

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
Campus de Piracicaba**

**LSO 660 – Tecnologia do solo – 2017
Teórico/Prática – Tema:
Caracterização e Espacialização do meio físico, como base para o planejamento do uso da terra**

*Prof. Dr. J. Alexandre Demattê
Departamento de Ciência do Solo*

Assuntos abordados

Capítulo 1: Levantamento e mapeamento de solos

Capítulo 2: Fotopedologia

Capítulo 3: Sistemas de Avaliação do uso da terra

Capítulo 4: Sistemas de diagnóstico para fins de manejo e aumento da produção

Capítulo 5: Sensoriamento remoto aplicado a solos e planejamento do uso da terra

Capítulo 1: Levantamento e mapeamento de solos

1. Introdução e objetivos

Para iniciar um planejamento racional de uma área e poder obter boas produções, a primeira fase refere-se ao conhecimento dos solos, especificamente o seu levantamento, classificação e mapeamento.

É importante levar em consideração a terminologia dos termos levantamento e mapeamento de solos. Estes frequentemente são utilizados como sinônimos. Por outro lado, apesar de terem íntima relação, apresentam algumas características diferentes. Levantamento significa “obter”. Levantamento de solos, portanto, é obter informações sobre os solos. Estas informações podem ser das mais variadas, desde informações de campo, analíticas até o mapa de solos. Trata-se, portanto, de um termo abrangente. Mapeamento significa mapear, determinar a distribuição espacial de algo. No caso seria o mapa de solos. O termo é mais adequado quando utilizado de maneira mais restritiva, relacionado ao mapa propriamente dito.

Um levantamento de solos é um trabalho de campo e laboratório, cuja síntese é o registro de observações, análises e interpretações de aspectos do meio físico, visando à caracterização e a classificação destes.

Cada unidade de mapeamento delineada em um mapa possui um conjunto de propriedades inter-relacionadas que a distinguem das outras. Este conjunto de propriedades é o que caracteriza um levantamento pedológico durável, que pode ser interpretado para diversos fins, em qualquer época, sempre que surjam propostas de uso e planejamento da terra. Enfim, essas informações são essenciais na avaliação do potencial ou das limitações de uma área, constituindo a base de dados para estudo de viabilidade técnica e econômica de projetos e planejamento do uso, manejo e conservação de solos.

O elo entre a classificação de solos e o levantamento fica estabelecido no momento em que os solos semelhantes são reunidos em classes, que, por sua vez, combinadas com informações e relações do meio ambiente, constituem a base fundamental para a composição das unidades de mapeamento, cuja distribuição espacial, extensão e limites são mostrados em mapas.

Os levantamentos pedológicos têm objetivos diversificados, desde a geração de conhecimentos sobre o recurso solo de um país ou região, até o planejamento de uso da terra para diversos fins, em nível de propriedade. O objetivo principal é subdividir áreas heterogêneas em parcelas homogêneas, que apresentem a menor variabilidade possível, em função dos parâmetros de classificação e das características utilizadas para a distinção dos solos.

O mapa de solos tem, entre outras, as seguintes finalidades:

- Ser base para definição de técnicas conservacionistas a serem adotadas na área
- Indicar áreas com maior risco de erosão e compactação.
- Auxiliar na escolha de áreas para implantação agrícola e de assentamentos.
- Indicar áreas e épocas adequadas para o manejo da cultura em função do solo.
- Indicar áreas mais ou menos produtivas baseada na informação solo.
- Indicar áreas para produção agrícola ou reserva permanente.
- Otimizar o planejamento de amostragem para fins de fertilidade para utilização de técnicas de Agricultura de Precisão.
- Base para determinação de métodos de avaliação de terra como Aptidão Agrícola, Capacidade de Uso da Terra, Grupos de Manejo e Ambientes de Produção.
- Apoio na definição das zonas de manejo.
- Apoio no traçado dos carregadores.
- Escolha de terra para compra.
- Valor da terra.
- Projetos de irrigação.
- Monitoramento de solos.

Os levantamentos de solos são bases ideais para a previsão de uso dos solos, podendo evitar que áreas inaptas para a exploração agropecuária e outras atividades sejam desmatadas ou alteradas em suas condições naturais de equilíbrio. Também servem para geração dos chamados grupos de manejo de solos, ou seja, solos com classificações diferentes, porém manejo iguais. Os levantamentos também são um dos parâmetros que devem ser levados em consideração no talhamento de determinada cultura; na alocação de variedades; no auxílio do planejamento para fins de fertilidade.

Em países mais desenvolvidos, os levantamentos pedológicos são executados de maneira planejada, obedecendo a uma programação de governo, para atendimento de projetos globais ou específicos, envolvendo o uso agrícola e não agrícola, conservação e recuperação dos solos, decisões localizadas em construção civil, expansão urbana, irrigação, drenagem, planejamento de uso, manejo e conservação de solos. O Brasil devido a uma série de fatores, entre eles, econômicos, políticos e de mão de obra especializada, apresenta poucos

dados cartográficos de solos compatíveis com as necessidades reais dos planejamentos agrícolas. A figura 1.1 ilustra o mapa de solos do Brasil (IBGE, 2006). Na figura 1.2 solos do mundo.

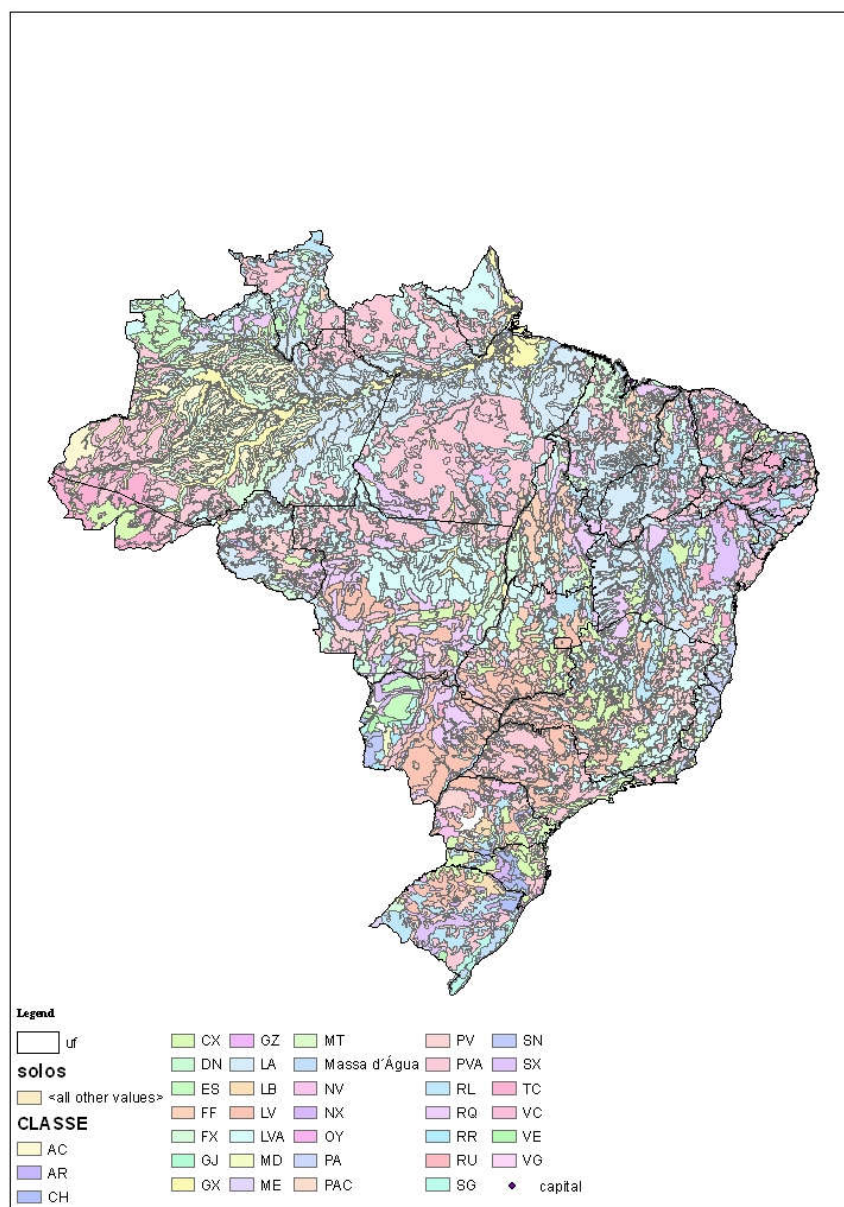
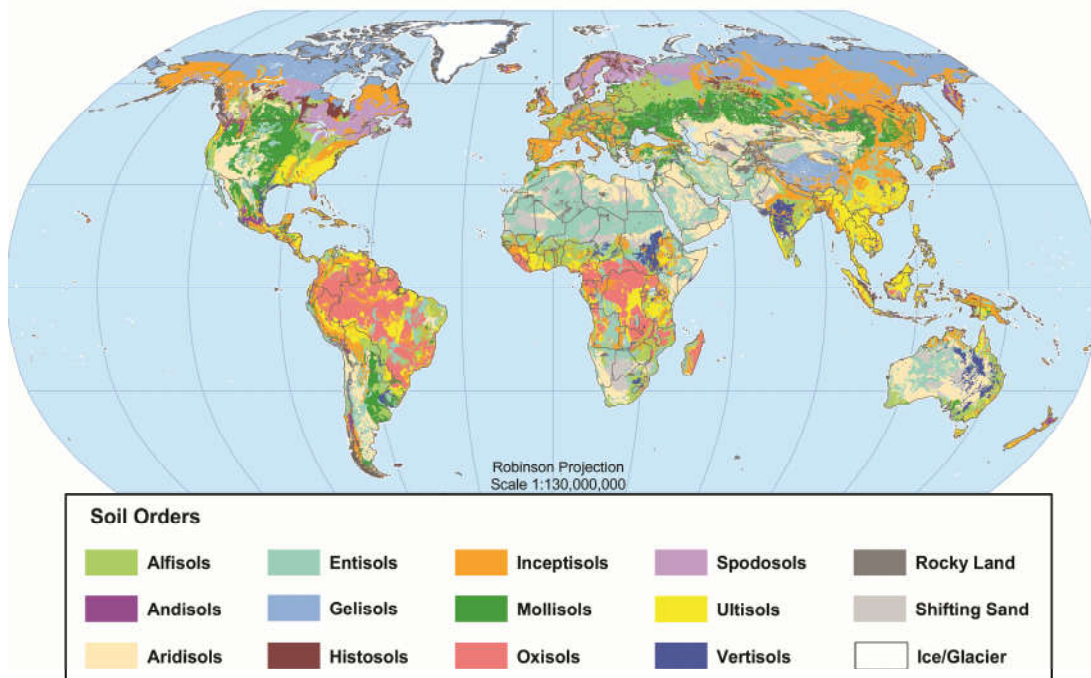


Figura 1.1. Mapa de solos do Brasil (IBGE, 2006).

CLASSE	DESC	CLASSE	DESC
AC	Alissolo Crômico	NV	Nitossolo Vermelho
AR	Afloramentos de Rochas	NX	Nitossolo Háptico
CH	Cambissolo Húmico	OU	Organossolo Mésico
CX	Cambissolo Háptico	PA	Argissolo Amarelo
DN	Dunas	PAC	Argissolo Acinzentado
ES	Espodossolo Ferrocárbico	PV	Argissolo Vermelho
FF	Plintossolo Pétrico	PVA	Argissolo Vermelho-Amarelo
FX	Plintossolo Háptico	RL	Neossolo Litólico
GJ	Gleissolo Tiomórfico	RQ	Neossolo Quartzarênico
GX	Gleissolo Háptico	RR	Neossolo Regolítico
GZ	Gleissolo Sáfico	RU	Neossolo Flúvico
LA	Latossolo Amarelo	SG	Planossolo Hidromórfico
LB	Latossolo Bruno	SN	Planossolo Nátrico
LV	Latossolo Vermelho	SX	Planossolo Háptico
LVA	Latossolo Vermelho-Amarelo	TC	Luvissole Crômico
MD	Chernossolo Réndzico	VC	Vertissolo Cromado
ME	Chernossolo Ebânico	VE	Vertissolo Ebânico
MT	Chernossolo Argilúvico	VG	Vertissolo Hidromórfico

Global Soil Regions



US Department of Agriculture
Natural Resources
Conservation Service

Soil Survey Division
World Soil Resources
soils.usda.gov/use/worldsoils

November 2005

Figura 1.2 solos do mundo

2. Formação e visão do solo

2.1. Formação dos solos

O solo é o resultado de um complexo processo de intemperismo, do qual fazem parte a rocha, o clima, os organismos e tempo (fig 2.1a). O solo pode ser analisado quanto a seu perfil, que por sua vez pode ser delimitado por horizontes. Cada perfil, e cada solo, tem portanto, suas particularidades, como as características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas, biológicas e de relevo. O corpo do solo é o seu perfil, consideradas suas dimensões, sendo que o menor volume é denominado de pedon. Portanto, o conjunto de pedons é denominado de polipedon, conforme ilustrado na figura 2.1b.

Além de poder ser estudado individualmente, pedon, o solo também pode ser avaliado pela distribuição espacial que engloba o polipedon, área na qual, espera-se ter características semelhantes entre os pedons.

O estudo do pedon está relacionado ao levantamento e classificação do solo, enquanto o polipedon está relacionado ao mapeamento de solos.

Na medida em que o solo vai se desenvolvendo, o relevo também vai se formando, e pode ser exemplificado pelas figuras 2.2 a.2.5. A observação dessas formações será importante na delimitação de unidades de paisagem.

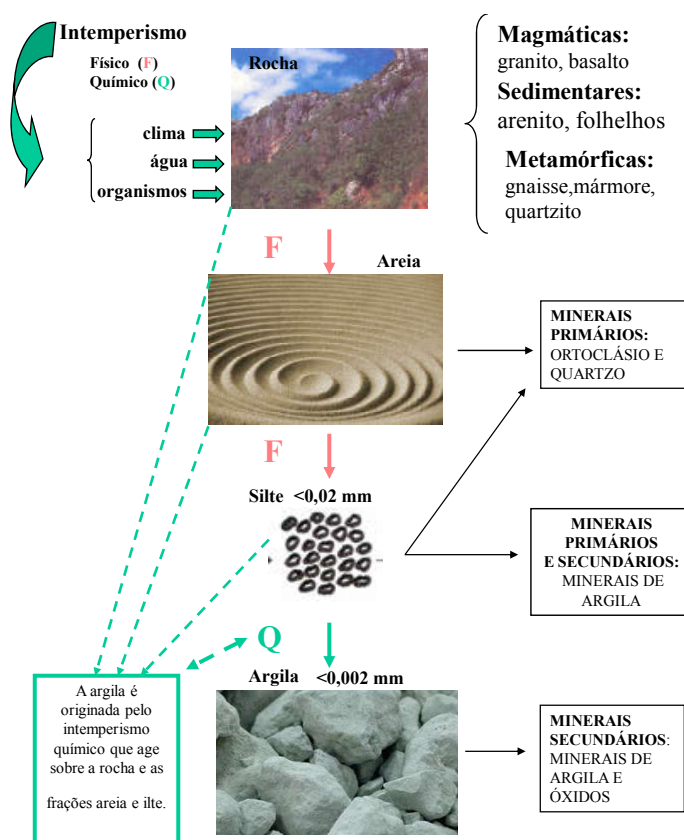


Fig 2.1a. Ilustração da formação do solo.

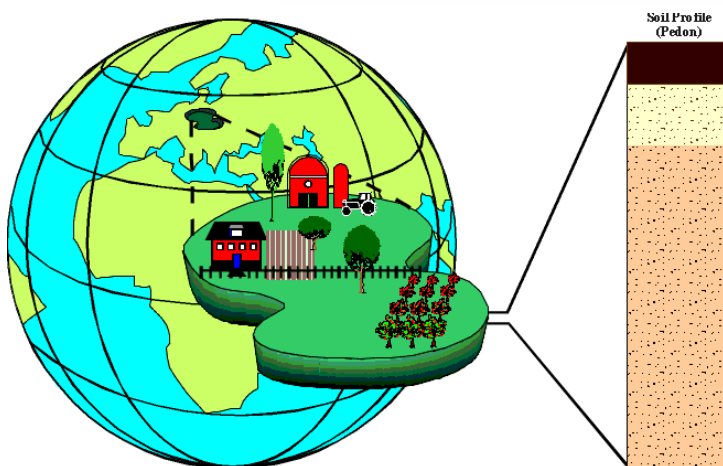
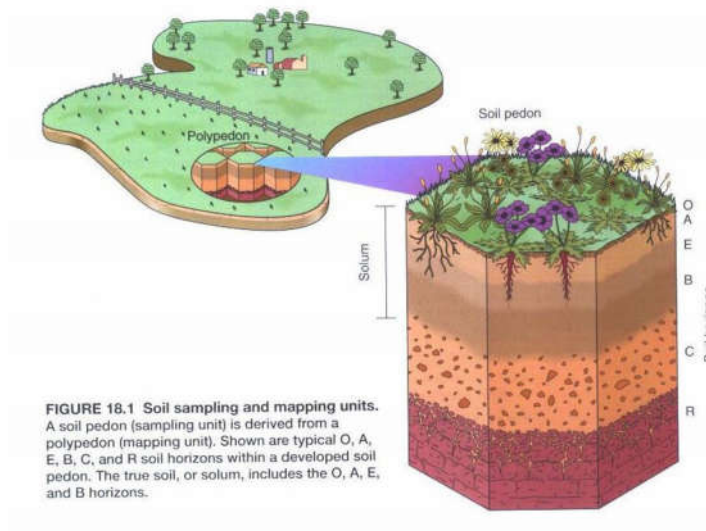


Figura 2.1b – Representação do pedon e do polipedon (modificado de unc.edu/courses/2004ss1/geog/)

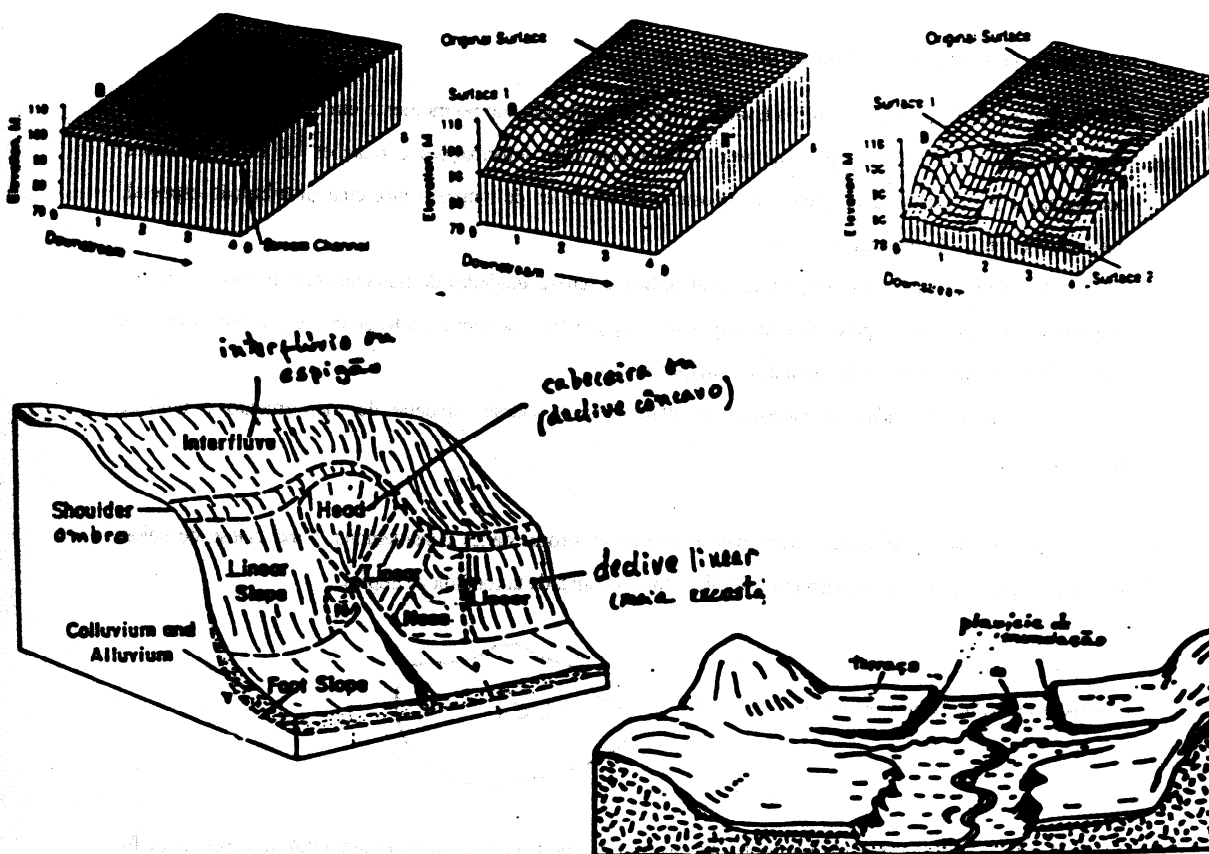


Figura 2.2. Início da formação dos vales. (Anotações de aula- Igo Lepsch)

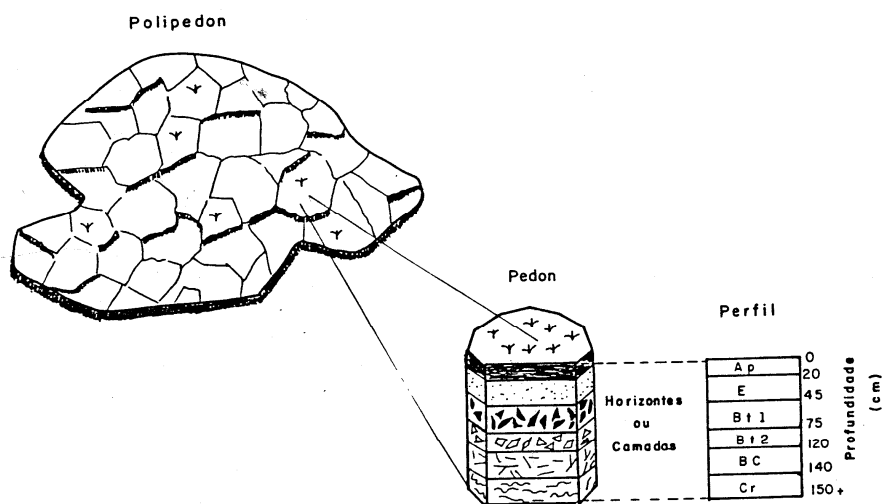


Figura 2.3 – Unidades básicas de referência em taxonomia de sólon, para fins de levantamentos pedológicos e interpretações de uso, manejo e conservação dos solos. (EMBRAPA, 1989).

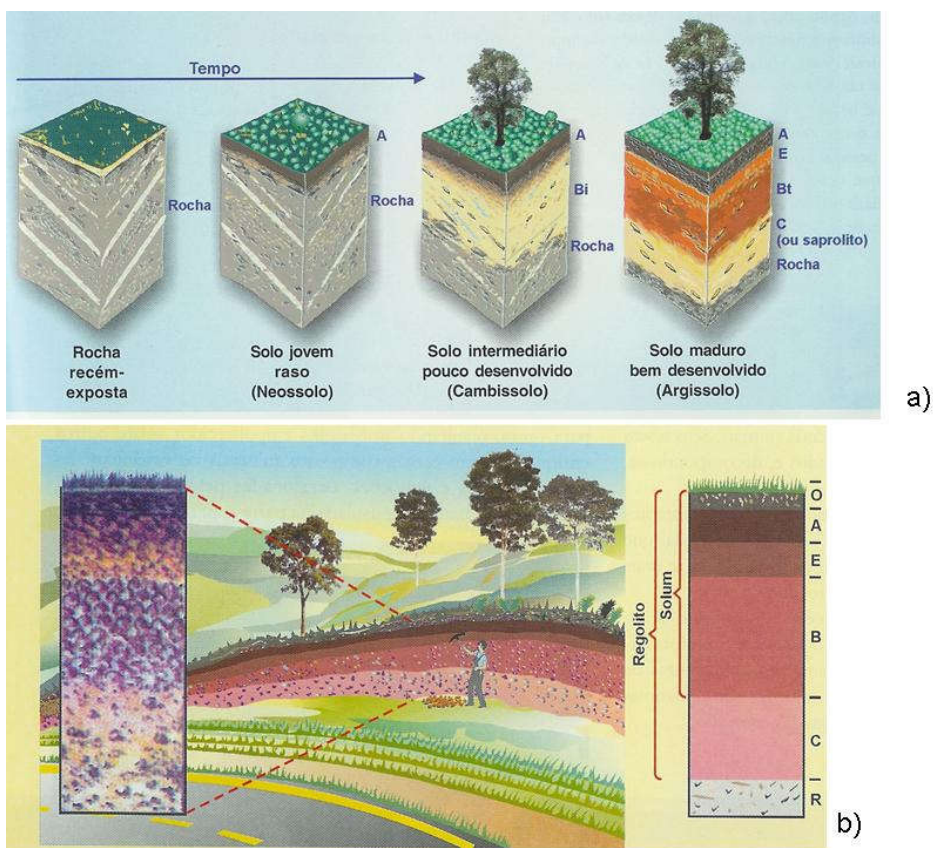


Figura 2.4 – formação do solo na paisagem e representação de horizontes. (LEPSCH, 2005).

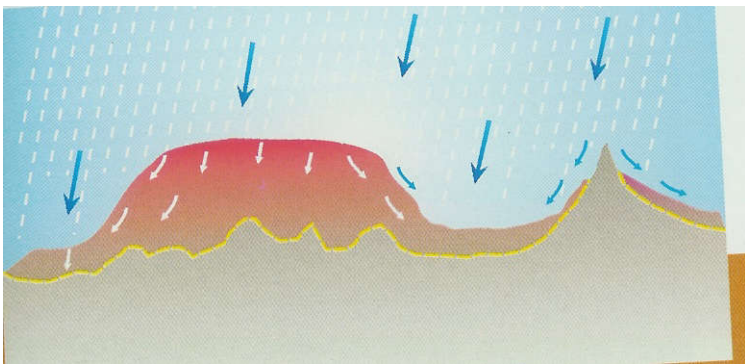
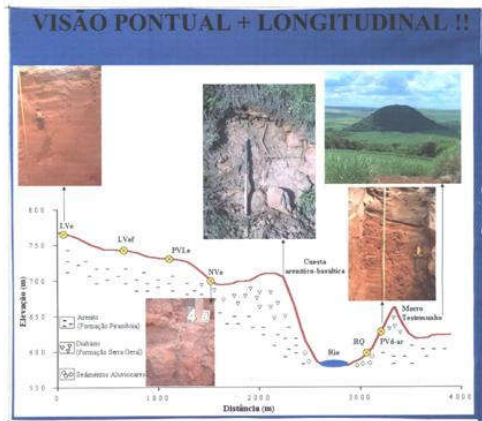


Figura 2.5 – Formação do dos vales na paisagem.

2.2 Formas de visão do solo

Existem diferentes formas de observar as questões relativas a solos. Podemos destacar três formas principais: pontual, espacial e longitudinal. A forma pontual observa o local em si. A observação de um perfil é análise pontual. A observação de um local de tradagem também é pontual. A informação pontual serve para caracterizar o indivíduo de maneira detalhada. A informação longitudinal refere-se à observação do solo variando ao longo de uma vertente. A visão passa a ser um corte imaginário levando em consideração a altitude do terreno e as distâncias. A informação longitudinal auxilia no entendimento das formações de solos numa área, determinação dos limites dos solos numa transecção. A terceira forma de analisar solos seria pela observação espacial. Neste caso, observa-se uma área e não mais um ponto. A informação espacial refere-se á junção de todas as informações pontuais e longitudinais mais características de padrões. Tal informação é tratada como um mapa e permite a observação da mancha de um solo ao longo de toda uma região (ilustração figura 2.2.1 e 2.2.2).



Visão Pontual !!!!



Visão Espacial !!!!

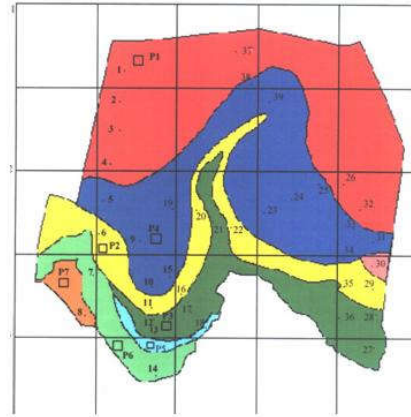


Figura 2. 2.1 – Diferença entre visão pontual, espacial e longitudinal do solo



Perfil- visão pontual do solo

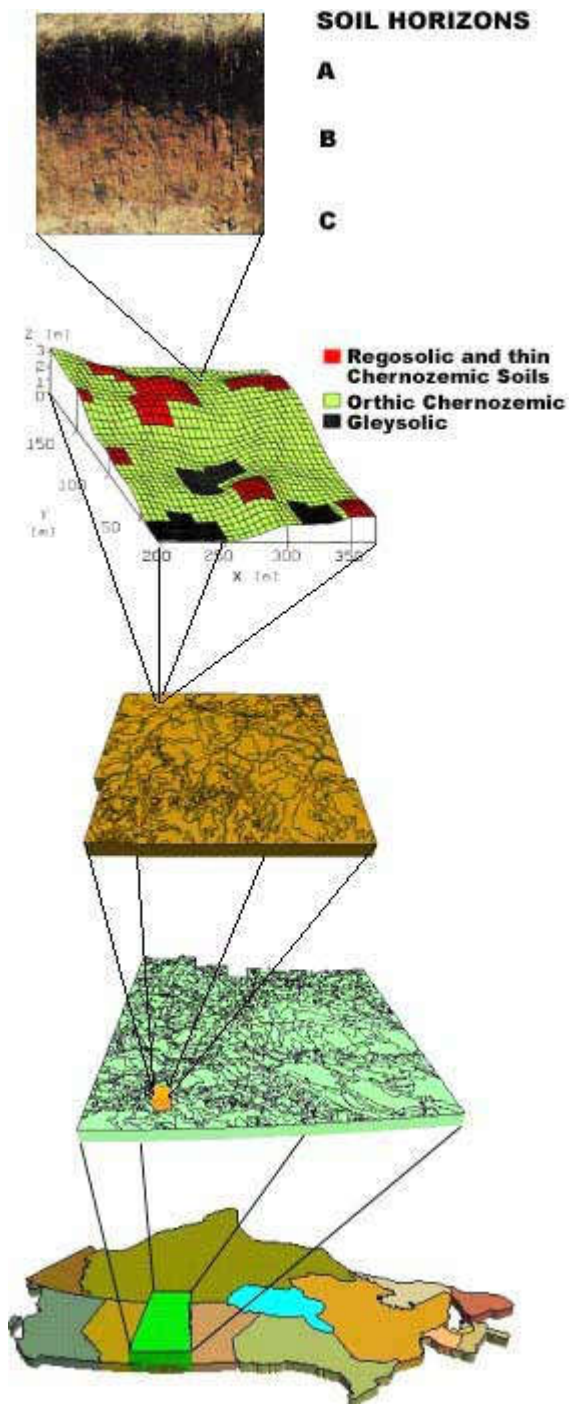


Fig 2.2.2 Do perfil pontual ao relevo espacial.

3. Classificação do solo

3.1 Atributos Diagnósticos

Existem vários atributos diagnósticos na classificação brasileira, entretanto alguns desses são aplicados em situações específicas que não abrangem a grande maioria dos solos brasileiros. Sendo assim abaixo segue os principais atributos diagnósticos:

Textura: refere-se a composição granulométrica. Solos de textura arenosa (menos que 150 de argila); média-arenosa (150 a 250 gkg⁻¹ de argila); média-argilosa (250-350 gkg⁻¹ de argila); argilosa (350 a 600 gkg⁻¹ de argila); muito argilosa (>=600 gkg⁻¹ de argila); siltosa (material com menos que 350 gkg⁻¹ de argila e menos que 150 gkg⁻¹ de areia. Figura 3.1.

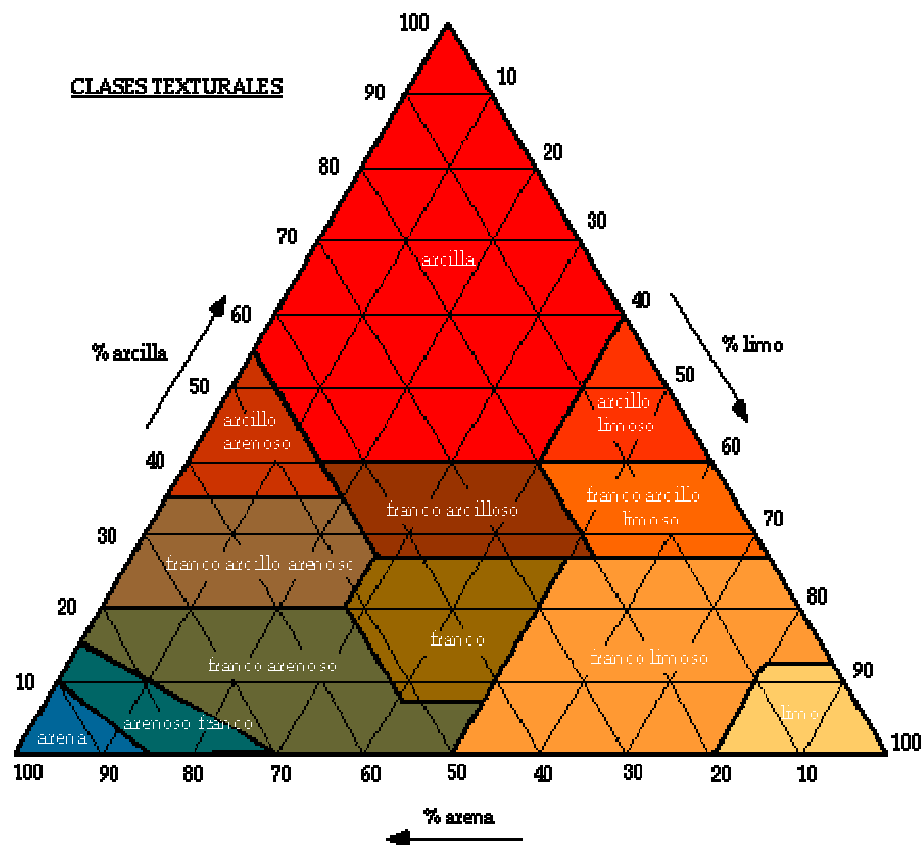


Fig 3.1. Classes texturais

Saturação por bases: proporção de cátions básicos trocáveis em relação a capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7). A saturação por base de maneira geral é expressa em porcentagem e é representada pelo símbolo V%:

$$V(\%) = (\text{Soma de bases} / \text{CTC}) * 100$$

$$\text{Soma de bases (SB)} = \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$$

$$\text{CTC} = \text{SB} + \text{Al}^{+3} + \text{H}^{+}$$

Assim também o solo pode ser denominado: Eutrófico (V% > 50) ou Distrófico (V% < 50)

Cor do solo: tem como base a escala Munsell de Cores para solo.

Classe de solos amarelos: matiz mais amarela que 5YR

Classe de solos vermelho-amarelo: matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5 YR

Classe de solos vermelhos: com matiz 2,5YR ou mais vermelho

Caráter ácrico: refere-se a solos que apresentam CTC efetiva menor que 1,5 cmol/kg de argila e que preencha uma das seguintes características:

pH KCl igual ou superior a 5 ou
 Δ pH positivo ou nulo (Δ pH = pHKCl – pH H₂O)

Teor de óxidos de ferro: refere-se ao teor de Fe₂O₃

Hipoférricos : < 8 %

Mesoférricos: 8 a 18 %

Férricos: 18 a 36 %

Perférricos: >36%

Solos com teores maiores que 18 % apresentam atração magnética a campo.

Álicos: apresentam saturação por alumínio (m%) maior que 50, onde:
 $m\% = (Al^{3+}/Al^{3+}+SB)*100$

Atividade da fração argila: corresponde a CTC da fração argila do solo é dada por: T*1000/g.kg⁻¹ de argila.
 Atividade Alta (Ta) >27 cmol_c/kg de argila. Atividade Baixa (Tb) <27 cmol_c/kg de argila.

Caráter Alumínico: Alumínio extraível ≥ 4 cmol_c/kg de solo, associado à atividade de argila ≥ 20 cmol_c/kg de argila e m% > 50 e/ou V%<50.

Gradiente Textural : gradiente de teor de argila entre horizonte A ou E e horizonte B.

A ou E menos que 200g de argila/kg de solo – B deve conter o dobro do teor de argila.

A ou E mais que 200g de argila/kg de solo – B deve ter 200g/kg a mais (valor absoluto)

Mudança Textural Abrupta: quando a mudança de gradiente textural se da em uma distância menor que 7,5 cm no horizonte.

Relação Silte/Argila: serve de base para avaliação do grau de intemperismo. Baixa relação silte/argila indicam solos altamente intemperizados. Relação silte/argila baixa: solos de textura média ou mais grosseira (0,7); solos argilosos ou muito argilosos (0,6).

Existem outros atributos importantes (caráter alumínico, solódico, sódico, entre outros). Para maior detalhamento consultar Embrapa (2006).

3.2- Sistemas de Classificação

O sistema de classificação de solos utilizado no Brasil vem evoluindo no tempo (Camargo, 1987; Embrapa, 1999; Embrapa, 2006) sendo cada vez mais completo.

Atualmente a classificação adotada é a segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013), o sistema divide os solos brasileiros primeiramente em Classes e seguidamente em níveis categóricos. O quadro 3.1 resume a correlação entre as classificações antiga e nova.

Quadro 3.1 – Correlação entre antiga e nova nomenclatura das principais classes de solo do Brasil.

Sistema de classificação		
Camargo et al. (1987)	Atual (Embrapa 2013)	B Diag.
Latossolo Roxo (LR)	Latossolo Vermelho férrico (LVf)	Bw
Latossolo Vermelho escuro (LE)	Latossolo Vermelho (LV)	Bw
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	Bw
Latossolo Amarelo (LA)	Latossolo Amarelo (LA)	Bw
Terra Roxa Estruturada (TR)	Nitossolo Vermelho férrico (NVf)	Bn
Areia Quartzosa (AQ)	Neossolo Quartzarênico (RQ)	-
Podzólico Vermelho escuro (PE)	Argissolo Vermelho (PV)	Bt
Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA)	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	Bt
Podzólico Amarelo (PA)	Argissolo Amarelo (PA)	Bt
Cambissolos (C)	Cambissolo Háplico (CX)	Bi
Solo litólico ou Litossolo (Li)	Neossolo Litólico (RL)	-
Aluvial (Al)	Neossolo Fluvico (RY)	-
Hidromórficos (Hi)	Gleissolos Háplicos (GX)	Bg

4. Mapas base utilizados em levantamentos de solos

Mapa base é o um termo que serve para designar todo e qualquer material que possa ser usado como base para realizar o levantamento de solos. Este mapa base deve ter, no mínimo, informações que permitam se localizar na área. Esses mapas podem ser mais ou menos úteis para o levantamento, o que irá depender da qualidade e número de informações que ele der. A função do mapa base é a de fornecer a base para a elaboração do mapa. A escala desse mapa irá influenciar o nível de mapeamento de solos, conforme descrito adiante.

Diversos mapas base podem ser utilizados num levantamento de solos, entre eles, as fotografias aéreas, as imagens orbitais, as imagens de radar e as cartas topográficas (planialtimétricas).

Um dos mapas base mais comuns utilizados em levantamentos de solos, refere-se às cartas topográficas. Através das curvas de altimetria ou planimetria, pode-se localizar facilmente uma área. Esse material é obtido através do uso de aparelhos topográficos. As curvas de nível obtidas permitem uma visualização da declividade do terreno e consequentemente dos limites preliminares dos solos. As figuras 4.1 e 4.2 ilustram alguns mapas base.

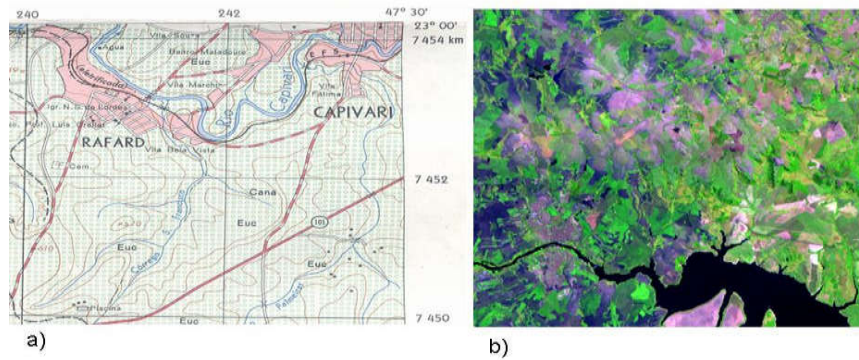


Figura 4.1. a) mapa planialtimétrico; b) Imagem de Satélite

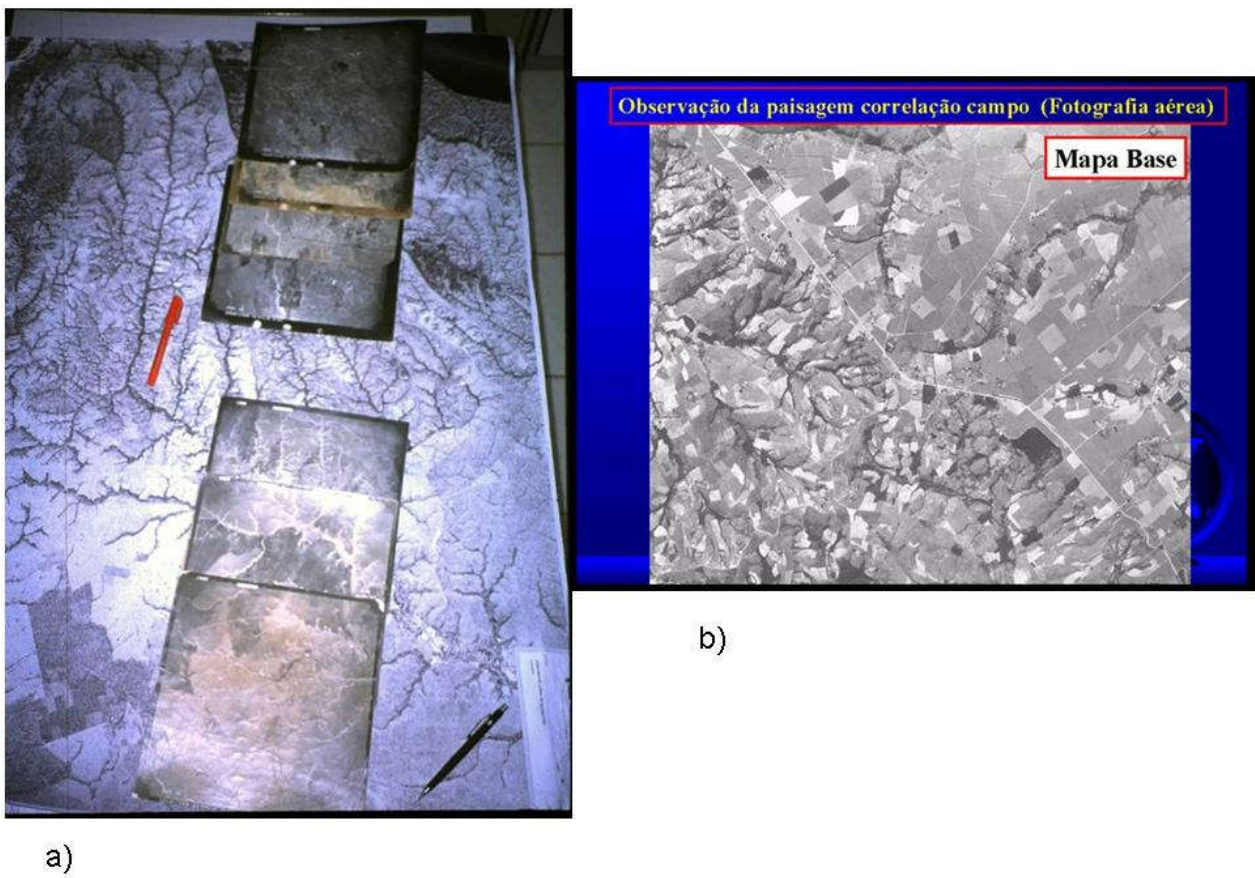


Figura 4.2 –a) Imagem de radar. b) Foto Aérea

5. Unidade taxonômica e unidade de mapeamento

O elo entre a classificação de solos e o levantamento, fica estabelecido no momento em que solos semelhantes são reunidos em classes, que por sua vez, combinadas com informações e relações do meio ambiente, constituem a base fundamental para a composição de unidades de mapeamento, cuja distribuição espacial, extensão e limites, são mostrados em mapas.

