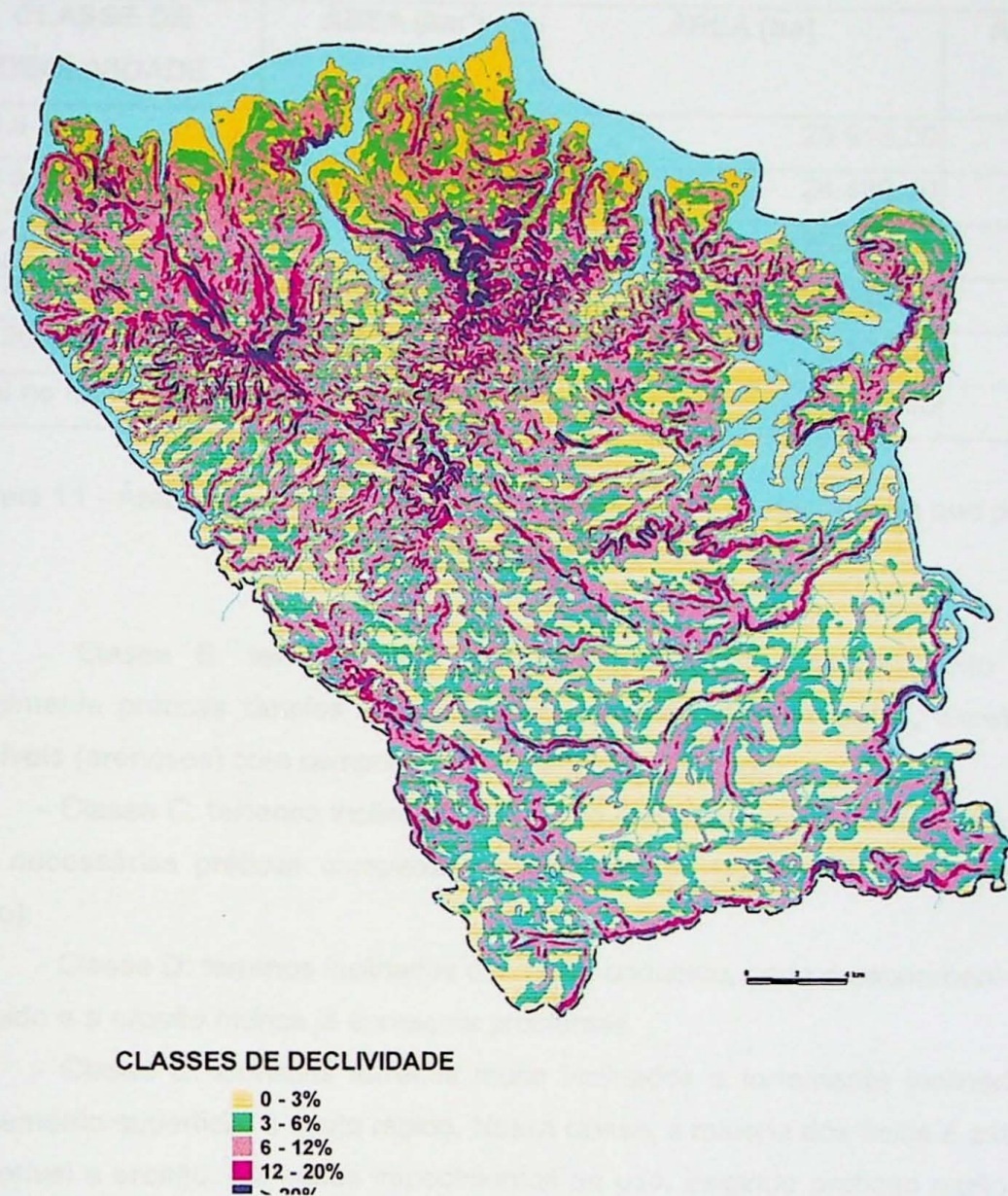


Figura 5 - Mapa de declividade do município de Paranapanema, SP.

Abaixo serão caracterizadas as classes de declividade.

- Classe A: compreende áreas planas ou quase planas, onde o escoamento superficial (deflúvio) é lento ou muito lento; a erosão hídrica não é significativa, exceto em vertentes muito longas e com solos altamente suscetíveis à erosão.

CLASSE DE DECLIVIDADE	ÁREA (km ²)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
A (0 a 3%)	289,18	28.918,00	31,83
B (3 a 6%)	244,89	24.489,00	26,96
C (6 a 12%)	253,31	25.331,00	27,89
D (12 a 20%)	99,89	9.989,00	11,00
E (>20%)	21,06	2.106,00	2,32
Total no município	908,33	90.833,00	100

Tabela 11 - Área (km², ha e %) ocupada por cada classe de declividade que predominam nas terras do município de Paranapanema, SP.

- Classe B: terrenos com declives suaves com deflúvio lento ou médio. Geralmente práticas simples de conservação do solo são suficientes, exceto em solos erodíveis (arenosos) com comprimento de rampa muito longo.

- Classe C: terrenos inclinados em relevo ondulado com deflúvio médio ou rápido. São necessárias práticas complexas de conservação do solo (terraceamento, plantio direto).

- Classe D: terrenos inclinados em relevo ondulado, onde o escoamento superficial é rápido e a erosão hídrica já apresenta problemas.

- Classe E: Constitui terrenos muito inclinados a fortemente inclinados, onde o escoamento superficial é muito rápido. Nessa classe, a maioria dos solos é extremamente suscetível à erosão. Há sérios impedimentos ao uso, exigindo práticas muito complexas (projetos de drenagem).

7.4. Solos

O solo é considerado como produto de alteração de rochas na superfície e é o produto da ação combinada de clima, relevo, organismos vivos, material de origem e o tempo. A ação conjunta desses fatores faz com que haja um reconhecimento por meio de um sistema de classificação. A classificação é um procedimento indispensável para o levantamento pedológico

O Mapa de Reconhecimento Pedológico do Município de Paranapanema foi elaborado a partir da integração do relevo (Mapa de Declividade, figura 5), descrições dos

perfis de solos e ensaios físicos e químicos (ANEXO B). O mapa gerado desta integração será visto na figura 6.

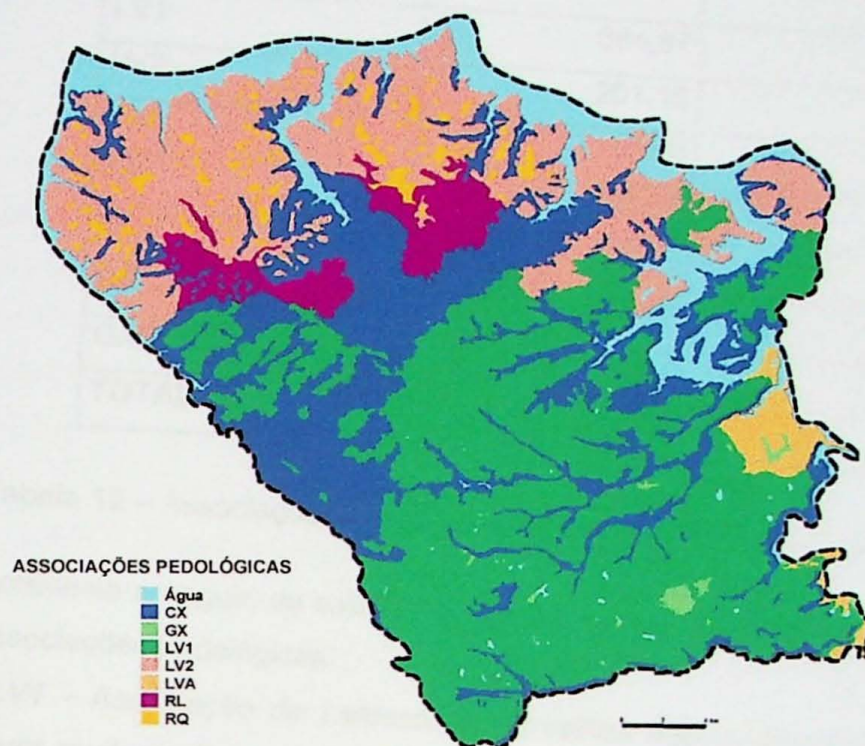


Figura 6 - Mapa de Reconhecimento de Pedológico do município de Paranapanema, SP.

As descrições dos perfis pedológicos com as características morfológicas dos horizontes dos solos (espessura, cor, textura, consistência molhada e classificação do solo), foram executadas através de caminhamentos associados às sondagens, utilizando o trado manual, e aos estudos em cortes de barranco, e se orientaram no “Manual de descrição e coleta de solo no campo” (LEMOS e SANTOS, 1984).

Os ensaios de granulometria, análises químicas e de ataque sulfúrico (executadas pelo Laboratório de Solos do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ / USP), permitiu a classificação dos solos conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA - 1999). A tabela 12 apresenta as associações de solos que resultaram desta classificação.

ASSOCIAÇÕES DE SOLOS	Área (km ²)	Área (%)
LV1	384,67	42,35
LV2	201,18	22,15
LVA	17,93	1,97
CX	238,68	26,28
RL	43,36	4,77
RQ	17,87	1,97
GX	4,64	0,51
TOTAL	908,33	100

Tabela 12 – Associações pedológicas do município de Paranapanema.

Descreve-se a seguir, os solos mapeados na escala 1:50.000 e cartografados na forma de associações pedológicas.

- *LV1 - Associação de Latossolos Vermelhos Álicos, Distróficos e Eutróficos típicos, textura muito argilosa, A moderado + Latossolos Vermelhos Álicos e Distróficos típicos, textura argilosa, A moderado + Latossolos Vermelhos Eutroféricos textura muito argilosa, A moderado.*

Possui fertilidade variada (Álicos, Distróficos, Eutróficos e Eutroféricos) e agrupam solos minerais com avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, bem drenados e profundos, destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo e com capacidade de troca de cátions baixa. Ocorrem com maior frequência nos topos de colinas amplas e médias. O horizonte B apresenta cores que variam entre os matizes 2,5YR e 10R, dependendo da natureza, forma e quantidade dos constituintes (normalmente dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio). Os Latossolos Vermelhos Eutroféricos são solos com saturação por bases alta ($V > 50\%$) e teores de Fe_2O_3 maior ou igual a 18% e menor que 36% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA). O material de origem desses são rochas sedimentares das formações Teresina, Irati, Serra Alta, Tatuí e rochas básicas. Essa associação ocorre principalmente na porção central e sul do município.

- *LV2 - Associação de Latossolos Vermelhos Álicos e Distróficos típicos, textura média, A moderado + Latossolos Vermelho Amarelos Álicos e Distróficos típicos, textura*

média, A moderado + Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos, A moderado e fraco + Cambissolos Háplicos Tb Álicos e Distróficos típicos, textura média, A moderado.

São também solos minerais, em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, profundos e bem drenados. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases (Álicos e Distróficos). Predomina nessa associação os Latossolos Vermelhos Álicos, textura média, A moderado. Os Cambissolos e os Latossolos Vermelho Amarelo ocorrem localmente em declividades mais acentuadas. Estão também presentes nessa associação os Neossolos Quartzarênicos, ocorrendo em manchas isoladas nos topos de colinas amplas. O material de origem destes solos é proveniente das rochas sedimentares das formações Botucatu, Pirambóia e Teresina, modelando um relevo de colinas amplas. Essa associação ocorre principalmente na porção norte do município.

- *LVA - Associação de Latossolos Vermelho Amarelo Álicos e Distróficos típicos, texturas média e argilosa, A moderado + Cambissolos Háplicos Tb Álicos, Distróficos típicos, texturas argilosa e média, A moderado.*

Nessa associação (LVA), foram englobados os Latossolos com horizonte B apresentando texturas média e argilosa, cores que variam entre os matizes 2,5YR e 7,5YR, porém valor e croma maiores ou iguais a 4 e 6, respectivamente.

São solos em avançado estágio de intemperização, evoluídos, bem drenados, com fertilidade baixa e moderada (Álicos e Distróficos). Ocorrem normalmente nas porções sudeste do município, próximo ao rio Paranapanema.

A origem dos Latossolos Vermelhos Amarelos dessa associação está relacionada principalmente aos sedimentos das formações Teresina, Serra Alta e Tatuí. Os Cambissolos ocorrem em pequenas faixas nas declividades mais acentuadas.

- *CX - Associação de Cambissolos Háplicos Tb Álicos, Distróficos e Eutróficos típicos, texturas argilosa e média, A moderado + Latossolos Vermelho Amarelos Álicos e Distróficos típicos, texturas média e argilosa, A moderado + Argissolos Vermelhos Álicos e Eutróficos, textura arenosa/média, A moderado + Argissolos Vermelho Amarelos Álicos, textura média/argilosa + Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, A moderado.*

Aqui estão agrupados solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente imediatamente abaixo do horizonte A, com espessura inferior a 50cm, pouco evoluídos e pouco profundos a rasos, que se dispõem principalmente nas porções

inferiores das encostas de colinas médias e morrotes. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo, as características destes solos variam muito.

Nessa associação predominam os Cambissolos Háplicos Tb, Álicos, Distróficos e Eutróficos típicos, texturas média e argilosa, A moderado. Caracterizam-se pela presença de argilas de atividade baixa e pela fertilidade variada (Álicos, Distróficos e Eutróficos). Geralmente, estão associados a relevos ondulados e nas declividades mais acentuadas. A estrutura do horizonte B incipiente pode ser em blocos, granular ou prismática.

Ocorrem também, nessa associação, os Argissolos apresentando um evidente incremento no teor de argila, do horizonte A para o Bt. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. São solos de profundidade variável, de cores avermelhadas ou amareladas, desde forte a imperfeitamente drenados. A textura varia, neste caso, de arenosa e média no horizonte A e de média e argilosa no horizonte Bt. Apresentam fertilidade variável (Álicos, Distróficos e Eutróficos) e ocorrem em pequenas faixas nas porções medianas de colinas médias e amplas.

Os Neossolos Litólicos ocorrem em minoria nessa associação. Apresentam horizonte A com menos de 40cm de espessura, que se assenta diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr. A fertilidade geralmente é alta (Eutróficos). Ocorrem distribuídos em todo município, principalmente na porção centro/norte.

- *RL - Associação de Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, A moderado + Cambissolos Háplicos Tb Álicos, Distróficos e Eutróficos típicos, texturas argilosa e média, A moderado + Argissolos Vermelho Amarelos Álicos, textura média/argilosa.*

Predominam nessa associação solos pouco evoluídos e sem horizonte B diagnóstico. Os Neossolos Litólicos possui horizonte A ou O hístico com menos de 40cm de espessura, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou sobre material com 90% ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha e que apresentam um contato lítico dentro de 50cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

Distribui-se em porções isoladas no centro/norte do município, associadas a um relevo de morrotes, onde afloram os siltitos e lamitos da Formação Teresina. Os demais tipos de solos desta associação ocorrem secundariamente em manchas isoladas.

- *RQ - Associação de Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos, A moderado e fraco + Latossolos Vermelhos Álicos e Distróficos típicos, textura média, A moderado +. Latossolos Vermelho Amarelos Álicos e Distróficos típicos, textura média.*

Predominam os Neossolos Quartzarênicos Órticos, apresentando textura arenosa desde a superfície do solo até uma profundidade média de 150 cm, além de fertilidade baixa (Álicos). A origem dos Neossolos Quartzarênicos dessa associação está relacionada principalmente aos sedimentos das formações Botucatu e Pirambóia.

Distribui-se em manchas isoladas na porção norte do município, relacionadas a um relevo colinoso.