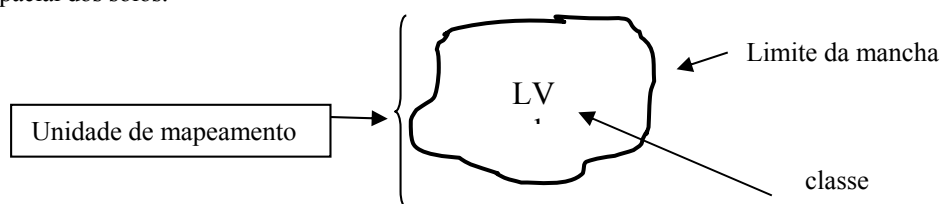
De maneira geral, um levantamento identifica e separa unidades de mapeamento. É constituído, na sua forma final, por um mapa e um texto explicativo, que define, descreve e interpreta, para diversos fins, as classes de solos componentes de unidades de mapeamento.

É importante então, entendermos as definições de classe, unidade de mapeamento e unidade taxonômica. A figura 2.5.1 ilustra estes tipos de unidades de mapeamento. Observa-se que uma mesma área pode ter delimitadas todas as unidades de mapeamento tipo simples, como também, algumas áreas podem ter unidades de mapeamento tipo associação.

Classe: refere-se ao nome do solo.

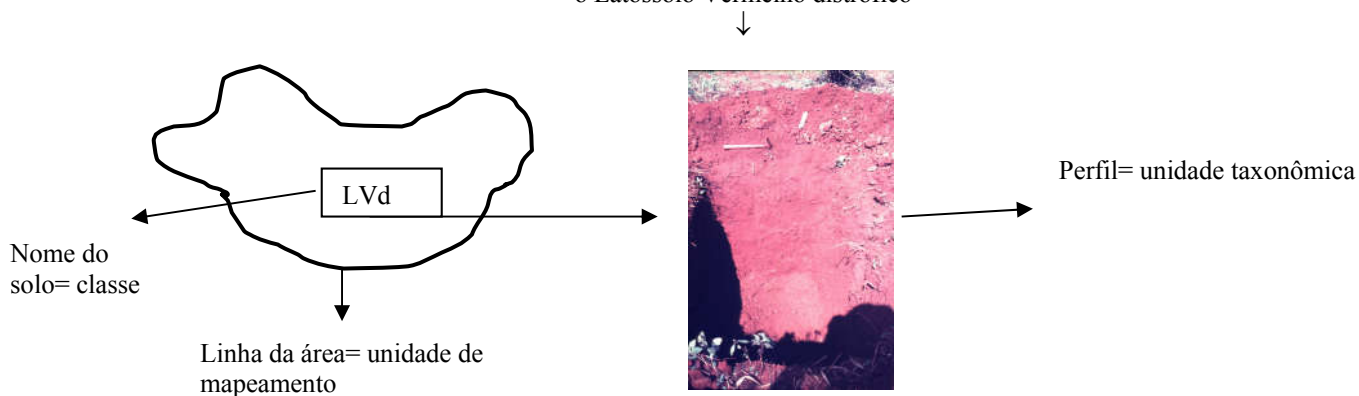
Exemplo: Latossolo Vermelho distrófico

Unidade de mapeamento: refere-se a uma área fechada e com limites definidos (uma mancha, um polígono), representada por uma ou mais classes de solos. Trata-se, portanto, de uma representação cartográfica que expressa a distribuição espacial dos solos.

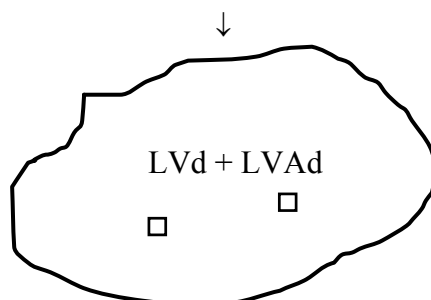


Unidade taxonômica: refere-se ao perfil do solo, local onde ele será classificado de acordo com a taxonomia.

Esta é uma unidade taxonômica, que está caracterizando uma unidade de mapeamento simples, que neste caso é o Latossolo Vermelho distrófico



A seguir, teremos duas unidades taxonômicas, Latossolo Vermelho distrófico e Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, que representam uma unidade de mapeamento combinada tipo associação



Pelas características observadas num perfil representante da área, caracterizou-se taxonomicamente de Latossolo Vermelho distrófico. Este perfil refere-se a unidade taxonômica, que está representando toda a área delimitada, denominada de LVd, que é uma unidade de mapeamento simples, ou ainda, uma mesma classe de solo

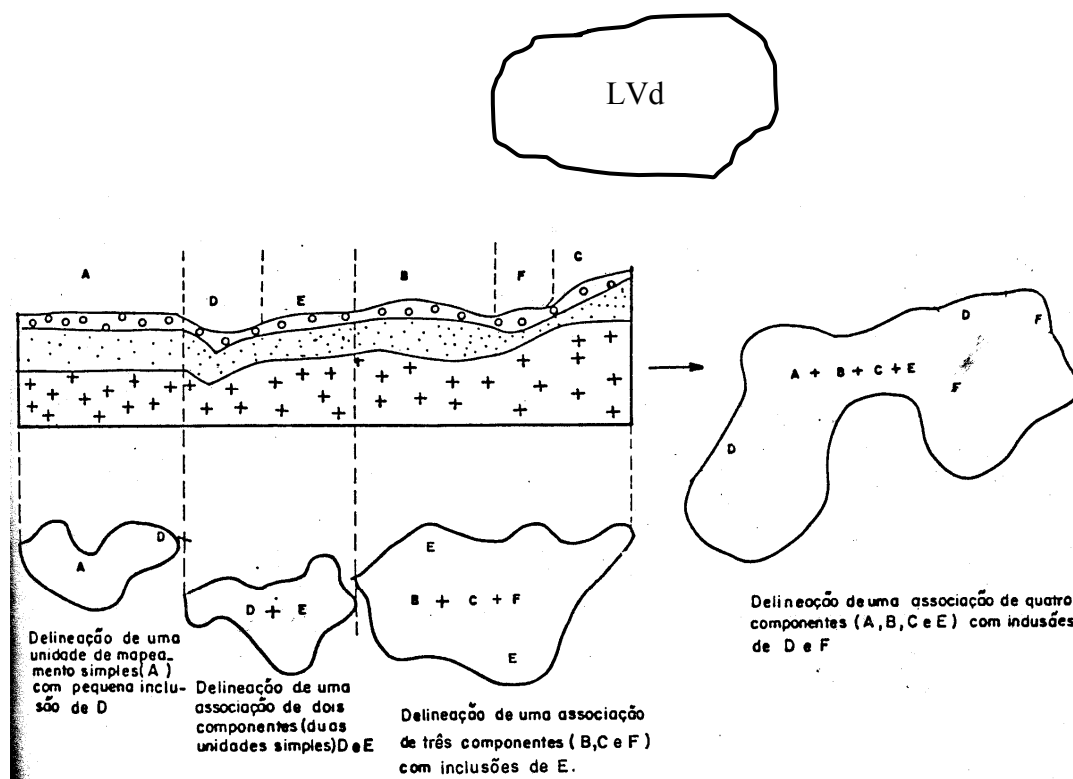


Figura 2.5.1 - Representação cartográfica de áreas de solos identificados na paisagem. Unidade de mapeamento simples (um componente), associações de dois, três, quatro componentes e inclusões de solos diferentes. (EMBRAPA, 1989).

6. Tipos de levantamento

Os levantamentos pedológicos são executados para atender a diversos objetivos, por isso, variam quanto a escalas cartográficas, densidade de observações, composição das unidades de mapeamento e precisão das informações apresentadas. A escolha do nível de levantamento vai depender diretamente do objetivo do trabalho, que deve ser definido antes desta escolha.

O quadro 6.1 apresenta um resumo dos tipos de levantamentos existentes e suas principais características. A diferenciação básica entre eles, é ilustrada na figura 6.1.

Quadro 1.1.Diferenças básicas entre os tipos de levantamentos pedológicos (Embrapa, 1989).

NÍVEL DE LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO	OBJETIVOS	MÉTODOS DE PROSPECÇÃO	MATERIAL CARTOGRÁFICO E SENSORES REMOTOS BÁSICOS	CONSTITUIÇÃO DE UNIDADES DE MAPEAMENTO	ESCALA PREFERENCIAL DE PUBLICAÇÃO DE PUBLICAÇÃO ÁREA MÍNIMA MAPEÁVEL DENSIDADE DE OBSERVAÇÕES FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM
MAPA					
Esquemático	Visão panorâmica da distribuição dos solos	Generalizações e amplas correlações com o meio ambiente	Mapas planialtimétricos imagens de radar e de satélites em escalas pequenas	Associações extensas de vários componentes	≤ 1: 1.000.000 > 40 km ²
Exploratório	Informação generalizada do recurso solo em grandes áreas	Extrapolção, gene_ ralização, corre_ lações e observações de campo	Mapas planialtimétricos imagens de radar, satélites, fotoíndices em escala pequena	Associações amplas de até cinco componentes	1: 750.000 a 1:2.500.000 22,5 a 250 km ² 1,0 a 1,2 AMM** 1 perfil completo ou complementar por classe de solo predominante em associações
RECONHECIMENTO					
Baixa Intensidade	Estimativas dos recursos potenciais de solos	Verificações de campo e extrapolações	Mapas planialtimétricos imagens de radar, satélites, cartas imagem em escalas ≤ 1:100.000	Associação de até quatro componentes, unidades simples	1:250.000 a 1:750.000 2,5 a 22,5 km ² 0,8 a 1,0 obs. por AMM 1 perfil completo ou complementar por classe de solo em unidade simples ou componente de associação
Média Intensidade	Estimativa de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo	Verificações de campo e correlações solo-paisagem	Mapas planialtimétricos imagens de radar, satélites, cartas imagem em escalas ≥ 1:250.000 e fotografias aéreas em escalas ≥ 1:120.000	Unidades simples, associações de até quatro componentes	1:100.000 a 1:250.000 40 ha a 2,5 km ² 0,7 a 0,8 obs. por AMM 1 perfil completo ou complementar por classe de solo em unidade simples ou componente de associação
Alta Intensidade	Avaliação de natureza qualitativa e quantitativa de áreas prioritárias	Verificações de campo e correlações solo-paisagem	Mapas planialtimétricos cartas imagem em escalas > 1:100.000 e fotografias aéreas em escalas ≥ 1:60.000	Unidades simples, associações de até três componentes	1:50.000 a 1:100.000 10 ha a 40 ha 0,6 a 0,7 obs. por AMM 1 perfil completo e 1 perfil complementar por classe de solo em unidade simples ou componente de associação
SEMIDETALHADO					
	Planejamento e implantação de projetos agrícolas e de engenharia civil	Verificações de campo ao longo de toposseqüências selecionadas e correlações solos-superfícies geomórficas	Mapas planialtimétricos ≥ 1:50.000, restituições aerofotográficas ≥ 1:50.000, levantamentos topográficos convencionais e fotografias aéreas em escala ≥ 1:60.000	Unidades simples, associações de até três componentes e complexos	≥ 1:100.000 Preferencial: ≥ 1:50.000 < 40 ha 0,3 a 0,7 obs. por AMM 1 perfil completo e 1 perfil complementar por classe de solo em unidade simples ou componente de associação
DETALHADO					
	Execução de projetos, uso intensivo do solo	Verificações de campo ao longo de toposseqüências, caminhamentos e quadriculas, relações solos-superfícies geomórficas	Mapas planialtimétricos restituições aerofotográficas, levantamentos topográficos com curvas de nível e fotografias aéreas em escala ≥ 1:20.000	Unidades simples, complexos e associações	≥ 1:20.000 < 1,60 ha 0,2 a 0,3 obs. por AMM 1 perfil completo e 2 perfis complementares por classe de solo no nível taxonomico mais baixo identificado na área

ULTRADETALHADO	Estudos específicos localizados	Malhas rígidas	Plantas, mapas planialtimétricos e topográficos com curvas de nível a pequenos intervalos, em escala $\geq 1:5.000$	Unidades simples	$\geq 1:5.000$ < 0,1 ha 0,005 a 0,2 obs. por AMM Perfis completos e complementares para características de áreas bastante homogêneas em termos de classe de solo
-----------------------	---------------------------------	----------------	---	------------------	---

* Definição e caracterização completas encontram-se no texto correspondente a níveis de levantamento pedológicos;

** AMM = Área mínima mapeável

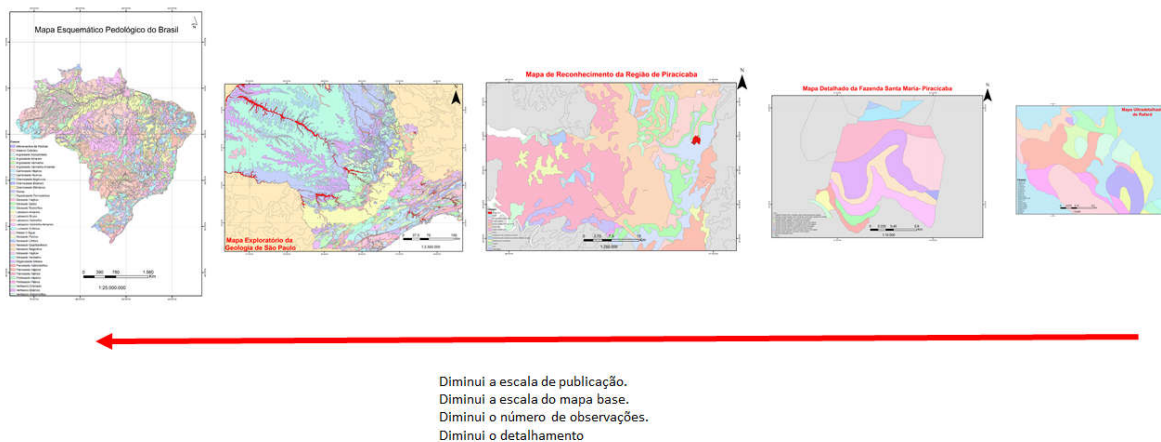


Figura 6.1 – Esquema ilustrativo dos diferentes tipos de levantamentos e sua representatividade

O objetivo determina o tipo de levantamento e, em consequência, as decisões a respeito de composição de unidades de mapeamento, métodos de prospecção, qualidade e escala do material cartográfico e sensores remotos básicos, frequência de amostragem e características taxonômicas a serem utilizadas.

Na melhor compatibilização possível dos elementos acima mencionados é que reside a qualidade e a utilidade das informações contidas em mapas e relatórios, para atingimento das metas estabelecidas para o levantamento.

Os levantamentos pedológicos diferenciam-se, principalmente quanto aos objetivos a que se destinam e quanto aos objetivos a que se destinam e quanto à extensão das áreas abrangidas por eles.

São reconhecidos cinco tipos principais:

- Esquemático;
- Exploratório;
- Reconhecimento;
- Semidetalhado;
- Detalhado;
- Ultradetalhado.

Os levantamentos de reconhecimentos são subdivididos em três níveis de execução, compreendendo baixa, média e alta intensidade, em função, tão somente, da pormenorização cartográfica desejada dentro deste tipo de levantamento.

A cada tipo de levantamento corresponde a um tipo de mapa pedológico.

Os mapas de solos são designados pelo mesmo nome do levantamento correspondente e são executados no campo, através de levantamentos exploratórios; reconhecimento de baixa, média e alta intensidade; semidetalhados; detalhados; e ultradetalhados. Mapas assim elaborados são designados mapas pedológicos autênticos.

Outros tipos de mapas são denominados esquemáticos ou genéricos e confeccionados por compilação de dados.

Os mapas esquemáticos são confeccionados a partir da interpretação e compilação de dados preexistentes de solos e de correlações com aspectos do meio físico.

Os mapas genéricos são compilados a partir de mapas de solos mais detalhados. Generalizações de informações sobre solos são freqüentemente necessárias, principalmente quando da confecção de mapas esquemáticos e das necessidades de mapas em escala menor para planejamento global de estudos e sintetização de informações para fins didáticos e de divulgação pública.

A seguir, são definidos os diversos tipos de levantamentos e mapas pedológicos, e analisados os elementos que compõem e determinam a distinção entre eles. Por definição, os mapas esquemáticos não são considerados levantamentos autênticos.

6.1 – Mapa esquemático

Os mapas esquemáticos são planejados para fornecerem informações generalizadas sobre a distribuição geográfica e a natureza dos solos de grandes extensões territoriais.

Os mapas esquemáticos têm em comum o fato de serem elaborados a partir de informações pedológicas preexistentes, em combinação com interpretações e correlações de geologia, geomorfologia, clima e vegetação, visando a previsão do modo de ocorrência e da natureza dos solos.

Uma ampla faixa de material cartográfico e sensores remotos básicos podem ser utilizados na confecção destes mapas, incluindo mapas geológicos, climáticos, geomorfológicos, hipsométricos, fitogeográficos, imagens de radar e satélites, fotoíndices e mapas planialtimétricos.

Por serem publicados em escalas muito pequenas (<1:1.000.000), não têm utilidade no planejamento local de uso da terra, servindo, no entanto, para fins didáticos e avaliação global de recursos nacionais e regionais.

Os mapas esquemáticos são elaborados por compilação de levantamentos preexistentes, extrapolação de dados e deduções, por correlações, entre os diversos fatores de formação do solo. Compreendem, em resumo, as interpretações das inter-relações de clima, vegetação, geologia e relevo na definição de classes de solo numa determinada área.

As unidades de mapeamento são compostas de amplas associações de solos e paisagens, constituindo, segundo Camargo & Bennema (1966), verdadeiras províncias pedológicas.

6.2 – Levantamento exploratório

Os levantamentos do tipo exploratório são executados, usualmente, onde há necessidade de informações de natureza qualitativa do recurso solo, com a finalidade de identificar áreas de maior ou menor potencial, prioritárias para o desenvolvimento regional.

São apropriados às áreas de grande extensão regional, no entanto, justifica-se a execução destes levantamentos em áreas menores, em função da premência de obtenção de dados pedológicos, em antecipação a levantamentos em escalas maiores.

Uma ampla faixa de material cartográfico básico pode ser utilizada, compreendendo, mapas planialtimétricos, em escalas variáveis, imagens de satélites em escalas 1:250.000, 1:500.000 ou menores, imagens de radar e fotoíndices.

Por se tratar de levantamentos de natureza genérica, são aceitáveis escalas de publicação, que variam entre 1:750.000 e 1:2.500.000. A área mínima mapeável é de 22,5 a 250 Km². A densidade de observações e a frequência de amostragem não são rigidamente estabelecidas, mas deve ser mantido um mínimo básico de 0,04 observações por quilometro quadrado e um perfil complementar por componente principal de associações e amostras extras de horizontes A e B ou, se necessário, C.

As classes de solos são identificadas no campo, mediante observação e amostragem em pontos determinados, ao longo de percursos traçados previamente, de acordo com feições da paisagem e aspectos fisiográficos. A extrapolação é largamente utilizada neste tipo de levantamento, portanto, as observações e coletas de amostras para identificação e caracterização das classes de solos são feitas a grandes intervalos.

Os limites entre unidades de mapeamento são largamente compilados de outras fontes e, principalmente, derivados de aspectos pedológicos, geológicos, fitogeográficos, climáticos e efetivamente traçados sobre imagens de radar ou satélites, fotoíndices ou mapas planialtimétricos.

Considerando que as observações de campo e a coleta de amostras são efetuadas os grandes intervalos, as unidades de mapeamento são normalmente constituídas por amplas associações (até cinco componentes) e, portanto, muito heterogêneas.

As classes de solos reconhecidas neste tipo de levantamento são definidas em função de características diagnósticas, que determinam a classificação dos solos em níveis taxonômicos elevado, correspondentes a subdivisões de “ordem”, em sistemas hierárquicos de classificação de solos.

Entre estas características, as mais comumente utilizadas são:

- Horizonte diagnóstico sub-superficial;
- Horizonte diagnóstico superficial;
- Cor (vermelho-amarelo, vermelho-escuro, roxo, Bruno...); e
- Saturação por bases (alta versus baixa).

As classes de solos definidas neste tipo de levantamento são subdivididas para fins cartográficos, e acordo com:

- Agrupamentos texturais em notação simples ou binária; e
- Fases de vegetação e relevo.

Descrições de campo e dados analíticos de perfis completos ou complementares são necessários para identificação destas características.

As legendas neste tipo de levantamento pedológico contêm informações generalizadas de solos e do meio ambiente.

Como exemplo de elaboração de uma legenda, suponhamos uma área de Podzólico vermelho-amarelo, em relevo ondulado e sob floresta tropical subcaducifólia, tendo sido constatado (por observações e amostragem) que existem áreas de solos eutróficos e também distróficos, e que os grupamentos texturais mais freqüentes são arenosa/média e média/argilosa (notação binária de grupamento textural para horizontes A e B, respectivamente).

A densidade de observações e a freqüência são executadas para fins de avaliação de amostragem não permitiram a discriminação de solos de alta e baixa saturação por bases, nem dos grupamentos texturais arenosa/média e média/argilosa. Neste caso, o enunciado típico de uma unidade de mapeamento incluirá a classe de solo, o tipo de horizonte A, e cada uma das especificações de saturação por bases e de grupamentos texturais observados na área, seguidos das fases de vegetação e relevo.

6.3 – Levantamento de reconhecimento

Os levantamentos do tipo reconhecimento são executados para fins de avaliação qualitativa e semiquantitativa do recurso solo, visando a estimativa de potencial de uso agrícola e não agrícola.

A seleção de mapas e sensores remotos básicos, métodos de prospecção de campo, composição de unidade de mapeamento e grau de refinamento cartográfico, são estabelecidos previamente, em função da escala de publicação, dos objetos e da precisão desejada.

As classes de solos definidas nos levantamentos de reconhecimento acumulam características diferenciais utilizadas nos levantamentos exploratórios e mais características que expressão diferenciação de horizontes diagnósticos, transformação dos constituintes do solo e constituição pedogenética expressas por propriedades decorrentes da natureza das argilas e saturação do complexo sortivo, tais como:

- CTC (alta versus baixa);
- Horizonte B nátrico versus horizonte B textural;
- Horizonte Bh versus Bhir;
- Cálccicos, carbonáticos, salinos, com alta salinidade, tiomórficos;
- Saturação por Al; e
- Saturação por Na (sódico, solódico).

Além disso, características decorrentes da natureza intermediária ou extraordinária dos solos, conforme abaixo relacionadas (Carvalho et al., 1988):

- Caráter abrupto;
- Caráter litólico;
- Caráter gleico;
- Caráter planossólico;
- Caráter vértico;
- Caráter plinitico;
- Caráter latossólico;
- Caráter podzólico;
- Caráter câmbico; e
- Caráter de espessura do solo (profundo, muito profundo, raso).

As classes de solos definidas neste tipo de levantamento são subdivididas, para fins cartográficos e de interpretações diversas, de acordo com o grupamento textural (em notação simples ou binárias) e em fases de relevo, vegetação, rochosidade e pedregosidade.

Dados morfológicos e analíticos (químicos, físicos e mineralógicos) de perfis completos e/ou complementares e amostras extras, são necessários para caracterização dos solos e definição das unidades de mapeamento, compostas por Grandes Grupos e Subgrupos de Solos, conforme definidos em Estados Unidos (1975a).

Desde que os levantamentos do tipo reconhecimento tendem a uma ampla faixa de objetivos e necessidades, é oportuno subdividi-los em três níveis de execução, compreendendo alta, média e baixa intensidades (Reunião...1979).

Os níveis de reconhecimento diferenciam-se quanto aos objetivos, métodos de prospecção, tipos de unidades de mapeamento, área mínima mapeável, material cartográfico e sensores remotos básicos, e escala de publicação. A densidade de observações por área é variável, entre 0,04 a 2,0 observações por quilômetro quadrado.

6.3.1 – Baixa intensidade

Dado o caráter genérico (próximo ao tipo exploratório), a utilidade das informações geradas neste nível de reconhecimento limita-se a propósitos gerais de planejamento de grandes áreas. Assim seu objetivo restringe-se a fornecer dados para avaliação de recursos potenciais de solos, mediante a identificação de áreas de baixo e alto potencial. Tais dados são adequados como bases para zoneamento pedoclimáticos e identificação de áreas homogêneas para indicação ou introdução de espécies vegetais cultiváveis.

As bases cartográficas e imagens de sensores remotos mais adequadas a este nível de reconhecimento compreendem:

- Mapas planialtimétricos em escalas 1:100.000 a 1:500.000;
- Imagens de radar na escala 1:250.000;
- Imagens de satélite nas escalas 1:100.000 a 1:500.000; e
- Carta-imagem de sensores remotos orbitais nas escalas 1:100.000 a 1:250.000.

A faixa preferencial de escalas de publicação varia entre 1:250.000 e 1:750.000. A área mínima mapeável é variável, entre 2,5km² e 22,5km².

A frequência de amostragem é de um perfil completo ou complementar por componente de associação e mais amostras extras de horizontes superficiais e subsuperficiais para definir limites e conceituar unidades de mapeamento.

As unidades de mapeamento são identificadas no campo, ao longo de percursos traçados sobre imagens de radar, satélites, mapas planialtimétricos ou fotografias aéreas. Os limites entre unidades de mapeamento são inferidos pelas linhas gerais de fotointerpretação, combinada com verificações de campo e interpretações das relações entre o padrão da imagem e o tipo de solo.

As unidades de mapeamento podem ser simples ou associações de até quatro componentes de Grandes Grupos de Solos. Inclusões de outras classes de solos são comuns em todas as unidades de mapeamento.

Admite-se, neste nível de reconhecimento, uma precisão de informações sobre a composição das unidades de mapeamento entre 50 e 70% de confiabilidade. Um levantamento pedológico de reconhecimento de baixa intensidade ainda apresenta um grau de generalização relativamente alto, imposto pela própria escala de trabalho e de publicação, frequência de amostragem e densidade de observações de campo.

6.3.2 – Média intensidade

Tem por objetivo obter informações de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo, visando a elaboração de projeto de uso e planejamento, inclusive seleção de áreas para colonização, construção de rodovias e ferrovias, zoneamento agroecológicos e seleção de áreas para levantamentos mais detalhados.

O material básico, cartográfico e de sensores remoto, mais indicado para este nível de reconhecimento compreende:

- Imagens de satélite na escala 1:100.000 a 1:250.000;
- Mapas planialtimétricos em escalas preferenciais entre 1:60.000 e 1:120.000;
- Imagens de radar na escala 1:250.000. e
- Carta-imagem de sensores remotos orbitais nas escalas 1:100.000 e 1:250.000.

A faixa preferencial de escala de publicação varia entre 1:100.000 e 1:250.000. A área mínima mapeável é variável, entre 40ha e 2,5km².

A frequência de amostragem é de um perfil completo ou complementar por classe de solo componente de unidade de mapeamento simples ou de associação. Amostras-extras adicionais podem ser necessárias para estabelecer limites entre classes.

As unidades de mapeamento são identificadas no campo, por observação e amostragem ao longo de percursos que cruzem diferentes padrões de drenagem, relevo, geologia, geomorfologia e vegetação.

Parte dos limites entre unidades de mapeamento é constatada no campo e parte é decidida por correlações de tipos de solos com padrões de fotografias aéreas, imagens de radar, satélite e carta-imagem ou mapas topográficos.

As unidades de mapeamento, nesse nível de reconhecimento, podem ser constituídas por unidades simples e associações de até quatro componentes de Grandes Grupos de Solos.

Admita-se, neste nível de reconhecimento, uma precisão de informações sobre a composição das unidades de mapeamento entre 70 e 80% de confiabilidade.

6.3.3 – Alta intensidade

Tem por objetivo obter informações de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo, em áreas prioritárias para o desenvolvimento de projetos agrícolas, pastoris e florestais, instalação de núcleos de colonização e localização de estações experimentais.

Este nível de reconhecimento fornece informações básicas razoavelmente precisas para o planejamento geral de programas de conservação e manejo dos solos. Podem substituir levantamentos semidetalhados em áreas com necessidade imediata de estudos preliminares para planejamento regional de uso e conservação dos solos.

Mapas planialtimétricos, imagens de radar, carta-imagem e fotografias aéreas constituem o material básico mais recomendado para este nível de reconhecimento, conforme, abaixo especificado:

- Mapas planialtimétricos em escalas preferenciais entre 1:20.000 e 1:100.000
- Fotografias aéreas em escalas preferenciais entre 1:20.000 e 1:100.000; e
- Carta-imagem de sensores remotos orbitais em escala maior ou igual a 1:100.000.

A faixa preferencial de escalas de publicação é de 1:50.000 a 1:100.000. A área mínima mapeável é variável entre 10 e 40ha.

A freqüência de amostragem é de um perfil completo e um perfil complementar por classe de solo componente de unidade de mapeamento simples ou de associação. Todas as classes de solos identificadas na área devem ser caracterizadas por um perfil representativo completo.

As unidades de mapeamento são identificadas por observação e amostragem ao longo de percursos que cruzem diferentes padrões de drenagem, relevo, vegetação, geologia e geomorfologia.

Grande parte dos limites entre unidades de mapeamento é estabelecida no campo e os limites definidos por fotointerpretação são testados por observações de campo, segundo planejamento prévio de verificação da área.

As unidades de mapeamento são constituídas por unidades simples e associações de até três componentes de Subgrupos de solos. Neste nível de reconhecimento, as unidades de mapeamento são mais homogêneas do que nos níveis de média e baixa intensidade.

É esperado, neste nível, uma precisão de informações sobre a composição e pureza das unidades de mapeamento em torno de 80% de confiabilidade.

6.4 - Levantamento semidetalhado

A execução de levantamento semidetalhado ter por objetivo obter informações básicas para implantação de projetos de colonização, loteamentos rurais, estudos integrados de microbacias, planejamento local de uso e conservação de solos em áreas de desenvolvimento de projetos agrícolas, pastoris e florestais, além de projetos e estudos prévios para engenharia civil.

As informações geradas em levantamentos pedológicos semidetalhados se aproximam daquelas de levantamentos detalhados, satisfazendo, em algumas áreas, as necessidades de informações básicas para projetos de uso menos intensivo do solo.

O material cartográfico e sensores remotos básicos mais usuais neste tipo de levantamento compreendem o conjunto de mapas planialtimétricos (em escalas $\geq 1:50.000$); restrições aerofotográficas e levantamento topográficos convencionais (em escala adequadas à finalidade do levantamento, variando de 1:10.000 a 1:50.000, com curvas de nível a intervalos de 10 a 20m) e fotografias aéreas na escala $\geq 1:60.000$.

Considerando que os levantamentos semidetalhados podem ser necessários em áreas de diversas extensões (áreas especiais, microrregiões, bacias hidrográficas, municípios e estados), a representação cartográfica de boa qualidade é possível ser mantida em escala de publicação até 1:100.000, embora a escala preferencial deva ser $\geq 1:50.000$.

A densidade de observações e a freqüência de amostragem são calculadas em função da heterogeneidade da área e da facilidade de correlação entre tipos de solos e superfície geomórficas.

Não obstante, é recomendada uma média de 0,02 a 0,20 observações por hectare, um perfil completo e um perfil complementar por classe de solo componente de unidade de mapeamento simples ou de associação. Todas as classes de solo identificadas na área devem ser caracterizadas por um perfil representativo completo e amostras-extras adicionais.

As unidades de mapeamento são identificadas no campo, por observação e amostragem através de percursos traçados preliminarmente ao longo de toposseqüência selecionadas.

As toposseqüências devem ser as mais representativas da área, abrangendo diversas formas de encostas e tipos de relevo, de modo a permitir as correlações solos – superfícies geomórficas.

As relações solos – superfícies geomórficas são estabelecidas por caminhamento em topossequência com registro das variações quanto às classes de solos, textura (superficial e subsuperficial), tipo e espessura de horizonte A, profundidade dos e outras características relevantes para o mapeamento. Desta forma, as variações de solos são relacionados com classes de declive, condições de drenagem, formas de pendentes e posições na encosta (topo, ombro, aba, sopé e superfície colúvio-aluvial).

Os limites entre unidades de mapeamento são verificados campo, em combinação com as correlações entre solos e superfícies geomórficas. Alguns limites podem ser inferidos a partir de interpretações de fotografias aéreas e testados no campo.

As unidades de mapeamento são constituídas por unidades simples, complexos e associações, definidas ao nível de Família de Solos, em sistemas hierárquicos de classificação.

É importante que as unidades de mapeamento apresentem razoável homogeneidade, sendo esperado, que as inclusões em unidades simples não ultrapassem 15%. Em associações é admitido o máximo de 10% de inclusões, se forem de uma única classe de solo, e até 20%, se forem duas ou mais classes.

Assim, a precisão de informações sobre a composição e a pureza das unidades de mapeamento em levantamentos semidetalhados deve ser de 85 a 90% em termos de confiabilidade.

A definição de classe de solos em levantamentos semidetalhados é baseada em características diretamente relacionadas com o crescimento de plantas, principalmente no que concerne ao desenvolvimento do sistema radicular, relações solo – água – planta e propriedades importantes nas interpretações para fins de engenharia civil.

Entre estas características, algumas mais comumente utilizadas, em adição àquelas usadas em levantamento de reconhecimento, são:

- Mineralogia
- Condições de salinidade e saturação por sódios em relação ao (s) horizonte (s) subsuperficial (ais) – (endossalino, endossolódico, endossódico); e
- Natureza de características especiais pedogenéticas ou decorrentes do uso do solo fragipan, duripan, compatação, concreções, adensamento, cascalhos, plinita e petroplinita.

As classes de solos definidas nos levantamentos semidetalhados são subdivididas, para fins práticos, de acordo com:

- Grupamento textural (em notação simples, binária ou ternária); e
- Classes de declive, vegetação, pedregosidade e rochosidade.

6.5 - Levantamento detalhado

A execução de levantamentos detalhados visa a obter informações sobre os solos de áreas relativamente pequenas, para decisões localizadas, onde está previsto o uso realmente intensivo do solo.

Este tipo de levantamento tem com objetivos principais atender a projetos conservacionistas na fase executiva, promover a caracterização e delineamento precisos dos solos de estações experimentais, viabilizar recomendações de práticas de uso e manejo de solos para fins de exploração agrícola, pastoril e florestal intensiva, além de construir base ideal para execução de projetos de irrigação, drenagem e interpretações para projetos de engenharia civil.

O material cartográfico básico mais adequado compreende mapas planialtimétricos, levantamentos topográficos convencionais, restituições aerofotográficas com curvas de nível a pequenos intervalos (5 a 10m) e fotografias aéreas em escalas $\geq 1:20.000$.

A escala final do mapa de publicação está em função dos objetivos do levantamento, extensão da área e grau de pormenorização cartográfica e taxonômica a ser atingido, recomendando-se escalas $\geq 1:20.000$. A área mínima mapeável é menor que 1,6 há. A densidade de observações deve ser mantida, no mínimo, entre 0,20 e 0,40 observações por hectare.

A frequência de amostragem deve ser suficiente para detectar diferenças de solos em pequenas áreas, sendo necessário, no mínimo, um perfil completo e dois perfis complementares para caracterização das classes de solos identificadas no nível taxonômico mais baixo.

As unidades taxonômicas identificadas na área devem ser tipificadas por perfis completos modais e suas amplitudes de variação estabelecidas por perfis complementares e amostras extras, precisamente coletadas para análises de laboratório.

As unidades de mapeamento e seus limites são identificados por caminhamento no campo, em topossequência e com observações e a pequenos intervalos.

Nos levantamentos detalhados, recomenda-se a realização de testes de infiltração, próximos aos perfis estudados (com três repetições simultâneas), se nos objetivos do levantamento estiverem incluídos projetos de irrigação. Neste caso, tornaram-se indispensáveis as determinações da umidade a 1/10, 1/3 e 15 atm, da densidade do solo em todos os horizontes e, por calculo, a água disponível e a disponibilidade de água, por horizonte, expressa em mm/cm.Outras determinações poderão ser necessárias, dependendo dos objetos e da utilização esperada do levantamento.

6.6 - Planejamento ultradetalhado

Planejado para atendimento de problemas específicos de áreas muito pequenas, como parcelas experimentais e áreas residenciais ou industriais.

Tem a mesma estrutura básica dos levantamentos detalhados, diferenciando-se quanto ao método de prospecção (malhas rígidas) e maior pormenorização cartográfica.

Em geral, caracteriza-se por escalas grandes (1:5.000, 1:2.000, 1:1.000 e 1:500) e por detectar características muito especiais pra uma finalidade específica, com ascilação do lençol freático ou teores de determinados elementos no horizonte A de uma parcela experimental.

O material cartográfico básico mais adequado compreende levantamentos topográficos convencionais e plantas especialmente encomendadas com curvas de nível a intervalos menores que 1m.

Como são levantamentos executados em escalas grandes, as áreas mínimas mapeáveis são, usualmente, muito pequenas, menores que 0,1 ha.

A densidade de observações é coerente com a pormenorização cartográfica, recomendando-se mais de 4,00 observações por hectare.

Perfis completos devem ser coletados em numero suficiente para cada uma das unidades taxonômicas identificadas na área. Pequenas diferenças entre classes de solos devem ser resolvidas com a coleta de perfis complementares e quantas amostras extras forem necessárias.

A unidade básica de mapeamento corresponde à fase de série de solos, com tantas subdivisões quanto necessárias, pata distinguir pequenas variações entre classes de solos.

7. Legenda e Métodos de prospecção

Ao iniciar os trabalhos de levantamento pedológico de uma área, normalmente é programada uma vistoria geral da mesma, com o propósito de se identificar unidades de mapeamento e estabelecer correlações destas com diversas feições da paisagem. Este procedimento visa a elaboração da legenda preliminar, que servirá de guia de identificação dos solos durante o mapeamento. Com o decorrer dos trabalhos de campo, a legenda passa por modificações, adaptações e atualizações, à medida que novas unidades são constatadas ou descartadas. Legenda, portanto, são os nomes dos solos da área, como por exemplo os Latossolos, Podzólicos e Areias Quartzosas.

Os métodos de prospecção utilizados em levantamentos pedológicos visam a coleta de dados, descrição de características dos solos no campo e a verificação de limites entre unidades de mapeamento. Os métodos usuais compreendem investigações ao longo de transeções, estudos de topossequências, sistema de malhas e o método de caminhamento livre.

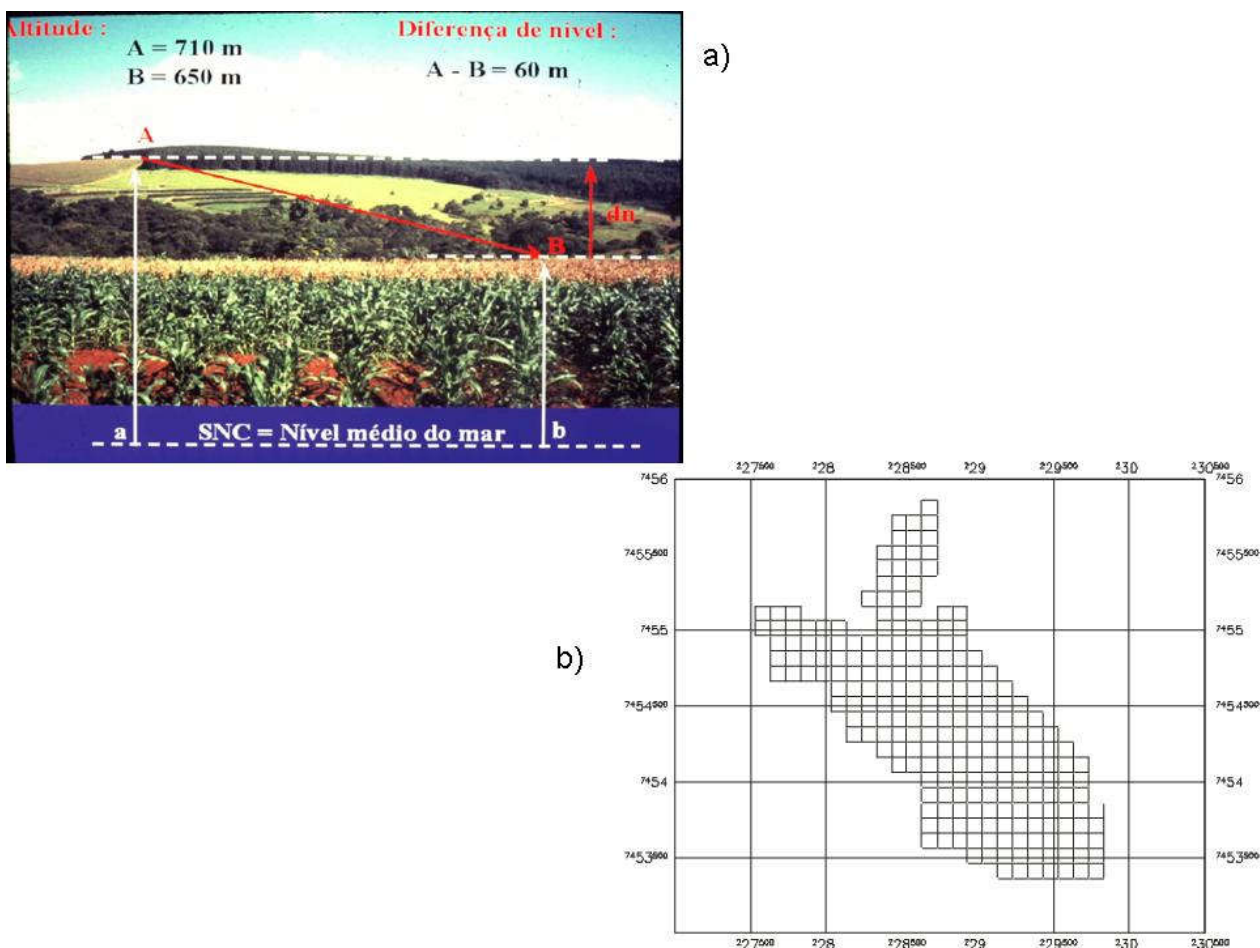


Figura 7.1 – Exemplos de métodos de prospecção a) Topossequência b) Grid.

8. Densidade e tipos de observações

Densidade de observação é o número de observações realizadas por área. Não há consenso quanto à densidade de observações estabelecida para levantamentos pedológicos. No entanto, são registrados números que variam de 0,25 a 5 observações por cm^2 de mapa. Todos concordam que são números teóricos e que a densidade de observações é função do tipo de levantamento, da escala de mapeamento, da extensão e da homogeneidade ou heterogeneidade da área de trabalho. Existem três tipos de observações importantes para a adequada realização de um mapa de solos:

- Observações para classificação dos solos
- Observações para verificação de limites entre as unidades de mapeamento com análises em laboratório
- Observações para verificação de limites entre as unidades de mapeamento sem análises em laboratório, somente em campo
- Observações especiais

De maneira geral recomenda-se levar em consideração os seguintes valores:

Tabela 8.1- Número de hectares abrangidos por uma observação nos diferentes tipos de levantamento (Fonte: adaptado de Embrapa, 1989).

Tipo de levantamento	Número de hectares para cada observação	Número de observações
Detalhado	2,5 a 5 ha./observação	0,2 a 4 obs/ha.
Semidetalhado	5 a 50 ha./observação	0,02 - 0,2 obs/ha.
Reconhecimento	100 a 2500 ha./observação	0,04 a 2,00 obs/ km^2
Exploratório	acima de 2500 ha./observação	menos de 0,04 obs/ km^2
Esquemático	sem especificação	sem especificação

A densidade de observações é estimada em função da escala de mapeamento, do nível e objetivos do levantamento, do grau de heterogeneidade ou uniformidade da área de trabalho e da eficiência da análise de geoprocessamento disponíveis. Geralmente, as interpretações criteriosas de produtos de sensores remotos reduzem significativamente a densidade de observações.

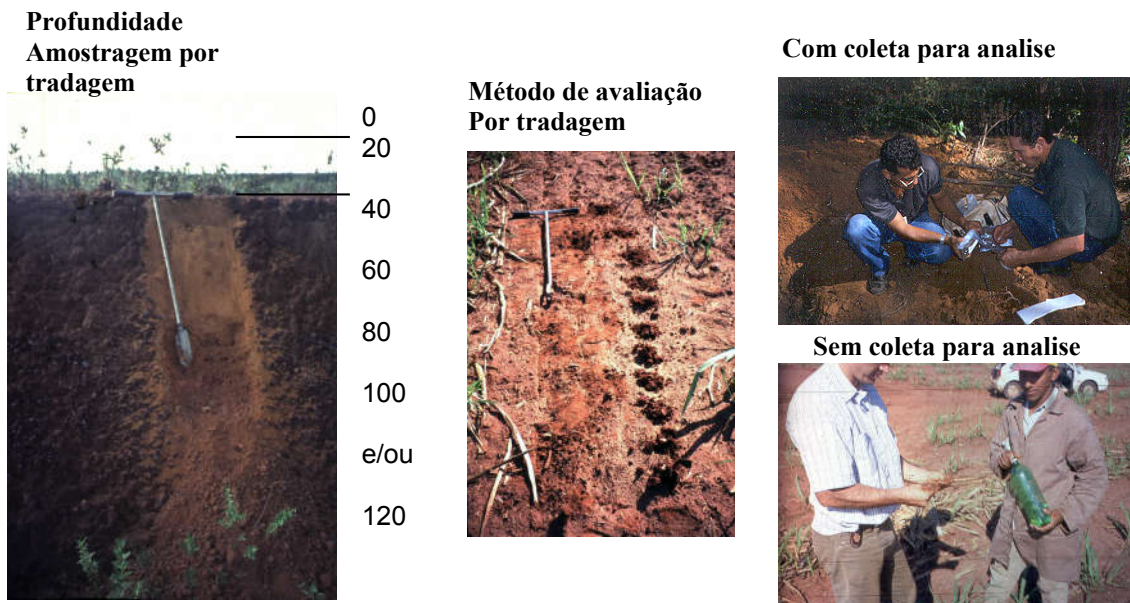


Figura 8.1 Observações em tradagens.

8.1 Tipos principais de observações

Tradagens

Existem basicamente dois tipos de amostragens: nos perfis e por tradagem. O estudo dos solos mediante a amostragem por tradagens tem alguns inconvenientes, tais como a destruição das unidades estruturais ou agregadas, impossibilitando a avaliação da estrutura, da cerosidade e da consistência nos estados seco e úmido. Entretanto, ainda é possível examinar a cor, avaliar a textura e a consistência no estado molhado, outra vantagem é poder observar mais pontos e auxiliar no controle na determinação dos limites de solos. Durante as tradagens é importante a observação de alguns fatores como: textura das diferentes camadas, atração magnética, presença de cascalho, assim como a profundidade (Figura 8.1). As profundidades de amostragem podem variar. Geralmente é recomendado a tres profundidades 0-20, 40-60, 80-100 cm. Porém, e dependendo da região e do local a analisar, pode-se alterar. Em áreas de argissolos por exemplo, é possível que o horizonte B esteja numa profundidade mais avançada. nesse caso pode-se realizar amostragem de 100-120 cm ou maior. O mesmo procedimento pode ser adotado quando se avalia regiões onde ocorre lajes de cascalho em diferentes profundidades. Em casos de dúvida, recomenda-se a avaliação de um perfil.

Perfis

O estudo dos perfis de solos em trincheiras ou em barrancos de estrada permite o exame das características morfológicas sem limitações, pois, na secção do solo assim exposta, as unidades estruturais estão no seu estado natural. Tem sido usado como limite inferior de observação das propriedades do solo à profundidade de 2 metros

Um perfil é analisado sob dois aspectos distintos e complementares. São observadas características externas, próprias do solo (1.morfologia), as quais permitem que sejam feitas inferências importantes sobre sua formação e seu comportamento em relação à capacidade de produzir de forma sustentada, adequação a práticas agrícolas , propensão à erosão, salinização, desertificação etc.(2. uso agrícola)

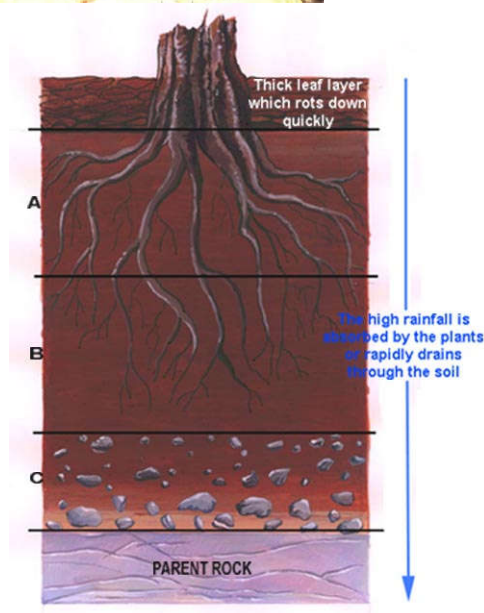
1.Morfologia

Aberta a trincheira inicia-se o exame do perfil pela separação dos horizontes, sub-horizontes e, ou camadas. Essa diferenciação é feita pela variação, perceptível à visão e ao tato, das características morfológicas do solo em questão. Estas são avaliadas em conjunto e consistem em: cor, textura, estrutura, consistência e porosidade.

Após a separação dos horizontes, tomam-se suas profundidades e caracterizam-se: a cor, a estrutura, a textura, as consistências seca, úmida e molhada de cada horizonte e, ou camada, com a respectiva caracterização das transições entre eles, conforme especificações detalhadas.

2. Uso agrícola

Em um perfil, tão importante quanto a análise dos aspectos morfológicos do solo, são a observação e registro dos fatores limitantes que ele oferece ao manejo e desenvolvimento das plantas. Dentre estes fatores estão a distribuição de raízes, atividade biológica, presença de linha de pedras (“stone line”), presença de concreções ou nódulos, acúmulos de sais e compactação.



9. Fatores que interferem no número de observações

a) Fatores que interferem no número de observações por ocasião do projeto

- Escala do mapa base
- Nível do mapa de solos desejados

b) Fatores que interferem no número de observações por ocasião da prática

- Homogeneidade e heterogeneidade dos solos da área
- Situação específica de cada área
- Experiência do mapeador
- Uso de técnicas como, sensoriamento remoto e geoprocessamento

10. Escala de trabalho e Área mínima mapeável

A escala do material básico deve ser selecionada, tendo em vista a compatibilização cartográfica entre níveis de detalhe ou generalização previstos para o levantamento e o mapa final a ser apresentado. Geralmente a escala do material básico é maior que a escala de publicação. A escala final de publicação ou apresentação de mapas pedológicos é geralmente decidida na fase de planejamento do levantamento e é função dos objetivos, das necessidades dos usuários, do grau de detalhamento desejado e do nível de conhecimento disponível.

Área mínima mapeável é, por definição, determinada pelas menores dimensões que podem legivelmente delineadas num mapa, sem prejuízo da informação gerada nos trabalhos de campo, o que corresponde, na prática, a uma área de 0,4 cm² (0,6 x 0,6 cm). A equivalência desta área de desenho no mapa, com a área corresponde no terreno, é em função da escala de apresentação final do mapa.

Exemplo de cálculo de área mínima mapeável (AMM):

$$AMM = (E^2 * 0,4) / 10^8 \text{ ha.}$$

ou

$$AMM = (E^2 * 0,4) / 10^{10} \text{ km}^2$$

Onde E é a escala do mapa

$$[(50.000)^2 * 0,4] / 10^8 = 10 \text{ ha área mínima mapeável na escala } 1:50.000$$

11. Caracterização analítica

Para caracterização química do solo são coletadas amostras e essas enviadas para análise em laboratório, as amostras podem ser coletadas em tradagens ou em perfis. De maneira geral amostras coletadas em tradagens são analisadas mais simplificada ou seja apenas seus resultados químicos e granulométricos. Amostras de perfis por sua vez também são feitas outras análises como ataque sulfúrico, mineralogia, assim como coleta de amostras indeformadas com anéis volumétricos para avaliação da retenção de água.

É necessário coletar amostras de terra nos locais determinados pelo método da prospecção. Em cada local deve-se coletar amostras de terra em pelo menos três profundidades diferentes, sendo 0-20 cm, 40-60 e 80-100 cm.. Geralmente utiliza-se o trado, sendo o holandês o mais utilizado. É necessário que sejam realizadas análises de solos nestas amostras. Os dados analíticos têm cinco funções fundamentais, sendo elas: Caracterização dos solos; determinação de propriedades essenciais; definição e estabelecimento de limites; obtenção de dados essenciais para fins de previsão de uso, manejo e conservação, manejo da água; Estudos de gênese e formação dos solos.

As análises de laboratório têm mais validade e maior utilidade, quando as amostras são de solos representativos, adequadamente descritas e precisamente localizadas na paisagem, de preferência georreferenciadas.

Determinações em laboratório

Geralmente são necessárias análises químicas e granulométricas. Análises específicas como do ferro e curvas de retenção também podem ser utilizadas. A escolha dos tipos de análise depende dos objetivos e da área a ser trabalhada.

Alguns dos parâmetros importantes na avaliação dos solos são: pH; bases extraíveis; matéria orgânica; capacidade de troca de cátions, saturação por bases; saturação por alumínio; fósforo assimilável; carbono orgânico; ataque sulfúrico com ênfase no Fe₂O₃ e Ki; mineralogia das frações areia e argila; classes de textura.

12. Critérios básicos para delimitação

Os principais fatores a serem observados numa delimitação de solos são: Relevo, forma, rede de drenagem, informações obtidas pelas tradagens em observações de campo, análises de solo de tradagens e perfis, curvas de nível, informações de modelo numérico de terreno, conhecimento da sistemática de topossequência da região; outras tecnologias como sensoriamento remoto e geoprocessamento, conhecimento do intérprete. A delimitação de solos leva em consideração uma série de fatores. Tais fatores devem ser estudados separadamente. Porém ao final, a decisão do limite do solo levará em consideração todos os fatores em simultâneo. Dentre estes, considera-se como mais importante o trabalho de campo, onde a delimitação deve ser feita in-situ, ou seja, diretamente no mapa no momento em que esteja no campo. Os trabalhos de interpretação e uso de tecnologias devem ser realizados como apoio ao nível de laboratório. A figura 1.2.5 mostra as variações de solos devidas ao relevo com as diferentes classes de drenagem. Os locais de quebra de relevo são as variações de classes de solos.

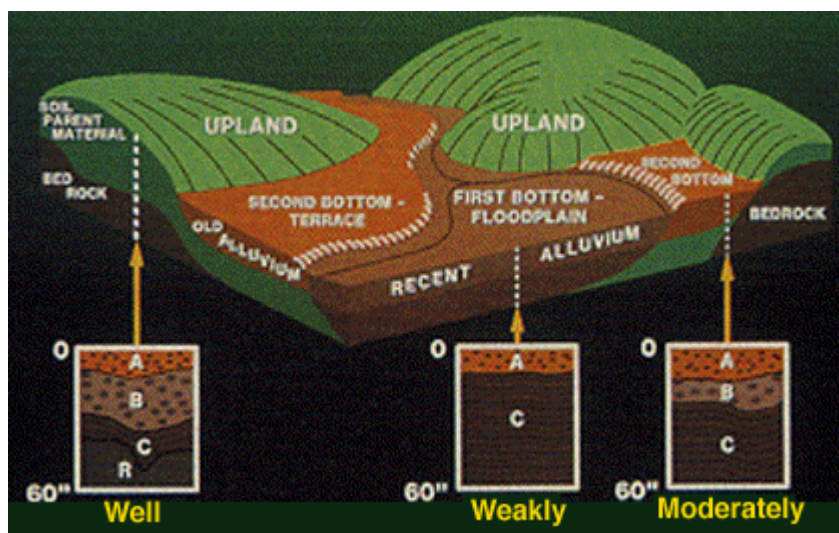
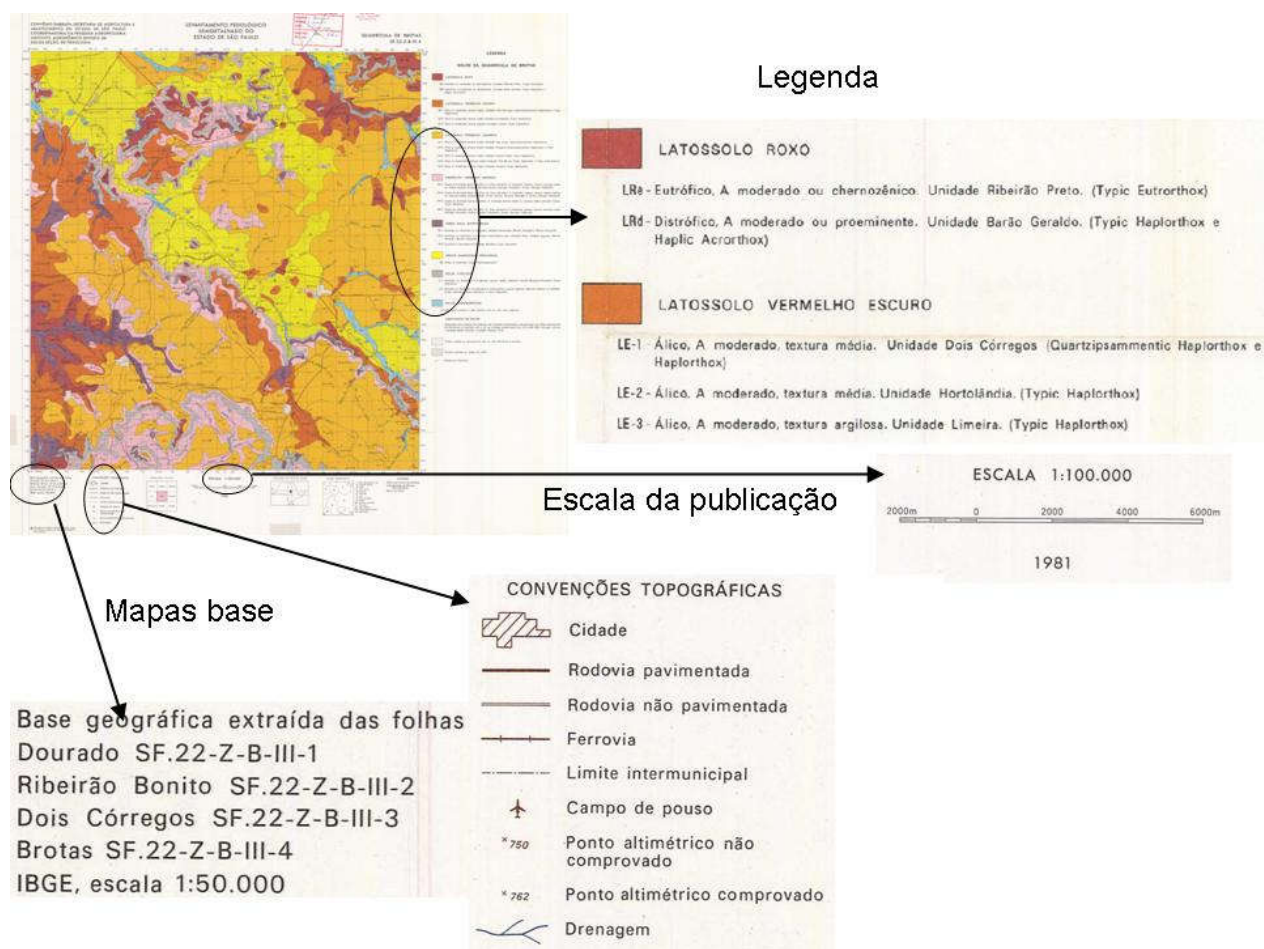


Fig. 1.2.5. Ilustração das diferenças entre formas de relevo. As quebras de relevo referem-se aos limites entre solos (fonte:..).

13. Layout de um mapa com interpretação geral



14. Sequência geral para o levantamento e mapeamento de solos

A seguir é descrito a sequência básica para o levantamento e mapeamento de solos. Maiores informações, pode-se consultar Embrapa (1989), Prado (1995) e Embrapa (1997).

- a. Definição dos objetivos. Obtenção do material pré-existente sobre a área, como o histórico, mapas base, mapas de solos pré-existentes.
- b. Observação geral da área no campo. Verificar as condições de relevo.
- c. Marcar, no mapa base, locais para realização de tradagens. Essa marcação deverá ser realizada sempre partindo das partes altas para as mais baixas. O objetivo é determinar onde está havendo diferença de solos. Portanto, tais marcações devem ser em forma de transeções.
- d. Coletar amostras de solo nas posições das tradagens. Geralmente, realizam-se coletas à 3 profundidades: 0-20, 40-60 e 80-100 cm. Em regiões com ocorrência de Argissolos pode-se utilizar profundidades maiores como 100-120 cm ou outra. Anotar também algumas características para cada profundidade como: cor, textura, presença cascalhos.
- e. Encaminhar as amostras para análises granulométricas e químicas para fins de levantamento.
- f. No escritório. Com as características observadas dos pontos, procure aqueles semelhantes, basicamente quanto à cor e textura. Traçar o limite preliminar dos solos. A delimitação leva em consideração as condições de relevo, e portanto, as curvas de nível auxiliam no traçado dos limites. Em função das características dos solos, pode-se montar uma legenda preliminar através da classificação brasileira (Embrapa, 1997). Uma observação importante, é que para uma classificação detalhada seriam necessárias análises específicas como as mineralógicas. De posse do mapa preliminar, marcar as posições para abertura de trincheiras. O número de trincheiras é menor e sua análise tem por função caracterizar os solos previamente determinados. Tais trincheiras devem ser posicionadas nas áreas mais homogêneas de cada unidade que irão representar. Elas têm a dimensão aproximada de 2,0 (prof) x 1,5 x 1,5 metro.
- g. Analisar as trincheiras. Nesse caso, pode-se realizar uma caracterização morfológica, observando também a situação do solo em profundidade, raízes, compactação, pedregosidade. Amostras de solo podem ser coletadas para novas análises.
- h. No escritório. De posse das análises das trincheiras, classificar os solos. Corrigir eventuais pontos duvidosos e elaborar o mapa final de solos.
- i. Relatório descritivo. Elaborar um relatório final descrevendo as observações e a metodologia empregadas.

EXERCÍCIOS

A- PRÁTICA EM AULA

1. Interpretação de mapas de solos

Para responder as questões, deve-se utilizar como base os próprios mapas que estão na sala de aula. As apostilas podem ser utilizadas como apoio.

BANCADA DOS MAPAS BASE

1. Caracterize todos os mapas observados quanto aos seguintes itens: tipo (mapa planimétrico, planialtimétrico, imagens de satélite, de radar, fotos aéreas, etc.), escala e região.

BANCADA DOS MAPAS DE SOLOS

2. Observe os mapas que estão na sala e complete as seguintes questões (Estas informações estão no próprio mapa):

Mapas, níveis	Região a que se refere o mapa	Data de publicação	Escala de publicação	Escala do Mapa base	Descrever a frequência de ocorrência das unidades de mapeamento (simples e associação de duas, tres, quatro ou mais classes de solos - por amostragem)	Calcule a área mínima mapeável
Esquemático						
Exploratório						
Reconhecimento						
Semi-detalhado						
Detalhado						

Descreva UMA unidade de mapeamento representativa de cada tipo de mapa:

Esquemático: _____

Exploratório: _____

Reconhecimento: _____

Semi-detalhado: _____

Detalhado: _____

BANCADA COMPARANDO MAPA EXPLORATÓRIO COM MAPA BASE

03. O mapa de solos exploratório que está na bancada foi originado de qual mapa base?

04. Quantos mapas base foram necessários para compor este mapa base?

BANCADA COMPARANDO MAPAS DE DIFERENTES NÍVEIS

Nesta bancada você encontra 3 mapas em três níveis diferentes. Neles está demarcada a área de interesse. Para os três mapas é a mesma área de interesse. Responda:

05. Observe a área de interesse nos três mapas: Reconhecimento do Estado de São Paulo; Quadricula do mapa Semi-detalhado de Piracicaba; Mapa detalhado de uma região de Piracicaba. Nestes três mapas estão demarcadas uma mesma área, que foram mapeadas em diferentes níveis. Responda:

Mapa/nível	Escala (mapa base)	Escala (publicação)	Unidades de mapeamento	
			Associação	Simples
Reconhecimento				
Semidetalhado				
Detalhado				

- Cite quais as unidades de mapeamento encontradas no mapa detalhado e indique a sigla da unidade.
 - Cite quais as unidades de mapeamento encontradas no mapa semidetalhado e indique a sigla da unidade.
 - Cite quais as unidades de mapeamento encontradas no mapa de reconhecimento (indique a sigla da unidade).
 - Qual mapa possui maior número de unidades de mapeamento simples? Por que?
 - O mapa detalhado apresentou uma associação de solos. Isto está correto? Que tipo de associação seria esta: simples ou complexa?
 - Qual nível de mapa você recomendaria para um planejamento a nível regional? E para nível de pequena propriedade?
06. Observar mapas desenvolvidos na região de Piracicaba.
- Descreva a sequência no desenvolvimento do mapa.
 - O mapa de solos foi produzido a partir de qual mapa?
 - Um mapa base é um mapa base ou um mapa base é base para um mapa de solos?

2 Interpretação de análise de solo para fins de levantamento

Informações gerais. Informações mais detalhadas devem ser verificadas em Embrapa (2006).

O exercício não contempla todos os detalhes de uma classificação de solos, pois o objetivo é separar unidades.

Em cada análise observe os seguintes parâmetros:

1) Calcule se a amostragem tem ou não gradiente textural. Como fazer?

Dividir o teor de argila da camada 80-100 pela 0-20. O ponto apresenta gradiente dependendo do valor da ARGILA DA CAMADA A.:

Se camada A tiver textura maior que 400 gkg⁻¹ de argila, o gradiente tem que ser $\geq 1,5$

Se camada A tiver textura entre 150-400 gkg⁻¹ de argila, o gradiente tem que ser $\geq 1,7$

Se camada A tiver textura for menor que 150 gkg⁻¹ de argila, o gradiente tem que ser $\geq 1,8$

2) Classifique a textura e química

Regra para textura ¹			Regra para química ²		
Argila, gkg ⁻¹	Categoria	Sigla	Regra	Categoria	Sigla
0-150	arenosa	Are	$V \geq 50\%$	eutrófico	e
150-250	Média-arenosa	mdare	$m \geq 50\%$ e $V < 50\%$	álico	a
250-350	Média-argilosa	mdarg	$V < 50\%$ e $m < 50\%$	distrófico	d
350-600	argilosa	arg	$m \geq 50$ ou $V < 50$ e $Al \geq 40$ mmolc e atvid. menor 20 mmolc	Alumínico	al
≥ 600	muito argilosa	m.arg			

1: Textura: Avaliar as camadas A e C. Por exemplo, um solo com argila de 300 gkg-1 na camada A e 610 gkg-1 na camada C, terá classificação média argilosa / muito argilosa

2: Química: Avaliar apenas a camada C. $V = (SB/CTC) * 100$; $m = (Al/SB + Al) * 100$

3) Para os solos com textura argilosa, calcule a Atividade da Argila. Utilize o teor de argila da camada 80-100 cm e classifique.

$AA = (CTC * 100) / \% \text{argila}$

Se $AA \geq 27$ cmol atividade da argila alta

Se $AA < 27$ cmol atividade da argila baixa

4) Retenção de cátions

Determine se o solo apresenta ou não caráter ácrico. Para tanto, calcule a RC da camada subsuperficial.

$$RC \text{ (cmolc)} = \frac{SB + Al^{+3}}{\% \text{ argila}} \times 100$$

Se o valor for menor ou igual a 1,5 cmol está satisfeita a primeira condição. Para ser ácrico a análise deve ainda satisfazer uma ou mais das seguintes condições: pHKCl maior ou igual ao pH H₂O OU delta pH (pHKCl - pH₂O) positivo ou nulo.

Auxílio na classificação dos pontos da área

Latossolo Vermelho Férrico (LVf): ferro ≥ 180 , cor 2.5YR (vermelho escuro), relevo suave ondulado, sem gradiente (horizonte B latossólico), ki máximo 2,0 a 2,2, silte/argila menor que 0,7

Latossolo Vermelho (LV): ferro $< 180 \text{ gkg}^{-1}$, cor 2.5 YR (vermelho escuro), relevo suave ondulado, sem gradiente, (horizonte B latossólico)

Latossolo Vermelho Amarelo (LVA): cor 5YR ou maior (vermelho-amarelado), relevo suave ondulado, sem gradiente (horizonte B latossólico)

Argissolo Vermelho Amarelo (PVA): ferro $< 110 \text{ gkg}^{-1}$, cor 5YR ou maior (vermelho-amarelado), relevo suave para ondulado, com gradiente (B textural), Maior teor de silte da área

Argissolo Vermelho (PV): ferro $< 150 \text{ gkg}^{-1}$, cor avermelhado (2.5YR), relevo suave para ondulado, com gradiente (B textural)

Neossolo Litólico (RL): solo raso, sem horizonte B, tendo um A sobre C ou R.

Cambissolo (CX): solo pouco profundo a raso, tendo um horizonte B incipiente (Bi), maior teor de silte

Gleissolo (GX): solo jovem com gleização.

Neossolo Quartzarênico (RQ). solo de relevo plano, com textura menor que 150 gkg em todo o perfil

Nitossolo (NV): argiloso, relevo ondulado, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 150 \text{ gkg}^{-1}$, cerosidade forte, estrutura forte.

FASE 1: Classificação pontual

- interprete as análises de solo em anexo (primeiro tradagens depois perfis) uma a uma, na seqüência. Simultaneamente, indique tanto na listagem de análises como no mapa (em anexo com as curvas de nível) o solo classificado.

- como apoio nesta classificação utilize a tabela do exercício anterior.

- Na aula faça a interpretação das análises 1 a 13; 37 a 43.

Tabela I. Análise granulométrica e química das amostras de solos obtidas pelas tradagens. Pontos 1 a 9.

classificação dos solos	Amostra n°	Profund.cm....	pH			M.O. g/kg	P mg/kg	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Granul			Classe Textural	Cor Munsell	
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂												Areia	Silte	Argila			
													mmol/kg.....			%		g/kg.....				
	1A	0 - 20	6,4	4,6	4,7	29	18	6,0	25	12	2	40	43,0	83,0	52	5	130	120	750		2.5 YR 3	
	1B	40 - 60	6,2	4,4	4,5	27	7	3,5	17	6	3	42	26,5	68,5	39	13	120	120	760		2.5 YR 3	
	1C	80 - 100	6,3	4,9	5,1	19	4	4,4	16	7	0	23	26,4	50,4	52	0	140	100	760		2.5 YR 3	
	2A	0 - 20	5,9	4,8	5,0	32	56	7,5	39	20	0	40	66,5	106,5	62	0	120	140	740		2.5 YR 3	
	2B	40 - 60	6,1	5,0	5,2	19	8	1,1	28	9	0	28	38,1	66,1	58	0	30	110	860		2.5 YR 3	
	2C	80 - 100	6,3	5,2	5,4	17	4	0,4	18	7	0	16	25,4	41,4	61	0	30	110	830		2.5 YR 3	
	3A	0 - 20	5,7	4,3	4,5	34	17	2,9	17	7	4	50	26,9	76,9	35	13	140	120	740		2.5 YR 3	
	3B	40 - 60	5,6	4,2	4,3	27	9	1,1	14	5	9	60	20,1	80,1	25	31	90	130	780		2.5 YR 3	
	3C	80 - 100	5,6	4,3	4,3	24	4	0,5	10	4	10	60	14,5	74,5	19	41	120	100	780		2.5 YR 3	
	4A	0 - 20	5,8	4,4	4,6	37	13	4,2	25	13	0	40	40,2	77,2	52	0	110	130	760		2.5 YR 3	
	4B	40 - 60	5,5	4,2	4,2	22	4	2,3	16	8	3	40	26,3	57,3	46	10	110	110	780		2.5 YR 3	
	4C	80 - 100	5,7	4,4	4,5	22	4	2,4	14	8	2	25	24,4	45,4	54	7	120	110	770		2.5 YR 3	
	5A	0 - 20	5,8	4,7	4,7	24	16	2,3	24	11	2	30	37,3	67,3	55	5	250	130	620		2.5 YR 3	
	5B	40 - 60	6,1	4,8	4,9	19	4	0,3	18	6	0	40	24,3	64,3	38	0	180	100	720		2.5 YR 3	
	5C	80 - 100	6,1	5,4	5,2	14	1	0,2	13	4	0	12	17,2	29,2	59	0	200	100	700		2.5 YR 3	
	6A	0 - 20	5,7	4,3	4,5	12	4	1,4	14	6	4	18	21,4	39,4	54	16	430	200	370		2.5 YR 4	
	6B	40 - 60	5,6	4,2	4,5	12	2	0,5	16	3	9	28	19,5	47,5	41	32	260	150	590		2.5 YR 5	
	6C	80 - 100	5,5	4,1	4,1	9	2	0,6	6	3	22	38	9,6	47,6	20	70	190	180	630		2.5 YR 4	
	7A	0 - 20	5,1	4,0	4,2	24	4	2,4	14	4	9	38	20,4	58,4	35	31	430	280	290		5 YR 3	
	7B	40 - 60	5,5	4,1	4,3	12	2	1,8	13	4	8	30	18,8	48,8	39	30	440	270	290		5 YR 4	
	8A	0 - 20	5,5	4,1	4,2	24	4	0,7	9	4	8	36	13,7	49,7	28	37	340	260	400		5 YR 4	
	8B	40 - 60	6,0	4,6	4,9	12	3	0,7	23	26	0	18	49,7	67,7	73	0	340	230	430		5 YR 4	
	8C	80 - 100	6,0	4,8	5,1	9	3	0,5	35	39	0	16	74,5	90,5	82	0	240	220	540		7.5 YR 4	

m.arg= muito argiloso, arg= argiloso, mdare= médio arenoso, mdarg=médio argiloso; are= arenoso

Tabela II. Análise granulométrica e química das amostras de solos obtidas pelas tradagens. Pontos 9 a 16.

classificação dos solos	Amostra nº	Profund.cm....	pH			M.O. g/kg	P mg/kg	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Granulometria			Classe Textural	Cor Munsell
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂												Areia	Silte	Argila		
	9A	0 - 20	5,5	4,4	4,7	27	5	1,5	26	13	3	42	40,5	82,5	49	7	320	140	540		2.5 YR 3 / 4
	9B	40 - 60	5,3	4,1	4,1	14	3	0,5	8	5	14	44	13,5	57,5	23	51	240	110	650		2.5 YR 3 / 4
	9C	79 - 100	5,5	4,3	4,3	14	4	0,2	4	3	8	32	7,2	39,2	18	53	210	110	650		2.5 YR 3 / 6
	10A	0 - 20	5,5	4,4	4,5	32	9	3,2	31	10	3	40	44,2	84,2	52	6	340	140	520		5 YR 3 / 3
	10B	40 - 60	5,4	4,1	4,3	19	3	0,4	16	5	12	40	21,4	61,4	35	36	190	140	670		2.5 YR 3 / 6
	10C	79 - 100	5,4	4,2	4,2	12	1	0,2	8	2	12	30	10,2	44,2	25	54	200	140	630		2.5 YR 3 / 6
	11A	0 - 20	5,6	4,5	4,9	22	7	5,0	27	12	0	30	44,0	74,0	59	0	270	230	500		5 YR 4 / 6
	11B	40 - 60	5,3	4,1	4,2	17	2	0,8	11	5	24	44	16,8	60,8	28	59	150	100	750		2.5 YR 4 / 6
	11C	79 - 100	4,8	4,0	4,0	32	1	0,8	5	1	42	40	6,8	46,8	15	86	100	150	750		2.5 YR 4 / 8
	12A	0 - 20	5,1	4,0	4,1	24	3	1,8	8	3	10	30	12,8	42,8	30	44	350	320	330		5 YR 4 / 2
	12B	40 - 60	4,8	3,9	3,9	17	2	1,1	11	5	34	60	17,1	77,1	22	67	180	220	600		5 YR 5 / 6
	12C	80 - 100	5,3	4,0	4,1	12	2	1,1	4	7	29	50	12,1	62,1	19	71	140	210	650		5 YR 5 / 8
	13A	0 - 20	4,9	3,9	3,9	19	3	2,0	7	5	23	50	14,0	64,0	22	62	210	310	400		7.5 YR 4 / 2
	13B	40 - 60	5,0	3,8	3,8	19	2	1,8	6	4	56	78	11,8	89,8	13	83	170	210	620		7.5 YR 5 / 6
	13C	80 - 100	5,0	3,7	3,7	12	1	1,1	1	3	78	90	5,1	95,1	5	94	160	210	630		5 YR 3 / 2
	14A	0 - 20	5,3	4,7	5,0	24	9	4,1	71	22	0	28	97,1	125,1	78	0	280	330	390		5 YR 3 / 2
	14B	40 - 60	5,1	4,0	4,2	12	2	3,2	13	11	8	30	27,2	57,2	48	23	360	310	330		5 YR 4 / 2
	14C	80 - 100	5,6	4,2	4,3	12	2	4,6	9	15	6	22	28,6	50,6	57	17	380	310	310		5 YR 4 / 2
	15A	0 - 20	5,0	4,0	4,0	24	2	2,6	5	3	18	56	10,6	66,6	16	63	280	140	580		2.5 YR 4 / 6
	15B	40 - 60	5,1	3,9	3,8	19	2	1,4	1	1	28	62	3,4	65,4	5	89	200	120	680		2.5 YR 4 / 6
	15C	80 - 100	5,0	4,1	4,3	17	1	0,3	7	3	12	30	10,3	42,3	26	54	210	150	640		2.5 YR 4 / 6
	16A	0 - 20	5,3	4,3	4,5	17	6	3,7	20	9	3	36	32,7	68,7	48	8	250	320	430		7.5 YR 4 / 4
	16B	40 - 60	5,4	4,4	4,8	17	3	0,9	38	11	1	30	49,9	79,9	62	2	150	180	670		7.5 YR 5 / 4
	16C	80 - 100	5,8	4,8	5,1	14	3	0,6	26	5	0	22	31,6	53,6	59	0	150	180	670		2.5 YR 5 / 4

m.arg= muito argiloso, arg= argiloso, mdare= médio arenoso, mdarg=médio argiloso; are= arenoso

Tabela III. Análise granulométrica e química das amostras de solos obtidas pelas tradagens. Pontos 17 a 24.

classificação dos solos	Amostra nº	Profund.cm....	pH			M.O. g/kg	P mg/kg	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m %	Granulometria			Classe Textural	Cor Munsell
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂												Areia	Silte	Argila		
	17A	0 - 20	4,9	3,8	4,2	19	3	3,8	13	7	23	52	23,8	75,8	31	49	310	280	410		7.5 YR 3 / 2
	17B	40 - 60	5,4	3,9	4,0	12	2	1,4	7	7	44	52	15,4	67,4	23	74	170	240	590		7.5 YR 5 / 4
	17C	80 - 100	4,9	3,8	3,9	9	2	1,7	1	9	62	61	11,7	72,7	16	84	190	230	580		5.0 YR 5 / 6
	18A	0 - 20	5,4	4,3	4,4	19	3	2,8	17	6	3	26	25,8	51,8	50	10	450	280	270		7.5 YR 4 / 2
	18B	40 - 60	5,4	4,2	4,6	12	3	1,2	32	8	2	22	41,2	63,2	65	5	450	240	310		7.5 YR 4 / 4
	18C	80 - 100	5,7	4,5	4,7	29	2	1,1	25	11	2	18	37,1	55,1	67	5	360	190	450		5.0 YR 5 / 6
	19A	0 - 20	5,0	4,0	4,1	22	3	1,5	11	5	12	42	17,5	59,5	29	41	220	130	650		5 YR 4 / 4
	19B	40 - 60	5,4	4,1	4,0	9	3	1,4	1	2	14	36	4,4	40,4	11	76	190	100	710		2,5 YR 4 / 4
	19C	80 - 100	5,0	4,0	4,1	14	3	1,5	1	2	17	36	4,5	40,5	11	79	230	130	640		2,5 YR 4 / 6
	20A	0 - 20	5,3	4,1	4,5	24	2	2,1	17	6	5	34	25,1	59,1	42	17	360	240	400		5 YR 4 / 8
	20B	40 - 60	4,9	3,9	4,0	17	1	0,4	2	2	27	42	4,4	46,4	9	86	250	130	620		5 YR 4 / 6
	20C	80 - 100	5,3	4,0	4,0	12	3	1,1	1	2	30	44	4,1	48,1	9	88	240	170	590		2.5 YR 4 / 4
	21A	0 - 20	5,1	3,9	4,1	17	2	1,4	12	7	35	54	20,4	74,4	27	63	250	250	500		5 YR 3 / 3
	21B	40 - 60	5,2	3,9	4,0	12	2	1,1	2	8	48	58	11,1	69,1	16	81	100	220	680		5 YR 4 / 3
	21C	80 - 100	5,1	3,8	3,9	9	2	1,4	1	7	60	66	9,4	75,4	12	86	80	170	750		5 YR 3 / 3
	22A	0 - 20	4,9	4,0	4,0	12	3	5,9	1	4	27	48	10,9	58,9	19	71	100	160	740		5 YR 3 / 4
	22B	40 - 60	4,9	4,0	4,0	12	1	2,3	1	6	22	34	9,3	43,3	21	70	80	200	720		2.5 YR 3 / 6
	22C	80 - 100	5,0	4,0	4,0	9	1	1,7	1	4	32	42	6,7	48,7	14	83	80	200	720		2.5 YR 3 / 4
	23A	0 - 20	4,7	3,8	3,8	27	3	1,5	1	2	28	74	4,5	78,5	6	86	220	160	620		10 R 3 / 4
	23B	40 - 60	4,9	4,0	4,0	24	2	0,4	7	3	19	66	10,4	76,4	14	65	200	140	660		2.5 YR 3 / 4
	23C	80 - 100	4,9	4,0	4,1	19	2	0,2	7	4	13	52	11,2	63,2	18	54	270	130	600		2.5 YR 3 / 4
	24A	0 - 20	4,9	4,0	4,2	32	6	0,8	12	6	13	71	18,8	89,8	21	41	60	210	730		2.5 YR 3 / 4
	24B	40 - 60	5,0	4,0	4,2	17	1	0,7	9	4	20	53	13,7	66,7	21	59	60	150	790		2.5 YR 3 / 6
	24C	80 - 100	5,1	4,1	4,2	17	2	0,7	6	3	14	46	9,7	55,7	17	59	50	190	760		2.5 YR 3 / 6

m.arg= muito argiloso, arg= argiloso, mdare= médio arenoso, mdarg=médio argiloso; are= arenoso

Tabela IV. Análise granulométrica e química das amostras de solos obtidas pelas tradagens. Pontos 25 a 32.

classificação dos solos	Amostra nº	Profund.cm.....	pH			M.O. g/kg	P mg/kgmmol/kg.....						T	V	m	Granulometria			Classe Textural	Cor Munsell
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂			Ca	Mg	Al	H	SB	Areia				Silte	Argila			
	25A	0 - 20	4,8	3,9	4,0	29	3	2,0	1	2	24	72	5,0	77,0	6	83	90	150	760		2.5 YR 3 / 4
	25B	40 - 60	5,2	4,4	5,0	17	1	0,3	14	5	0	18	19,3	37,3	52	0	110	120	770		2.5 YR 3 / 4
	25C	80 - 100	5,1	4,4	5,0	12	3	0,2	13	3	0	20	16,2	36,2	45	0	130	100	770		2.5 YR 3 / 4
	26A	0 - 20	4,9	4,3	4,5	29	6	4,0	12	8	3	44	24,0	68,0	35	11	60	150	790		2.5 YR 3 / 4
	26B	40 - 60	5,3	4,6	5,1	14	2	0,5	6	4	0	20	10,5	30,5	34	0	120	120	760		2.5 YR 3 / 4
	26C	80 - 100	5,4	4,6	5,2	12	2	0,2	7	5	0	14	12,2	26,2	47	0	130	100	770		2.5 YR 3 / 6
	27A	0 - 20	5,2	4,2	4,7	12	2	1,4	24	7	3	36	32,4	68,4	47	8	250	210	640		10 YR 3 / 4
	27B	40 - 60	5,6	4,4	4,8	12	1	1,7	18	6	1	26	25,7	51,7	50	4	190	200	610		5 YR 5 / 6
	27C	80 - 100	5,4	4,1	4,4	9	2	1,1	15	8	13	35	24,1	59,1	41	35	210	230	560		5 YR 4 / 4
	28A	0 - 20	5,2	4,2	4,3	19	1	2,0	10	5	13	44	17,0	61,0	28	43	290	440	270		10 YR 4 / 3
	28B	40 - 60	5,3	4,0	4,0	12	1	1,1	4	6	44	62	11,1	73,1	15	80	120	400	480		7.5 YR 5 / 8
	28C	80 - 100	5,3	4,1	4,0	14	1	0,9	1	7	50	60	8,9	68,9	13	85	160	390	450		7.5 YR 5 / 6
	29A	0 - 20	5,2	4,1	4,8	22	3	2,3	22	10	0	38	34,3	72,3	47	0	480	210	310		7.5 YR 4 / 2
	29B	40 - 60	5,2	4,1	4,2	12	3	1,2	11	8	46	66	20,2	86,2	23	69	140	250	610		2.5 YR 5 / 8
	29C	80 - 100	5,3	4,0	4,0	12	1	1,0	6	6	60	62	13,0	75,0	17	82	50	320	630		7.5 YR 5 / 6
	30A	0 - 20	5,0	4,1	4,4	24	6	3,9	31	12	6	58	46,9	104,9	45	11	120	250	630		5 YR 3 / 4
	30B	40 - 60	5,0	4,0	4,3	19	2	1,8	23	11	18	51	35,8	86,8	41	33	50	210	740		5 YR 4 / 6
	30C	80 - 100	4,9	4,0	4,3	19	1	1,4	14	8	30	58	23,4	81,4	29	56	50	170	780		5 YR 4 / 6
	31A	0 - 20	5,0	4,1	4,4	27	10	3,3	19	8	8	53	30,3	83,3	36	21	60	170	770		2.5 YR 3 / 4
	31B	40 - 60	5,6	4,9	4,8	14	2	4,1	13	5	0	28	22,1	50,1	44	0	50	130	820		2.5 YR 3 / 4
	31C	80 - 100	4,9	4,7	4,6	12	3	2,8	10	5	2	28	17,8	45,8	39	10	40	130	830		2.5 YR 3 / 4
	32A	0 - 20	5,1	4,3	4,4	24	2	1,1	10	4	7	46	15,1	61,1	25	32	60	130	810		2.5 YR 3 / 4
	32B	40 - 60	5,5	5,1	5,0	17	2	0,5	12	5	2	24	17,5	41,5	42	10	60	150	790		2.5 YR 3 / 4
	32C	80 - 100	5,0	4,9	4,7	17	2	0,2	5	2	2	24	7,2	31,2	23	22	110	110	780		2.5 YR 3 / 4

m.arg= muito argiloso, arg= argiloso, mdare= médio arenoso, mdarg=médio argiloso; are= arenoso