- *(GX) – Gleissolos Háplicos Tb*

São solos hidromórficos constituídos por material mineral, que se encontram permanente ou periodicamente saturados por água. Caracterizam-se pela presença de horizonte *glei* e por serem mal a muito mal drenados, em condições naturais. Geralmente, ocorrem nas várzeas ou condicionados às margens dos principais rios. Distribui-se ao longo das principais drenagens que cortam o município, e que, devido a escala do mapa apresentado, não foram cartografadas.

7.5. Classificação das Terras no Sistema de Capacidade de Uso

O termo terra inclui solo e outros atributos físicos como relevo, vegetação e erosão e cada parcela deve ser trabalhada de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica de forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para seu melhor uso e benefício, procurando ao mesmo tempo preservar tais recursos para gerações futuras. A adaptação das terras às várias modalidades de uso agrícola será designada “capacidade de uso”, ligada às possibilidades e limitações; é a sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra depauperamento.

As principais exigências para se estabelecer o “melhor uso” da terra decorrem de um conjunto de interpretações do próprio solo e do meio onde ele se desenvolve (clima, topografia, tipo de cultura, etc).

O sistema de capacidade de uso se baseia nas limitações permanentes das terras, sendo voltado para as possibilidades e limitações à utilização e é diretamente relacionada a sua intensidade de uso. A intensidade de uso exprime a mobilização

imposta ao solo, expondo-o a erosão e/ou perda de produtividade. A intensidade de uso irá depender do tipo de manejo imposto a cultura.

O sistema de capacidade de uso da terra é uma poderosa ferramenta utilizável ao seu planejamento e uso, pois encerra uma coleção lógica e sistemática de dados e apresenta os resultados de forma aplicável. Para o planejamento das atividades, são consideradas além do sistema as esferas econômicas, políticas e sociais.

Conforme LEPSCH (1991), o sistema de capacidade de uso é uma classificação técnico-interpretativa que agrupa solos com características (espessura do horizonte, cor, textura, permeabilidade, porosidade, retenção de água, profundidade efetiva) e propriedades (produtividade agrícola, risco de erosão, etc.) similares, com vistas à obtenção de classes homogêneas de terras definidas conforme às suas máximas capacidade de uso, sem risco de degradação do solo, principalmente devido à erosão acelerada.

O sistema classificação em capacidade de uso está hierarquizada em grupos, que constituem categorias de nível mais elevado, mais generalizado, estabelecidos com base na maior ou menor intensidade de uso das terras, designada, em ordem decrescente pelas letras A, B e C, conforme descritos a seguir:

Grupos de Capacidade de Uso (A, B e C): baseado na intensidade de uso das terras

- Grupo A: terras usadas em culturas (anuais e perenes), pastagens e/ou reflorestamentos e vida silvestre. Comporta as classes de capacidade de uso I a IV;
- Grupo B: terras impróprias para cultivos intensivos, mas adaptadas para pastagens e/ou reflorestamentos e/ou vida silvestre. Compreende as classes V, VI e VII;
- Grupo C: terras não adequadas para culturas (anuais e perenes), pastagens ou reflorestamento e apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água. Compreende a classe VIII de capacidade de uso.

Classes de Capacidade de Uso (I a VIII): baseado na limitação de uso

Consiste no grupamento de terras apresentando o mesmo grau de limitação. As práticas de conservação do solo (conjunto de medidas para controle da erosão) e outras

formas de depauperamento do solo, de modo a mantê-lo produtivo, podem ser divididas em:

- Práticas de controle à erosão: exemplos como terraceamento, plantio e cultivo em contorno, faixas de retenção ou de rotação, canais escoadouros, cobertura morta (plantio direto)

- Práticas complementares de melhoramento: melhora ou recupera as condições de produtividade e racionalizar ao máximo o uso do solo. Atuam indiretamente no controle da erosão, por causa do aumento na cobertura do solo e enraizamento, ocasionado pelo melhor desenvolvimento das plantas cultivadas. Exemplos: calagem, gessagem, adubação química, adubação verde, rotação de culturas, aração, subsolagem, drenagem, tipo de plantio (plantio direto), divisão e manejo das pastagens.

Numa caracterização sintética das classes de capacidade de uso de seus grupos A, B e C, podemos assim considerá-las:

- Classe I: propícias para culturas, pastagens e reflorestamentos, sem problemas de conservação;

- Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;

- Classe III: terras cultiváveis (culturas, pastagens e reflorestamentos) com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;

- Classe IV: cultiváveis ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;

- Classe V: terras mantidas com matas ciliares, a fim de preservar os recursos hídricos superficiais;

- Classe VI: impróprias para culturas anuais, adaptadas para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação. São cultiváveis apenas em algumas culturas permanentes protetoras do solo;

- Classe VII: terras impróprias para lavouras com problemas complexos de conservação do solo. São muito íngremes, erodidas, pedregosas ou com solos muito rasos, ou com deficiência de água.

- Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, destinados ao abrigo e proteção da flora e da fauna silvestre, ou para ambiente de recreação ou armazenamento de água.

Subclasses de Capacidade de Uso

São definidas em função da limitação do uso da terra e tornam mais explícitas as práticas conservacionistas. A natureza da limitação é indicada por letras minúsculas após o algarismo romano das classes. Convencionalmente, as limitações de uso podem ser de quatro naturezas, a saber:

- **e:** limitações devido à erosão atuante e/ou risco de erosão;
- **s:** limitações relativas ao solo;
- **a:** limitações por excesso de água;
- **c:** limitações climáticas.

7.5.1. Mapa de Capacidade de Uso das Terras do Município de Paranapanema

Após a classificação das classes de solos e de declividades será foi elaborada a tabela das classes e subclasses de capacidade de uso das Terras. Esta é representada pela tabela 13.

Já a Figura 15 representa o Mapa de Capacidade de Uso das Terras, elaborada na escala 1:50.000

7.5.2. Caracterização das Classes da Carta de Uso das Terras

- Subclasse IIIs: são terras com problemas simples de conservação do solo; apresentam problemas complexos de melhoramento do solo, devido à alta saturação em alumínio (Álicos).
- Subclasse IIIe: terras com problemas complexos de conservação, devido à alta suscetibilidade à erosão (mesmo em terrenos com declividades da classe B).
- Subclasse IIIse: terras com problemas complexos de conservação, devido a sua baixa fertilidade (caráter álico), e à alta suscetibilidade à erosão (solo com declividades da classe C e descoberto de vegetação).
- Subclasse IVe: terras limitadas por risco de erosão ou por declividades acentuadas do terreno (classe D) ou solo suscetível à erosão.

ASSOCIAÇÃO DE SOLOS	Classes de Declividade				
	A (0 a 3%)	B (3 a 6%)	C (6 a 12%)	D (12 a 20%)	E (>20%)

	SUBCLASSES DE CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS				
LV 1	III _s	III _s	III _s	III _e	IV _e
LV 2	III _s	III _s	III _{es}	IV _e	V _{les}
LVA	III _s	III _s	III _{se}	IV _{es}	V _{les}
CX	III _s	III _s	IV _{se}	V _{les}	V _{les}
RL	III _s	III _{se}	IV _s	V _{lse}	VII _{se}
RQ	III _s	III _{es}	IV _{es}	V _{les}	V _{les}
GX	V _a	V _a	V _a	V _a	V _a

Tabela 13 - Classes e subclasses de capacidade de uso das terras de Paranapanema.

- Subclasse Ives: terras limitadas por risco de erosão ou devido ao solo, suscetível a erosão (mesmo em terrenos com declives da classe C), ou à profundidade efetiva rasa.

- Subclasse IVse: terras limitadas pela profundidade efetiva rasa, pequena capacidade de retenção de água e problemas de fertilidade (caráter álico) e com risco de erosão ou devido ao solo, que os torna suscetíveis à erosão (mesmo em terrenos com declives da classe C).