Tabela V. Análise granulométrica e química das amostras de solos obtidas pelas tradagens. Pontos 33 a 39.

classificação dos solos	Amostra nº	Profund.cm....	pH			M.O. g/kg	P mg/kg	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Granulometria			Classe Textural	Cor Munsell	
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂												Areia	Silte	Argila			
	33A	0 - 20	4,9	4,0	4,2	19	4	0,9	19	8	25	66	27,9	93,9	30	47	100	160	740		2.5 YR 3 / 4	
	33B	40 - 60	5,0	4,2	4,4	19	2	1,0	16	6	18	53	23,0	76,0	30	44	50	140	810		2.5 YR 3 / 4	
	33C	80 - 100	5,1	4,3	4,4	14	3	0,6	11	3	9	36	14,6	50,6	29	38	30	130	840		2.5 YR 3 / 6	
	34A	0 - 20	5,0	4,2	4,3	19	2	0,4	17	5	8	44	22,4	66,4	34	26	150	180	670		2.5 YR 4 / 4	
	34B	40 - 60	5,2	4,6	4,7	17	2	0,2	17	6	1	30	23,2	53,2	44	4	130	160	710		2.5 YR 4 / 8	
	34C	80 - 100	5,1	4,5	4,7	12	1	0,3	10	4	1	30	14,3	44,3	32	7	140	170	690		2.5 YR 3 / 6	
	35A	0 - 20	4,8	4,0	4,1	24	6	2,3	22	7	24	68	31,3	99,3	32	43	260	270	470		2.5 YR 4 / 2	
	35B	40 - 60	4,8	4,0	4,1	19	2	0,8	19	4	38	58	23,8	81,8	29	61	110	190	700		2.5 YR 5 / 8	
	35C	80 - 100	5,0	4,1	4,1	17	2	0,7	9	2	27	50	11,7	61,7	19	70	100	190	710		2.5 YR 5 / 8	
	36A	0 - 20	4,7	3,9	3,9	19	3	1,2	10	4	44	60	15,2	75,2	20	74	330	260	410		5 YR 4 / 2	
	36B	40 - 60	5,0	4,1	4,1	17	2	1,3	7	7	45	57	15,3	72,3	21	75	170	150	680		5 YR 4 / 6	
	36C	80 - 100	5,1	3,9	3,9	12	2	1,2	1	8	67	60	10,2	70,2	15	87	80	230	690		5 YR 4 / 6	
	37A	0 - 20	6,4	4,6	4,7	29	18	6,0	25	12	2	40	43,0	83,0	52	5	180	120	700		2.5 YR 3 / 4	
	37B	40 - 60	6,2	4,4	4,5	27	7	5,5	20	8	0	42	33,5	72,5	46	0	120	120	760		2.5 YR 3 / 3	
	37C	80 - 100	6,3	4,9	5,1	19	4	5,0	18	7	0	23	29,0	53,0	55	0	140	100	760		2.5 YR 3 / 3	
	38A	0 - 20	4,5	4,1	4,1	29	6	1,9	12	7	18	66	20,9	86,9	24	46	180	100	720		2.5 YR 3 / 4	
	38B	40 - 60	4,9	4,4	4,5	14	1	0,2	13	4	6	40	17,2	57,2	30	26	110	150	740		2.5 YR 3 / 4	
	38C	80 - 100	5,0	4,4	4,7	17	2	0,2	14	5	2	36	19,2	55,2	35	9	160	120	720		2.5 YR 3 / 4	
	39A	0 - 20	5,7	5,0	5,3	24	47	3,2	47	16	0	31	66,2	97,2	68	0	170	140	690		2.5 YR 3 / 4	
	39B	40 - 60	5,4	4,9	5,1	17	3	1,4	17	7	0	21	25,4	46,4	55	0	110	150	740		2.5 YR 3 / 4	
	39C	80 - 100	5,3	5,0	5,3	14	4	0,4	16	7	0	24	23,4	47,4	49	0	160	120	720		2.5 YR 3 / 4	

m.arg= muito argiloso, arg= argiloso, mdare= médio arenoso, mdarg=médio argiloso; are= arenoso

Tabela VI. Análise granulométrica e química das amostras de solos obtidas pelas tradagens. Pontos 40 a 44.

classificação dos solos	Amostra n°	Profund.cm....	pH			M.O. g/kg	P mg/kg	Kmmolc/kg.....	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Granulometria			Classe Textural	Cor Munsell
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂												Areia	Silte	Argila		
	40	0 - 20	5		4.4	9	4	0.5	7	3	3	25	11	36	30	22	872	20	108		2.5YR
		40 - 60	4.8		4.2	3	2	0.3	5	2	5	28	7	35	21	41	798	90	112		2.5YR
		80 - 100	4.6	4.3	4.0	8	2	0.3	4	1	8	34	5	39	13	60	664	90	143		2.5YR 4/6
	41	0 - 20	5,4		4,8	20	4	1,9	12	6	0	22	19,9	41,9	47	0	730	40	210		2.5YR
		40 - 60	4,9		4,3	13	3	0,7	4	2	9	25	6,7	31,7	21	57	700	40	240		2.5YR
		80 - 100	4,8	4,3	4,2	12	2	0,5	3	1	12	28	4,5	32,5	14	73	680	80	240		2.5YR 4/4
	42	0 - 20	4,7		4,1	18	3	0,4	2	1	9	34	3,4	37,4	9	73	750	20	230		2.5YR
		40 - 60	4,7		4,1	13	3	0,1	1	2	11	38	3,1	41,1	8	78	720	50	230		2.5YR
		80 - 100	4,7	4,2	4,1	11	3	0,1	1	2	10	31	3,1	34,1	9	76	750	40	210		2.5YR3/4
	43	0 - 20	4,4	4,0	3,9	27	5	0,5	4	3	34	90	7,5	97,5	8	82	110	110	780		2.5 YR 3 / 4
		40 - 60	4,6	4,1	4,1	17	1	0,2	3	2	16	48	5,2	53,2	10	75	100	120	780		2.5 YR 3 / 4
		80 - 100	4,8	4,3	4,2	24	2	0,2	6	1	6	51	7,2	58,2	12	45	130	120	750		2.5 YR 3 / 4

m.arg= muito argiloso, arg= argiloso, mdare= médio arenoso, mdarg=médio argiloso; are= arenoso

Tabela VII. Resultado da análise ataque sulfúrico.

IDENTIF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Ki	Kr
	g/kg						
1A	205,0	214,2	219,0	49,5	1,1	1,6	1,0
1C	208,0	230,0	204,1	48,7	0,8	1,5	1,0
2A	155,0	185,6	186,1	46,8	1,0	1,4	0,9
2C	168,0	231,0	186,6	46,8	0,6	1,2	0,8
3A	174,0	201,9	186,3	46,1	1,1	1,5	0,9
3C	195,0	223,9	180,0	46,1	0,6	1,5	1,0
4A	175,0	224,4	171,1	43,4	0,7	1,3	0,9
4C	196,0	224,8	181,2	42,1	0,6	1,5	1,0
5A	155,0	184,6	114,8	37,4	0,6	1,4	1,0
5C	183,0	202,9	110,2	34,8	0,5	1,5	1,1
6A	96,0	105,0	42,7	18,7	0,5	1,6	1,2
6C	218,0	175,9	53,4	20,7	0,2	2,1	1,8
7A	98,0	83,6	30,2	12,0	0,8	2,0	1,6
7B	140,0	109,6	19,3	6,0	0,4	2,2	2,0
8A	71,0	56,1	39,5	14,7	1,0	2,2	1,5
8C	143,0	119,8	38,6	15,4	0,2	2,0	1,7
9A	150,0	166,2	62,9	23,3	0,4	1,5	1,2
9C	180,0	199,9	68,3	25,4	0,3	1,5	1,3
10A	120,0	153,0	67,7	22,0	0,4	1,3	1,0
10C	190,0	209,1	76,6	24,7	0,3	1,5	1,3
11A	150,0	158,1	6,5	18,7	0,3	1,6	1,3
11C	245,0	213,7	8,1	20,0	0,2	2,0	1,6
12A	70,0	72,4	3,1	11,4	0,4	1,6	1,3
12C	201,0	174,9	5,0	14,7	0,2	2,0	1,7
13A	137,0	96,9	3,4	10,4	0,6	2,4	2,0
13C	268,0	190,7	4,0	8,0	0,1	2,4	2,1

Tabela VIII. Resultado da análise ataque sulfúrico.

IDENTIF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Ki	Kr
	g/kg						
14A	95,0	80,6	2,1	6,6	2,6	2,0	1,7
14C	213,0	135,6	1,7	4,5	0,3	2,7	2,5
15A	129,0	162,2	6,2	24,7	0,4	1,4	1,1
15C	183,0	206,0	7,2	24,1	0,3	1,5	1,2
16A	110,0	112,2	4,0	16,7	0,3	1,7	1,4
16C	181,0	199,9	6,0	18,0	0,2	1,5	1,3
17A	118,0	94,8	3,0	14,0	0,4	2,1	1,8
17C	192,0	161,6	4,2	10,7	0,1	2,0	1,7
18A	64,0	51,0	1,6	10,5	0,5	2,4	1,8
18C	164,0	130,5	4,0	10,4	0,2	2,4	1,8
19A	160,0	161,1	6,5	24,7	0,5	1,7	1,3
19C	190,0	208,0	6,8	24,7	0,3	1,6	1,3
20A	177,0	165,2	5,5	17,4	0,3	1,8	1,5
20C	196,0	193,8	4,7	16,4	0,2	1,7	1,5
21A	187,0	153,0	57,7	18,0	0,3	2,1	1,7
21C	262,0	199,8	45,2	11,8	0,1	2,2	2,0
22A	229,0	196,8	112,8	32,0	0,4	2,0	1,5
22C	244,0	198,8	86,0	27,2	0,3	2,1	1,6
23A	182,0	194,8	147,3	43,4	0,7	1,6	1,1
23C	170,0	202,9	143,5	40,1	0,5	1,4	1,0
24A	187,0	193,8	120,5	30,7	0,7	1,6	1,2
24C	215,0	229,0	109,0	26,7	0,3	1,6	1,2
26A	183,0	218,8	198,9	44,1	1,3	1,4	0,9
26C	182,0	239,7	196,6	41,4	0,9	1,3	0,9
25A	186,0	213,7	163,2	34,8	1,6	1,5	1,0
25C	190,0	234,1	163,7	33,4	1,3	1,4	1,0

Tabela IX. Resultado da análise ataque sulfúrico.

IDENTIF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Ki	Kr	IDENTIF	Fe ₂ O ₃	Ki
	g/kg									
27A	167,0	140,7	60,8	17,4	0,5	2,0	1,6	40 A	105,4	
27C	198,0	162,7	54,5	16,0	0,3	2,1	1,7	40C	100,6	1,3
28A	65,0	72,9	30,9	13,6	0,3	1,5	1,2	41 A	130,4	
28C	170,0	138,7	41,1	13,0	0,2	2,1	1,8	41C	129,0	1,03
29A	90,0	95,9	115,5	19,7	0,5	1,6	0,9			
29C	245,0	208,0	65,2	14,0	0,1	2,0	1,7	42 A	133,8	
								42C	132,4	1,1
30,0	110,0	101,0	79,7	9,1	0,2	1,8	1,2			
30C	230,0	229,0	95,6	24,0	0,2	1,7	1,4			
31A	187,0	227,9	161,1	37,4	0,8	1,4	1,0	43A	125,0	
31C	210,0	249,9	168,7	42,7	0,6	1,4	1,0	43C	130,0	1,3
32A	115,0	150,9	169,8	17,3	1,2	1,3	0,7			
32C	175,0	241,7	191,4	53,4	1,1	1,2	0,8			
33A	210,0	197,8	129,4	32,4	0,8	1,8	1,3			
33C	240,0	237,6	145,9	36,1	0,4	1,7	1,2			
34A	90,0	76,0	66,3	8,0	0,3	2,1	1,3			
34C	225,0	218,8	103,1	25,3	0,3	1,8	1,3			
35A	158,0	164,7	123,5	37,4	0,7	1,6	1,1			
35C	190,0	212,6	136,9	43,4	0,6	1,5	1,1			
36A	120,0	96,4	58,3	28,1	0,8	2,1	1,5			
36C	262,0	208,0	76,3	21,3	0,2	2,1	1,7			
37A	175,0	216,7	194,6	46,8	0,8	1,4	0,9			
37C	183,0	225,9	202,9	54,8	0,8	1,4	0,9			
38A	180,0	202,9	151,4	49,5	0,7	1,5	1,0			
38C	177,0	223,9	155,5	53,4	0,6	1,3	0,9			
39A	165,0	192,8	143,3	45,5	0,9	1,5	1,0			
39C	196,0	218,7	153,3	52,1	1,0	1,5	1,1			

Morfologia de perfis

P1; Relevo: suave ondulado a plano, posição de topo

Ap 0-25 cm vermelho escuro (2.5YR 3/5), fraca, pequena, granular, macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana; raízes abundantes

Bw1 25-55 cm vermelho escuro, 2.5YR 3/7, fraca pequena, granular, macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição difusa e plana, raízes abundantes

Bw2 55-95 cm vermelho escuro 2.5YR 3/7, maciça porosa que se desfaz em fraca pequena granular; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição difusa e plana, raízes escassas

Bw3 95-200+ vermelho escuro 2.5YR 3/8, maciça porosa que se desfaz em fraca pequena granular; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, raízes escassas

P2; Relevo suave ondulado, posição de terço médio superior

Ap 0-10 cm vermelho escuro (2.5YR 3/3), forte, média granular, duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana, raízes abundantes

AB 10-28 cm bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/4), forte pequena blocos subangulares, cerosidade fraca, duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição difusa e plana, raízes abundantes

Bt 28-132 cm bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/6) blocos pequena a média subangulares, cerosidade moderada, duro, firme plástico e pegajoso, transição gradual, raízes escassas

P3 relevo ondulado, posição de terço médio inferior

Ap 0-23 cm, bruno escuro (10YR 4/3) granular a blocos pequenos moderada, ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e pegajoso, transição abrupta; raízes abundantes

Bt1 23-44 cm bruno avermelhado (5YR 4/4), blocos angulares, pequena moderada, cerosidade fraca e pouca, duro, firme, plástico e pegajoso, transição gradual e plana, raízes escassas

Bt2 44-150+ vermelho amarelado (5YR 4/6, mosqueado vermelho, abundante, blocos pequenos a médios subangulares moderado, cerosidade moderada a forte, duro, firme, plástico e pegajoso, raízes escassas

P4; Relevo: plano terço médio

Ap 0-20 cm vermelho escuro (2.5YR 3/4), fraca, pequena, granular, macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana; raízes abundantes

Bw1 20-60 cm vermelho escuro, 2.5YR 3/6, fraca pequena, granular, macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição difusa e plana, raízes abundantes

Bw2 60-100 cm vermelho escuro 2.5YR 3/6, fraca pequena granular; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição difusa e plana, raízes escassas

Bw3 100-200+ vermelho escuro 2.5YR 3/6, fraca pequena granular; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, raízes escassas

P5 relevo ondulado terço inferior

Ap 0-20 cm granular, muito pequena a pequena, moderada a fraca, transição clara

Bi 20-45 cm subangular, média, moderada transição clara

C 45-60 cm presença de cascalho abundante e material de solo

R 60 cm + rocha material argilito e folhelho

P6 relevo forte ondulado encosta

Ap 0-20 cm bruno acinzentado 10YR 3/2; forte grande a muito grande granular, firme, plástico e pegajoso, transição abrupta, raízes abundantes

C 20-30 formado por argilitos ou folhelhos de diversas cores, entremeado por material de solo

R 30 cm folhelho

P7 plano planície ao lado do rio piracicaba

Ap 0-25 10YR 5/2 granular, muito pequena, fraca, transição clara, raízes poucas

Bg1 25-60 10YR 4/1 presença mosqueados

Bg2 60+ 10YR4/1 e 10YR 6/2

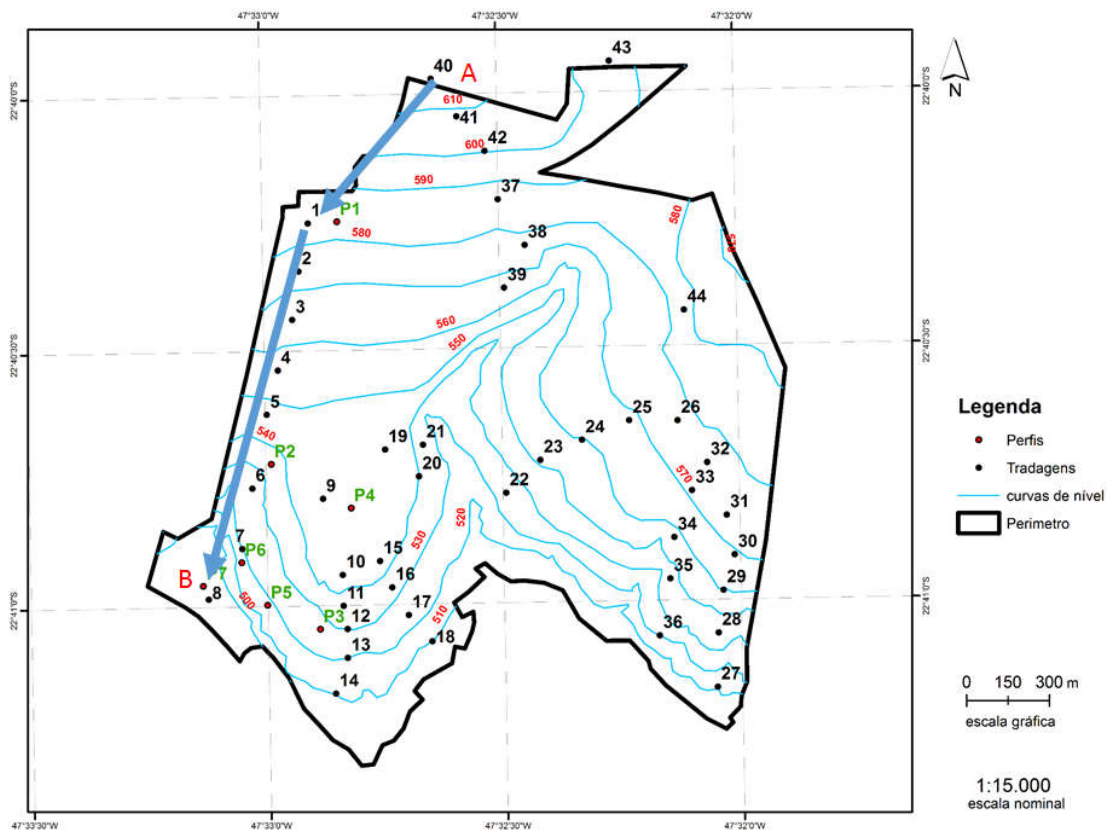
FASE: Delimitação de solos

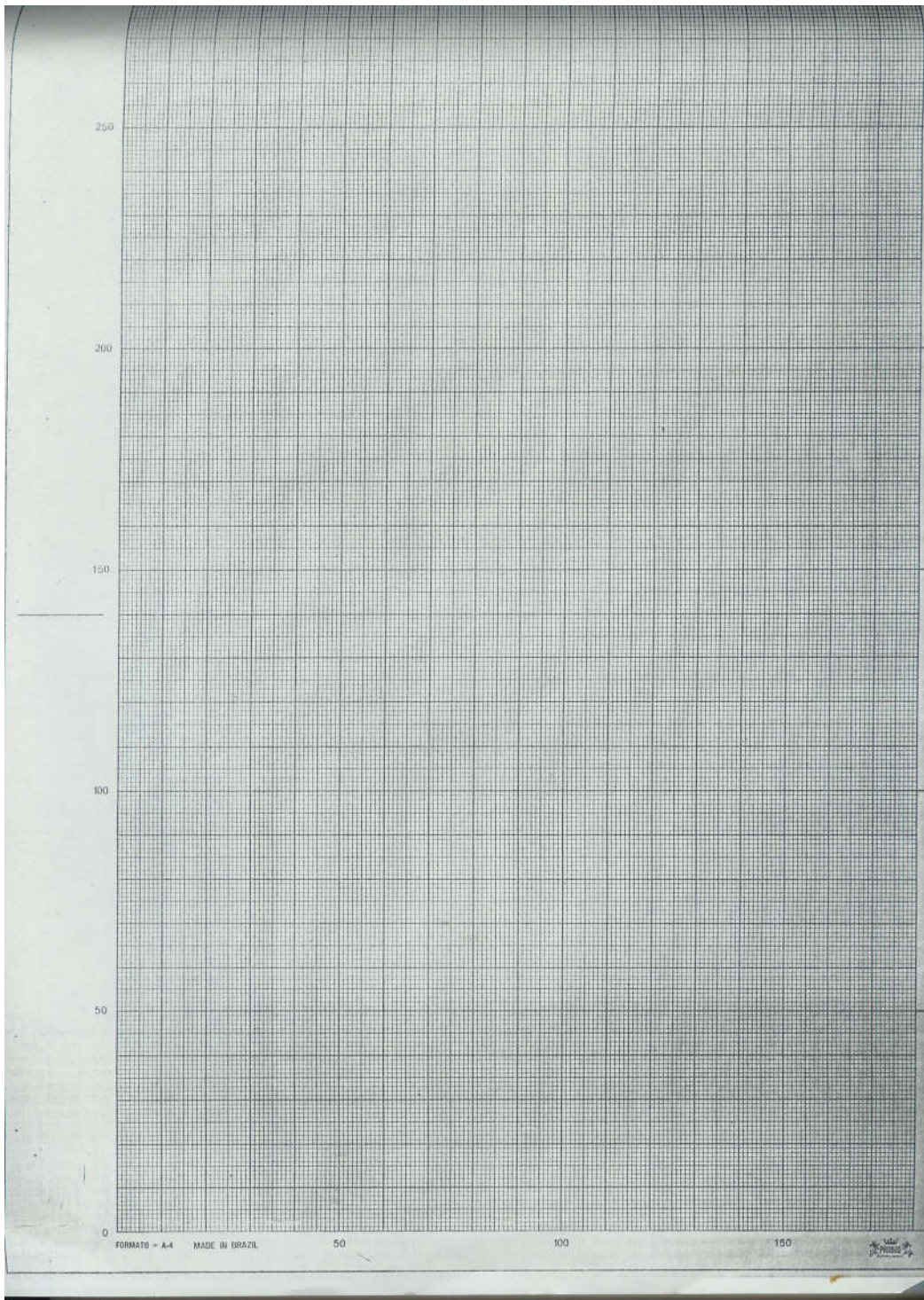
No mapa com as curvas de nível e solos classificados, realizar o traçado de linhas que separem os grupos de solos. Iniciar delimitando a linha que separa a RQ do LV2; depois do LV2 do LVf1 e finalmente do LVf1 do LV1. Depois separar o LV1 do PV.

B- PRÁTICA EXTRA

a. Interpretação longitudinal

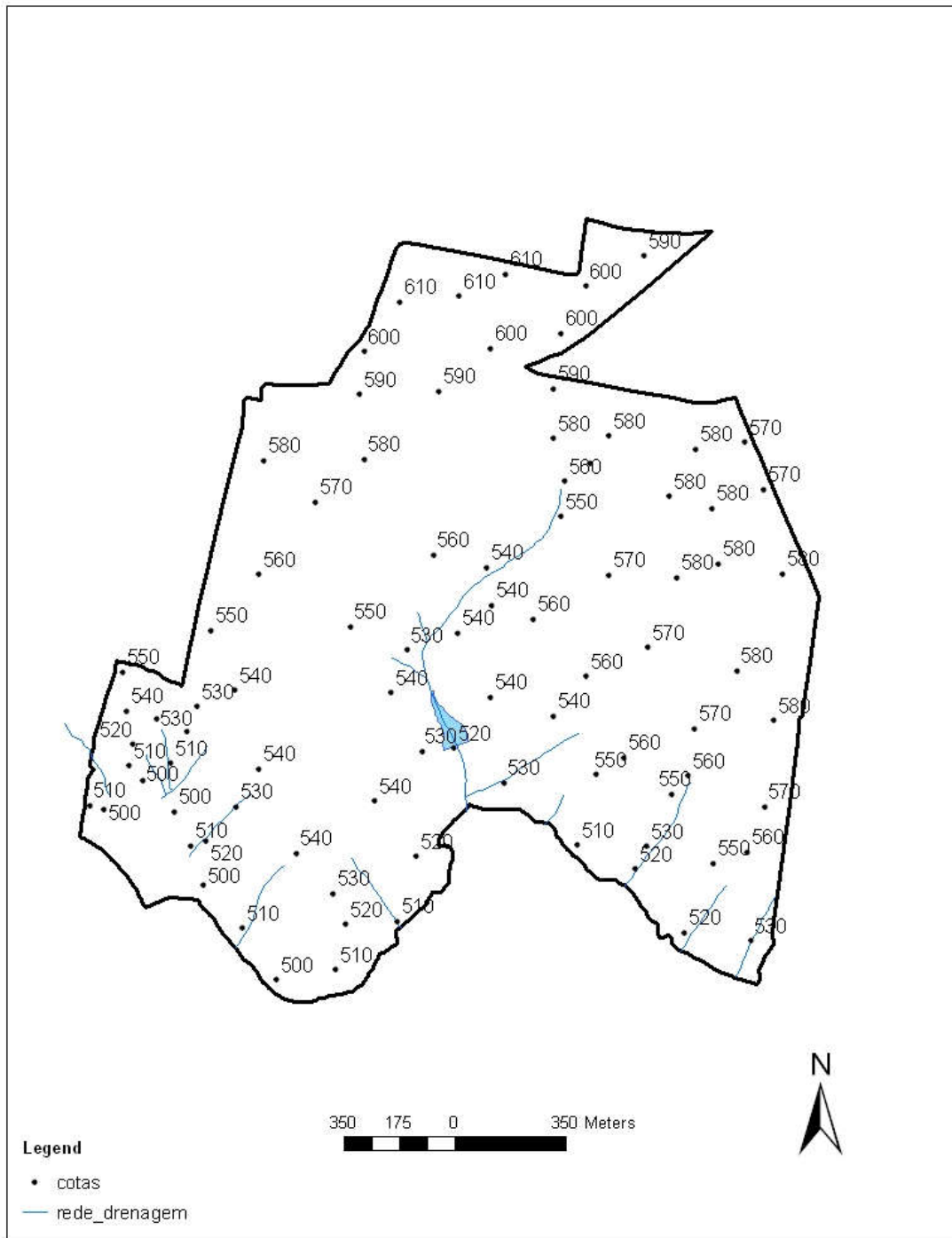
- observe o mapa com curvas de nível no qual você inseriu as classificações de solos.
- trace uma linha reta (transceção) partindo do ponto A (T40) seguindo tradagem a tradagem no seguinte sentido - T1, 2, 3, 4, 19, 10, 11, 12, 13, 7, 8, rio.
- Transfira esta transceção para o papel milimetrado. Coloque no eixo X as distâncias aproximadas de cada ponto da transceção e no eixo y a altitude em metros do ponto ao rio. Trata-se da montagem de um corte longitudinal da topossequência mais completa da área. Complete a figura com informações dos solos locais de tradagens, perfis e geologia.





b. Iniciação em delimitação de solos

- observe o mapa a seguir. Ligue os pontos de mesma cota de maneira sinuosa. Neste caso a curva sinuosa vai representar a forma como é traçada as curvas de nível. O solo é delimitado de maneira semelhante, porém juntando outras características como análises de solo e relevo.



c. Questionário

1. O que é um mapa de solos?
2. Citar os equipamentos e materiais utilizados no desenvolvimento de um mapa de solos.
3. Descreva o que é uma unidade de mapeamento e uma unidade taxonômica.
4. Num mapa de solos tem-se a seguinte unidade de mapeamento: RL e PV. Trata-se de que tipo de unidade de mapeamento?
5. Para que foi criada a unidade de mapeamento tipo associação?
6. Exemplifique os mapas base existentes (citar o “tipo”: exemplo: fotografias aéreas coloridas).
7. Qual dos mapas base é o mais utilizado? Por que?
8. Qual a diferença entre as fotografias aéreas e imagens de radar quando utilizadas como mapas base?
9. Qual a vantagem de uma imagem de satélite quando utilizada como mapa base?
10. Quais os níveis de mapas de solos existentes?
12. Descreva as diferenças entre um mapa de solos nível semidetalhado e um de reconhecimento.
15. Suponha que você tenha um mapa planialtimétrico escala 1:50.000 e deseja realizar um mapa detalhado de solos. Baseado na área mínima mapeável este mapa é adequado para os objetivos propostos?
16. Dimensionamento de um mapa de solos. Dados: mapa base planialtimétrico escala 1:25000; área de 10.000 ha, solos homogêneos. Objetivo: determinar mapa de solos nível semidetalhado para fins de manejo.
 - Qual a área mínima mapeável? O mapa planialtimétrico pode ser usado?
 - Qual a densidade de observação mínima e máxima?
 - quais as profundidades de amostragem sugeridas?
 - quantos perfis são sugeridos?
17. Qual a diferença entre os termos: levantamento de solos e mapeamento de solos?
18. O que é um levantamento de solos?
19. Qual é a diferença entre classificação e levantamento de solos?
20. Quais os objetivos de um levantamento de solos?
21. De que maneira os levantamentos de solos podem auxiliar a agricultura? Cite exemplos práticos.
22. Em que momento de um planejamento agrícola deve ser realizado o levantamento de solos?
23. Qual a situação atual do Brasil em termos de mapas de solos?
24. O que são mapas base? Cite exemplos.
25. O que é uma classe de solo e uma unidade de mapeamento?
26. Qual a diferença entre unidade de mapeamento e unidade taxonômica? Dê exemplos.
27. Quais os tipos de unidade de mapeamento? Explique as diferenças.
28. Quais os critérios utilizados na escolha do nível de levantamento de solos a ser desenvolvido?
29. Cite os níveis de levantamento de solos existentes.
30. Qual o nível de mapa que você escolheria para realizar um planejamento ao nível de propriedade?
31. Por que um mapa de reconhecimento não pode ser utilizado para planejar o sistema agrícola ao nível de propriedade?
32. O que significa legenda preliminar de solos?
33. Quais os métodos de prospecção? Explique.
34. O que é densidade de observação? Como ela é estimada?
35. Quais os tipos de observação importantes para a realização de um levantamento de solos?
36. O que é área mínima mapeável?
37. Qual a área mínima mapeável sugerida para levantamentos de solos níveis detalhado e reconhecimento?
38. Quais as profundidades recomendadas para amostragens para fins de levantamento?
39. Explique por que deve-se coletar uma amostra de terra em profundidade superior a 80 cm?
40. Quais as diferenças entre a amostragem de solos para fins de fertilidade e para fins de levantamento de solos?
41. Quais são as funções principais das análises de solos num levantamento?
42. Quais os tipos de análises em laboratório mais recomendadas?
43. O que é a saturação por bases? Como este parâmetro auxilia no levantamento de solos?
44. O que é o Ki? Qual a sua relação com a mineralogia dos solos? Defina e explique sua importância na avaliação de um solo.
45. Quais são as classes de textura existentes e as respectivas faixas de teores de argila?

46. Na sequência de elaboração de um levantamento de solos, o que vem primeiro, tradagens ou perfis? Por que?
47. Qual a função, como deve ser dimensionada e onde deve ser localizada uma trincheira?
49. Explique a diferença entre escala de publicação e escala do mapa base.
50. Qual possui escala de publicação MENOR, o esquemático ou semi-detalhado?
51. Explique a diferença entre unidade taxonômica e unidade de mapeamento.


Leitura e resumo crítico Artigo científico numero 1, pg 258-264

d. Observe Análises de solos de diferentes regiões, complete os quadros e responda as questões.

Região: Maracajú-MS

Perfil	Sigla solo	Talhão	Número Laboratório	pH			Química										Granulometria			Delta pH	Gradiente	Silte/argila	Atividade argila	Caráter ácrico	
				H ₂ O	KCl	CaCl ₂	mo	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Areia	Silte						Argila
							gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹	mmolc.kg ⁻¹						%		----- % -----								
P21A	LVf m.arg. acríco	17	20281		5,6	33	9	1,0	47	36	0	25	84,0	109,0	77	0	23	8	69						
P21B			20448		4,4	20	1	0,4	3	2	7	47	5,4	52,4	10	56	18	13	69						
P21C			18206	4,1	4,4	4,2	18	1	0,1	1	1	5	40	2,1	42,1	5	70	15	14	71					

Perfil	Sigla solo	Número Laboratório	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Ki	Kr
			g kg ⁻¹						
P21C	LVf	410	172,2	215,6	321,3	49,1	1	1,36	0,69

	Perfil 21, LVf muito argiloso		
	Ap	0-20	Granular muito pequena
	Bw1	20-60	Estrutura granular pequena, forte, duro, friável, transição difusa.
	Bw2	60+	blocos médios, forte, duro, friável, plástico, muito pegajoso, 2.5YR3/4

Marque os itens aos quais este solo pertence:

() ácrico () alta atividade de argila () baixa atividade de argila () com gradiente textural () sem gradiente textural

Baseado no índice ki qual a mineralogia predominante?

Baseado na relação silte/argila trata-se de um solo muito intemperizado?


Baseado no teor de ferro qual a classificação?

Baseado no delta pH qual a situação das cargas neste solo?

Região: Rio Brillhante (perfil 14)

Perfil	Sigla solo	Ta-lhão	Núme-ro Laborató-rio	pH			Química										Granulometria			Del-ta pH	Gra-dien-te	Silte/argi-la	Ativi-dade argila	Caráter ácrico	
				H ₂ O	KCl	CaCl ₂	Mo	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Are-ia	Sil-te						Argi-la
				gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹	mmolc.kg ⁻¹									%	----- % -----			cmoldm ⁻³ argila						
P14A	NVL	131	20274		5,1	47	7	1,9	84	20	0	42	105,9	147,9	72	0	10	17	73						
P14B			20441		5,3	31	4	0,7	53	13	0	38	66,7	104,7	64	0	8	14	78						
P14C			18199	5,1	5,1	5,2	20	1	0,7	41	4	0	23	45,7	68,7	67	0	5	15	80					

Perfil	Sigla solo	Número Laboratório	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Ki	Kr
			g kg ⁻¹						
P14C	NVL	403	211	230,1	254,9	37	0,7	1,56	0,91

	Perfil 14 NVL	
	Ap	0-30 Estrutura modificada pelo manejo. Compactação moderada e raízes finas.
	Bt	30-18 Estrutura forte. Blocos médios, duro, pouco friável, pouco plástico, pegajoso, transição plana e gradual. Cerosidade moderada. 2.5YR 3/4
Bw	80+ blocos médios, duro, friável, plástico, muito pegajoso, transição plana e gradual	

Marque os itens aos quais este solo pertence:

() ácrico () alta atividade de argila () baixa atividade de argila () com gradiente textural () sem gradiente textural


Baseado no índice ki qual a mineralogia predominante?

Baseado na relação silte/argila trata-se de um solo muito intemperizado?

Baseado no teor de ferro qual a classificação?

Baseado no delta pH qual a situação das cargas neste solo?

Região: Rio Brillhante, MS

Perfil	Sigla solo	Talhão	Número Laboratório	pH			Química										Granulometria			Delta pH	Gradiente	Silte/argila	Atividade argila	Caráter ácido	
				H ₂ O	KCl	CaCl ₂	Mo	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Areia	Silte						Argila
				gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹	mmole.kg ⁻¹						%			----- % -----			cmoldm ⁻³ argila							
P43A	RL	4	20303			5,1	35	3	2,6	55	16	0	42	73,6	115,6	64	0	2	15	83					
P43B			20471			5,3	8	3	1,2	31	21	0	28	53,2	81,2	66	0	2	17	81					
P43C			18228	5,3	5,1	5,5	10	1	0,1	49	12	0	20	61,1	81,1	75	0	46	19	35					
				Perfil 43, RL de basalto																					
				Ap	0-30	Granular pequena.																			
				C ₁	30-40	Material fragmentado abundante, sem estrutura.																			
				C ₂	40-60	Material fragmentado abundante, sem estrutura, porém com maior incidência de rocha																			
				R	60-140	basalto																			

Marque os itens aos quais este solo pertence:

() ácido () alta atividade de argila () baixa atividade de argila () gradiente textural () sem gradiente textural

Baseado na relação silte/argila trata-se de um solo muito intemperizado?

Baseado no delta pH qual a situação das cargas neste solo?

Região: Região São Carlos, SP

Perfil	Sigla solo	Ta-lhão	Número Laboratório	pH			Química										Granulometria			Cor úmida			
							Mo	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Are-ia	Sil-te				Argi-la
				H ₂ O	KCl	CaCl ₂	gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹	mmol.kg ⁻¹					%		g.kg ⁻¹			Matiz	V	C		
P29A	PV	5	20303	5,2	5		8	3	4,7	11	4	0	16	20	36	55	0	870	44	86	4.6YR	3.5	1.6
P29B			20471	6,0	5		9	1	0,3	40	7	1	20	47	67	70	2	609	52	339	3.5YR	3.4	2.6
P29C			18228	6,3	5,5		5	1	0,5	28	11	1	16	40	56	71	2	649	44	307	3.3YR	3.6	2.4

Gradiente	Silte/argila	Ácrico	atividade argila
		cmol.kg ⁻¹	



Perfil 29 PV		
Ap	0-40	Granular muito pequena, solta
Bt1	40-145	Estrutura blocos médios moderada, cerosidade abundante; Transição clara
Bt2	145+	Estrutura blocos médios moderada, cerosidade abundante

Marque os itens aos quais este solo pertence:

ácrico alta atividade de argila baixa atividade de argila com gradiente textural sem gradiente textural


Baseado na relação silte/argila trata-se de um solo muito intemperizado?

Baseado no delta pH qual a situação das cargas neste solo?

Região: São Carlos, SP

Perfil	Sigla solo	Talhão	Número Laboratório	pH			Química										Granulometria			Cor úmida			
				H ₂ O	KCl	CaCl ₂	mo	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Areia	Silte				Argila
							gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹	mmolc.kg ⁻¹						%		g.kg ⁻¹			Matiz	V	C	
P48A	NV	19	17447	6,1	5		24	25	6,4	52	20	0	31	78	109	72	0	440	223	337	3.8YR	3.3	1.4
P48B			17448	6,4	6		16	2	0,6	66	18	0	22	85	107	79	0	270	198	532	2.9YR	3.5	1.9
P48C			17449	6,6	6,0		10	1	0,3	47	15	0	18	62	80	78	0	270	257	473	3.5R	3.9	1.2

Gradiente	Silte/argila	Ácrico	atividade argila
		cmolc.kg ⁻¹	

	Perfil 48, NV		
	Ap	0-35	Granular pequena e blocos pequenos
	Bn1	35-130	Blocos médios, grandes, forte, cerosidade forte
	Bn2	130+	blocos a prismática médios e pequenos, forte

Marque os itens aos quais este solo pertence:

ácrico alta atividade de argila baixa atividade de argila com gradiente textural sem gradiente textural

Baseado no delta pH qual a situação das cargas neste solo?

Perfil	Sigla solo	Ta-lhão	Número Laboratório	pH			Química										Granulometria			Cor úmida			
				H ₂ O	KCl	CaCl ₂	mo	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	V	m	Are-ia	Sil-te				Argi-la
							gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹	mmolc.kg ⁻¹						%		%			Matiz	V	C	
P27A	GX	85	8636	6	5	5,3	13	9	0,3	8	3	0	10	11,3	21,3	53	0	84	6	10	9.3YR	3.9	1.4
P27B			8637	5	4	4,3	5	1	0,4	9	1	3	6	10,4	16,4	63	22	80	4	16	0.1Y	4.7	2.1
P27C			8638	4,5	4,1	3,9	5	1	0,3	12	3	5	10	15,3	25,3	60	25	72	6	22	1.1YR	4.9	1.9
P27D			8639	5	3,9	4,4	8	1	0,9	2	1	9	10	3,9	13,9	28	70	70	10	20	1.6Y	5.4	1.8

Gradiente	Silte/argila	Ácrico	atividade argila
		cmolc.kg ⁻¹	

Perfil 27, GX		
Ap	0-22	Blocos pequenos
Bt	22-60	
Bg1	60-90	Ambiente mal drenado, ambiente de acúmulo de água causando redução de ferro, (cores acinzentadas)
Bg2	90+	

Marque os itens aos quais este solo pertence:

() ácrico () alta atividade de argila () baixa atividade de argila () com gradiente textural () sem gradiente textural

Baseado na relação silte/argila trata-se de um solo muito intemperizado?

Baseado no delta pH qual a situação das cargas neste solo?

Referências

- Assad, E.D. & Sano, E.S. Sistema de informações Geográficas – Aplicações na Agricultura. Segunda edição., Brasília: Embrapa, SPI/CPAC, 1998, 434 p.
- Camargo, M.N.; Klamt, E.; Kauffman, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. B. Inf., Soc. Brasileira de Ci. Solo, Campinas, 12(1): 11-33, 1987. Coleman, T.L. & Montgomery, O.L. Soil moisture, organic matter, and iron content effect on the spectral characteristics of selected Vertisols and Alfisols in Alabama. Photogram. Eng. Rem. Sens.; Falls Church, 53(12): 1659-1663, 1987.
- Carver, A.J. Fotografias aéreas para planejadores do uso da terra/ A.J. Carver; tradutor Ruth Ferraz do Amaral. Brasília, 1988, 77 p.
- Demattê, J.A.M. Relações entre dados espectrais e características físicas, químicas e mineralógicas de solos desenvolvidos de rochas eruptivas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1995. 265 p. (Tese Doutorado).
- Demattê, J.A.M. & Demétrio, V.A. Caracterização de solos por padrões de drenagem e sua relação com índices de intemperismo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.33, n.1; p.87-95, jan., 1998.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Normas e critérios para levantamentos pedológicos. Rio de Janeiro, 1989, 94 p.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. Brasília, Humberto Gonçalves dos Santos et al. SPI, 1995.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos, 4 aproximação. Rio de Janeiro, 1999, 169 p.
- Epiphânio, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Valeriano, M.M. & Oliveira, J.B. Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1992. 131 p.
- França, G.V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba: ESALQ-USP, 1968, 151 p. Tese de Doutorado.
- GER. Geophysical & Environmental Research Corp. User manual of Mark V Spectroradiometer. Millbrook, NY, 1997, 63p.
- Hunt, G.R. & Salisbury, J.W. Visible and infrared spectra of minerals and rocks: II. Carbona. Modern Geol.; New York, 2:23-30, 1970.
- Koffler, N.F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao mapeamento do uso da terra. Apontamentos de aulas da disciplina Sensoriamento remoto aplicado solos e planejamento do uso da terra, do curso de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba, 1992,
- Labrandero, J.L.; Sanz, M.P.; Rodrigues, G.; Carlevaris Muniz, J.J. Reconhecimento de suelos en la formación ranã utilizando imagenes. In: Congresso Nacional de la Ciência del Suelo, 2. Sevilla, 26-30 Sep., 1988. p. 378-383.
- Lepsch, I. F.; Bellinazzi Jr., R.; Bertolini, D.; Espíndola, C.R. Manual para levantamento do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991, 175 p.
- Novo, E.M.L.M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. INPE/MCT, São José dos Campos, 1988, 351 p.
- Madeira Netto, J.S. Spectral reflectance properties of soils. Photo interpretation.; Paris, n° 1996/2, vol.34: 59-72. 1996.
- Prado, H. do. Manual de classificação de solos do Brasil. Jaboticabal: FUNEP, 1995, 197 p.
- Prado, H. do. Solos tropicais: potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso. Jaboticabal: FUNEP, 1998, 231 p.
- Ramalho Filho, A.; Pereira, E. G.; Beek, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília, PLAN/MA – SNLCS/EMBRAPA, 1978, 70 p.
- Stoner, E.R. & Baumgardner, M.F. Characteristic variations in reflectance of surface soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., Madison, 45:1161-1165, 1981.
- Swain, P.H.; Davis, S.M. Remote sensing: a quantitative approach. Lafayette, McGraw-Hill. 1978.
- Vettorazzi, C.A. Sensoriamento remoto orbital. Apontamentos de aulas da disciplina Sensoriamento remoto aplicado a recursos naturais, do curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem. Piracicaba, 1991, ESALQ, USP, 131 p.
- Vitorêllo, I. & Galvão, L.S. Spectral properties of geologic materials in the 400 to 2500 nm range: review for applications to mineral exploration and lithologic mapping. Photo interpretation, Paris, n° 1996/2, vol.34: 77-99. 1996.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
Campus de Piracicaba

LSO 660 – Tecnologia do Solo – 2017
Teórico/Prática – Tema:

Caracterização e Espacialização do meio físico, como base para o planejamento do uso da terra

Prof. Dr. J. Alexandre Demattê
Departamento de Ciência do Solo

Capítulo 2: Fotointerpretação e Fotopedologia

Introdução

O solo é um dos mais importantes recursos naturais da terra, pois dependemos dele para o nosso sustento. A erosão não só degrada o solo, mas concorre para outros impactos que também são severos, como o assoreamento e a queda na produtividade. Portanto, precisamos ampliar nosso conhecimento para melhor protegê-los. Neste aspecto, o sensoriamento remoto tem sido considerado uma importante ferramenta nos mais diversos aspectos relacionados a agronomia e em particular aos estudos de solos e uso da terra. Tal técnica pode auxiliar na identificação e caracterização de solos, vegetação, geologia, planejamento de cidades e desenvolvimento urbano, uso atual da terra, planejar o controle de erosão, programar reflorestamentos e planejar o uso da terra.

O conhecimento da distribuição dos solos do Brasil, apresenta como dificuldade a enorme dimensão territorial (aproximadamente 8,5 milhões de km²). Por outro lado, os mapeamentos de solos são ainda muito generalizados. A caracterização e o conhecimento dos solos é a base para a elaboração de mapas de solos e uso da terra. Como consequência, pode-se racionalizar o seu uso, diminuindo os impactos do manejo agrícola, permitindo maiores produtividades. Para a avaliação dos solos, são realizadas análises físicas, químicas e mineralógicas, as quais são normalmente caras e demoradas. Neste sentido, novas técnicas devem ser desenvolvidas com o objetivo de, conjuntamente com as convencionais, auxiliar no diagnóstico qualitativo e quantitativo dos solos.

Várias são as técnicas de sensoriamento remoto no monitoramento e discriminação de solos e uso da terra, como as fotografias aéreas, imagens multiespectrais, uso de sensores ativos e passivos. Destas, as fotografias aéreas aparecem como a de mais antiga utilização, porém, ainda com grande utilidade, sendo a base para o entendimento das relações solo/paisagem, muito utilizado em levantamento de solos. Com o surgimento das imagens orbitais e os estudos espectrais, ampliou-se o potencial do sensoriamento remoto. Nos dias atuais, cientistas exploram metodologias que venham a explorar os padrões de interação das propriedades dos solos e plantas com sua energia refletida, com o propósito de extrair o máximo de informações sobre as suas características biofísicas.

Dentro do geoprocessamento podemos incluir uma série de técnicas e equipamentos que se complementam, entre eles o sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas e GPS.

É nesse contexto, que os produtos do sensoriamento remoto constituem um importante material de apoio nos trabalhos de levantamentos de solos e uso da terra.

2 Evolução do Sensoriamento remoto

O inventário sobre os solos pode ser realizado pelos métodos convencionais de levantamento de solo, estabelecidos por Brasil (1960). Por outro lado, o solo também pode ser avaliado por métodos como os iniciados por Westin & Frazee (1976) e Venkataratnam (1980). Geralmente os métodos convencionais são trabalhosos, caros e demorados, quando comparados com as técnicas de mapeamento por sensoriamento remoto.

Crepani, em 1983, define de forma sucinta e que melhor expressa a definição do termo sensoriamento remoto: " é a ciência e a arte de se obterem informações sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados coletados por aparelhos denominados sensores, que não entram em contato direto com os alvos em estudo".

Pode-se dizer que o sensoriamento provavelmente teve seu início com Laussedat, em 1850, que realizou um 1º trabalho utilizando fotografias, tendo sido chamado então de "Pai da Fotogrametria". Ele combinou o teodolito com a máquina fotográfica, obtendo medidas das fotos (fototeodolito), em relação a um espaço. A partir de 1860, foram tiradas as primeiras fotografias aéreas usando papagaios e balões, não obtendo bons resultados. A primeira fotografia aérea com resultados foi tirada utilizando um balão em 1887, por Fairman nos EUA. Em 1900 iniciaram-se trabalhos onde tiravam fotos aéreas com grande ângulo de recobrimento.

O desenvolvimento das fotografias aéreas, viria, entretanto, na época da primeira guerra mundial, fotos essas tomadas de avião para fins de mapeamento em 1913, pelo capitão Tardivo, na cidade de Bengasi. O aperfeiçoamento ocorreu na segunda grande guerra em 1939.

As aplicações de SR em pedologia começaram nos anos 30 com a utilização de fotografias aéreas como mapas-base. Nos anos 60, um novo impulso ocorreu com o desenvolvimento de novas técnicas cartográficas aplicadas a pedologia, permitindo o estudo do padrão fisiográfico dos solos. Nesta época, iniciou-se o uso de imagens orbitais, sendo que a partir de 1972, os estudos ligados ao meio ambiente se desenvolveram mais. Hoje, ocorre um uso intensivo tanto de imagens orbitais como fotografias aéreas.

O sensoriamento remoto iniciou, portanto, com o advento das fotografias aéreas conforme visto anteriormente. As imagens orbitais porém, iniciaram em 1960, e os estudos ambientais datam de 1972. O estudo em fotografias aéreas refere-se a parte mais importante no treinamento em estudo do solo pela paisagem, sendo objeto deste capítulo.

3. Fotografias aéreas

3.1. Características gerais

As fotografias aéreas são obtidas pelo recobrimento da área pelo avião tirando fotografias, como pode ser visto na figura 3.1. Para realizar este recobrimento, é necessário todo um planejamento de vôo, onde são observados a escala e o tipo desejado da fotografia, a altitude, altura e velocidade do avião, número de fotografias necessárias para recobrir toda a área, distância focal na máquina fotográfica e época ideal para a realização do vôo.

O recobrimento entre uma fotografia e outra é de aproximadamente 60% longitudinal e 30% lateral, permitindo com isso, observar as fotografias em estereoscopia (Figura 3.1). A fig 3.1b indica o mosaico formado por um conjunto de fotos aéreas obtidas por avião.

A visão binocular permite a percepção de profundidade, que é o caso da visão humana com os dois olhos. Se fecharmos um olho, teremos uma visão monocular, através da qual não se tem noção da profundidade. A profundidade, portanto, é dada pela diferença de ângulos com que as imagens são recebidas. Assim, o deslocamento do avião faz com que as fotografias aéreas sejam tomadas de tal maneira, que um mesmo objeto aparece em duas fotografias sucessivas, tiradas de ângulos diferentes. Uma vez feita a fusão dessas duas imagens, obtém-se a percepção estereoscópica (Figura 3.2).

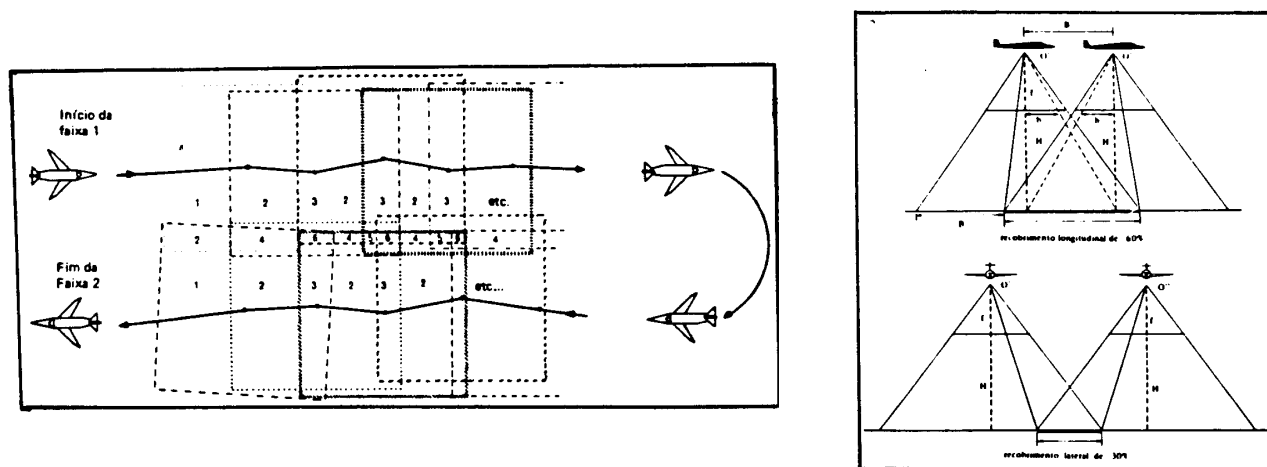


Figura 3.1. Recobrimento de uma área pelo avião, ilustrando o recobrimento lateral e longitudinal.

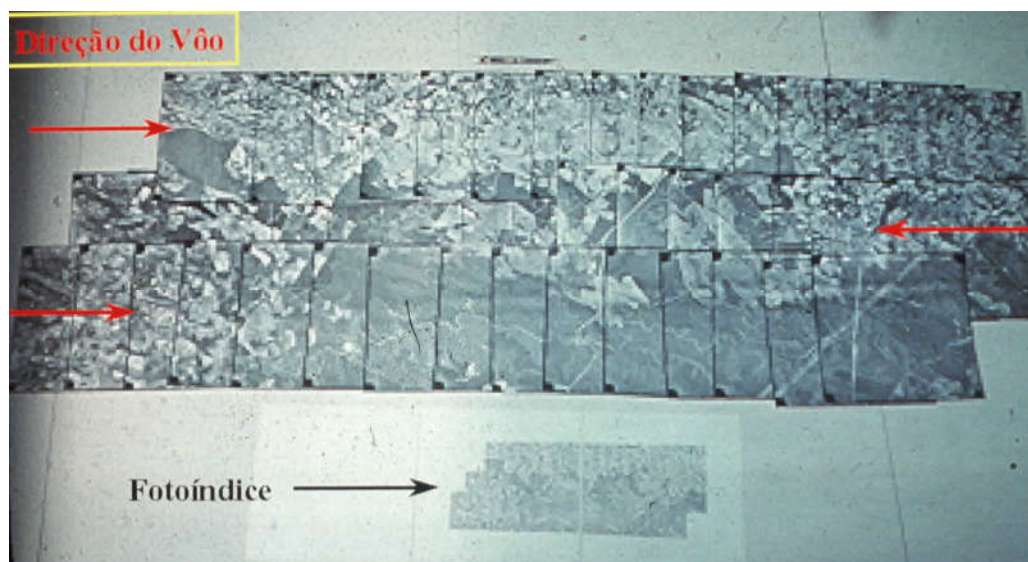
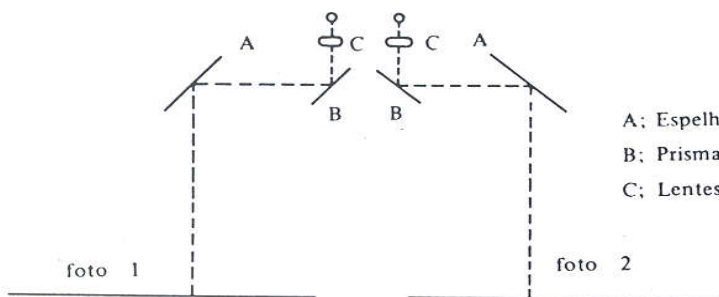
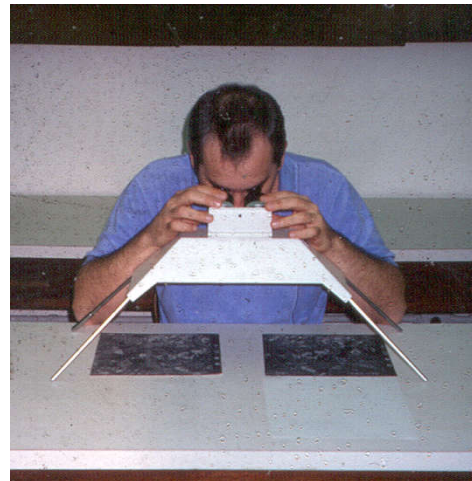
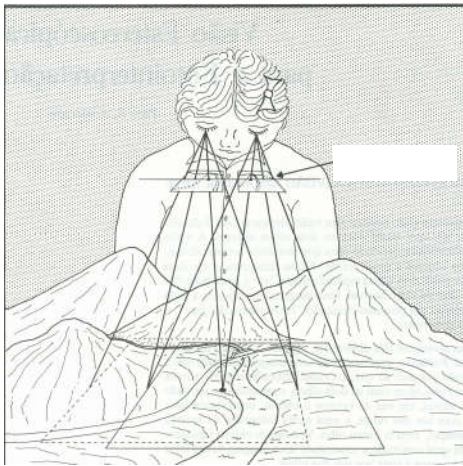


Figura 3.1b. Disposição seqüencial das fotos e indicação da direção de voo realizada pelo avião.

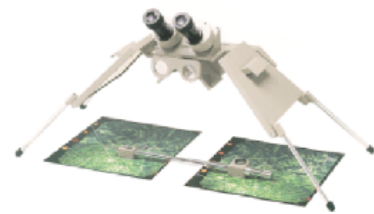
O exagero estereoscópico significa que as características topográficas ficam muito exageradas quando vistas através de um estereoscópio. Um morro por exemplo, aparece muito mais alto do que é na realidade. Sem este exagero ficaria difícil detectar pequenas mudanças no relevo.

Os aparelhos utilizados são o estereoscópio de espelhos (e de bolso (Figura 3.2). O primeiro oferece uma melhor visualização da foto, entretanto, o estereoscópio de bolso é de mais fácil manuseio.

A dimensão das fotografias aéreas é de normalmente 23x23cm. A escala pode ser classificada como: pequena, 1:15000 a 1:20000; média, 1:5000 até 1:15.000 e grande : 1:200 até 1:5000. Elas podem ser pancromáticas, coloridas, infravermelho pancromático e infravermelho colorido. Os tipos de fotografias aéreas, em relação à orientação da câmara, estão ilustradas na figura 3.2.



A; Espelhos
 B; Prismas
 C; Lentes



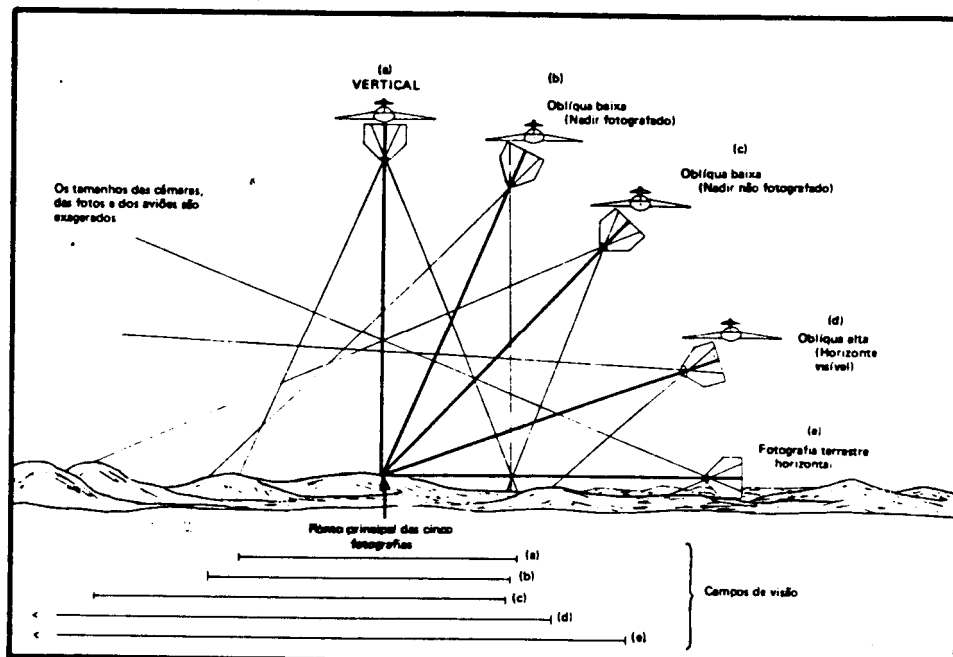


Figura 3.2. Percepção estereoscópica; Estereoscópio de espelhos, estereoscópio de bolso; Tipos de fotografias aéreas segundo a orientação da câmara.

3.2. Fotointerpretação pedológica

3.2.1. Introdução

A função das imagens aéreas em levantamentos de solos é chegar a uma classificação da superfície do terreno que, através de trabalhos de campo subsequentes e análises de laboratório, possa ser traduzida em unidades de mapeamento. Entretanto, seu uso tem valor limitado para levantamentos detalhados de solos, quando os elementos diferenciadores das unidades de mapeamento não refletem na paisagem, como será visto nos próximos itens.

Por ser a utilização de imagens fotográficas em levantamentos de solos baseada na relação solo e paisagem, alguns autores classificam esse tipo de levantamento como morfopedológico, quando as unidades de mapeamento são definidas somente pelos aspectos observados na paisagem, como a topografia e vegetação.

O exame de fotografias aéreas, com o objetivo de estudar as unidades fisiográficas que representam um solo, é também denominada de Fotopedologia, que pode ser definida como: "um exame cuidadoso de todos os elementos dos padrões fotográficos, quantitativos e qualitativos, e que, através da convergência de evidências, permitem diagnosticar sobre as prováveis unidades de solos existentes na área. Depende muito do conhecimento do fotointérprete em solos, e de sua experiência em correlacioná-lo com a fotografia aérea".

As fotografias aéreas só observam a superfície da terra. Essa superfície, entretanto, forma-se devido a diversos fatores, ou seja, os fatores de formação dos solos. Assim, o clima e os organismos agem sobre o material de origem e relevo num determinado tempo. Pelo relevo, portanto, podemos tirar várias informações sobre os solos.

3.2.2. Métodos de levantamentos de solos utilizando fotografias aéreas

Para um levantamento de solos, podemos ou não nos utilizar das imagens fotográficas, tendo com isso seqüências básicas, como descrito a seguir.

- a) **Método Convencional:**(1) observação do relevo da área; (2) abertura de perfis, tradagens, caracterização das unidades taxonômicas; (3) delimitação das unidades no escritório.
- b) **Método utilizando fotografias aéreas:** (1) observação da paisagem, correlação campo e fotografia aérea; (2) delimitação das unidades; (3) campo: caracterização das unidades delimitadas, checagem de trincheiras.

As fotografias aéreas podem ser utilizadas em mapeamentos de vários níveis principalmente como mapa base. No entanto, apresenta as maiores vantagens no nível semi-detalhado.

3.2.3. Métodos de levantamentos de solos utilizando fotografias aéreas

A metodologia descrita a seguir, foi estabelecida sobre fotografias aéreas convencionais. Entretanto, grande parte pode ser utilizada para outros tipos de imagens, com as devidas adaptações.

A utilização da fotointerpretação para levantamentos de solos é feita através dos seguintes métodos principais:

- a) **Análise de padrões:** observação de padrões, como os de drenagem por exemplo. Esses padrões são extrapolados para áreas desconhecidas. Na análise de padrões descrita por Frost (1960), são estudados os padrões indicativos de condições superficiais e de sub-solo como: forma do terreno, drenagem, aspectos de erosão, vegetação, tonalidade fotográfica e características culturais. O ponto de partida é a identificação de grandes padrões regionais, que servem para dividir a área em grandes unidades de paisagem. Tendo entendido as condições ambientais regionais, o intérprete divide essas unidades principais da paisagem em unidades menores e examina os padrões locais por meio do estereoscópio.
- b) **Análise de elementos:** analisa numa fotografia aérea, os elementos ou parâmetros fotográficos separadamente, como o relevo, a rede de drenagem, vegetação e tonalidade.
- c) **Análise fisiográfica:** utiliza-se dos conhecimentos de fisiografia, para separar unidades. Diferentes formas de relevo e a posição das unidades nesse relevo determinam sua delimitação. Esse método de "análise fisiográfica" é descrita por Buringh (1960) e está vinculado a um conhecimento profundo de processos geomorfológicos e seus reflexos nas imagens. O terreno é classificado segundo unidades fisiográficas, cada uma das quais contendo uma associação única de solos.

A figura 3.3, exemplifica essas análises. Como podemos observar, o ideal é utilizarmos todos esses métodos ao mesmo tempo, para obtermos um melhor resultado, na separação das unidades.

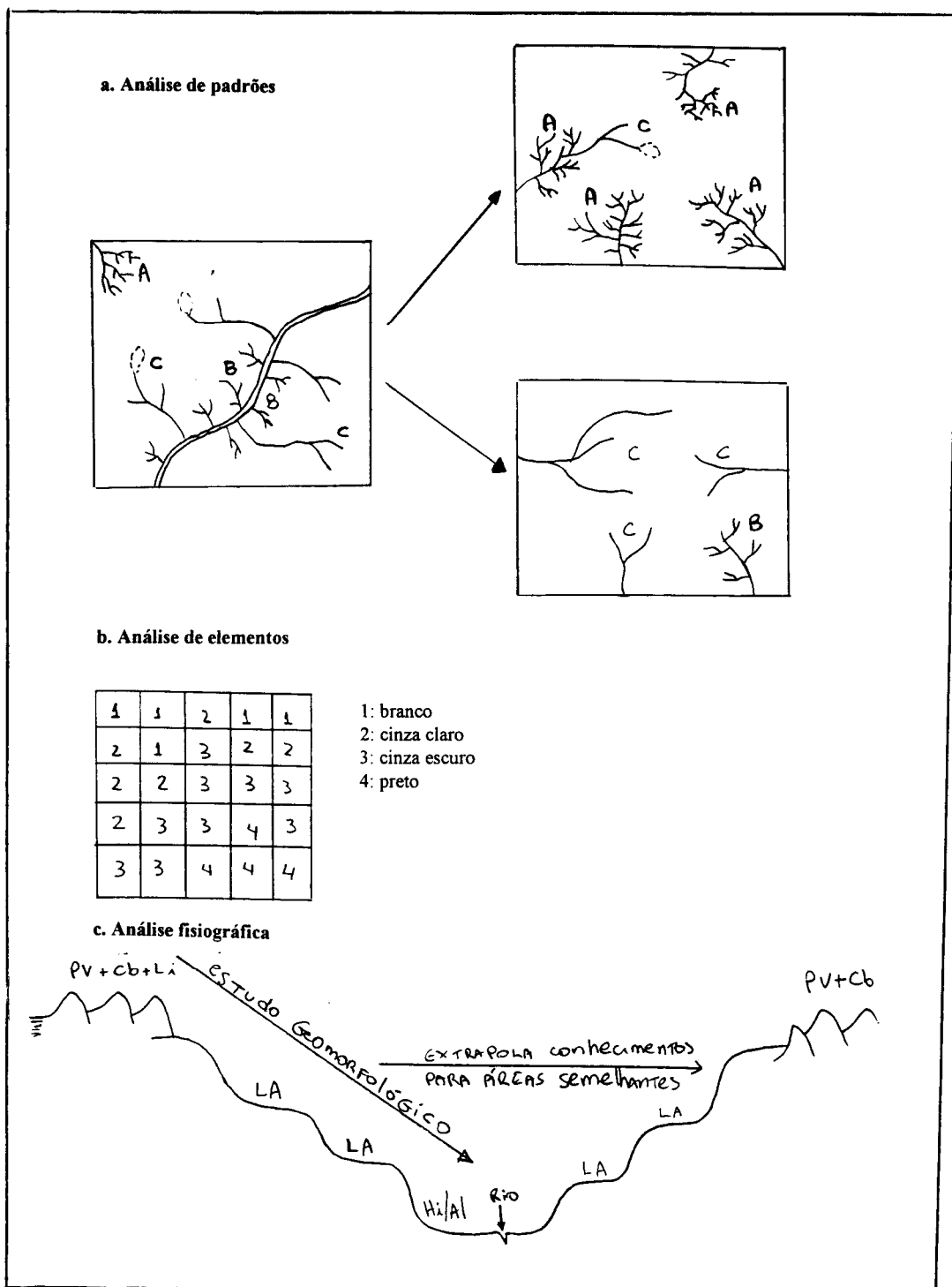


Figura 3.3. Esquema representativo dos métodos de análise de fotografias aéreas, para reconhecimento de alvos naturais.

3.2.4. Elementos utilizados em fotopedologia

Os elementos principais utilizados na análise das fotografias aéreas para fins pedológicos são: relevo, rede de drenagem, aspectos de erosão, vegetação, uso atual e tonalidade.

A fotopedologia é um termo empregado na análise de solos através das fotografias aéreas. Entretanto, deve-se esclarecer que o fotointérprete não diagnostica solos, mas sim feições de paisagem (relevo), que estão refletindo as condições de solo e ambiente. Mesmo por que o solo não é composto apenas a superfície, mas é um “corpo” tridimensional, como visto anteriormente. Entretanto, a superfície não deixa de ser um reflexo das condições de subsuperfície somado às condições ambientais, conforme exemplificado na figura 3.4, em relação à formação de dolinas. Nesse caso, a observação de características de superfície nos leva a inferir sobre as condições de subsuperfície. O “nome” do solo é dado pela classificação de solos, atividade realizada no campo e análises laboratoriais.

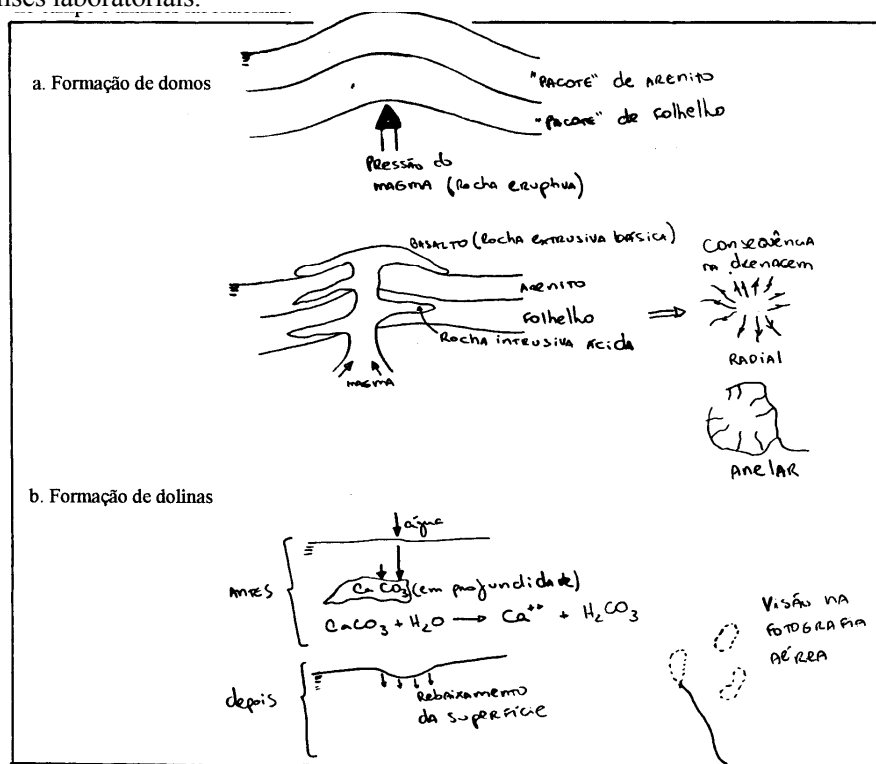


Figura 3.4. Esquema de uma seqüência para a formação de domos e dolinas, e sua relação com a rede de drenagem.

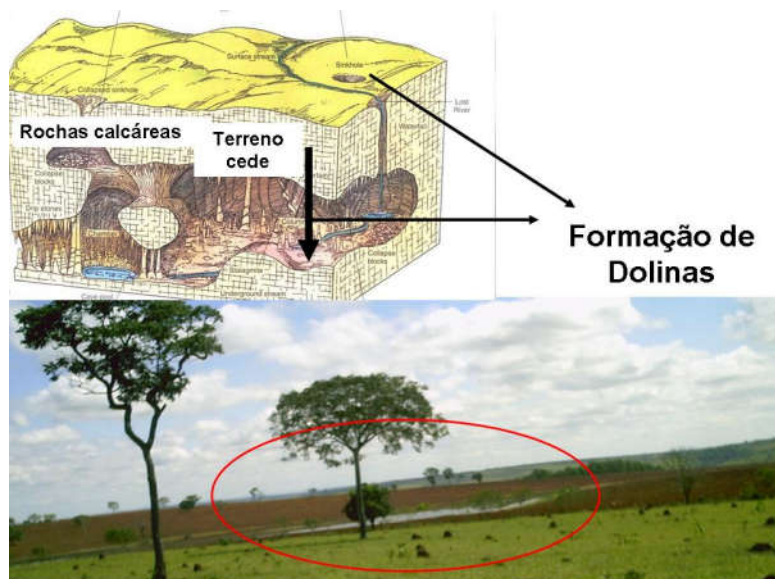


Figura xx. Esquema ilustrativo de formação de dolinas

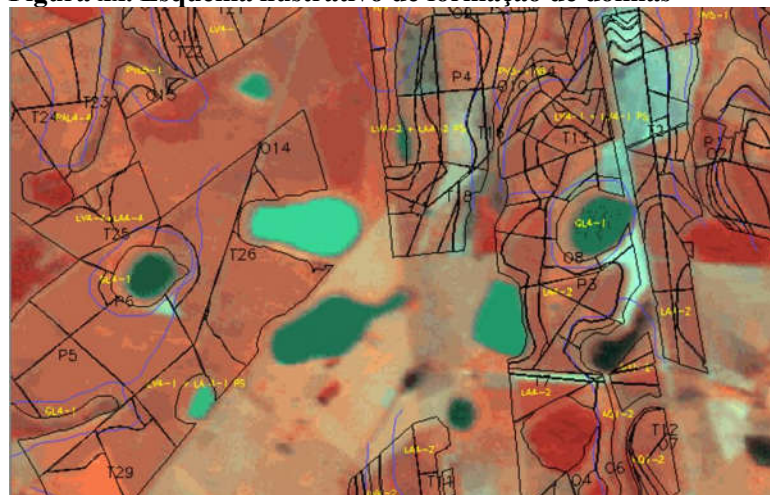


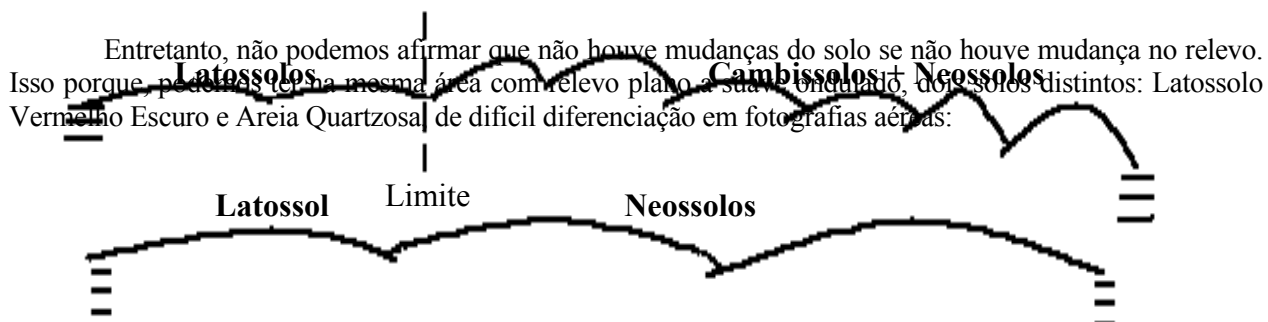
Figura xx. Imagem mostrando presença de dolinas.

a. Relevo

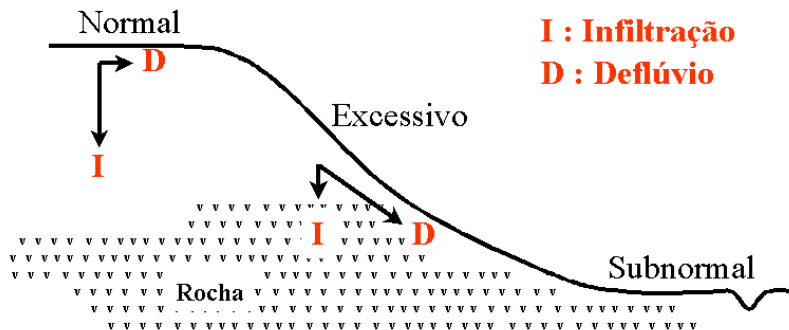
O relevo é um dos principais elementos utilizados em fotopedologia, pois é diretamente observado numa fotografia aérea e é um dos fatores de formação dos solos.

$$S = f(\text{material de origem, clima, relevo, organismos, tempo})$$






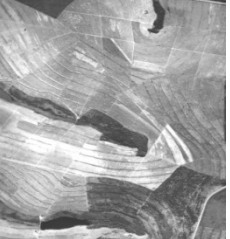







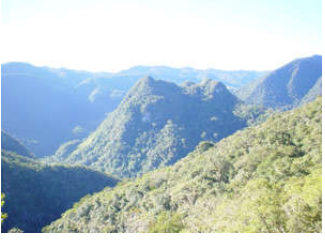
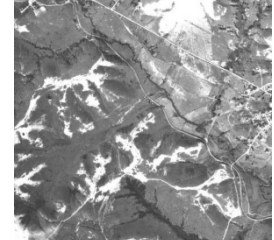
Assim, normalmente quando ocorre mudança no relevo, há mudança de solos. Ex.: Saindo de uma área plana e chegando numa área com relevo forte ondulado, houve mudança de solos, como dos Latossolos para os Litossolos:



Tipos de relevo. O relevo pode ser do tipo normal, subnormal e excessivo, representando respectivamente áreas com infiltração > deflúvio; deflúvio > infiltração; infiltração = deflúvio, conforme observado no esquema a seguir.



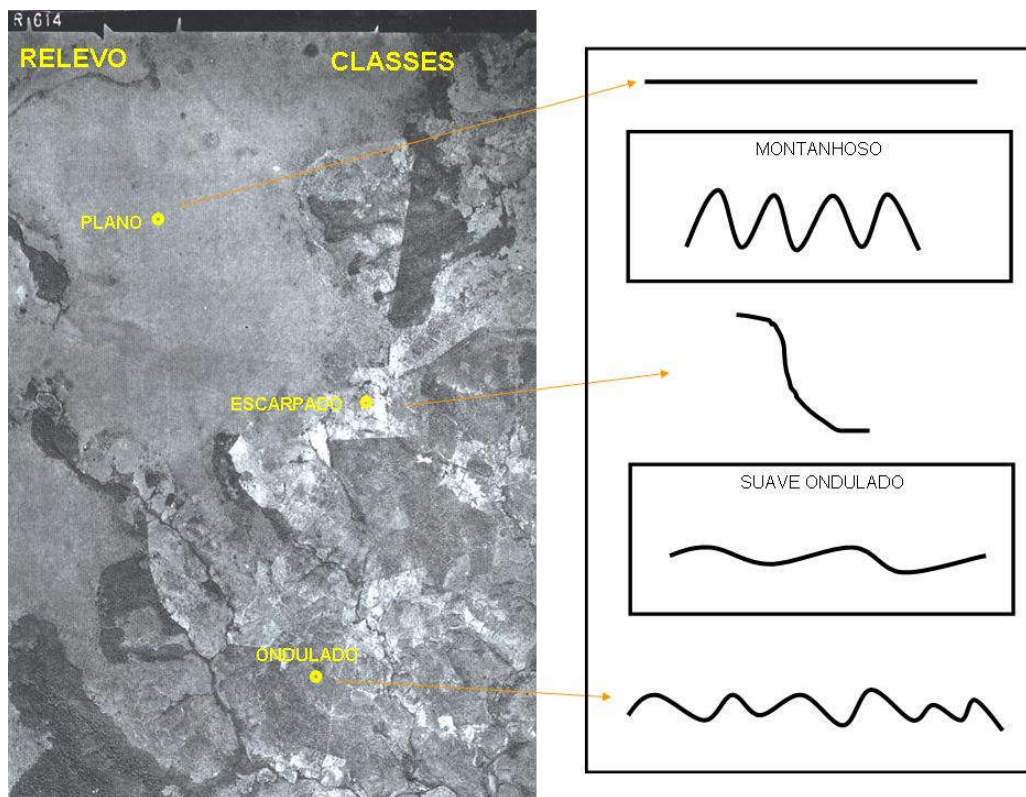
Classe de relevo: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso e escarpado, havendo relação com as classes de solo.

Classe	Declividade (%)	Ilustração	Foto "horizontal"	Foto "vertical"
Plano	0-3 %	 <p>Plano 0-3%</p>		
Suave-ondulado	3-8 %	 <p>Suave ondulado 3-8%</p>		
Ondulado	8-20%	 <p>Ondulado 8-20%</p>		
Forte-ondulado	20-45%	 <p>Forte ondulado 20-45%</p>		
Montanhoso	>45%	 <p>Montanhoso > 45% de declividade</p>		

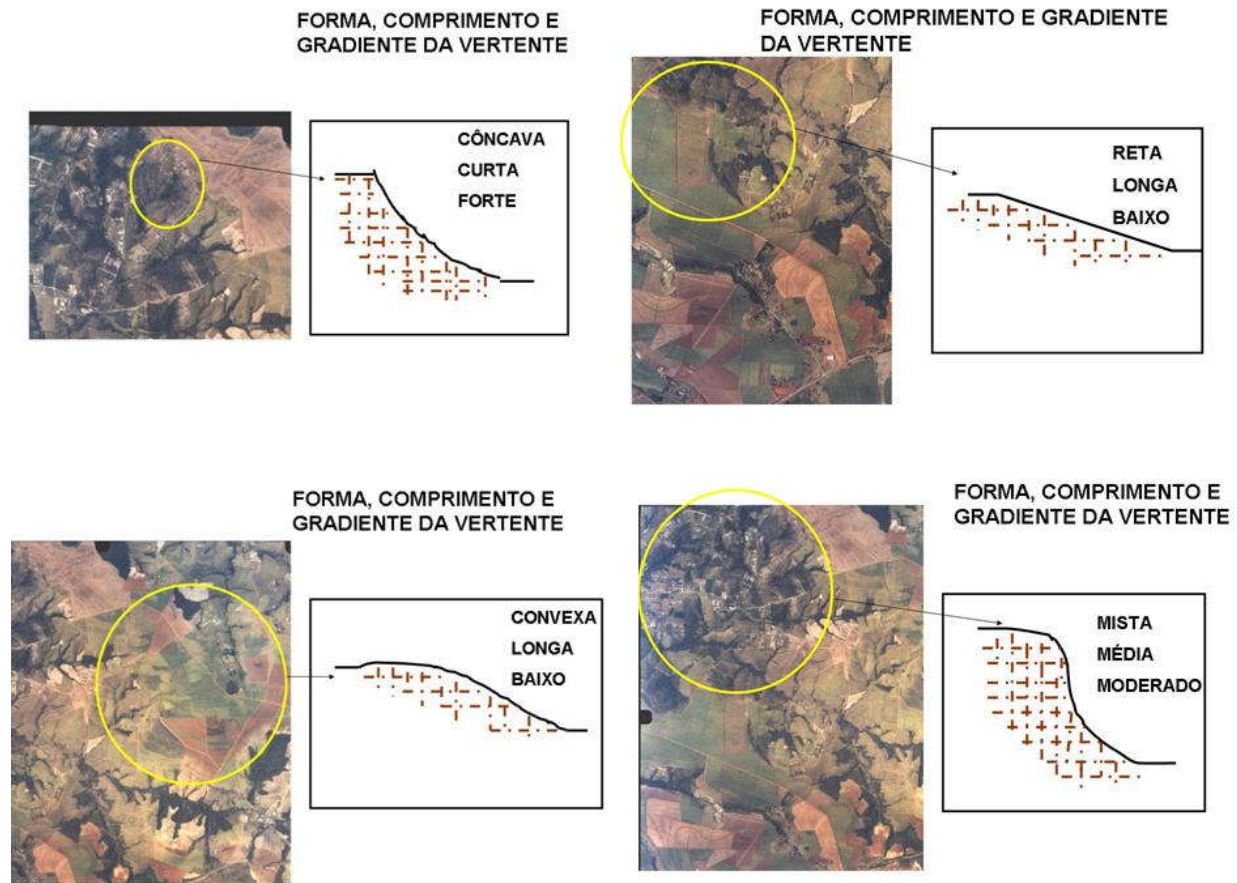
Conservação e cultivo de solos para plantações florestais



Figura 3.2. Exemplos de classes de relevo e relação com solos (extraído de Gonçalves & Stape, 2002)



Forma



b. Aspectos de erosão

Este critério procura estudar as formas e dimensões dos canais de drenagem. A água ao atingir a superfície da terra produz efeitos de desagregação, arrastamento e solubilização de partículas, produzindo formas no terreno relacionadas com características dos solos existentes.