- Subclasse IVs: terras limitadas pela profundidade efetiva rasa, pequena capacidade de retenção de água e por problemas de fertilidade (caráter álico).

- Subclasse Va: terras planas não sujeitas à erosão, com deflúvio nulo, severamente limitadas por excesso de água e com risco de inundação freqüente (várzeas).

- Subclasse Vles: terras que mesmo sob pastagem (ou culturas permanente protetoras do solo) são suscetíveis à erosão devido à declividade acentuada do terreno (>20%). Solos muito erodíveis, associados às classes de declive D (12 a 20%) ou mesmo C (6 a 12%), também são agrupados nesta subclasse.

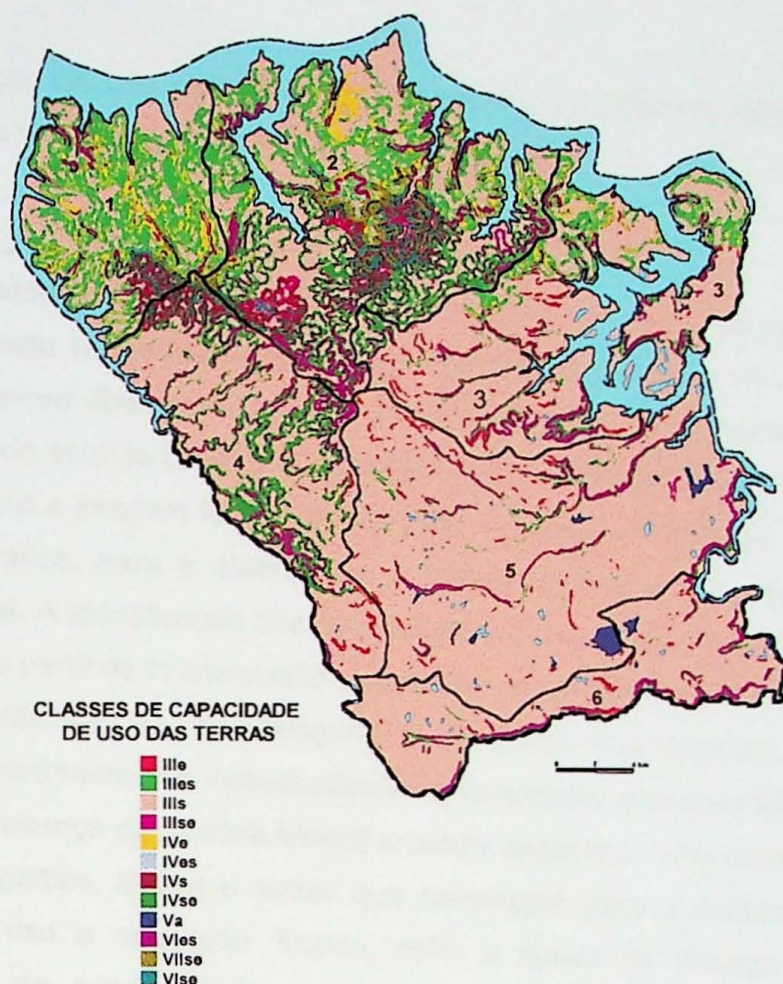


Figura 7 – Mapa de Capacidade de Uso das Terras do município de Paranapanema, SP.

- Subclasse VIsO: terras rasas e/ou rochas expostas na superfície, dispostas em terrenos com declive acentuada (classe D: 12 a 20%).

- Subclasse VIIse: terras impróprias para lavouras, apenas para pastagens ou reflorestamento, com risco de erosão severo, principalmente nas declividades acentuadas, o que propicia deflúvios muito rápidos. É freqüente a presença de erosão em sulcos profundos. São áreas pedregosas, solos rasos a muito rasos, com baixa capacidade de retenção de água.

7.6. Uso e Ocupação do Solo

O mapa de Uso e Ocupação das Terras do município de Paranapanema está mostrado na figura 8 e engloba as coberturas naturais e antrópicas existentes. A

caracterização do uso considera o conhecimento da utilização da terra pelo homem e a presença de vegetação natural, alterada ou não.

7.6.1. Metodologia

A metodologia adotada para a elaboração do Mapa de Uso e Ocupação das Terras consistiu na aquisição, processamento e interpretação visual de imagem digital ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) do satélite Landsat-7. Foi utilizada a cena 220/76, de 23.03.2001, do satélite Landsat-7, georreferenciada pelo *software* PCI/EASI/PEACE 6.2. Posteriormente a imagem foi transferida para o *software* Spring 3.5.1, juntamente com a base cartográfica, para a elaboração do Mapa de Uso e Ocupação das Terras, em formato digital. A identificação das categorias de uso e ocupação existentes no município foi realizada a partir da interpretação da imagem de satélite e de observações de campo.

A identificação de cada categoria, considerando sua resposta espectral imageada, utiliza como parâmetros de individualização a tonalidade, a textura fotográfica, o porte da vegetação (presença de sombra lateral) e outros aspectos como carregadores, estrutura e a forma das glebas, limites e outras que convergem para a melhor definição de cada categoria de uso e ocupação. Porém, entre a época da tomada das imagens e o levantamento de campo podem ter ocorrido mudanças nas categorias de uso e ocupação, principalmente em relação às áreas preparadas para plantio. O resultado final não permite contemplar toda a diversidade existente como pequenas propriedade ou glebas. Assim foram possíveis determinar 13 categorias de uso e ocupação; as categorias de uso e ocupação referenciados às suas respectivas áreas estão apresentados na Tabela 14.

A conceituação das categorias de uso e ocupação das terras, apresentadas a seguir, reproduz parcialmente trabalhos anteriores como IPT (1987). As definições foram originalmente extraídas de SERRA FILHO *et al.* (1974) e CHIARINI *et al* (1976).

7.6.2. Categorias de Uso e Ocupação das Terras

A seguir são descritas as categorias de uso e ocupação das terras no município de Paranapanema, agrupadas segundo o porte da vegetação.

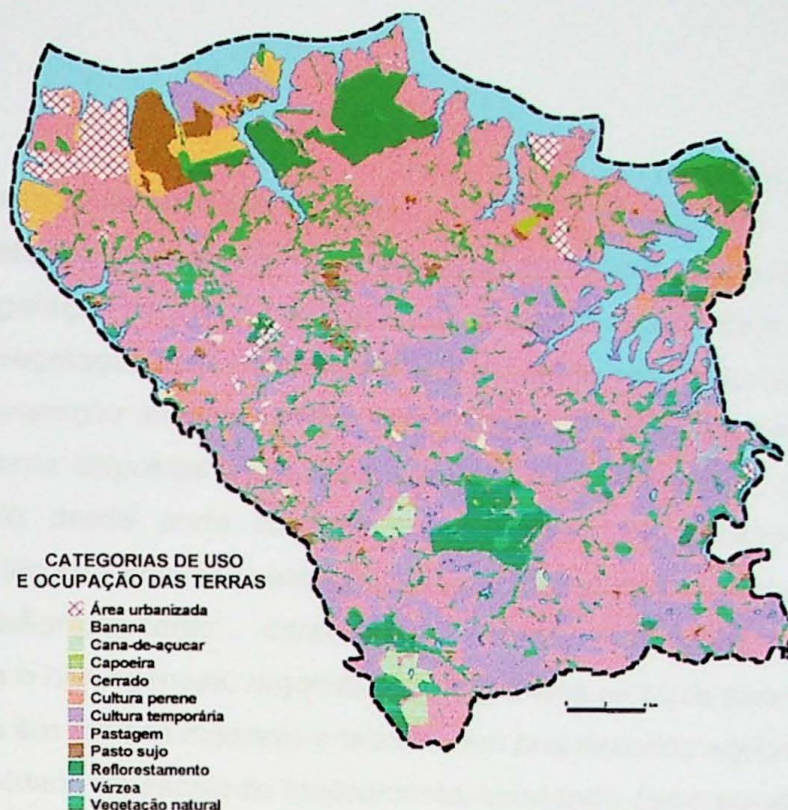


Figura 8 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras do município de Paranapanema, SP.