Normalmente em materiais argilosos, devido às características laminares das argilas, o entalhamento em profundidade é dificultado, predominando a erosão lateral. Em contrapartida, em solos com textura mais arenosa, a erosão é facilitada, havendo entalhamento em profundidade. Assim, em relação ao canal, temos as características observadas na figura 3.5.

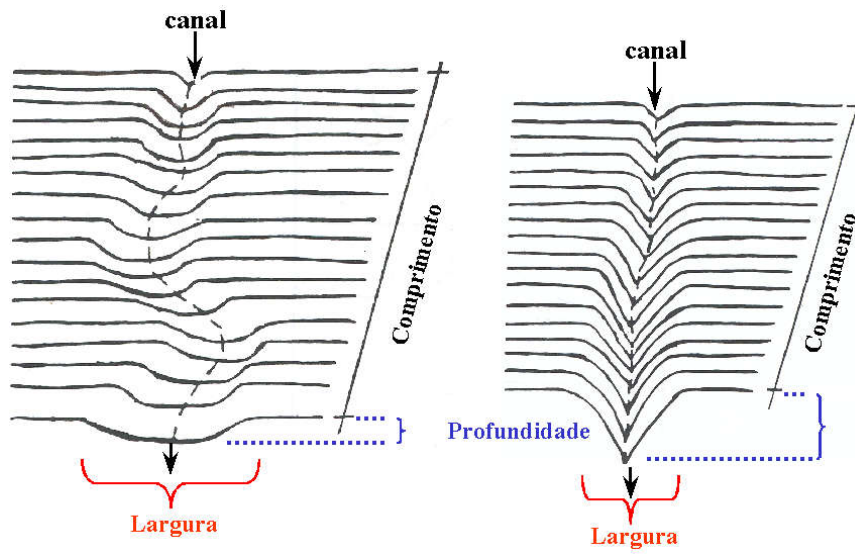


Figura 3.5. Esquema ilustrativo de caminhamento de canais em um solo argiloso e um arenoso. (1: distância igual)

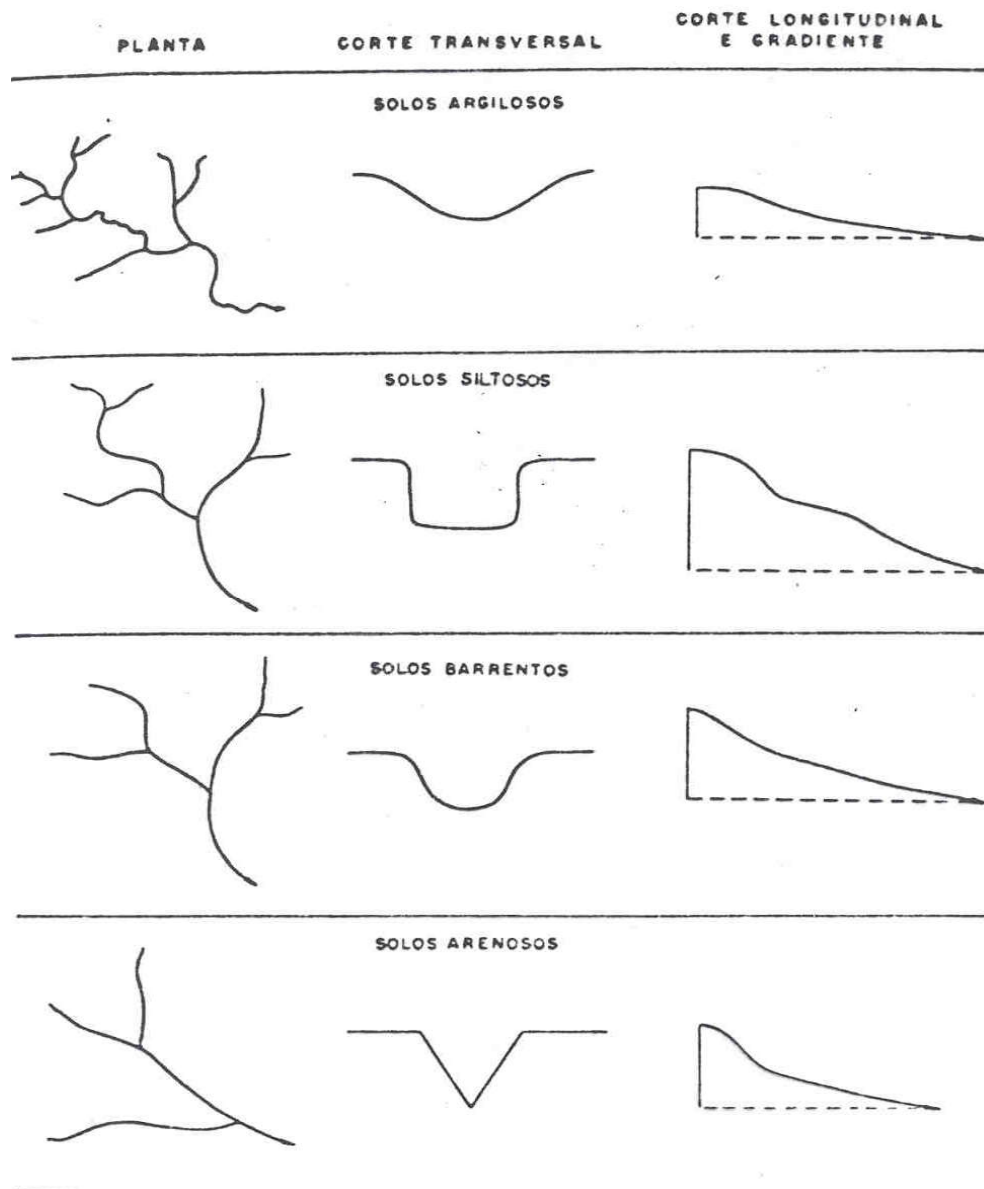


Figura XX. Esquema da forma de canais de 1ª ordem característicos de diferentes tipos de solos (Amaral & Audi, 1972).

c. Vegetação

A vegetação pode ser perfeitamente observada numa fotografia aérea. Sabe-se que, por exemplo, em solos profundos haverá maior incidência de vegetação de porte maior. Isto, entretanto, muitas vezes não ocorre. No cerrado podem ocorrer dois solos diferentes, em áreas com um mesmo tipo de vegetação.

Outro problema é a maior parte da vegetação natural já ter sido removida para implantação de outro tipo de vegetação ou mesmo de culturas. No estado de São Paulo, estima-se que exista aproximadamente 5 % da vegetação natural, sendo, portanto, um critério de difícil utilização.



Figura xx, Cerrado. Exemplo de relação solo-vegetação, solo raso vegetação rasteira.

d. Uso atual

Este critério refere-se à observação do uso atual das terras, para fazer sua correlação com solos. Se, observando uma fotografia temos numa área apenas uma cultura e há mudança abrupta para pastagem, significa que pode haver diferenças de solos. Este critério, entretanto, tem suas desvantagens, pois em regiões onde o nível tecnológico é alto, consegue-se implantar culturas mesmo em solos ruins. Assim, deve-se tomar cuidado, com este parâmetro.

e. Tonalidade

Os fatores que influenciam a tonalidade são: umidade - quanto maior a umidade do solo, mais escura a tonalidade; textura - solos arenosos refletem mais e argilosos menos; teor de ferro e matéria orgânica - quanto maior o teor desses elementos, mais escura a tonalidade. Entretanto, esse parâmetro depende da qualidade do material fotográfico. A tonalidade pode ser classificada como preto, cinza escuro, médio, cinza claro e branco.

f. Rede de drenagem

Depois do relevo, o padrão rede de drenagem superficial é o mais consistente e confiável indicador das condições do terreno, disponível para o fotointérprete.

A facilidade com que os sistemas de drenagem podem ser observados nas imagens favorece o reconhecimento de padrões de drenagem, o estudo analítico de seus elementos e avaliação de sua significância para o mapeamento de solos. A figura 3.6 ilustra a formação dos canais de drenagem desde a cabeceira de drenagem, considerada o início do canal, até a formação das bacias hidrográficas de diferentes ordens. Normalmente as bacias de terceira ordem refletem melhor as características de drenagem de um solo, justamente por ter um entalhamento menos profundo do que uma bacia de quarta ordem. Ter um entalhamento menos profundo significa que os canais de drenagem, como os de terceira ordem, provavelmente ainda não atingiram a rocha, o que os torna mais representativos do solo sobre o qual correm. Já os canais de quarta ordem, por serem mais profundos, provavelmente estariam sendo influenciados pela rocha e não mais pelo solo, o que os torna interessantes para estudos geológicos, e não para estudos pedológicos.

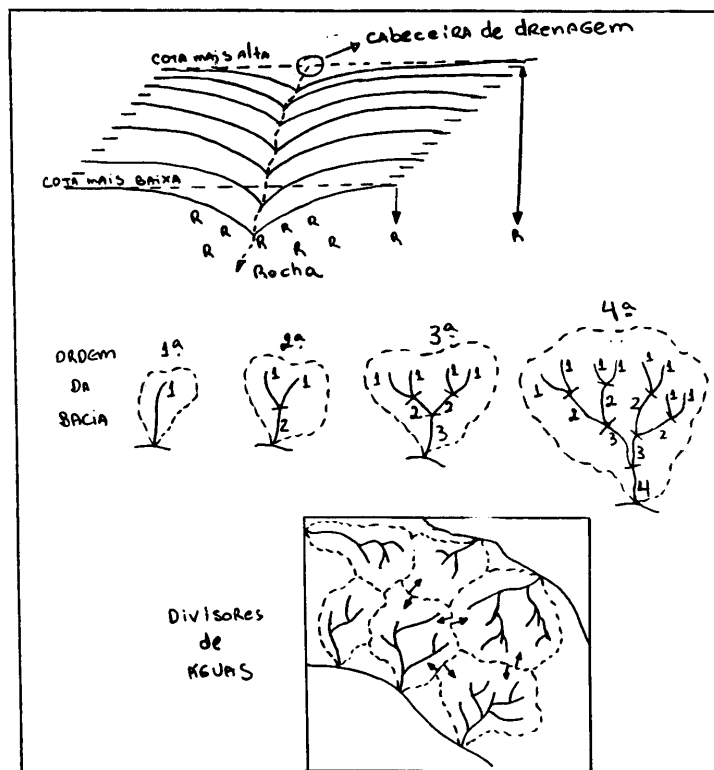


Figura 3.6. Formação do canal de drenagem e bacias hidrográficas de diferentes ordens.

Aspectos descritivos

A rede de drenagem tem seus aspectos descritivos, determinados por Lueder (1959), tipo segundo Parvis (1950), a saber:

- Tipo ou modelo: quanto ao aspecto do conjunto de canais. Existem diversos tipos, entre eles estão os ilustrados na figura 3.7;

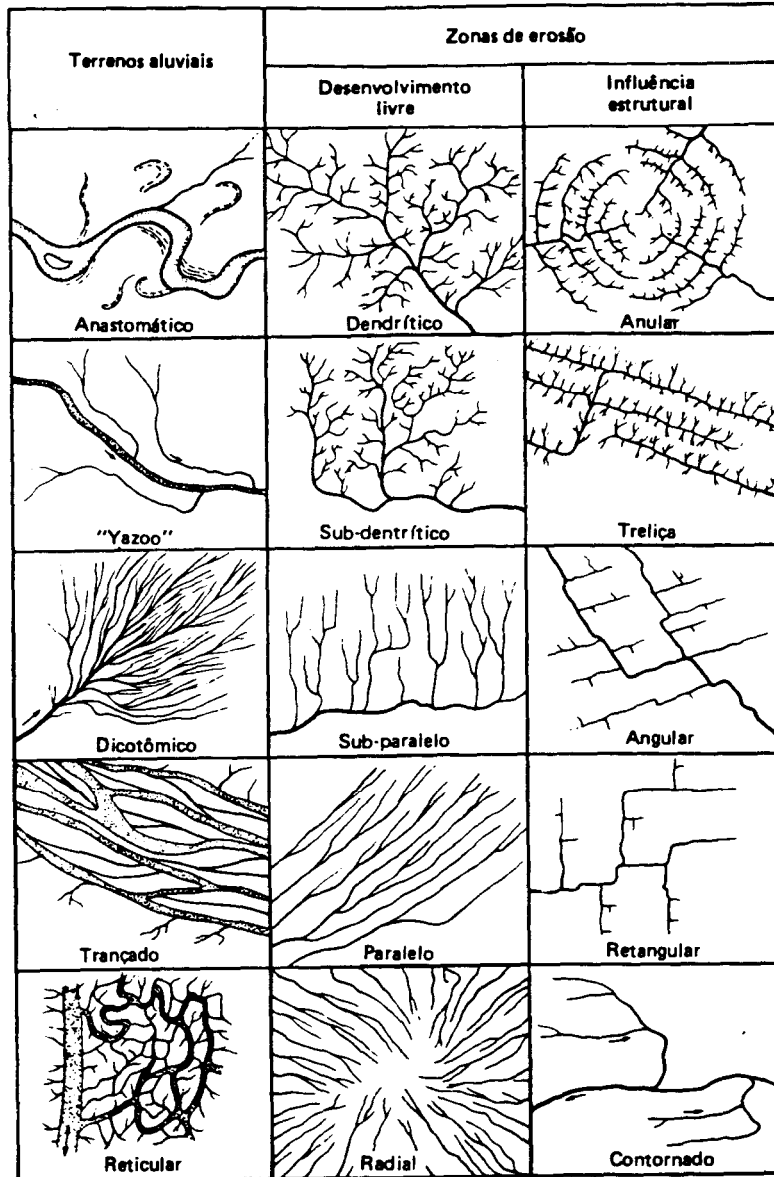


Figura 3.7. Representação de alguns padrões de rede de drenagem.

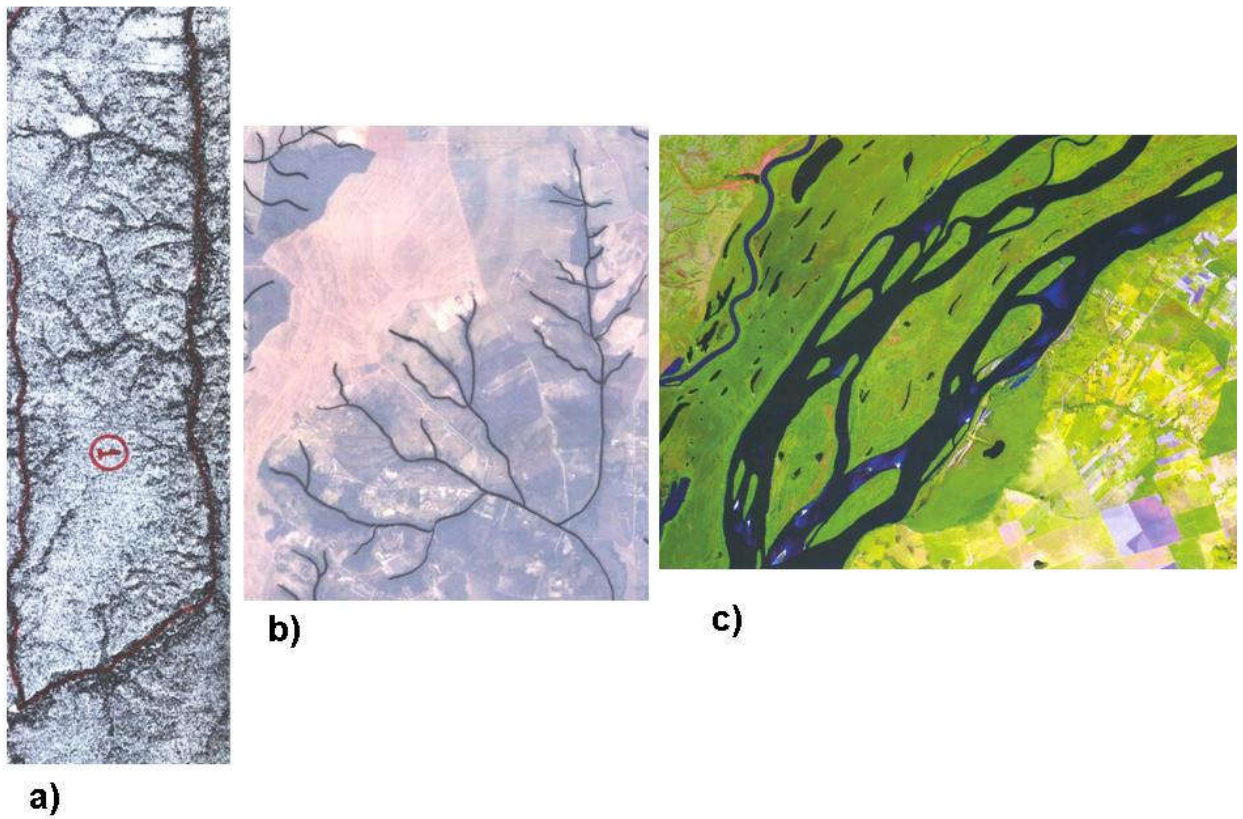


Figura 3.8. Exemplos de alguns padrões de drenagens: a) sub-dendrítico b) dendrítico c) Anastomático.

- Grau de integração: refere-se ao caminhamento dos canais entre dois pontos. Quanto mais curto esse caminhamento, maior a integração.

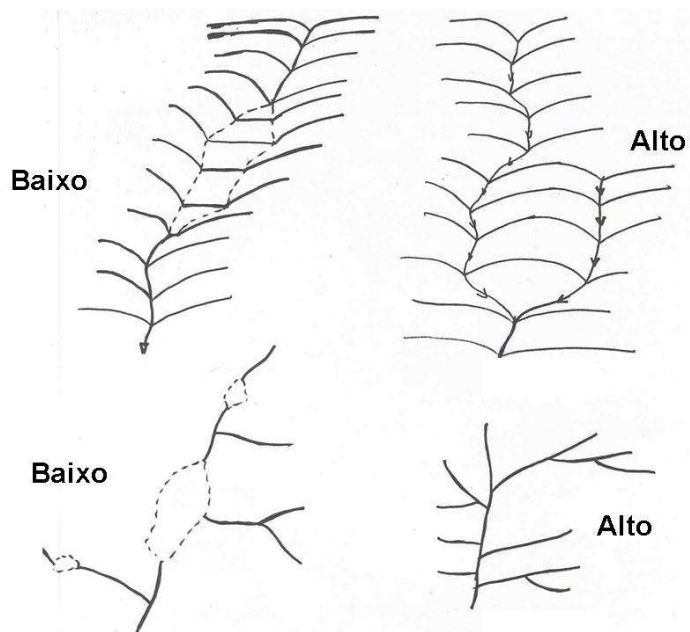


Figura XX. Representação esquemática do grau de integração.

- Densidade: refere-se ao número de canais por unidade de área. Quanto maior o número de canais por unidade de área, maior a densidade. Um padrão com alta densidade é constituído por um alto número de canais próximos entre si. Assim, podemos classificá-la em alta, média e baixa;

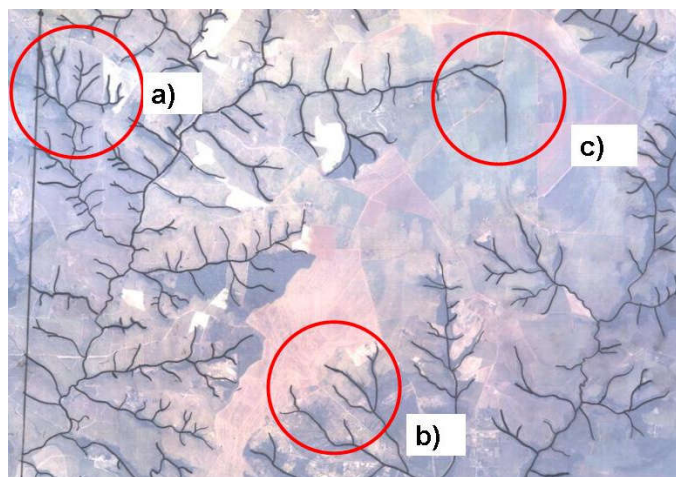


Figura XX. Ilustração comparativa em uma foto aérea de áreas iguais com densidade de drenagem: a)alta; b)média e c) baixa.

- Grau de uniformidade: uma rede de drenagem é uniforme, quando o padrão não se altera se examinado como um todo. Um padrão não uniforme possui áreas com subpadrões individuais distintos das demais;
- Orientação: refere-se à presença de aspectos direcionais no caminamento descendente normal dos cursos de água;

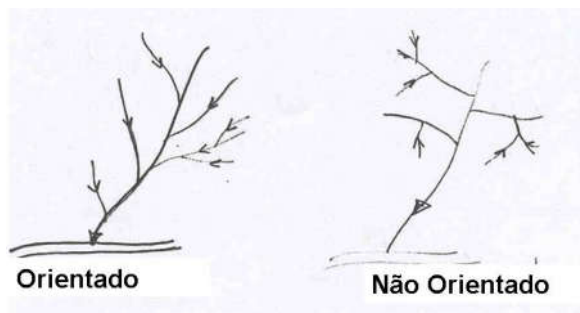


Figura xx. Ilustração de orientação.

- Angularidade: refere-se à presença de mudanças abruptas, no caminamento dos canais. Pela observação da angularidade, você tira inferências sobre o grau de controle. Ela pode ser alta, média, baixa ou ausente;



Figura X. Exemplo visual de angularidade

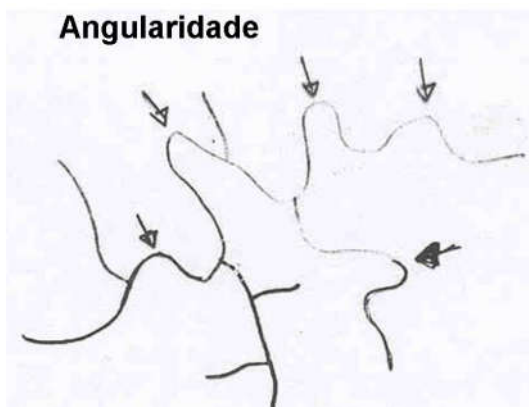
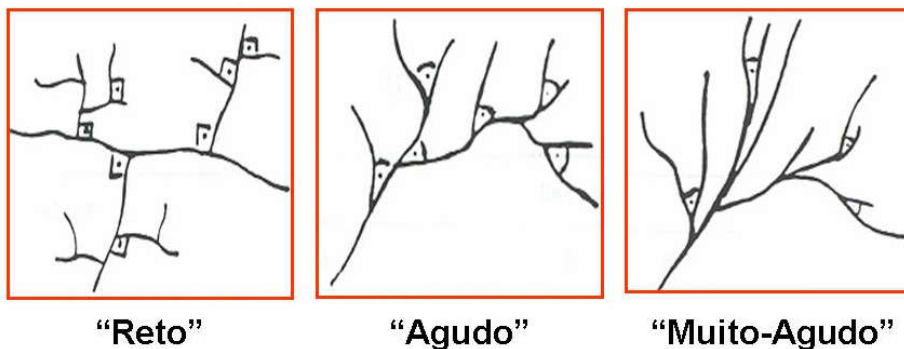


Figura xx. Ilustração referente à angularidade

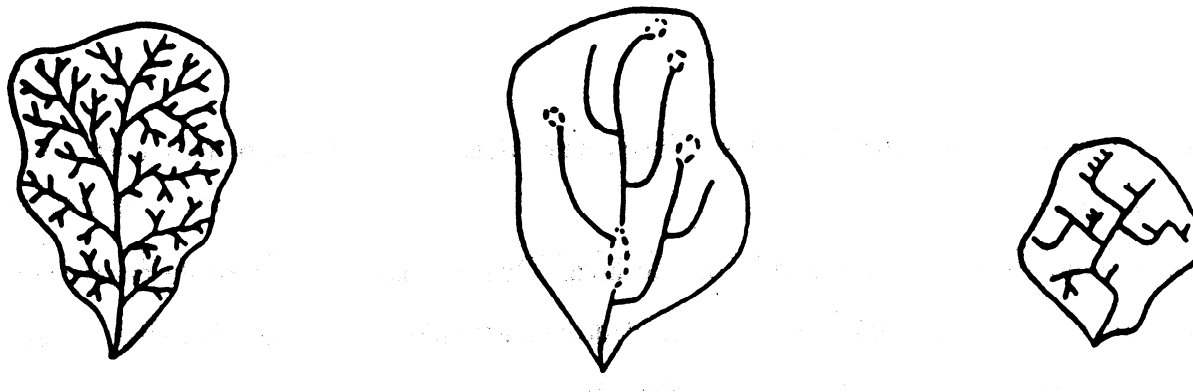
- Grau de controle: refere-se à presença de fatores que alteram o sentido normal da rede de drenagem. Ele indica se está ou não havendo um controle da rede de drenagem, pela rocha. Este parâmetro está intimamente ligado ao aspecto angularidade e orientação. Por exemplo: se a orientação for alta e a angularidade baixa, o grau de controle será médio.
- Ângulos de confluência: é o ângulo formado na foz de um tributário com o seu receptor.

Ângulos de Confluência



Figuraxx. Ilustra exemplo de ângulos de confluência.

A figura 3.8 ilustra um exemplo hipotético, de análise descritiva da rede de drenagem.



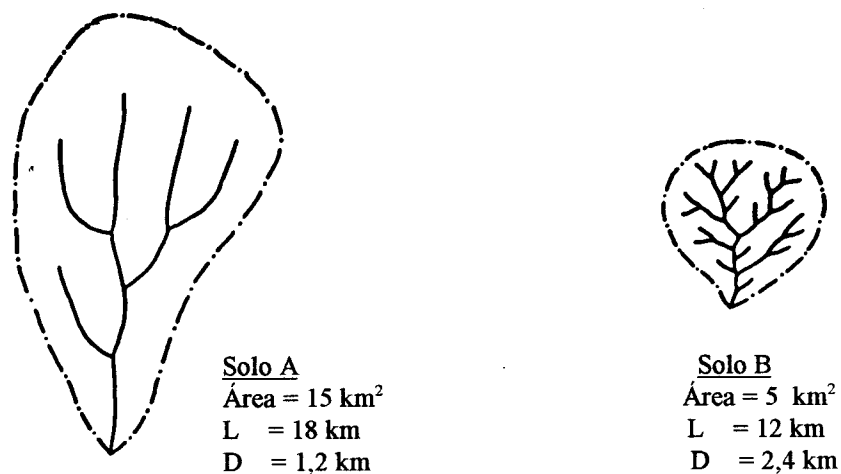
Característica	Bacia		
	A	B	C
Tipo ou modelo	dendrítico	paralelo	retangular
Grau de integração	alto	médio	alto
Densidade	alta	baixa	média
Grau de uniformidade	alto	alto	baixo
Grau de controle	ausente	ausente	médio/alto
Orientação	não orientado	orientado	pouco orientado
Angularidade	ausente	ausente	média
Ângulos de confluência	agudos	retos	retos

Figura 3.8. Exemplo hipotético de análise descritiva da rede de drenagem.

3.2.5. A relação infiltração/deflúvio: inferências sobre permeabilidade

A análise da rede de drenagem superficial fornece uma indicação sobre a razão infiltração/deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais que ocorrem em uma área. Geralmente, um padrão de drenagem bem desenvolvido indica a ocorrência de baixa infiltração e materiais relativamente pouco permeáveis, enquanto que uma drenagem superficial escassa indica alta infiltração e permeabilidade. A topografia do terreno também pode influenciar o padrão de drenagem.

A avaliação de características físicas do terreno (textura, permeabilidade do solo, estruturas geológicas, natureza das rochas, etc.) pode ser feita através da interpretação da rede de drenagem, pois ela é resultante da interação de uma série de fatores, sendo os mais importantes: relevo, geologia, clima, textura, estrutura, permeabilidade do solo e a cobertura vegetal. A figura 3.9 ilustra um exemplo de avaliação de dois solos hipotéticos em função de sua drenagem superficial.



Inferências sobre solos. Bacias hidrográficas de 3^a ordem, A e B

Condição do	Solo A	Solo B
Relevo	mais suave	mais ondulado
Profundidade	mais profundo	menos profundo
Permeabilidade	mais permeável	menos permeável
Resistência à erosão	mais resistente	menos resistente

Figura 3.9. Exemplo de avaliação de dois solos hipotéticos em função de sua drenagem superficial.

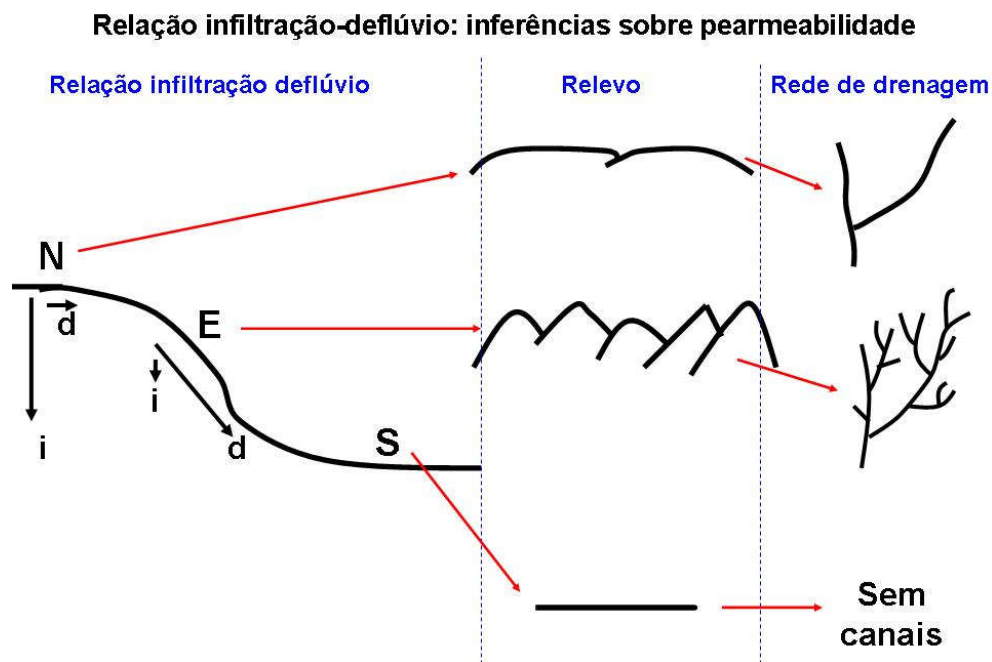


Figura XX: Ilustração destacando visão longitudinal, lateral e de sobrevôo do relevo e rede de drenagem.

3.2.6. Aspectos quantitativos da rede de drenagem

O estudo dos aspectos quantitativos da rede de drenagem de solos segue uma metodologia pioneira no Brasil, de França (1968). Essa avaliação possibilita ao fotointérprete correlacionar valores com as diversas características do solo. Basicamente são calculados índices de drenagem, como a frequência de rios e a da

densidade de drenagem. A frequência de rios (número de canais/km²) é calculada pelo número de canais de primeira ordem dividido pela área amostrada, enquanto que a densidade de drenagem (km/km²) refere-se à relação entre o comprimento total dos rios e a área da área amostrada. No caso:

$$Dd = Lt/A \quad Fr = Nt/A$$

Sendo Lt o comprimento total de rios dentro de uma certa área A e Nt número total de rios de primeira ordem

A figura 3.10 ilustra as bacias hidrográficas e a rede de drenagem de três solos.

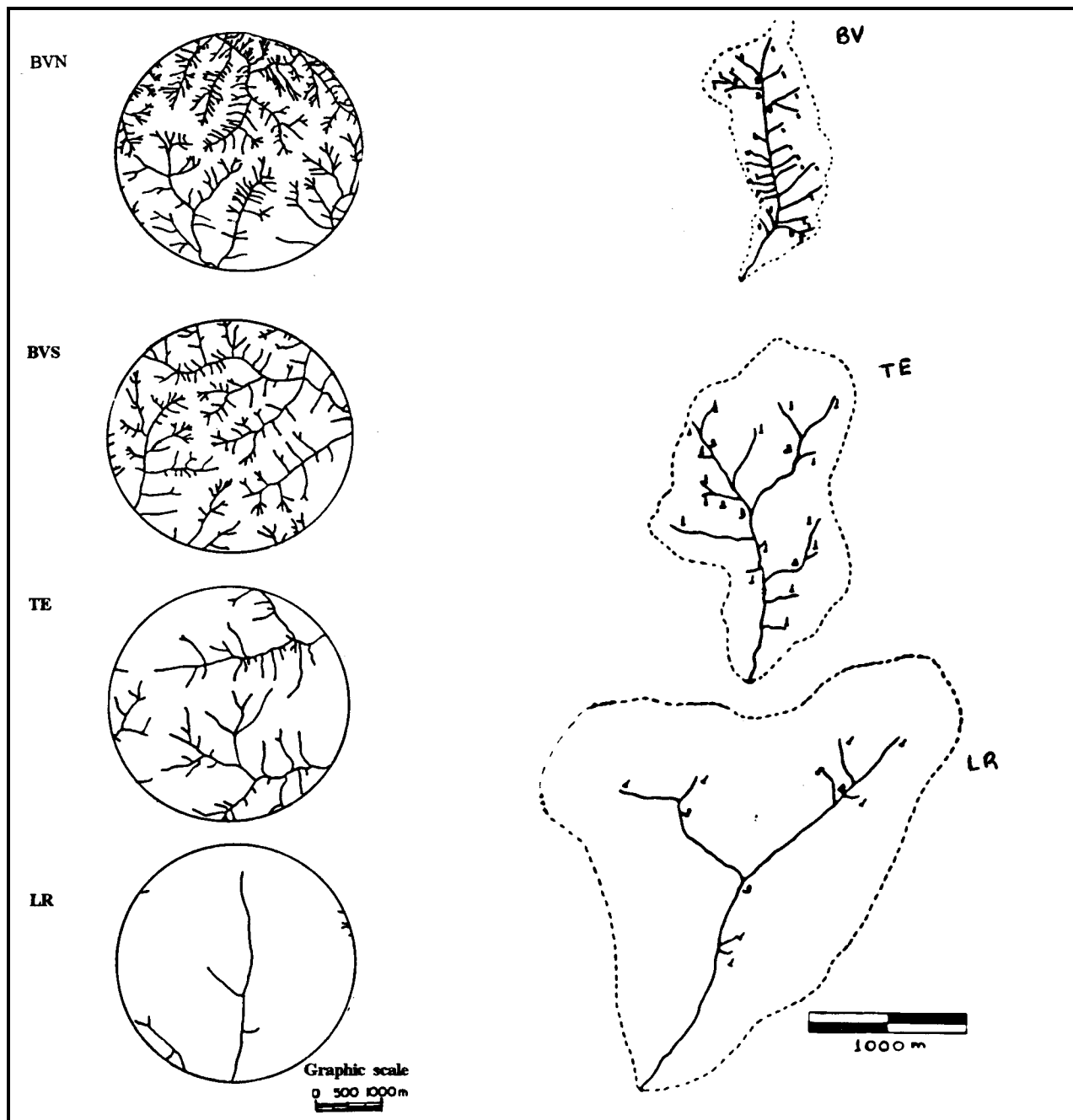


Figura 3.10. Bacias hidrográficas e amostras circulares (10 km²) ilustrando a rede de drenagem de solos desenvolvidos de basalto do estado do Paraná, com diferentes níveis de intemperismo. Onde: BVN, Brunizem Avermelhado localizado ao Norte da região de Jataizinho; BVS, Brunizem Avermelhado localizado ao sul da região de Jataizinho; TE, Terra Roxa Estruturada; LR, Latossolo Roxo (Fonte: Adaptado de Demattê & Demétrio, 1996; Demattê & Demétrio, 1998).

3.2.7. Relação entre o relevo e os fatores e processos de formação de solos

Considerando a superfície do globo no seu conjunto, pode ser observado grande número de regiões naturais, em cujo interior os diferentes elementos físicos e biológicos, em ação recíproca e inseparável, constituem uma unidade que se concretiza na paisagem.

Cada uma dessas regiões distingue-se das outras pelos caracteres físicos seguintes: a) modelado topográfico; b) cobertura vegetal; c) solos; d) regime climático; e) altitude; f) idade das superfícies.

O relevo como já comentado é o elemento mais importante utilizado em ftopedologia, pois é um fator de formação dos solos e diz respeito às formas de terreno que compõem uma paisagem, que pode ser diretamente observado na fotografia, proporcionado pela estereoscopia. Sua ação reflete principalmente sobre a dinâmica da água, quer no sentido vertical (infiltração), quer no sentido lateral ("run off" ou deflúvio).

A quase totalidade da água de precipitação caída nos relevos pouco movimentados, se infiltra no solo (Figura 3.11), havendo pouca perda por escoamentos laterais proporcionando condições ótimas para desenvolvimento de solos zonais; em relevos muito movimentados, grande parte da precipitação é perdida em escoamentos laterais, favorecendo os processos erosivos e dificultando o desenvolvimento de perfis profundos, condicionando a formação de litossolos ou solos rasos; finalmente o relevo deprimido, recebe, além das águas fornecidas pela precipitação direta, aquela das vertentes vizinhas, que ocasionam frequentemente o aparecimento de solos hidromórficos.

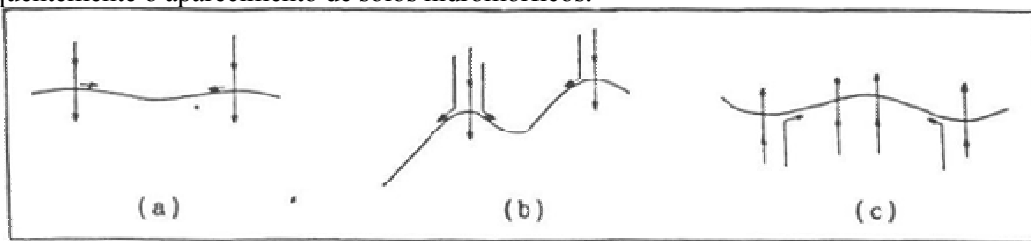


Figura 3.11. (a) relevo pouco movimentado as águas de precipitação encontram condições adequadas para drenar externamente e também para infiltrar no solo; (b) condições de relevo fortemente movimentado há maior drenagem que infiltração de água no solo; (c) relevo deprimido há preferencialmente acúmulo de água.

O desenvolvimento do perfil do solo depende também da ação de 4 processos de formação:

- a. **adição:** refere-se à entrada de outros elementos no perfil do solo. Exemplo: matéria orgânica, água, material deposicional, adubo.
- b. **Remoção ou Perda:** refere-se à tudo aquilo que "sai" do perfil do solo. Exemplo: erosão, remoção de nutrientes pelas raízes, lixiviação.
- c. **Translocação:** movimento de materiais dentro do perfil do solo, provocando acúmulo. Exemplo: carbonato, minerais de argila.
- d. **Transformação:** refere-se à transformação de um mineral "A" para um mineral "B". Exemplo: 2:1 para 1:1 para óxido

Esses processos, aliados aos fatores de formação de solos, darão origem aos horizontes do solo, ou ainda os horizontes diagnósticos, que por sua vez, influirão nas relações infiltração e deflúvio da água num determinado relevo, como pode ser observado na figura 3.12 .

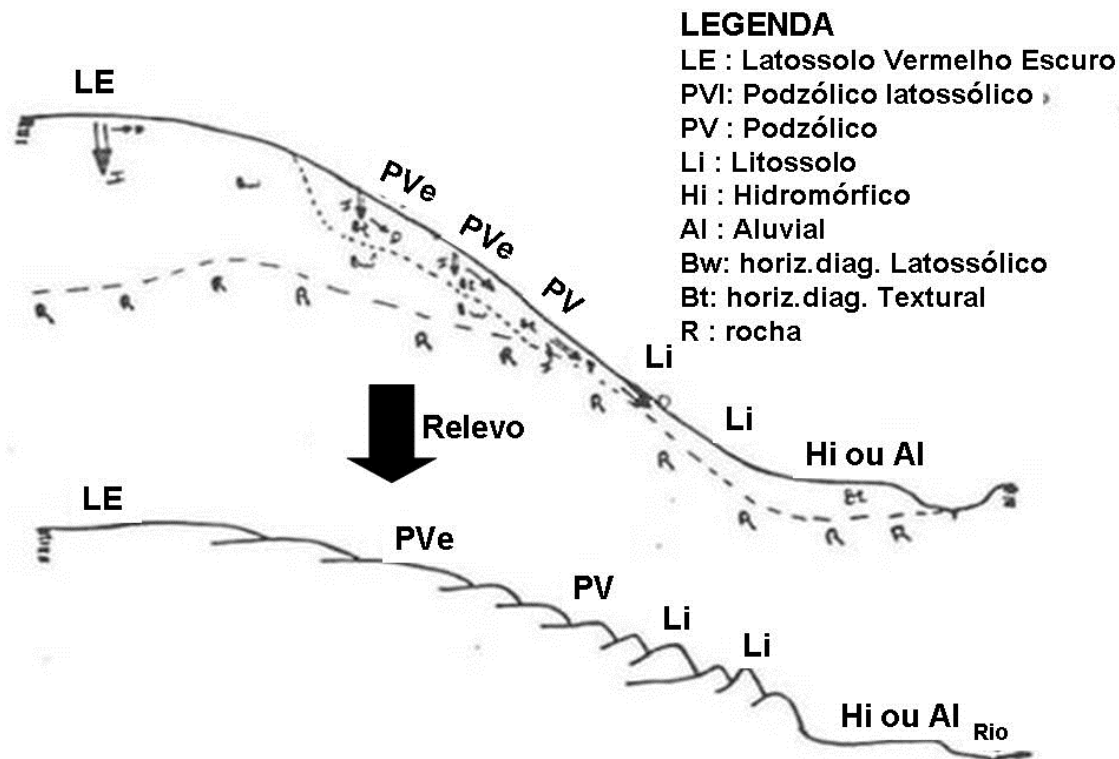
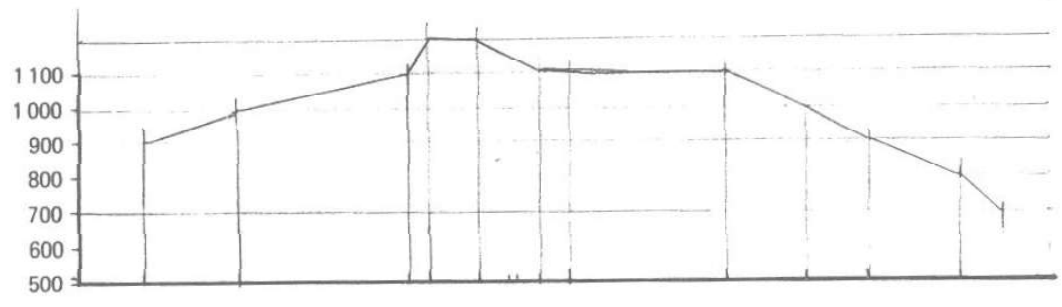
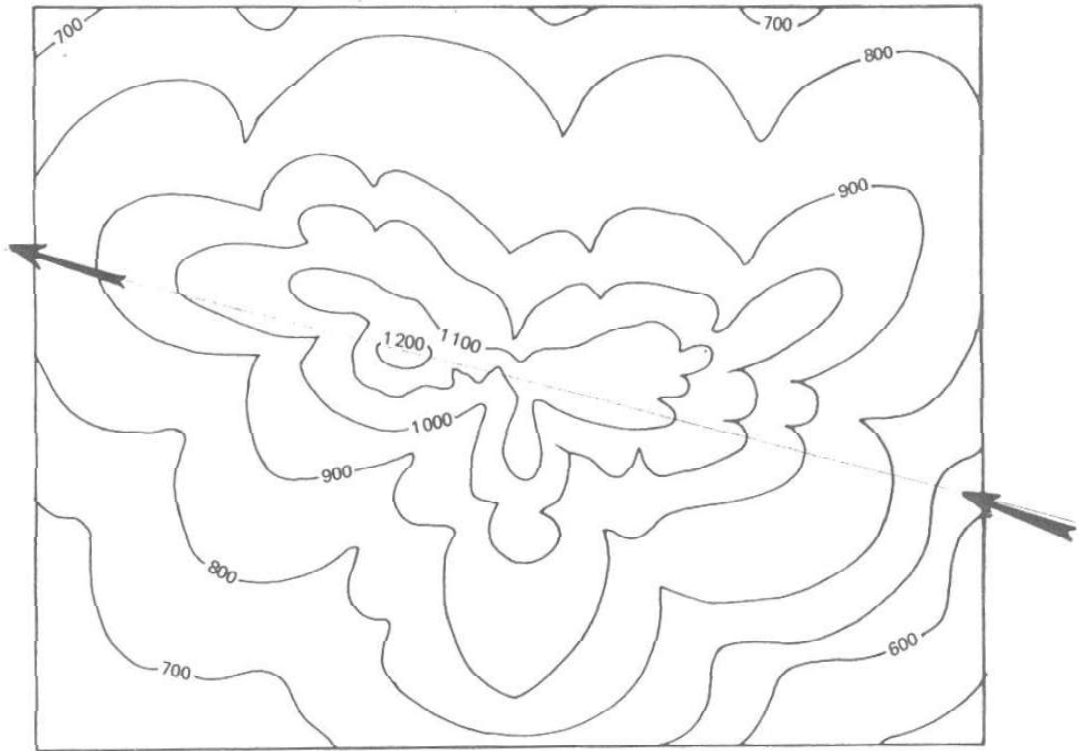


Figura 3.13. Relações entre a infiltração (I) e o deflúvio (D) em determinados tipos de solos, com seus respectivos horizontes diagnósticos, e suas relações com a formação do relevo.