CATEGORIAS DE USO E OCUPAÇÃO	ÁREA	
	ha	%
Vegetação nativa de porte arbóreo	9.406,12	9,21
Reflorestamento	6.345,13	6,21
Cerrado	1.568,31	1,53
Capoeira	113,64	0,11
Culturas perenes	1.086,12	1,06
Cana-de-açúcar	834,83	0,82
Banana	277,71	0,27
Pasto sujo/cobertura residual	2.238,28	2,19
Pastagem e campo antrópico	50.605,05	49,53
Culturas temporárias	15.883,15	15,54
Várzea	223,96	0,22
Espelho d'água	11.353,45	11,11
Área urbanizada	2.247,25	2,20
Total	102.183,00	100,00

Tabela 14 - Categorias de uso e ocupação das terras e respectivas áreas.

Vegetação de porte alto a médio:

Vegetação nativa de porte arbóreo, incluindo reflorestamento e o cerrado.

- Vegetação nativa de porte arbóreo: sucede a derrubada seletiva das matas e as classes de vegetação nativa referem-se aos povoamentos de florestas naturais alteradas ou em regeneração avançado. São constituídas por indivíduos lenhosos, árvores finas compactamente dispostas e espécies espontâneas que invadem as áreas devastadas, apresentando desde porte arbustivo (médio/baixo) até arbóreo (médio/alto). Nesta categoria estão incluídas as "matas-galeria" que acompanham os cursos d'água.

- Reflorestamento: caracterizado como formações florestais artificiais, disciplinadas e homogêneas, organizadas em grandes maciços para uso industrial (papel, celulose), ou em talhões menores e isolados em propriedades agrícolas. Não apresentam representatividade na escala de mapeamento, ocorrendo como eucalipto e pinus.

- Cerrado: caracteriza-se como vegetação nativa de porte alto a médio, com indivíduos de troncos pouco tortuosos e com predominância de madeiras duras; reflete a natureza química dos solos. Não apresenta acúleos e espinhos.

Vegetação de porte médio a baixo

Nesse grupo incluem-se as categorias denominadas como capoeira, culturas perenes, cana-de-açúcar e banana.

- Capoeira: predomina em áreas que sofreram intervenção antrópica com predominância de arbustos e razoável presença de cobertura por espécies rasteiras.

- Culturas perenes: possui ciclo longo entre o plantio e a renovação dos talhões. São representadas pela laranja, pêssego, nectarina, maçã e ameixa.

- Cana-de-açúcar: é cultura semiperene, com práticas conservacionistas e o estágio de desenvolvimento da cultura modifica os padrões de interpretação em imagens de satélite.

- Banana: é considerada uma cultura semi-perene, individualizada em função de sua representatividade espacial.

Vegetação de porte baixo a rasteiro

Engloba as categorias denominadas de pasto sujo/cobertura residual, pastagem e campo antrópico e culturas temporárias.

- Pasto sujo/cobertura residual: corresponde às coberturas residuais mais baixas, até rasteiras. São áreas de pastagens abandonadas ou já cultivadas, onde ocorrem

espécies de porte baixo a rasteiro, formando os “pastos sujos”. Reboleiras constituem feições características da categoria.

- Pastagem: abrange pastagens artificiais ou plantios de forrageiras para pastoreio, em diversos níveis de tecnificação e manejo, além das pastagens de vegetação espontânea que sobrevivem aos desmatamentos.

- Culturas temporárias: culturas de ciclo vegetativo curto, anual. Aparecem como terra preparada para plantio e culturas em desenvolvimento. Predomina o cultivo de milho, feijão e soja.

Outros usos: naturais e antrópicos

Várzea, espelho d'água e área urbanizada estão representados nesse grupo.

- Várzea: mostram-se mais desenvolvidas quanto maiores os cursos d'água. Podem apresentar-se cobertas por vegetação desde rasteira até arbórea.

- Espelho d'água: quando observáveis em escala de mapeamento são os reservatórios artificiais e os cursos d'água de maior ordem.

- Área urbanizada: são as aglomerações urbanas organizadas como cidades ou localidades e instalações rurais, representativas na escala de mapeamento.

7.6.3. Distribuição das Categorias de Uso e Ocupação das Terras

No Mapa de Uso e Ocupação das Terras (figura 8) mostrou o seguinte panorama:

- A vegetação nativa de porte arbóreo aparece junto aos principais cursos d'água, formando as “matas-galeria”. São mais freqüentes na porção norte do município, devido a predomínio de pastagens. Os reflorestamentos ocorrem em maciços na porção norte, (próximo à Represa de Jurumirim), sul (junto ao Ribeirão Santa Helena) e sudoeste.

- O cerrado a noroeste do município, assim como as capoeiras. As culturas perenes distribuem-se em pequenas glebas a oeste e centro, assim como a distribuição do cultivo de banana. A cana-de-açúcar é pouco representativa e ocorre na porção sudoeste.

- O pasto sujo/cobertura residual e a pastagem e campo antrópico predominam a centro-norte, onde a atividade agrícola é menos intensa. As culturas temporárias, por sua vez, distribuem-se mais intensamente a sul do município.

- As várzeas ocorrem na região leste, nas proximidades do rio Paranapanema. O espelho d'água principal corresponde à Represa de Jurumirim. Também ocorrem represas situadas nas proximidades das culturas temporárias.

- A cidade de Paranapanema Holambra e loteamentos situados junto à represa constituem as principais áreas urbanizadas.

7.7.Diretrizes Básicas Para o Controle da Erosão Rural

Para o controle da erosão rural pode-se tomar decisões descritas a seguir:

7.7.1 Implantação de um Programa de Conservação do Solo no Nível Municipal.

Os programas de conservação do solo são fundamentais para o desenvolvimento sustentável de qualquer atividade, principalmente agropecuária.

As ações para minimizar a degradação das terras devem basear-se nas especificações técnicas descritas nos manuais do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas (LOMBARDI NETO e DRUGOWICH, 1994), e nas propriedades físicas-hídricas dos solos.

As medidas de controle de erosão, por meio da implantação de práticas mecânicas conservacionistas, devem basear-se nos parâmetros físicos hídricos dos solos, (ANEXO B), e na classificação da resistência à erosão (Tabela 15) citada por BERTOLINI *et al* (1994).

- Grupo A: solos com alta taxa de infiltração, mesmo saturada e com alto grau de resistência e tolerância à erosão. São profundos ou muito profundos, porosos, com baixo gradiente textural (relação textural menor que 1,2), textura média, argilosa ou mesmo muito argilosa. A alta quantidade de macroporosidade resulta em solos bem drenados a excessivamente drenados. Assim, as permeabilidades das camadas superficiais e subsuperficial são rápidas, ou pelo menos moderada na camada superficial e rápida na subsuperficial.

- Grupo B: solos com moderada taxa de infiltração, mesmo saturada ou com alta taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância à erosão. São profundos, com relação textural entre 1,20 e 1,50. As permeabilidades das camadas superficiais e subsuperficial devem ser rápida e moderada ou rápida e rápida, respectivamente.

- Grupo C: solos com baixa taxa de infiltração, baixa resistência e tolerância à erosão. São profundos ou moderadamente profundos, com relação textural maior que 1,5 e com mudança textural abrupta. As permeabilidades das camadas superficiais e subsuperficial devem ser lenta e moderada, lenta e rápida ou rápida e moderada, respectivamente.

- Grupo D: solos com taxa de infiltração muito baixa, muito baixa resistência e tolerância à erosão. São rasos e/ou permeáveis ou com mudança textural abrupta aliada a argila de alta atividade ou ainda com camada de impedimento à infiltração de água (piçarra, fragipã, etc.). Os valores de permeabilidade das camadas superficial e subsuperficial são lenta e lenta ou rápida e lenta, respectivamente.