3.2.8. Toposequência

Toposequência, segundo Milne, 1935, é "uma repetição regular de uma sequência de perfis de solos associada a uma determinada topografia". Numa toposequência pode-se ter um ou mais materiais de origem, diferindo de uma catena, onde ocorre apenas um. O conhecimento da toposequência básica de uma região a ser mapeada é de suma importância, pois permite ao profissional descobrir unidades de mapeamento não detectadas numa primeira análise da área em questão.

Uma Toposequência refere-se ao esquema de um corte longitudinal da paisagem, conforme demonstrado a seguir.



Uma Topossequência completa pode ser exemplificada na figura a seguir

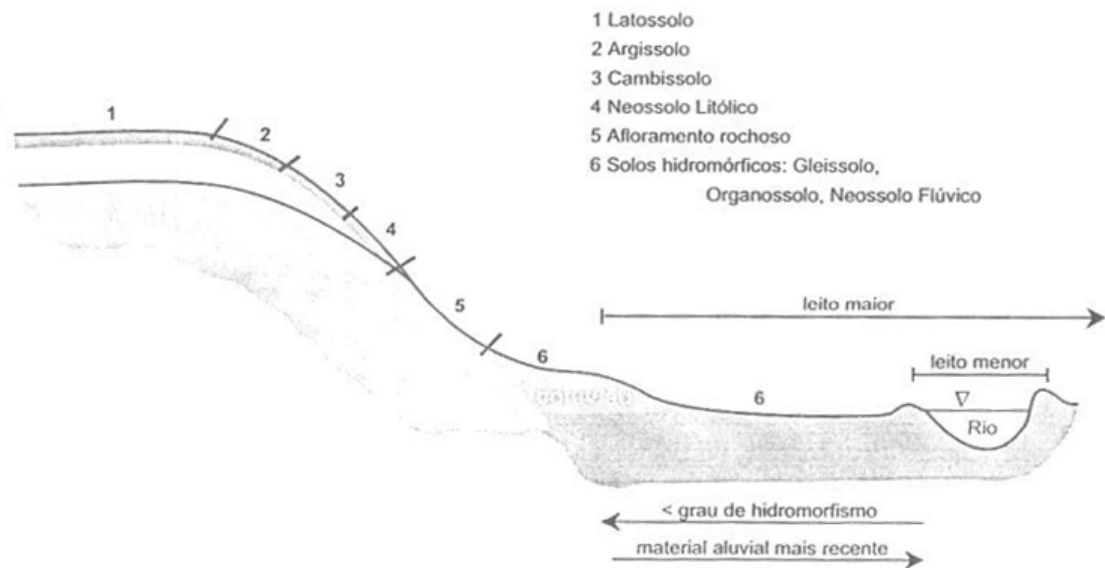


Figura 3.14. Topossequencia completa (Gonçalves & Stape, 2002).

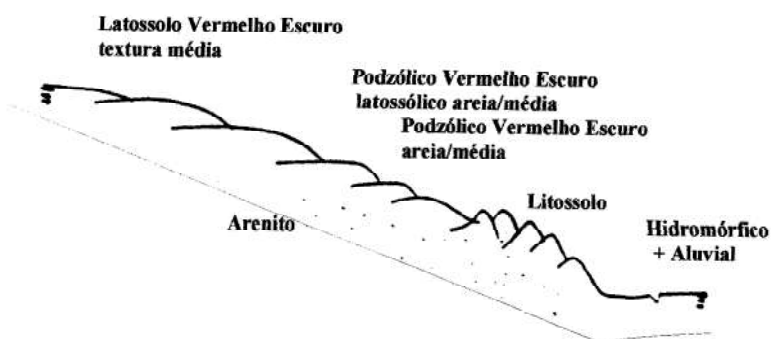
A seguir são ilustradas alguns exemplos de topossequências.



a. Solos originados de basalto



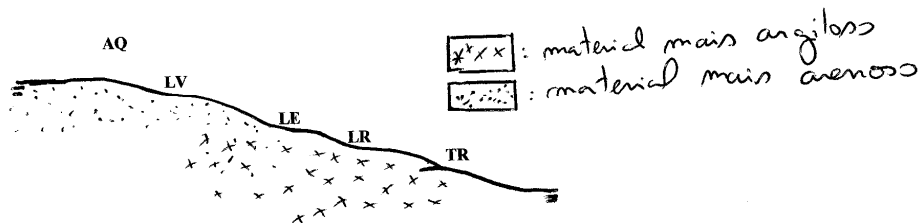
b. Solos originados de arenito ou material retrabalhado



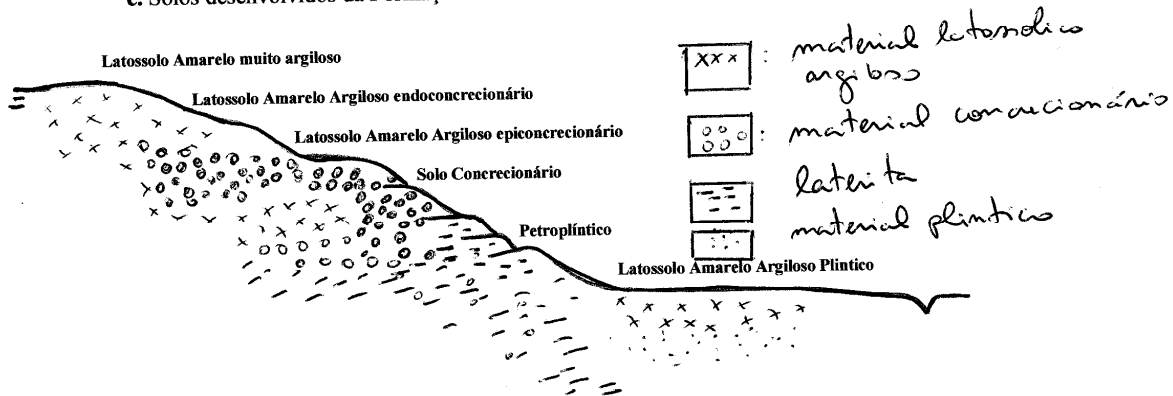
c. Solos originados de basalto e folhelho



d. Solos arenosos e por deposição



e. Solos desenvolvidos da Formação Barreiras



3.2.9. Técnicas de delimitação de paisagens utilizando fotografias aéreas

Observando uma fotografia aérea, podemos "separar" unidades de acordo com o relevo, a rede de drenagem ou os dois simultaneamente. A figura 3.14, ilustra separações de unidades de paisagem de acordo com o relevo ou a rede de drenagem, unidades essas que representarão um solo, só caracterizado posteriormente por trabalhos de campo.

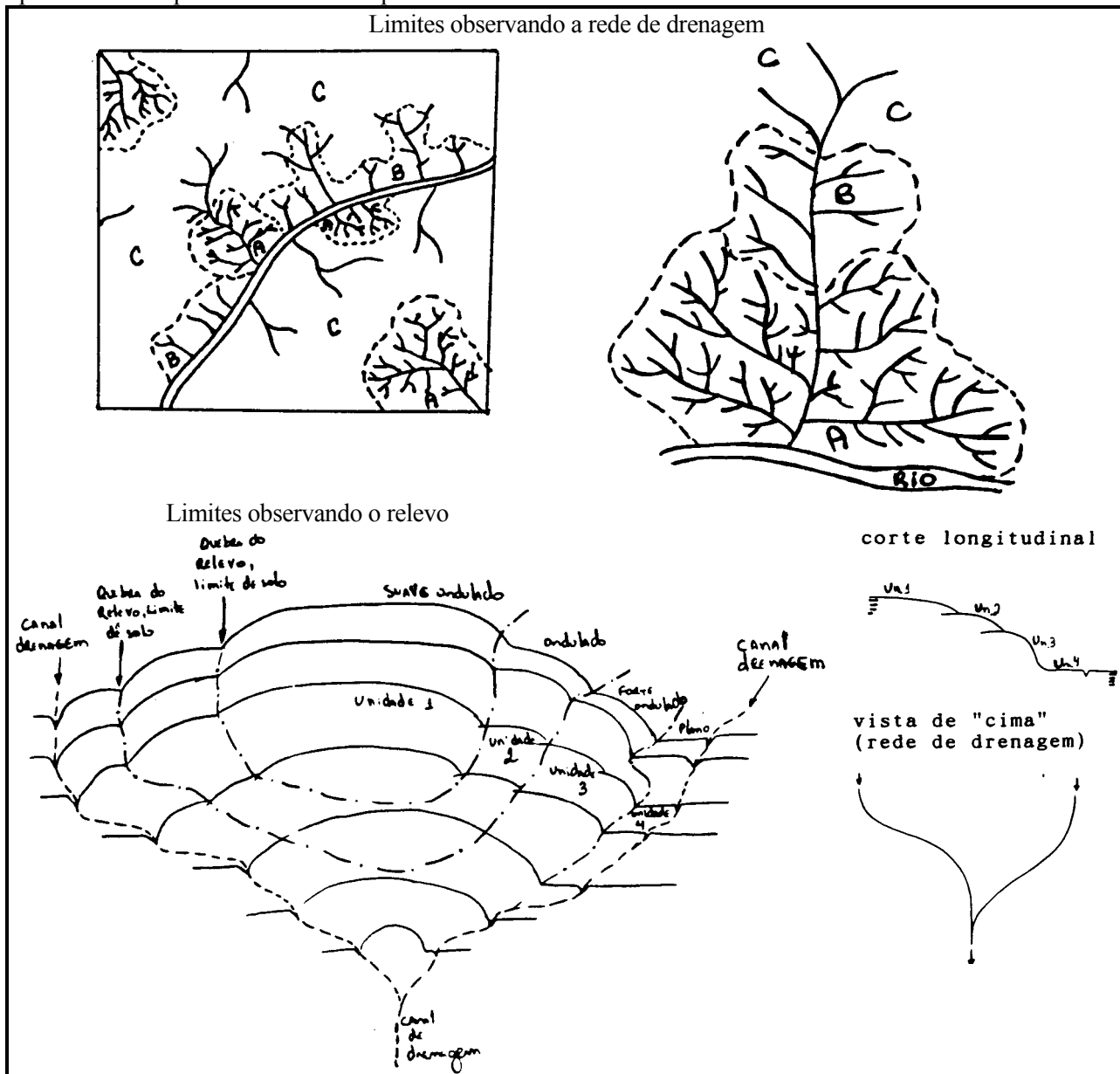


Figura 3.14. Esquema de delimitação de paisagens através da rede de drenagem e do relevo.

3.2.10. Etapas de trabalho num levantamento de solos com auxílio de fotografias aéreas

- a. Definição dos objetivos;
- b. Estudo da área (mapas de solos, geológicos, planialtimétricos, entre outros);
- c. Fotointerpretação preliminar;
- d. Identificação das unidades de mapeamento;
- e. Fotointerpretação e delimitação dos solos;
- f. Trabalho de campo: trincheiras, tradagens, checagem de campo;
- g. Revisão dos limites, correções;
- h. Organização do mapa final e relatório;



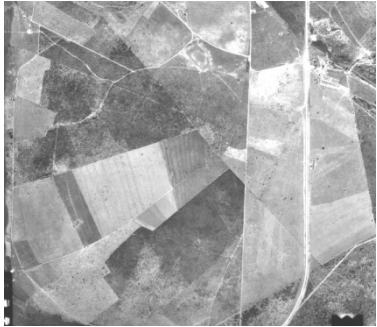






3.2.11. Alguns solos e suas características em fotografias aéreas

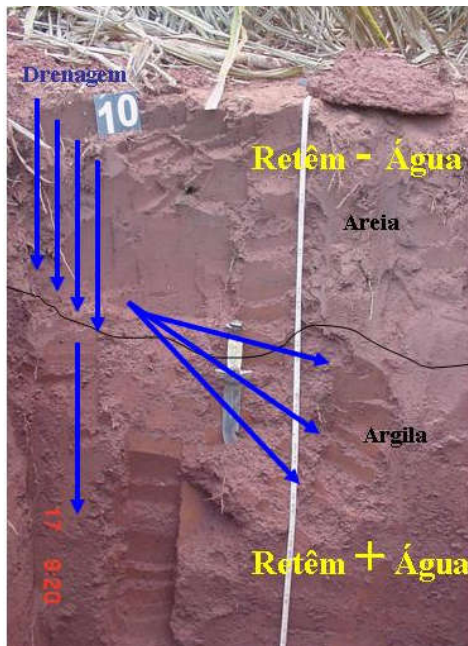
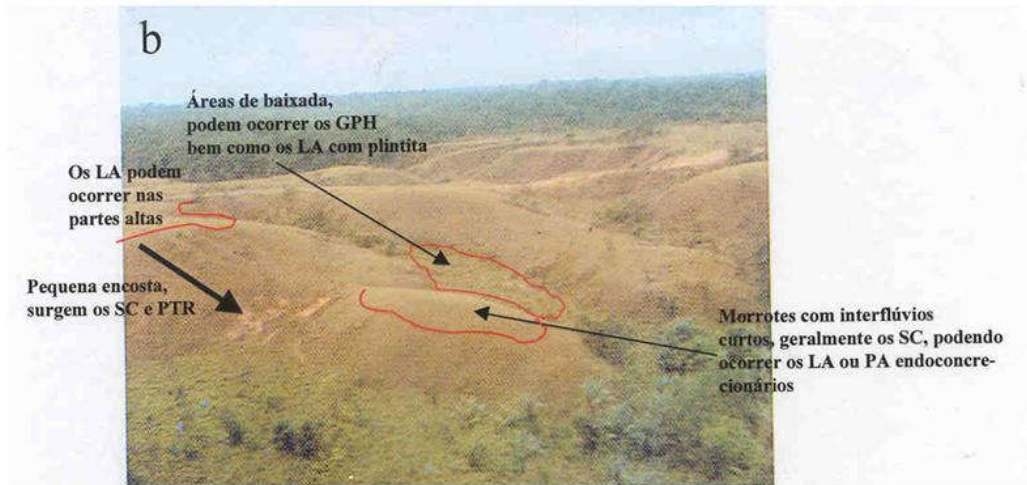
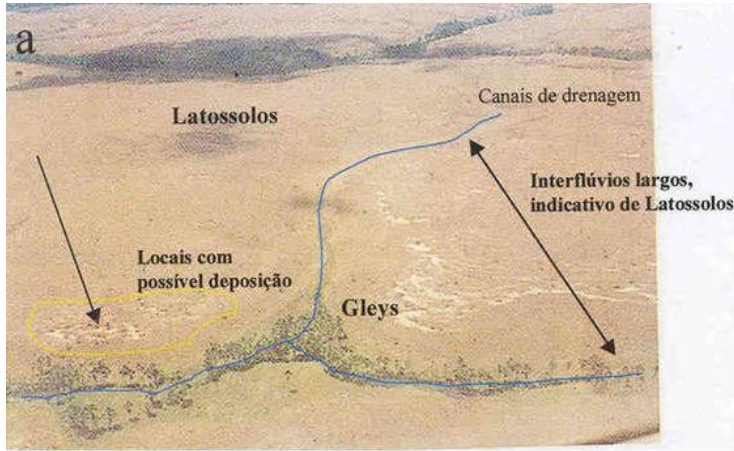
Através dos dados e informações dos solos e suas características nas fotografias aéreas, foi possível montar o quadro 3.1 de correlação entre esses parâmetros.

Quadro 3.1.. Correlação entre as características dos solos e fotografias aéreas.

Solo *	Horizontes	Horiz. diagn.	Processo formação	Relação I/D	Drenagem nos horiz.	Posição na paisagem	Características nas fotos		Obs.
							Rede de drenagem	Relevo	
Lat.	ABC R	Latossó-lico	Remoção	I>D	Boa	Normalmente no topo	Poucos canais Canais longos Drenagem paralela Densidade baixa	Plano a suave ondulado	LE e AQ mesma paisagem
PV	ABC R	Argílico	Translocação	D>I	A: boa B: moderada	Encosta	Alguns canais curtos e longos drenagem pode ser dendrítica densidade média	Suave ondulado a ondulado	Pode estar associado com Li
Li	AR	----	Remoção	D>>I	A: boa R: moderada a impedida	Encosta	Muitos canais curtos dendrítica densidade alta	Forte ondulado	Pode estar associado a Cb ou PV
Ni ou Al	ABC ou AC	Argílico Câmbico	Adição	Local de acúmulo	Imperfeita a impedida	Baixada	Sem canais	Plano	Tonalidade escura

* Lat: latossolos; PV: Podzólico; Li: Litossolo; Hi: Hidromórficos; Al: Aluvial

Solo	Perfil	Foto "horizontal"	Foto "vertical"
Latosolo			
Argissolo			
Gleissolo			



Profundidade cm	Textura gkg ⁻¹	Obs
0		
10	100	
34	140	
	340	

= Alto risco de erosão

3.2.12. Vantagens da utilização de fotografias aéreas em levantamentos pedológicos

Vantagens:

- a. Área abrangida. Por exemplo, uma foto aérea de escala 1:25.000, abrange aproximadamente 3306,2 ha;
- b. Visão tridimensional: observada pela estereoscopia, permite a percepção do relevo;
- c. Facilidade de delimitação (Figura 3.15). Observando uma área numa foto aérea, fica muito mais fácil separar as chamadas unidades fisiográficas, que representam determinado solo. Assim, após separar essas unidades, basta ir a campo para caracterizar os solos por elas representados. Obtido esse padrão, ou correlação "solo-no-campo X solo-na-foto", fica mais fácil delimitar esses solos nas fotografias. Num mapeamento convencional sem a utilização desses produtos, fica difícil observar toda a área ao redor, podendo assim, perder detalhes importantes.
- d. Redução de tempo de trabalho, para mapeamentos ao nível semi-detalhado.

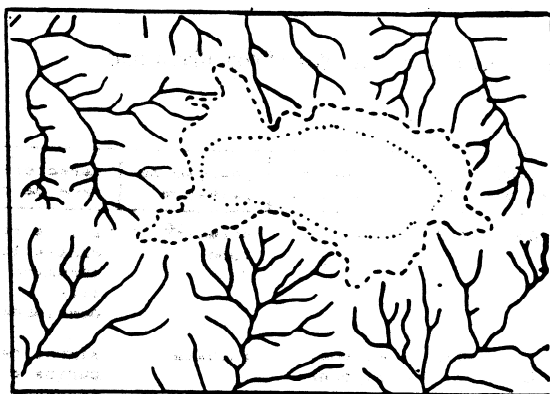


Figura 3.15. Comparação de limites de solos, pelo método convencional (...), e utilizando fotos aéreas (--). Rede de drenagem(—).



Figura 3.15. Fotografia aérea vertical ilustrando rede de drenagem de duas paisagens diferentes.

4 Interpretação de objetos e uso da terra em fotografias aéreas

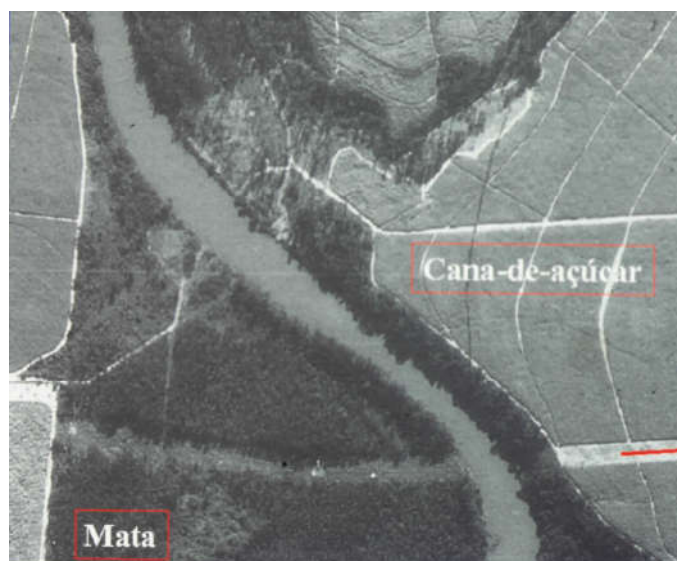


Figura 4.1 Mata, cana, linha de alta tensão

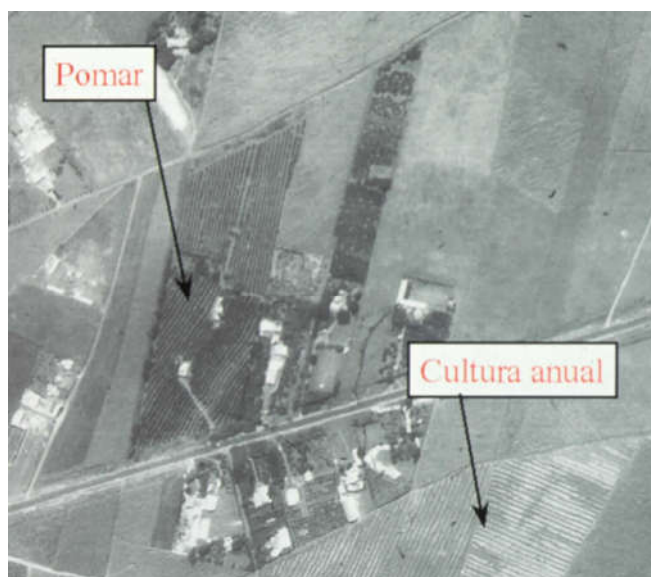


Figura 4.2. Pomar, cultura anual



Figura 4.3. Cidade



Figura 4.4: pivô central

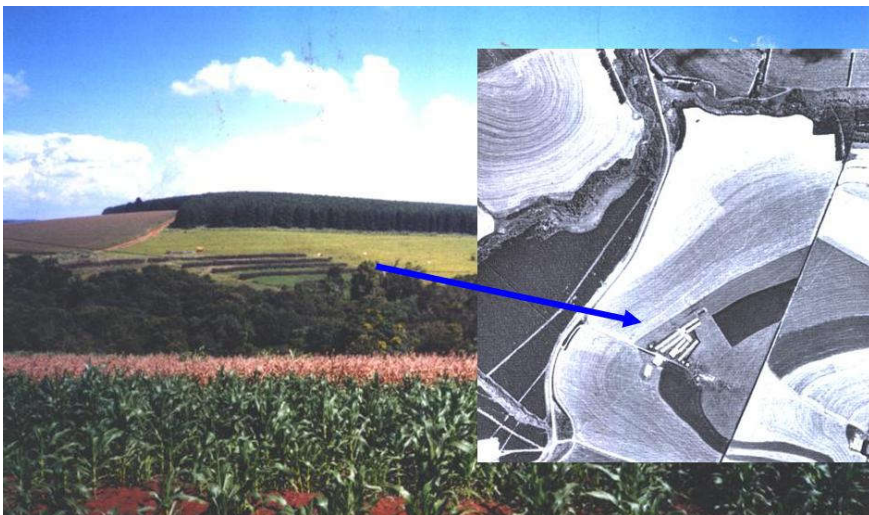


Figura 4.5.

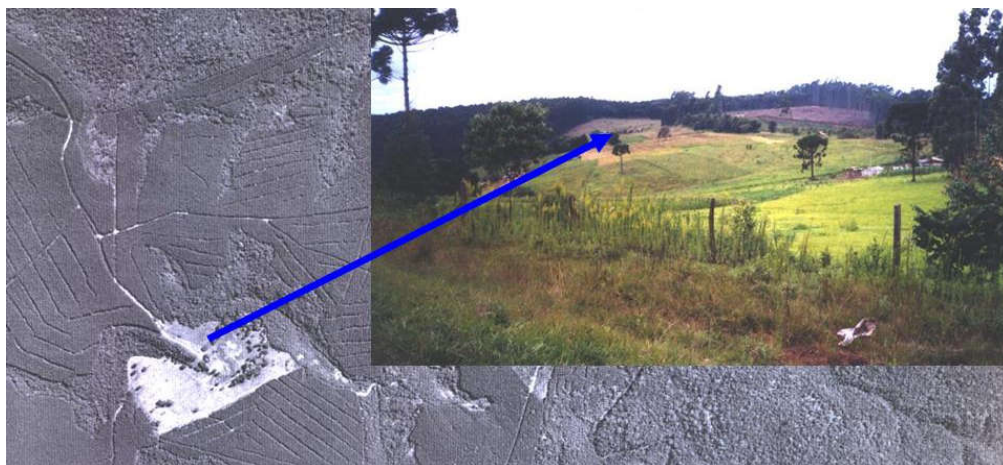
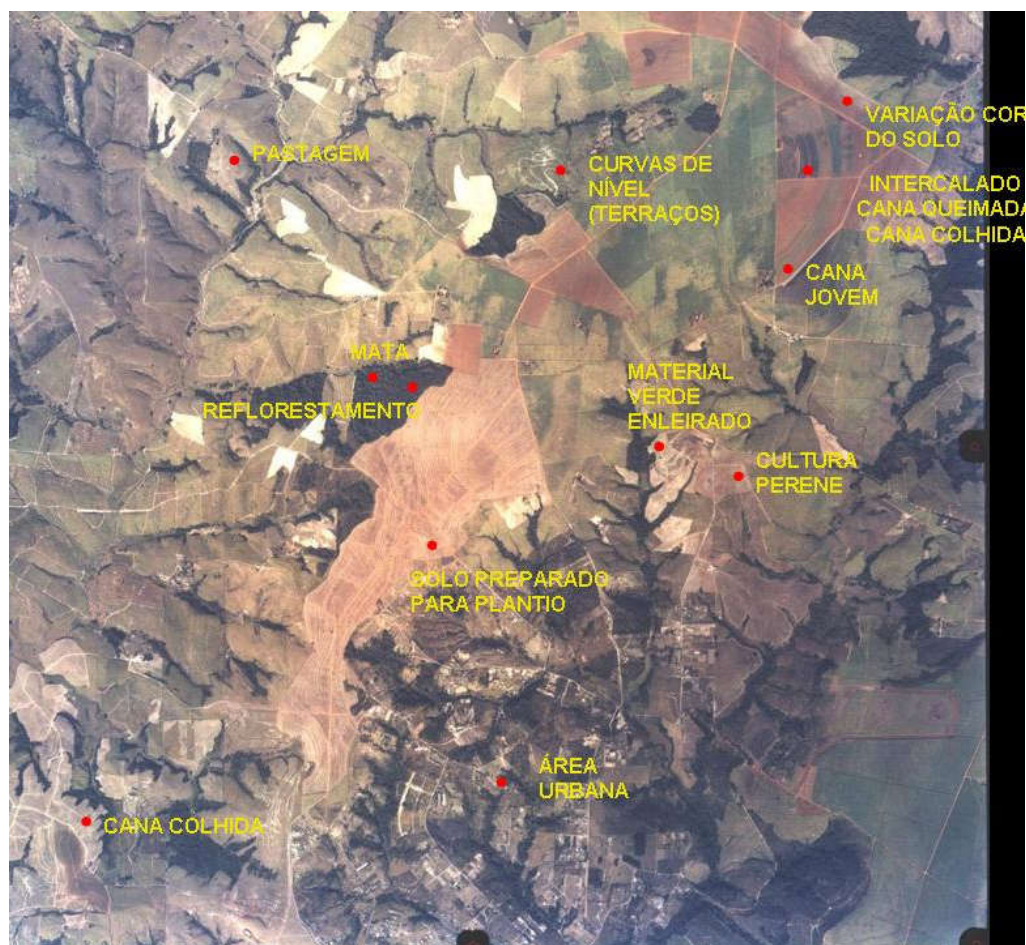


Figura 4.6.



4.1 Chaves de interpretação para aerofotos pancromáticas

Muitas vezes os levantamentos de uso da terra são realizados utilizando-se imagens já disponíveis no mercado, resultantes de aerolevantamentos efetuados para outros fins. Se nenhum fator envolvido na obtenção dessas imagens as tornarem inviáveis, principalmente o relacionado com a resolução espacial,

objetos distintos da superfície do terreno deverão apresentar padrões próprios, que serão reconhecidos durante os trabalhos de correlação aeroterrestre, possibilitando o seu mapeamento.

Em fotografias aéreas convencionais (pancromáticas de baixa altitude), vários trabalhos sobre o uso da terra foram realizados, permitindo estabelecer os padrões de interpretação das principais categorias de uso da terra. Os padrões descritos asseguir servem como chave de interpretação para fotografias aéreas verticais de escalas entre 1:25.000 e 1:35.000 ou próximas, obtidas no período seco do ano.

Os padrões considerados referem-se de uma maneira geral, as seguintes características da imagem fotográfica:

TEXTURA: Frequência na mudança e arranjo de tons da imagem de um conjunto de indivíduos de uma população. (grosseira, média, fina).

PORTE: Altura relativa dos elementos, individualizados ou não, quando observamos ao estereoscópio (alto, médio, baixo, muito baixo).

TONALIDADE: Medida da mistura entre o branco e o preto absolutos; tons cinza nas fotos pancromáticas.

(Branco, Cinza claro, Cinza escuro... preto)

4) **ASPECTOS ASSOCIADOS:** Informações adicionais que auxiliam a fotointerpretação. (formas geométricas, carreadores, etc.).

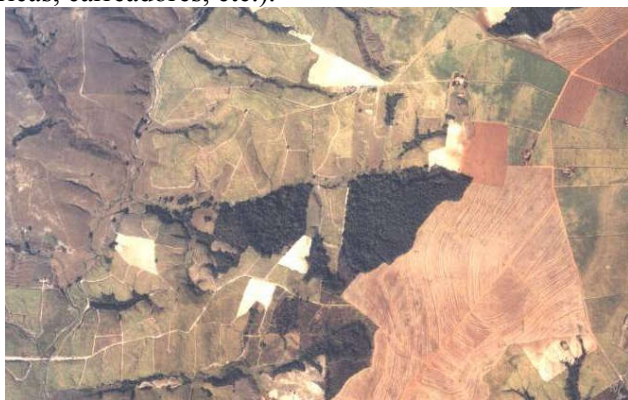


Figura 4.1.1. Exemplo de textura mais rugosa na região de mata.



Figura 4.1.2. Exemplo de diferença de tonalidade: região mais escura (mata) região mais clara (pastagem).



Figura 4.1.3. Exemplo de aspectos associados: pivô central, carreadores.

Padrões geológicos.

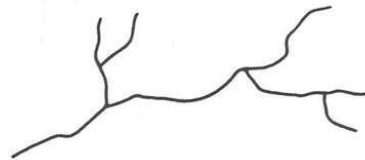
Sedimentary rocks: Sandstone

Humid

Topography
Massive, steep slopes



Drainage
Dendritic: Coarse



Arid

Topography
Flat table rocks



Drainage
Angular dendritic

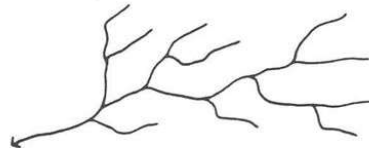
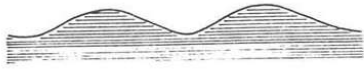


Figura 4.1.4. padrão

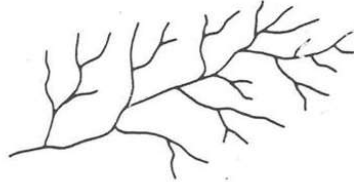
Sedimentary rocks: Shale

Humid

Topography
Soft Hills

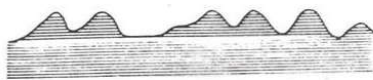


Drainage
Dendritic: Medium to fine



Arid

Topography
Steep sideslopes



Drainage
Dendritic: Fine

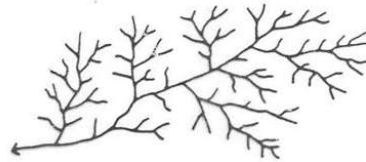
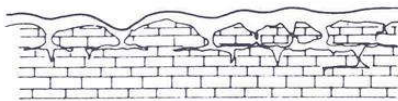


Figura 4.1.5. padrão

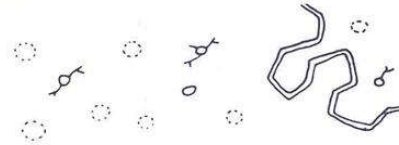
Sedimentary rocks: Limestone

Humid

Topography
Karst

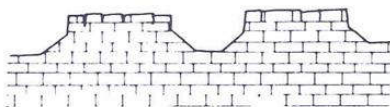


Drainage
Internal



Arid

Topography
Table Rocks



Drainage
Angular dendritic: Medium to fine

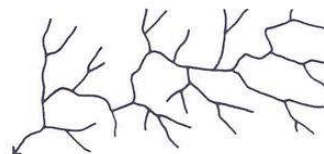
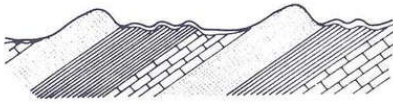


Figura 4.1.6. padrão

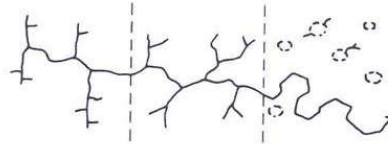
Sedimentary rocks: Tilted, interbedded

Humid

Topography
Parallel ridges

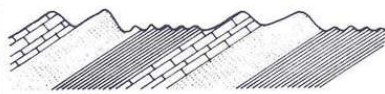


Drainage
Trellis and dendritic



Arid

Topography
Saw-toothed ridges



Drainage
Trellis: Fine

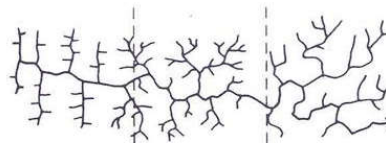
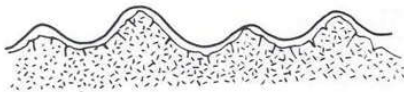


Figura 4.1.7. Padrão

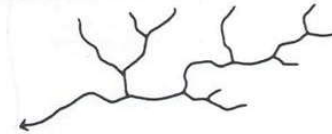
Intrusive igneous rocks: Granitic forms

Humid

Topography
Bold, domelike hills

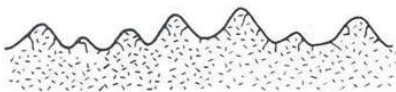


Drainage
Dendritic: Medium



Arid

Topography
A-shaped hills



Drainage
Dendritic: Fine

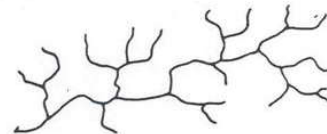


Figura 4.1.8. Padrão

Extrusive igneous rocks: Dissected
Fragmental tuff

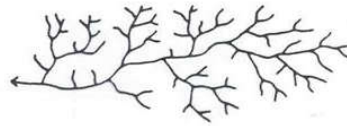
Topography

Sharp-ridged hills



Drainage

Dendritic: Fine



Extrusive igneous rocks: Young Volcanic forms
Volcanic forms

Topography

Cinder cones



Drainage

Radial

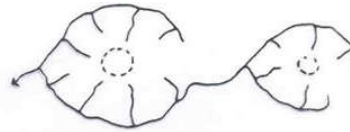


Figura 4.1.9. Padrão

Classificação quanto ao relevo

Solo	Área A	Área B	Área C
Tipo			
Classe			
Forma			
Vertente			
Uniformidade			
Gradiente			

1 Normal; Excessivo; Subnormal.

2 Plano; Suave ondulado; Ondulado; Montanhoso; Escarpado.

3 Convexo; Côncava; Mista; Reta.

4 Muito longa; Longa; Média; Curta.

5 Uniforme; Pouco uniforme; Irregular.

Inferências sobre os solos

Solo	Área A	Área B	Área C
Profundidade			
Risco de erosão			
Permeabilidade			
Drenagem do horizonte A			
Drenagem do horizonte B			
Provável B diagnóstico			
Provável solo			
Solo real (observado no mapa)			

1 muito profundo, profundo, pouco profundo, raso. 2 alto, médio, baixo, ausente.; 3 muito alta, alta, média, baixa, muito baixa

4 e 5 excessivamente drenado, fortemente, acentuadamente, bem, moderadamente, imperfeitamente, mal drenado, muito mal drenado

6 Bt, Bw, Bi, Bn, Bg, C, R; 7 indique a sigla do solo

2. Determinação dos limites das unidades de mapeamento

- Delimitar por linha tracejada as unidades de mapeamento (por relevo).

- Leve a foto que está com o vegetal e localize no mapa de solos (Quadrícula de Piracicaba e Campinas).

- Identifique os solos que estão no mapa. Em folha anexa compare os nomes dos solos que estão na legenda do mapa, com o respectivo local nas fotos aéreas.

Exercício Extra

1. Defina sensoriamento remoto
2. Como são obtidas as fotografias aéreas?
3. O que é percepção estereoscópica?
4. Quais os aparelhos utilizados para encher em estereoscopia?
5. Qual o tipo de fotografia aérea mais utilizada no reconhecimento de solos?
6. Defina fotopedologia?
7. Explique os métodos de levantamentos de solos utilizando fotografias aéreas
8. Explique por que a fotografia aérea pode expressar os tipos de solos?
9. Quais os elementos utilizados em fotopedologia?
10. Por que o relevo é um dos principais elementos utilizados em fotopedologia?
11. Quais os tipos de relevo existentes, esquematize. Relacione cada tipo de relevo com o nome de um solo.
12. Qual a classificação do relevo? Monte uma tabela relacionando os tipos de relevo com nomes de solos.
13. O que é um canal de drenagem? Esquematize.
14. A fotografia aérea representa a imagem real referente ao momento em que foi tirada. O uso da terra (pastagem, reflorestamento, culturas anuais e perenes, etc), portanto, pode ser observado na fotografia aérea. Se você está mapeando solos pela observação destes alvos, como eles podem auxiliar na discriminação dos solos?
Ilustre a rede de drenagem de duas áreas distintas, sendo uma densa e outra pouco densa. Relacione os esquemas com: tipos de relevo; profundidade dos solos; nível de intemperismo; risco de erosão; nome de solos..
15. Monte uma tabela relacionando o seguinte: Latossolos, Podzólicos, Litossolos, Gleissolos COM horizonte B diagnóstico, fator de formação predominante, relevo (tipo e classe), densidade de drenagem (alta, média, baixa), profundidade (profundo, pouco profundo, raso), relação infiltração/deflúvio, nível de dificuldade em mecanização (alto, médio, baixo), nível de intemperismo.
16. O que é uma topossequência?
17. Dê exemplo de uma topossequência em que predomina o basalto. Esquematize.
18. Quais são as vantagens e desvantagens de se utilizar fotografias aéreas em um levantamento de solos?

Leitura e resumo crítico Artigo científico número 2

Referências

- Assad, E.D. & Sano, E.S. Sistema de informações Geográficas – Aplicações na Agricultura. Segunda edição., Brasília: Embrapa, SPI/CPAC, 1998, 434 p.
- Camargo, M.N.; Klamt, E.; Kauffman, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. B. Inf., Soc. Brasileira de Ci. Solo, Campinas, 12(1): 11-33, 1987. Coleman, T.L. & Montgomery, O.L. Soil moisture, organic matter, and iron content effect on the spectral characteristics of selected Vertisols and Alfisols in Alabama. Photogram. Eng. Rem. Sens.; Falls Church, 53(12): 1659-1663, 1987.
- Carver, A.J. Fotografias aéreas para planejadores do uso da terra/ A.J. Carver; tradutor Ruth Ferraz do Amaral. Brasília, 1988, 77 p.
- Demattê, J.A.M. Relações entre dados espectrais e características físicas, químicas e mineralógicas de solos desenvolvidos de rochas eruptivas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1995. 265 p. (Tese Doutorado).
- Demattê, J.A.M. & Demétrio, V.A. Caracterização de solos por padrões de drenagem e sua relação com índices de intemperismo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.33, n.1; p.87-95, jan., 1998.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Normas e critérios para levantamentos pedológicos. Rio de Janeiro, 1989, 94 p.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. Brasília, Humberto Gonçalves dos Santos et al. SPI, 1995.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos, 4 aproximação. Rio de Janeiro, 1999, 169 p.
- Epiphânio, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Valeriano, M.M. & Oliveira, J.B. Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1992. 131 p.
- França, G.V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba: ESALQ-USP, 1968, 151 p. Tese de Doutorado.
- GER. Geophysical & Environmental Research Corp. User manual of Mark V Spectroradiometer. Millbrook, NY, 1997, 63p.
- Hunt, G.R. & Salisbury, J.W. Visible and infrared spectra of minerals and rocks: II. Carbona. Modern Geol.; New York, 2:23-30, 1970.
- Koffler, N.F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao mapeamento do uso da terra. Apontamentos de aulas da disciplina Sensoriamento remoto aplicado solos e planejamento do uso da terra, do curso de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba, 1992,

- Labradero, J.L.; Sanz, M.P.; Rodrigues, G.; Carlevaris Muniz, J.J. Reconhecimento de solos em terraços utilizando imagens. In: Congresso Nacional de la Ciencia del Suelo, 2. Sevilla, 26-30 Sep., 1988. p. 378-383.
- Lepsch, I. F.; Bellinazzi Jr., R.; Bertolini, D.; Espindola, C.R. Manual para levantamento do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991, 175 p.
- Novo, E.M.L.M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. INPE/MCT, São José dos Campos, 1988, 351 p.
- Madeira Netto, J.S. Spectral reflectance properties of soils. Photo interpretation.; Paris, nº 1996/2, vol.34: 59-72. 1996.
- Prado, H. do. Manual de classificação de solos do Brasil. Jaboticabal: FUNEP, 1995, 197 p.
- Prado, H. do. Solos tropicais: potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso. Jaboticabal: FUNEP, 1998, 231 p.
- Ramalho Filho, A.; Pereira, E. G.; Beek, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília, PLAN/MA – SNLCS/EMBRAPA, 1978, 70 p.
- Stoner, E.R. & Baumgardner, M.F. Characteristic variations in reflectance of surface soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., Madison, 45:1161-1165, 1981.
- Swain, P.H.; Davis, S.M. Remote sensing: a quantitative approach. Lafayette, McGraw-Hill. 1978.
- Vettorazzi, C.A. Sensoriamento remoto orbital. Apontamentos de aulas da disciplina Sensoriamento remoto aplicado a recursos naturais, do curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem. Piracicaba, 1991, ESALQ, USP, 131 p.
- Vitorello, I. & Galvão, L.S. Spectral properties of geologic materials in the 400 to 2500 nm range: review for applications to mineral exploration and lithologic mapping. Photo interpretation, Paris, nº 1996/2, vol.34: 77-99. 1996.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
Campus de Piracicaba

LSO 660 – Tecnologia do solo – 2017

Teórico/Prática – Tema:

Caracterização e Espacialização do meio físico, como base para o planejamento do uso da terra

Prof. Dr. J. Alexandre Demattê

Departamento de Ciência do Solo Capítulo 3 Sistemas de Avaliação de terras

1 Métodos de Avaliação do Uso da Terra

1.1 Introdução

Cada parcela de terra 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.