7.7.2. Práticas de Conservação do Solo

Para as subclasses de capacidade de uso estão associadas recomendações de práticas de conservação do solo, com vistas à minimizar ou eliminar a degradação do solo.

- Subclasse IIIs: recomenda-se rompimento de camadas compactas no solo superficial e subsolo (escarificação e subsolagem); melhoramento das condições físicas do solo (incorporação de matéria orgânica, rotação com culturas de raízes profundas e com grande quantidade de resíduos vegetais); adubação e calagem; cultivo mínimo do solo, preferencialmente, plantio direto; e conservação da umidade do solo em períodos de seca edafológica.

- Subclasse IIIe: recomenda-se plantio e cultivo em nível aliado a cultura em faixas e/ou terraceamento (se for em desnível, prever os canais escoadouros); canais divergentes; manutenção dos canais divergentes e terraços; aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação; melhoramento das condições físicas do solo (incorporação de matéria orgânica, de raízes profundas e com grande quantidade de resíduos vegetais); adubação e calagem; plantio direto; e conservação da umidade do solo em períodos de seca edafológica.

- Subclasse IIIse: recomenda-se: plantio e cultivo em nível aliado a cultura em faixas e/ou terraceamento (se for em desnível, prever os canais escoadouros); canais divergentes; manutenção dos canais divergentes e terraços; rotação de culturas com aumento da proporção de culturas densas e com raízes profundas nos planos de rotação; melhoramento das condições físicas do solo (incorporação de matéria orgânica, de raízes profundas e com grande quantidade de resíduos vegetais); adubação e calagem; plantio direto; e conservação da umidade do solo em períodos de seca edafológica.

GRUPO	Grupo de resistência à erosão	Principais características

		Profundida- de	Permeabili- dade	Textura	Razão textural	K
A	Alta	Muito profundo (> 2m) ou profundo (1 a 2m)	Rápida/rápida Moderada/rápi-da	Média/média; Média argilosa/média argilosa; Argilosa/argilosa	< 1,2	1,25
B	Moderada	Profundo (1 a 2m)	Rápida/rápida Moderada/rápi-da	Arenosa/arenosa; Arenosa/média; Arenosa/argilosa; Média/argilosa; Argilosa/média argilosa	1,2 a 1,5	1,10
C	Baixa	Profundo (1 a 2m) a moderadamente profundo (0,5 a 1m)	Lenta/rápida Lenta/moderada Rápida/moderada	Arenosa/média; Arenosa/argilosa; Média/argilosa; Argilosa/média argilosa	> 1,5	0,90
D	Muito baixa	Moderadamente profundo (0,5 a 1m) a raso (0,25 a 0,50m)	Rápida, moderada ou lenta sobre lenta	Muito variável	Muito variável	0,75

Tabela 15 – Classificação dos solos quanto à resistência à erosão.
O índice K da tabela 15 deve ser utilizado na determinação dos espaçamentos entre terraços, calculadas com base nas seguintes equações:

$$EV = \frac{0,4518 \times K \times D^{0,58} \times (u + m)}{2}$$

$$EH = \frac{100 \times EV}{D}$$

em que: **EV** é o espaçamento vertical entreterraços (m); **EH**, o espaçamento horizontal entreterraços (m); **D**, a declividade do terreno (%); **K**, o índice variável conforme o tipo de solo (Tabela 20); **u**, o fator de uso do solo; e **m**, o fator de manejo do solo (preparo do solo e manejo de restos culturais).

- Subclasse IVe: recomenda-se o controle de sulcos de erosão ou de pequenas voçorocas; preparo do solo de acordo com a cultura a ser instalada (covas ou sulcos); plantio e cultivo em nível; terraceamento (base média, estreita ou patamares); cordões em contorno; banquetas individuais; manutenção dos terraços, cordões e banquetas; alternância de capinas; ceifa e seleção do mato; e cobertura morta.

- Subclasse IVes: recomenda-se o controle de sulcos de erosão ou de pequenas voçorocas; preparo do solo de acordo com a cultura a ser instalada (covas ou sulcos); plantio e cultivo em nível; terraceamento (base média, estreita ou patamares); cordões em contorno; banquetas individuais; manutenção dos terraços, cordões e banquetas; alternância de capinas; ceifa e seleção do mato; e cobertura morta, além de melhoramento das condições físicas do solo (rotação de culturas e incorporação de matéria orgânica); adubação, calagem e conservação da umidade.

- Subclasse IVse: recomenda-se: melhoramento das condições físicas do solo (rotação de culturas e incorporação de matéria orgânica); adubação e calagem; conservação da umidade; controle de sulcos de erosão ou de pequenas voçorocas; preparo do solo de acordo com a cultura a ser instalada (covas ou sulcos); plantio e cultivo em nível; terraceamento (base média, estreita ou patamares); cordões em contorno.

- Subclasse IVs: recomenda-se: rompimento de camadas compactas para aumentar a profundidade efetiva do solo (escarificação e subsolagem); melhoramento das condições físicas do solo (rotação de culturas e incorporação de matéria orgânica); adubação e calagem; e conservação da umidade.

- Subclasse Va: recomenda-se mantê-las com vegetação natural de matas ciliares, a fim de preservar os recursos hídricos. Ocorrem distribuídas ao longo das principais drenagens do município.

- Subclasse VIes: recomenda-se o controle dos sulcos e de pequenas e médias voçorocas; sulcos em nível; e controle do pisoteio e do pastoreio, cuidados especiais no preparo do solo (solos rasos, com pedras); plantio de forrageiras de vegetação densa.

- Subclasse VIse: recomenda-se: cuidados especiais no preparo do solo (rasos, com pedras); plantio de forrageiras de vegetação densa; controle dos sulcos e de pequenas e médias voçorocas; sulcos em nível; e controle do pisoteio e do pastoreio.

- Subclasse VIIse: quando essas terras se destinarem para florestas naturais, recomenda-se: interdição do gado; proteção contra o fogo; desbastes dos indivíduos de qualidade inferior; introdução de novas espécies; corte seletivo para aproveitamento de algumas árvores de madeira útil, sem destruição completa da floresta; e conservação das florestas protetoras.

No caso em que o reflorestamento é a atividade a ser desenvolvida sob estas terras, recomenda-se: cuidados especiais no preparo do solo; escolha das essências florestais de acordo com as condições de solo, clima e da finalidade visada; plantio em contorno; replantio das falhas; interdição ao gado no desenvolvimento inicial; proteção contra insetos, principalmente formigas; proteção contra o fogo; tratos culturais; abertura de carregadores e estradas de acesso; corte sistemático; e métodos de regeneração.

8. CONCLUSÕES

As análises integradas do meio físico executado no município de Paranapanema (SP), permitem chegar as seguintes conclusões:

- Relevo com predomínio das formas suave onduladas a onduladas (colinas médias e amplas), uma vez que mais de 95% das terras apresentam declives menores que 20%.
- Predominância de solos bem desenvolvidos e muito profundos (Latossolos Vermelhos Álicos e Distróficos típicos, texturas argilosa e muito argilosa, A moderado), que se estendem por mais que 40% do município;
- Necessidade de práticas de conservação do solo, uma vez que os solos pouco desenvolvidos e pouco profundos predominam em mais de 30 % das terras e ocorrem nas bordas dos rios e córregos, onde o deflúvio é muito rápido (declives maiores que 20%);
- Alta aptidão ao desenvolvimento agrícola, pois quase 90% das terras estão enquadrados no Grupo A de Capacidade de Uso;
- Mais de 50% das terras estão ocupados por pastagens, mais de 15% por culturas temporárias e quase 2% por culturas perenes; o reflorestamento ocupa mais de 5% das terras do município;

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTOLINI, D. et al. (1994) – Tecnologias Disponíveis para Controlar o Escorrimento Superficial do Solo. Manual Técnico de Manejo e Conservação de Solo e Água. Campinas: Volume IV. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI. V. IV.
- BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. (1990) – Conservação do Solo. 3º Edição. Editora Ícone. São Paulo (SP). 355 pgs.
- CARTER, Val H. (1993) – Classificação de Terras para Irrigação. Manual de Irrigação. Brasília (DF): Ministério da Integração Regional/Secretaria de Irrigação. V. 2.
- CHIARINI, J. et al. (1976) – Uso Atual das Terras do Estado de São Paulo (Boletim Técnico, 37). Campinas (SP): Instituto Agrônomo de Campinas – IAC.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1994) – Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. Plano Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo (SP): Departamento de Águas e Energia Elétrica da Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. 1994.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1990) – Controle de Erosão: Bases Conceituais e Técnicas; Diretrizes Para o Planejamento Urbano e Regional; Orientações Para o Controle de Boçorocas Urbanas. 2ª Edição. São Paulo (SP). 92 pgs.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. (1979) – Efectos del Agua Sobre el Rendimiento de los Cultivos. Roma: ESTUDIO FAO: RIEGO Y DRENAJE, 33.
- EFFERTZ, R. (1993) – Operação e Manutenção de Projetos de Irrigação. Manual de Irrigação. Brasília (DF): Secretaria de Irrigação do Ministério da Integração Regional. V. 4.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1999) – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília (DF): Sistema de Produção de Informação – SPI da EMBRAPA.
- HUDSON , N (1971) – Soil Conservation. New York. Cornell University Press. 302 pgs.
- INFANTI JR, N., FORNASARI FILHO, N. (1998) – Processos de Dinâmica Superficial. In: Geologia de Engenharia, OLIVEIRA, A. M. S., BRITO, S. N. A. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo (SP). Pgs 131-152.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2002) – Estudos do Meio Físico Visando a Implantação de Distritos Agrícolas no Município de Paranapanema, SP. São Paulo (SP). Relatório Técnico 55731, Monografias 6. 2v.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2002) – Manual da Qualidade. São Paulo (SP), vs 1, 2, 3.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1981) – Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000. São Paulo (SP): Publicação IPT 1183, Monografias 5. 2 v.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1981) – Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. São Paulo (SP). Publicação IPT 1184, Monografias 6. 2v.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1987) – Orientações para o Combate à Erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe-Paranapanema. São Paulo (SP): Relatório Técnico IPT nº 24739.
- KLUTE, A. (1986) – *Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and Mineralogical Methods*. Madison, Wisconsin, USA: ASA/SSSA.

- LEMOS, R. C., SANTOS, R. D. (1984) – Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Campinas (SP): SBCS/SNLCS. 46p.
- LEPSCH, I. F. (1991) – Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação das Terras no Sistema de Capacidade de Uso. Campinas (SP): Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-SBCS. 175p.
- LOMBARDI NETO, F., DRUGOWICH, M. I. (1994) – Manual Técnico de Manejo e Conservação de Solo e Água. Campinas (SP): Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI da Secretaria de Agricultura e Abastecimento.
- OLIVEIRA, A. M dos S. de, BRITO, S. N. A. (1998) – Geologia de Engenharia. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo (SP). 586 pgs.
- OLIVEIRA, J. B. de *et. al.* (1999) – Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas – IAC. Rio de Janeiro (RJ): Embrapa Solos.
- PINO, F. A. *et al.* (1996) – Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária. Estatísticas Agrícolas, Estado de São Paulo. São Paulo (SP): IEA/CATI/SAA.
- PRANDINI, F. L. *et al.* (1995) – Cartas Geotécnicas nos Planos Diretores Regionais e Municipais. In: Bittar, O. Y. Curso de Geologia de Engenharia Aplicada ao Meio Ambiente. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo (SP). Pgs. 187-202.
- RIDENTE JR, J. L. (2000) – Prevenção e Controle da Erosão Urbana: Bacia do Córrego do Limoeiro e Bacia do Córrego do Cedro, Municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado (SP). Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro (SP). 108 pgs.
- SANTOS, P. H. P. (1999) – Carta Geotécnica da Porção Oeste do Município de São Carlos (SP) em Escala 1:10000. Trabalho de Graduação/Modalidade Individual. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Curso de Geologia. Rio Claro (SP).

SERRA FILHO, R. *et al.* (1974) – Levantamento da Cobertura Vegetal Natural do Estado de São Paulo (Boletim Técnico, 11). São Paulo (SP): Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente. p. 1-53.

SOARES, P.C. (1975) – Divisão Estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. São Paulo (SP): Revista Brasileira de Geociências. 5 (4): 229-251.

SOARES, P.C. *et.al.* (1979) – Geologia da Região Sudoeste do Estado de São Paulo. Rio Claro (SP): Atas do Simpósio Regional De Geologia, 2. v.2, p.307-319.

TEIXEIRA, W., de TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T.R., TAIOLI, F. (2000) – Decifrando a Terra. Oficina de Textos. São Paulo (SP). 557 pgs.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J. R. (1955) – *The Water Balance*. New Jersey: Laboratory of Climatology.

http://www.cpgg.ufba.br/~cgps/conde/relatorio_conde.htm

<http://www.ipt.br/areas/digeo/srg/>

ANEXO A – MAPAS

ANEXO B – Tabelas

Ponto	Coordenadas		Declividade	Tipo de solo
	N	E		
NEMA 1	7.406.096	723.908	2%	Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.
NEMA 2	7.406.229	724.289	10%	Cambissolo Háplico, textura muito argilosa, A moderado.
NEMA 3	7.397.705	719.695	6%	Cambissolo Háplico, textura argilosa, A moderado.
NEMA 4	7.420.000	713.423	5%	Latossolo Vermelho, textura média, A fraco.
NEMA 5	7.409.890	729.450	5%	Latossolo Vermelho, textura argilosa, A moderado.
NEMA 6	7.408.911	733.664	1%	Latossolo Vermelho, textura média, A moderado.
NEMA 7	7.407.552	731.762	8%	Latossolo Vermelho textura muito argilosa, A moderado.
NEMA 8	7.413.830	734.490	3%	Latossolo Vermelho, textura média, A moderado a proeminente.
NEMA 9	7.401.872	733.805	1%	Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.
NEMA 10	7.401.686	734.686	13%	Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.
NEMA 11	7.399.497	740.251	2%	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, textura argilosa, A moderado.
NEMA 12	7.392.700	727.635	1%	Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.
NEMA 13	7.412.475	723.555	5%	Argissolo Vermelho, textura arenosa/média, A moderado.
NEMA 14	7.392.274	720.267	2%	Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.
NEMA 15	7.400.550	715.400	2%	Cambissolo Háplico Álico, textura argilosa, A moderado.
NEMA 16	7.399.390	716.454	2%	Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.

Quadro 1 – Boletim com as informações das trincheiras

NEMA 01	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%) Determi- nada	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte:										
Profundidade (cm)	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila			cap. cam.	Pmp	
Ap: 07-14	1,14	2,71	10	17	73	0,512	52,99	0,377	0,298	0,079
Bw1: 28-35	1,26	2,71	11	18	71	0,492	7,45	0,423	0,337	0,086
Bw2: 65-72	1,02	2,74	8	16	76	0,581	11,59	0,395	0,359	0,036

Quadro 2 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.

NEMA 02	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%) Determi- nada	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte:										
Profundidade (cm)	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila			cap. cam.	Pmp	
Ap: 07-14	1,28	2,70	10	17	73	0,477	137,45	0,425	0,338	0,087
Bi: 30-37	1,29	2,70	11	18	71	0,520	0,00	0,442	0,459	-0,017
Bi: 55-62	1,17	2,74	8	16	76	0,753	0,00	0,428	0,415	0,013

Quadro 3 – Parâmetros físico-hídricos do Cambissolo Háplico, textura muito argilosa, A moderado.

NEMA 03	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%) Determi- nada	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte:										
Profundidade (cm)	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila			cap. cam.	Pmp	
Ap: 05-12	1,35	2,65	26	23	51	0,448	77,83	0,381	0,271	0,11
Bi: 25-32	1,18	2,73	22	19	59	0,523	24,01	0,344	0,290	0,054
Bi: 45-52	1,11	2,73	19	15	66	0,586	144,07	0,298	0,277	0,021

Quadro 4 – Parâmetros físico-hídricos do Cambissolo Háplico, textura argilosa, A moderado.

NEMA 04	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%) Determi- nada	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte:										
Profundidade (cm)	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila			cap. cam.	Pmp	
Ap: 10-17	1,52	2,67	80	4	16	0,402	35,60	0,217	0,180	0,037
Bw1/Ap: 27-34	1,56	2,69	78	6	16	0,414	62,10	0,212	0,141	0,071
Bw1: 60-67	1,39	2,69	73	5	22	0,418	92,74	0,224	0,124	0,1

Quadro 5 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura média, A moderado a fraco.

NEMA 05	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%)	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte:										
Profundidade (cm)	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila	Determi- nada		cap. cam.	Pmp	
Ap: 10-17	1,26	2,66	74	7	19	0,520	59,62	0,329	0,207	0,122
Bw1/Ap: 30-37	1,24	2,69	74	6	20	0,515	99,36	0,283	0,217	0,066
Bw1: 70-77	1,09	2,70	70	7	23	0,502	122,54	0,284	0,218	0,066

Quadro 6 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura argilosa, A moderado.

NEMA 06	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%)	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte:										
Profundidade (cm)	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila	Determi- nada		cap. cam.	Pmp	
Ap: 10-17	1,56	2,67	76	6	18	0,427	18,22	0,266	0,134	0,132
Bw1/Ap: 35-42	1,50	2,71	74	7	19	0,416	23,18	0,263	0,160	0,103
Bw1: 70-77	1,29	2,69	70	7	23	0,466	118,40	0,265	0,161	0,104

Quadro 7 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura média, A moderado.

NEMA 07	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%)	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte:										
Profundidade (cm)	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila	Determi- nada		cap. cam.	Pmp	
Ap: 07-14	1,13	2,67	21	19	60	0,547	139,10	0,326	0,258	0,068
Bw1/Ap: 30-37	1,15	2,72	17	18	65	0,536	165,60	0,349	0,312	0,037
Bw1: 65-72	0,98	2,75	16	18	66	0,590	234,32	0,346	0,258	0,088

Quadro 8 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.

NEMA 08	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%)	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte:										
Profundidade (cm)	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila	Determi- nada		cap. cam.	Pmp	
Ap: 10-17	1,50	2,66	76	7	17	0,397	24,84	0,270	0,165	0,105
Ap: 35-42	1,37	2,66	70	7	23	0,451	115,92	0,255	0,159	0,096
Bw1/Ap: 65-72	1,39	2,69	69	7	24	0,465	96,88	0,255	0,131	0,124

Quadro 9 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura média arenosa,
A moderada a proeminente.

NEMA 09	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%) Determi- nada	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
Horizonte: Profundidade (cm)										
	Solo	Partíc.	Areia	Silte	Argila			cap. cam.	Pmp	
Ap: 10-17	1,14	2,69	24	13	63	0,545	83,63	0,388	0,307	0,081
Bw1: 30-37	1,06	2,74	20	9	72	0,507	48,85	0,388	0,324	0,064
Bw1: 70-77	0,97	2,74	22	8	71	0,561	240,95	0,372	0,313	0,059

Quadro 10 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura muito argilosa,
A moderado.

NEMA - 10	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade Total (%)	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)
Horizonte: Profundidade (cm)							
	Solo	Partíc.	Areia	Silte	Argila		
Ap: 10-17	1,09	2,71	13	14	73	59,8	29,81
Bw1: 30-37	0,97	2,73	13	13	74	64,5	218,59
Bw2: 70-77	0,88	2,75	12	13	75	68,0	171,40

Quadro 11 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura muito argilosa,
A moderado.

NEMA - 11	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)
Horizonte: Profundidade (cm)						
	Solo	Partíc.	Areia	Silte	Argila	
Ap: 10-17	1,31	2,69	50	12	38	58,79
Ap/Bw1: 35-42	1,34	2,71	49	11	40	54,65
Bw1: 65-72	1,24	2,72	46	12	42	144,90

Quadro 12 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho Amarelo álico, textura argilosa,
A moderado.

NEMA - 12 Horizonte: Profundidade (cm)	Densidades(g/cm ³)		Granulometria (%)			Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)
	Solo	Part.	Areia	Silte	Argila	
Ap: 10-17	1,19	2,74	6	17	77	64,58
Bw1/Ap: 35-42	1,00	2,73	4	15	82	235,15
Bw1: 70-77	0,95	2,79	4	15	81	33,12

Quadro 13 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.

NEMA -13 Horizonte: Profundidade (cm)	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%) Determinada	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila			cap. cam.	Pmp	
Ap1: 05-12	1,45	2,66	80	7	13	0,547	167,26	0,326	0,258	0,068
Ap2: 27-34	1,59	2,69	65	6	29	0,536	36,43	0,349	0,312	0,037
Bt1: 65-72	1,67	2,70	65	7	28	0,590	2,48	0,346	0,258	0,088

Quadro 14 – Parâmetros físico-hídricos do Argissolo Vermelho, textura arenosa/média.

NEMA – 14 Horizonte: Profundidade (cm)	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%) Determinada	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
	Solo	Partic.	Areia	Silte	Argila			cap. cam.	Pmp	
Ap: 10-17	1,32	2,81	16	17	67	0,397	216,11	0,270	0,165	0,105
Bw1: 35-42	0,98		16	13	71	0,451	317,12	0,255	0,159	0,096
Bw2: 70-77	0,94		16	14	70	0,465	328,72	0,255	0,131	0,124

Quadro 15 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.

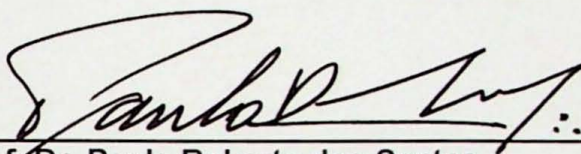
NEMA - 15 Horizonte: Profundidade (cm)	Densidades (g/cm ³)		Granulometria (%)			Porosidade total (%) Determinada	Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)	umidades (cm ³ /cm ³)		CAD (mm/cm) 0,08 a 4 bar
	Solo		Areia	Silte	Argila			cap. cam.	Pmp	
Ap: 10-17	1,45		22	34	44	0,545	156,49	0,388	0,307	0,081
Bw1/Ap: 35-42	1,28		22	31	47	0,507	25,67	0,388	0,324	0,064
Bw2: 65-72	1,19		21	29	50	0,561	2,48	0,372	0,313	0,059

Quadro 16 – Parâmetros físico-hídricos do Cambissolo Háplico álico, textura argilosa, A moderado.

NEMA - 16 Horizonte: Profundidade (cm)	Densidade do solo (g/cm ³)	Granulometria (%)			Condutividade Hidráulica Saturada (mm/h)
		Areia	Silte	Argila	
Ap: 10-17	1,39	16	23	61	50,51
Bw1/Ap: 30-37	1,15	15	20	65	80,32
Bw1: 65-72	1,27	13	18	69	22,36

Quadro 17 – Parâmetros físico-hídricos do Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, A moderado.

De acordo,



Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos

Orientador

Universidade de São Paulo

Instituto de Geociências

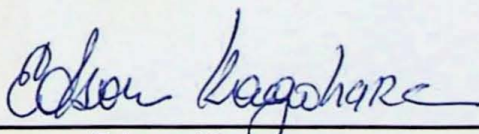


Samuel Sussumu Akena

Coorientador

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Divisão de Geologia



Edson Kagohara

Aluno de Graduação