O termo “Terra” inclui entre suas características não apenas o solo, mas também outros atributos físicos como relevo, vegetação, erosão, disponibilidade de água; impedimento a mecanização. O uso agrícola depende também de condições de infra-estrutura (meios transporte, instalações, máquinas, equipamentos) e ainda condições sócio-econômicas.

Como saber, então, se o solo é adequado ou inadequado para determinado plantio? Como saber seu potencial? Ele é produtivo ou não? Quais as suas limitações? Qual a distribuição geográfica (mapa) do potencial de uma terra? Para responder estas questões o potencial agrícola de um solo pode ser estudado por diferentes métodos.

Devido a sua grande dimensão territorial, o Brasil utilizou-se de um sistema denominado de Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho et al., 1978), para conhecer o potencial agrícola. Este sistema permite avaliar áreas em pequenas escalas, englobando grandes áreas. Foi e é ainda muito utilizado.

Por outro lado, houve a necessidade de métodos que pudessem avaliar o uso da terra ao nível de propriedade e níveis mais elevados de manejo. Neste aspecto surgiu outro sistema, denominado capacidade de uso das terras (Lepsch et al., 1991). A adaptação das terras as várias modalidades de uso agrícola diz respeito a sua “capacidade de uso”, idéia esta diretamente ligada as possibilidades e limitações que elas apresentam. Assim, “capacidade de uso da terra” é a sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra depauperamento pelos fatores de desgaste e empobrecimento. Este método se utiliza de mapas em grandes escalas e pressupõe níveis mais elevados de manejo.

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

Maiores informações, consultar Ramalho Filho et al. (1978), Lepsch et al. (1991) e Prado (1995).

1.2 Classificação das terras no sistema de Capacidade de Uso

1.2.1 Classificação Taxonômica

Os solos são grupados a partir de uma quantidade muito grande de atributos em comum, tendo por base aquelas que refletem processos genéticos semelhantes. Ex.: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro, Terra Roxa Estruturada.

Classificação Técnica interpretativa: os indivíduos são grupados em função de determinadas características de interesse prático e específico. Ex.: grupamentos de terra para irrigação; grupamentos de acordo com a aptidão agrícola para determinada cultura; grupamento por risco de erosão; por necessidade de calagem; etc.

1.2.2 *Conceituação do sistema*

O sistema de capacidade de uso é uma classificação técnico-interpretativa, representando um grupamento qualitativo dos tipos de solos sem considerar a localização ou as características econômicas da terra, visando a obtenção de classes homogêneas de terras e em termos do propósito de definir sua máxima capacidade de uso sem risco de degradação do solo.

Na classificação da capacidade de uso da terra há maior interesse em considerar os grupos de atributos do que considerar separadamente cada atributo. A importância de qualquer atributo pode depender, em certos casos, dos demais atributos do conjunto.

Exemplo: certos solos argilosos são pouco permeáveis e bastante susceptíveis a erosão. Outros têm uma estrutura tal que os torna muito permeáveis e, portanto, menos susceptíveis à erosão. Portanto, o risco de erosão não pode ser julgado unicamente a partir da textura do solo. É necessário envolver a permeabilidade.

Assim, o sistema se baseia nas limitações permanentes das terras, e é todo voltado para as possibilidades e limitações à utilização das mesmas; idéia esta diretamente relacionada a sua intensidade de uso.

Intensidade de uso: exprime a maior ou menor mobilização imposta ao solo, expondo-o a certos riscos de erosão e/ou perda de produtividade. A intensidade de uso irá depender do tipo de manejo imposto a cultura. Assim é que culturas anuais em sistema tradicional de cultivo tenderá degradar mais rapidamente do que o sistema em plantio direto.

A determinação da 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 diretamente aplicável ao planejador. Evidentemente, por si só, ela não fornece todos os elementos necessários ao planejamento das atividades a serem desenvolvidas, pois há ainda que considerar as esferas econômicas, políticas e sociais.

1.2.3 *Categoria do sistema*

O sistema se divide em quatro categorias, sendo:

- *Grupos de capacidade de uso* (A, B, C): estabelecidos com base nos tipos de intensidade de uso das terras (nível de manejo).
- *Classes de capacidade de uso* (I a VIII) baseadas no grau de limitação de uso.
- *Subclasses de capacidade de uso*: (IIe, IIIs, IVa, etc). baseadas na natureza da limitação de uso.
- *Unidades de capacidade de uso* (grupos de manejo) (IIe-1; IIe-2; IIIe-1, etc); baseadas em condições específicas que afetam o uso de manejo da terra.

A figura 3.1 apresenta o esquema dos grupos, das classes, das subclasses e das unidades de capacidade de uso do solo, e a figura 3.2 resume a variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra sem risco de erosão acelerada, em função das classes de capacidade (Lepsch et al., 1983).

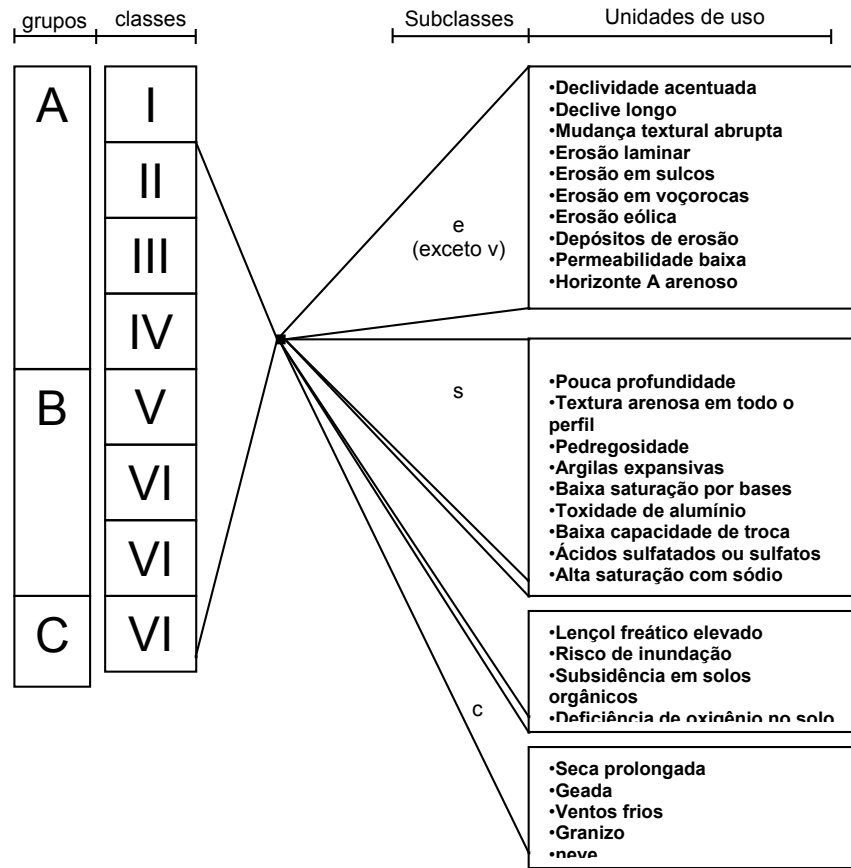


Figura 3.1. Esquema dos grupos, classes, subclasse e unidades de capacidade de uso.

Sentido das aptidões e das limitações	Classe de capacidade de uso	SENTIDO DO AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO →									
		Área de preservação Uso Turístico Conservação Hídrica	Reforestamento			Cultivo ocasional ou limitado	Cultura anual e/ou perene				
			Pastagem				Problema de conservação				
			Restrito	Moderado	Adequado		complexo	Simples	Não aparente		
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;"> ↑ Aumento da adaptabilidade e da liberdade da escolha de uso </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> ↓ Aumento das limitações e dos riscos de erosão e de degradação </div> </div>	I										
	II										
	III										
	IV										
	V										
	VI										
	VII										
	VIII										

Subutilização da terra

MÁXIMA UTILIZAÇÃO RACIONAL DA TERRA

SOBRE UTILIZAÇÃO DA TERRA

Figura 3.2. Resumo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra sem risco de erosão acelerada, em função das classes de capacidade de uso (Fonte: Lepsch, 1983).

1.2.3.1 Grupos de capacidade de uso

Constitui as categorias de nível mais elevado e generalizado, estabelecidos na maior ou menor intensidade de uso das terras, designada, em ordem decrescente, pelas letras A, B, C.

Grupo A: Terras possíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre (comporta as classes de capacidade de uso I a IV)

Grupo B: Terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre (compreende as classes V, VI e VII).

Grupo C: Terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento. Apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água (Compreende a classe VIII de capacidade de uso).

1.2.3.2 Classes de capacidade de uso

Consiste no grupamento de terras apresentando o mesmo grau de limitação.

As práticas de conservação do solo usualmente definidas como o conjunto de medidas destinadas a controlar a erosão e outras formas de depauperamento do solo, de modo a mantê-lo permanentemente 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: procuram melhorar ou recuperar as condições de produtividade das terras e racionalizar ao máximo o uso do solo. Normalmente atuam indiretamente no controle da erosão, por causa do aumento promovido na cobertura do solo e enraizamento, ocasionado pelo melhor desenvolvimento das plantas cultivadas.

Ex.: 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, pode-se assim considerá-las:

Grupo A

Classe I: terras propícias para culturas, pastagens e reflorestamento, aparentemente sem problemas especiais de conservação (cor convencional: verde-claro);

Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação (cor convencional: amarelo);

Classe III: terras cultiváveis (culturas, pastagens, reflorestamento) com problemas complexos de conservação (cor convencional: vermelho);

Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação (cor convencional: azul).

Grupo B

Classe V: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais (cor convencional: verde-escuro);

Classe VI: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo (cor convencional: alaranjado);

Classe VII: terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação (cor convencional: marron).

Grupo C

Classe VIII: terras impróprias para culturas, pastagens ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água (cor convencional: roxo).

Essas diversas classes estão ilustradas nas figuras 3.3 e 3.4.

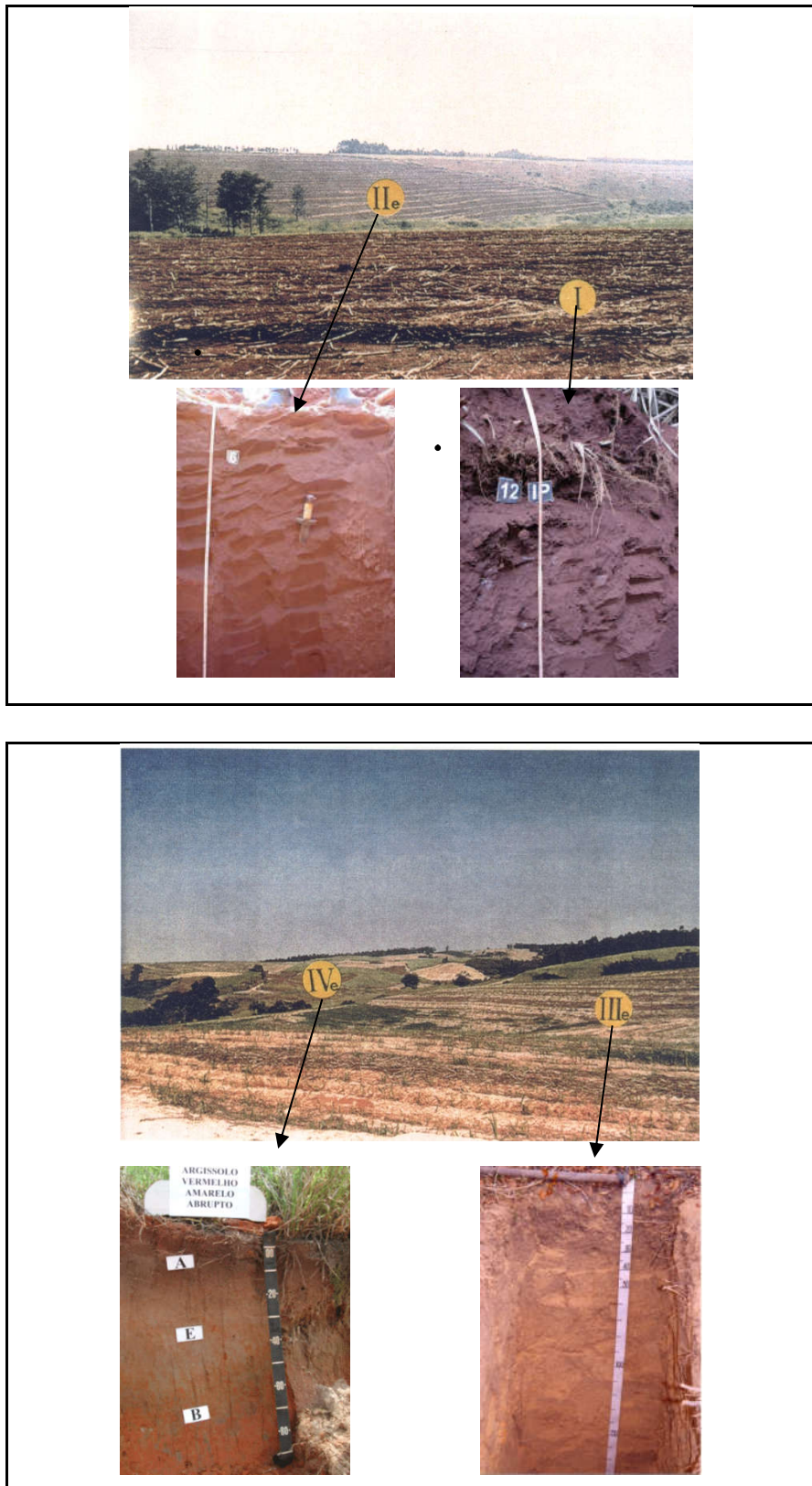


Figura 3.3. Classe I (Latosolo Roxo eutrófico e declive de 0-3 %); classe e subclasse IIe (Latosolo eutrófico e declive de 3-6%); Classe e subclasse IIIe (Podzólico Vermelho Amarelo abrupto eutrófico e declive de 3-6%); Classe e subclasse IVe (Podzólico Vermelho Amarelo abrupto eutrófico e declive de 6-12%). Fonte: Prado (1998).

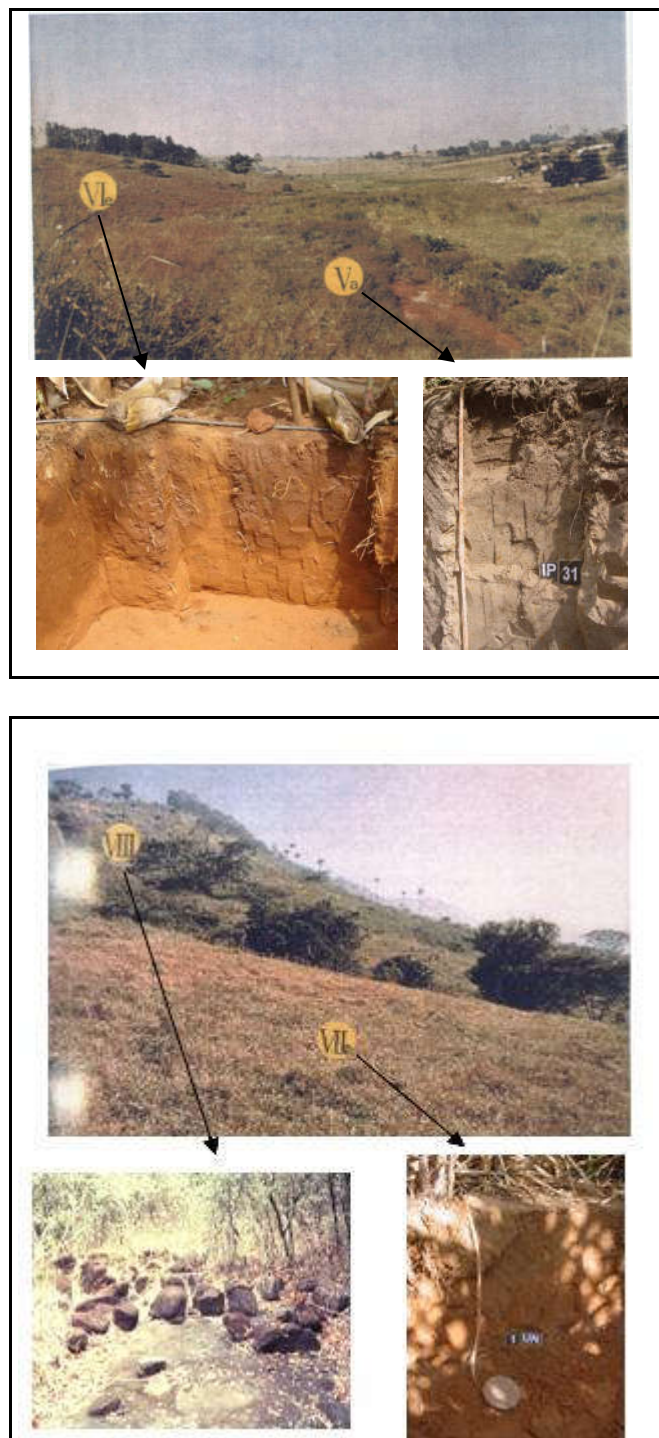


Figura 3.4. Classe e subclasse Va (Glei Pouco Húmico); classe e subclasse VIe (Podzólico Vermelho Amarelo abrupto eutrófico e declive de 12-20%); Classe e subclasse VIIe (Podzólico Vermelho Amarelo abrupto eutrófico e declive de 20-45%); Classe VIII (Afloramento rochoso). Fonte: Prado 1998.

1.2.3.3 Subclasses de capacidade de uso

Representam classes de capacidade de uso qualificadas em função da natureza da limitação, tornando, assim, mais explícitas, as práticas ou grupos de práticas conservacionistas a serem adotados.

A natureza da limitação é designada por letras minúsculas, de modo que a subclasse de capacidade de uso é representada pelo algarismo romano (da classe) seguido da letra designativa do fator limitante. Por exemplo, IIIe representa classe III com problema de erosão. Como só pode apresentar limitações ligeiras, a classe I não admite subclasse.

Convencionalmente, as limitações de uso podem ser de quatro naturezas, na seguinte ordem de importância, a saber:

- e: limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão
- s: limitações relativas ao solo
- a: limitações por excesso de água
- c: limitações climáticas

Observa-se que, por intermédio das classes de capacidade de uso, pode-se estabelecer as alternativas de uso e a intensidade das práticas conservacionistas (exemplo: classe III subentende culturas com práticas complexas de conservação). Entretanto, para definir a natureza das práticas, é preciso conhecer a natureza da limitação predominante, ou seja, a subclasse. Assim, uma subclasse IIIe pode representar uma gleba que, sob culturas, requer práticas complexas de controle da erosão.

Dentro de cada classe de capacidade de uso, solos apresentados de natureza semelhante estão incluídos na mesma subclasse; quando as limitações são de natureza diferentes, eles são enquadrados em subclasses diferentes.

Quando ocorrem duas espécies de limitações em grau semelhante, ou que podem ser igualmente corrigidas, ambas podem ser indicadas, separadas por vírgula. Exemplificando, uma gleba pode apresentar limitações moderadas pela sua declividade (e) e, em mesmo grau, por problemas de fertilidade dos solos (s), sendo classificada como IIIe, s; a indicar a adoção de um sistema de manejo que envolva tanto a correção das deficiências de fertilidade como o controle da erosão.

A figura 2.5 ilustra um mapa de classes e subclasses de uso das terras.

1.2.3.4 Unidades de capacidade de uso

Tornam mais explícitas a natureza das limitações, ou seja, facilitam o processo de estabelecimento das práticas de manejo. Nem sempre a designação da subclasse torna clara a limitação ou a prática ou conjunto de práticas a ser adotado.

Ex.: IIIs (classe III de capacidade de uso com limitação devido ao solo. Qual limitação?

O s pode representar: pouca profundidade, pedregosidade, salinidade, etc. A maneira de explicitar cada um destes fatores limitantes é através da unidade de capacidade de uso que é designada pela colocação de algarismos arábicos à direita do símbolo da sub-classe.

Ex.: IIIs-1 – limitação por profundidade

IIIs-2 – limitação pedregosidade

IIIs-3 - limitação por salinidade

IIIe-1 – limitação pela declividade

IIIe-2 – limitação por erosão laminar

IIIe-3 – limitação por erosão sulcos

1.2.4 Grupos de Manejo

Também designados de unidades de manejo ou unidades de uso, representam grupamentos de terras que deverão receber idêntico manejo agrícola, em decorrência dos solos apresentarem possivelmente as mesmas respostas aos processos de tratamento, com adaptações análogas de plantio e colheita, além dos mesmos riscos e limitações de uso agrícola.

Os grupos de manejo são mais propriamente grupamento de classes do que uma categoria do sistema de classificação da capacidade de uso da terra. Isto porque, mesmo em uma área específica, tais unidades podem diferir em função do tipo de utilização de terra, e também porque unidade de capacidade de uso ou subclasses podem vir a enquadrar-se em uma única unidade de manejo.

Assim, por exemplo, para o plantio de cana, mandioca, milho, soja, diferentes grupos de manejo podem ser estabelecidos em uma mesma gleba, porque as necessidades dessas espécies

em nutrição e a proteção que proporcionaram ao solo são muito diversas. Por outro lado, como de usos menos intensivos da terra, como reflorestamento, pastagens ou cultivos permanentes protetoras de solo, é comum que terras situadas até em classes de capacidade de uso diferentes, possam ser enquadradas em uma idêntica unidade de manejo.

Exemplo: Considere a unidade de capacidade de uso IIIe-1 (limitada pelo risco de erosão).

Pode-se supor que as diferentes glebas classificadas como IIIe-1 venham a ser destinadas a usos diferentes. Cada uma dessas glebas poderá ser submetidas a distintos sistemas ou grupos de manejo. Nesse caso, cada uma delas pode ser designada pela colocação de um algarismo arábico anteposto ao símbolo da unidade de capacidade de uso; ou seja:

1IIIe-1, 2IIIe-1; 3IIIe-1 onde os algarismos 1, 2, 3 representam o tipo de atividade.

1.2.5 Principais fatores limitantes ao uso agrícola

São eles: Profundidade efetiva, Permeabilidade, Textura, Hidromorfismo, Erosão, produtividade aparente do solo, Risco de Inundação, Pedregosidade, Salinidade, Sodificação e Declive. As principais classes de declive são apresentadas no quadro 3.1a e b.

a. Profundidade efetiva

Refere-se à espessura máxima do solo em que as raízes não encontram impedimento físico para penetrar livremente, facilitando a fixação da planta e servindo como meio para absorção de água e nutrientes. O quadro 2.1 apresenta as várias profundidades e as respectivas adjetivações.

Quadro 2.1. Profundidade efetiva do solo.

Profundidade	Adjetivação
Mais de 2,00m	1 – Muito profundos
1,00 a 2,00m	2 – Profundos
0,50 a 1,00m	3 – Moderadamente profundos
0,25 a 0,50m	4 – Rasos
Menos de 0,25m	5 – Muito rasos

b. Permeabilidade

É a capacidade que o solo apresenta de transmitir água ou ar. Em termos quantitativos, a permeabilidade é a velocidade do fluxo através de uma seção transversal unitária de solo saturado, sob determinado gradiente hidráulico:

1. **rápida:** quando o solo é de textura grosseira (arenosa), ou de estrutura forte, pequena, granular e friável (horizonte B latossólico), apresentando canais para a fácil percolação de água, percolação essa que se apresenta superior a 150 mm de água por hora, nos testes de laboratórios;
2. **moderada:** quando o solo é de textura e estrutura compostas de tal forma que proporcionam moderada percolação de água, atingindo, em geral, nos testes de laboratório, níveis de 5 a 150 mm de água percolada por hora;
3. **lenta:** quando o solo possui características de textura e estrutura tais que tornam a percolação mais difícil e, em geral, de velocidade inferior a 5 mm de água percolada por hora, nos testes de laboratório. Geralmente, ocorre em camadas argilosas ou muito argilosas (exceto nos Latossolos) ou nas de textura média, com argila de atividade elevada e/ou alta saturação por sódio.

O quadro 2.2. apresenta a permeabilidade das camadas superficial e subsuperficial.

Quadro 2.2. Permeabilidade do perfil do solo.

Permeabilidade da camada subsuperficial		2 Permeabilidade da camada superficial		
		Rápida	Moderada	Lenta
Rápida		1/1	2/1	3/1
Moderada		½	2/2	3/2
Lenta		1/3	2/3	3/3

c. Textura

São apresentadas no quadro 2.3. as anotações numéricas das combinações da textura das camadas superficial e subsuperficial.

Quadro 2.3. Textura do solo das camadas superficial e subsuperficial.

Textura da camada subsuperficial	Textura da camada superficial				
	Muito Argilosa	Argilosa	Média	Siltosa	Arenosa
Muito argilosa	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1
Argilosa	½	2/2	3/2	4/2	5/2
Média	1/3	2/3	3/3	4/3	5/3
Siltosa	¼	2/4	¾	4/4	5/4
Arenosa	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5

d. Declive

As classes de declive são apresentadas no quadro 2.4

Quadro 2.4. Classes de declive

Classe	Declive (%)
A	< 2
B	Entre 2 – 6
C	entre 6 – 12
D	entre 12 - 20
E	entre 20 - 40
F	Entre 40 – 60
G	>40

e. Hidromorfismo

A ocorrência de hidromorfismo conforme a profundidade do solo, é apresentada no quadro 2.5.

Quadro 2.5. Ocorrência de hidromorfismo conforme a profundidade do solo.

Hidromorfismo	Profundidade
hi1	abaixo de 100 cm
hi2	abaixo de 50 cm
hi3	abaixo de 25 cm
hi4	até a superfície do solo

f. Erosão

Erosão laminar

1. **ligeira:** quando já aparente, mas com menos de 25 % do solo superficial (horizonte A) removido, ou quando não for possível identificar a profundidade normal do horizonte A de um solo virgem, com mais de 15 cm do solo superficial (horizonte A) remanescente;
2. **moderada:** com 25 a 75 % do solo superficial (horizonte A) removido, ou quando não for possível identificar a profundidade normal do horizonte A de um solo virgem, com 5 a 15 cm do solo superficial (horizonte A) remanescente;
3. **severa:** com mais de 75 % do solo superficial (horizonte A) removido e, possivelmente, com o horizonte B já aflorando, ou quando não for possível identificar a profundidade natural do horizonte A de um solo virgem, com menos de 5 cm do solo superficial (horizonte A) remanescente;
4. **muito severa:** com todo o solo superficial (horizonte A) já removido e com o horizonte B bastante afetado (erodido), já tendo sido removido, em alguns casos, em proporções entre 25 e 75 % da profundidade original;
5. **extremamente severa:** com o horizonte B, em sua maior parte, já removido, e com o C já atingido, encontrando-se o solo praticamente destruído para fins agrícolas;
6. símbolo reservado para áreas desbarrancadas ou translocações de blocos de terra. A área erodida deve ser delimitada no mapa por linha preta pontilhada (...), tendo no seu interior o símbolo 6.

Erosão em sulcos

Frequência dos sulcos

1. **ocasionais:** área com sulcos distanciados mais de 30 metros;
2. **freqüentes:** área com sulcos a menos de 30 metros de distância entre si, mas ocupando área inferior a 65 %.
3. **Muito freqüentes:** área com sulcos a menos de 30 metros de distância entre si, mas ocupando área superior a 75 %.

Profundidade dos sulcos

- 1, 2 e 3: representam sulcos superficiais, que podem ser cruzados por máquinas agrícolas, e se desfazem com o preparo do solo;
 $\underline{1}$, $\underline{2}$ e $\underline{3}$: representam sulcos rasos, que podem ser cruzados por máquinas agrícolas, mas não se desfazem com o preparo do solo;
1, *2* e *3*: representam sulcos profundos, que não podem ser cruzados por máquinas agrícolas e que ainda não atingiram o horizonte C;
 1V, 2V e 3V: representam sulcos muito profundos, que não podem ser cruzados por máquinas agrícolas e que já atingiram o horizonte C, sendo também denominados voçorocas (Quadro 2.6).

Quadro 2.6. Símbolos usados para notar a erosão hídrica em sulcos.

Profundidade dos sulcos	Frequência dos sulcos		
	Ocasionais	Freqüentes	Muito freqüentes
Superficiais	1	2	3
Rasos	$\underline{1}$	$\underline{2}$	$\underline{3}$
Profundos	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Muito profundos ou voçorocas	1	2V	3V

g. Produtividade aparente

A produtividade aparente do solo é avaliada conforme o quadro 2.7.

Quadro 2.7. produtividade aparente do solo.

Produtividade aparente
p ₁ : muito alta – solos aparentemente com ampla reserva de nutrientes e propriedades físicas muito boas, produzindo ótimas colheitas, dentro dos melhores padrões e práticas de manejo da região considerada;
p ₂ : alta – solos aparentemente com razoável reserva de nutrientes e propriedades físicas boas, produzindo colheitas boas dentro dos melhores padrões e práticas de manejo da região considerada;
p ₃ : média – solos aparentemente com reserva de nutrientes e/ou propriedades físicas razoáveis, produzindo colheitas moderadas, dentro dos melhores padrões de manejo mais comuns da região considerada;
p ₄ : baixa – solos aparentemente com problemas de produtividade, que só conseguem produzir colheitas consideradas como baixas, dentro dos melhores padrões de manejo mais comuns da região considerada;
p ₅ : muito baixa – solos com sérios problemas de produtividade, nos quais só se conseguem colheitas muito baixas, ou nulas, mesmo usando-se os melhores padrões comuns de manejo da região.

h. Risco de Inundação

O risco de inundação é avaliado pela sua frequência e sua duração, conforme segue:

Frequência

- ocasionais: com mais de cinco anos de recorrência provável;
- freqüentes: com recorrência provável entre um e cinco anos;
- muito freqüentes ou anuais: ocorrendo sistematicamente todo ano, repetindo-se uma ou mais vezes nas várias estações do ano.

Duração

- curtas: durando menos de dois dias;
- médias: durando entre dois dias e um mês;
- longas: durando mais de um mês.

O quadro 2.8 mostra a interação da frequência e da duração das inundações.

Quadro 2.8. Símbolos usados para notar os riscos de inundação.

Duração das inundações	Frequência das inundações		
	Ocasionais	Freqüentes	Anuais ou muito freqüentes
Curtas	i ₁	i ₄	i ₇
Médias	i ₂	i ₅	i ₈
Longas	i ₃	i ₆	i ₉

i. Pedregosidade

A ocorrência de pedregosidade é avaliada conforme a quantidade de pedras ou matações e pela presença do substrato rochoso, conforme segue:

- pd₁ – poucas pedras
- pd₂ – pedras abundantes
- pd₃ – pedras extremamente abundantes
- pd₄ – poucos matações
- pd₅ – matações abundantes

- pd₆ – matações extremamente abundantes
- pd₇ – solos rochosos
- pd₈ – solos muito rochosos
- pd₉ - solos extremamente rochosos

A salinidade e a sodificação interferem no desenvolvimento do sistema radicular e são assim avaliados:

j. Salinidade

- sl₁ - ligeira
- sl₂ - moderada
- sl₃ – forte

k. Sodificação

- sO₁ – moderada
- sO₂ – forte
- sO₃ – muito forte

O nível tecnológico indica o grau de desenvolvimento da tecnologia agrícola adotada ou “nível de manejo” da terra, e pode ser:

- N – tecnologia de nível nulo
- B – tecnologia de nível baixo
- M – tecnologia de nível médio
- E – tecnologia de nível elevado
- V – investimentos vultosos, porém mal aplicados

O estágio de desbravamento indica o grau de desmatamento e/ou destocamento necessário na época do levantamento, em função da frequência e porte das árvores e/ou tocos presentes, e é assim avaliado:

- t₁ – destocamento leve
- t₂ – destocamento médio
- t₃ – destocamento pesado
- t₄ – desmatamento e destocamento leves
- t₅ – desmatamento e destocamento médios
- t₆ – desmatamento e destocamento pesados

O uso atual é a caracterização do uso atual da terra, dando indicações sobre a tradição e a experiência dos agricultores e sugerindo possíveis manejos futuros.

A seguir alguns exemplos ilustrados de fatores limitantes.

a) Pedregosidade

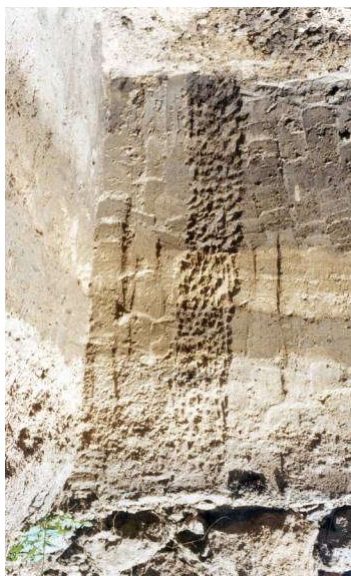


Alta pedregosidade

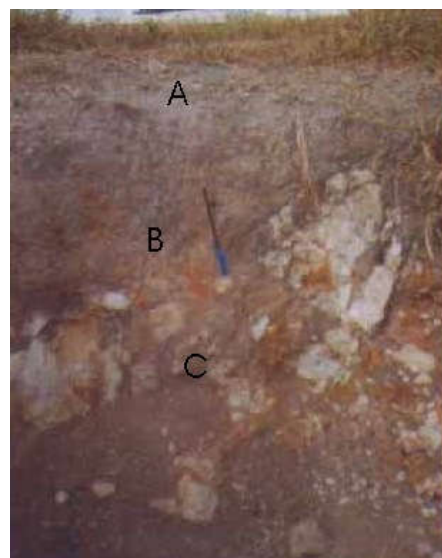


Baixa pedregosidade

b) Profundidade



Alta profundidade

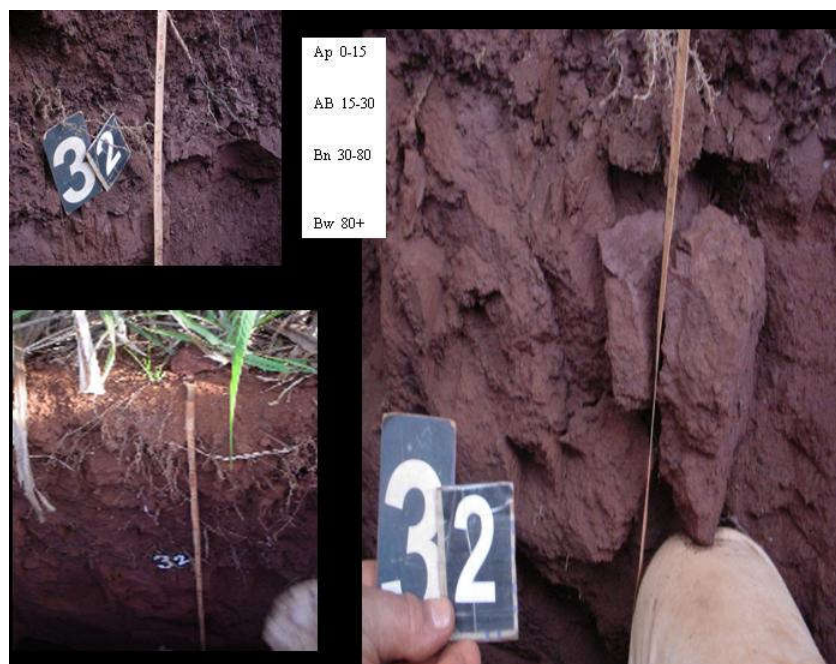


Baixa profundidade

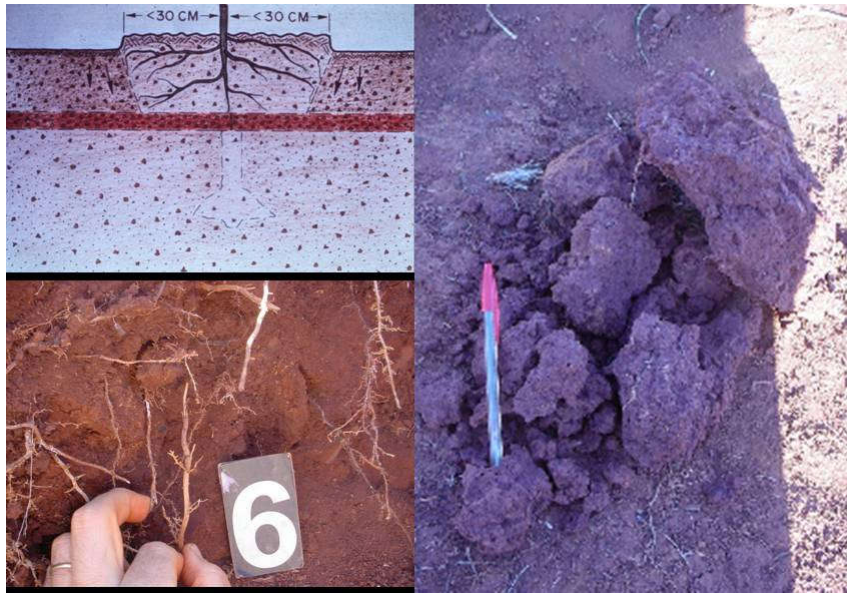
c) Compactação



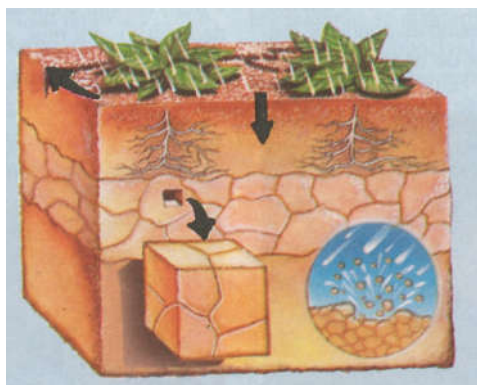
Exemplo de causa de compactação



Compactação forte, com blocos grandes duros e raízes amassadas



Sintomas de compactação: Raízes finas e amassadas, blocos grandes e duros



a



b

Comparação entre o comportamento das raízes em um solo compactado (a) e não compactado (b)



a



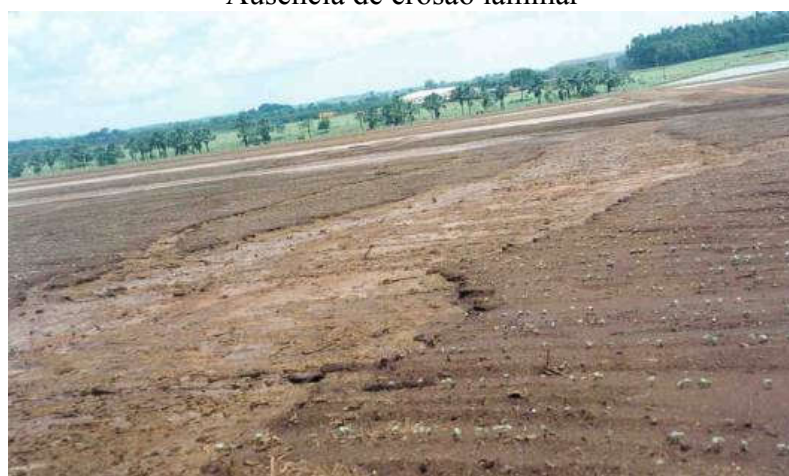
b

Comparação entre um solo compactado (a) e não compactado (b)

d) Erosão Laminar



Ausência de erosão laminar



Alta erosão laminar



Perda da camada superficial do solo

e) Voçorocas



Ausência de voçoroca



Início da formação de voçorocas



Voçorocas severas



f) Encharcamento, lençol freático alto



Lençol freático alto



Lençol freático baixo

g) Solo Salino



Solos altamente salinos



Comportamento das raízes das plantas em locais de alta salinidade.



a



b

Comparação de dois ambientes: a – altamente salino; b – solo não salino

i) Declividade



Alta declividade



Baixa declividade

j) Fertilidade

Mais nutrientes = cálcio = mais raízes

Menos nutrientes = menos cálcio = menos raízes

6
Raízes concentradas na superfície

120

FORMS OF SOIL K

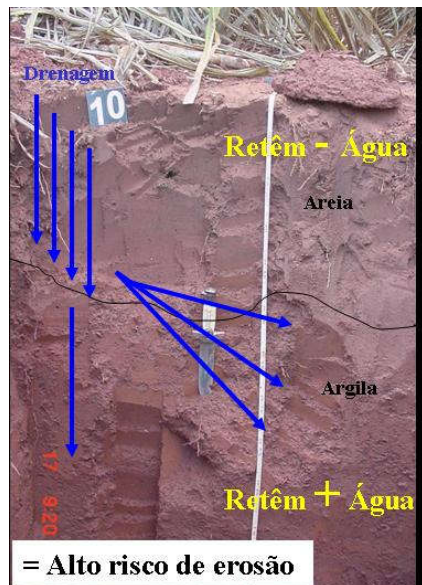
Diagram illustrating the forms of soil potassium (K⁺):

- SOIL ROCKS AND MINERALS (UNAVAILABLE)
- SOIL COLLOID (TRAPPED K⁺) (SLOWLY AVAILABLE)
- SOIL COLLOID (K⁺ K⁺ K⁺ K⁺) (READILY AVAILABLE)
- SOIL WATER (K⁺ K⁺) (READILY AVAILABLE)

Conclusão:
Colocar Cálcio em profundidade = colocar gesso

Solo com diferenças de fertilidade ao longo do perfil

k) Gradiente textural



a

b

Comparação entre um solo com gradiente textural (a) e um solo sem gradiente textural (b)

l) Risco de inundação



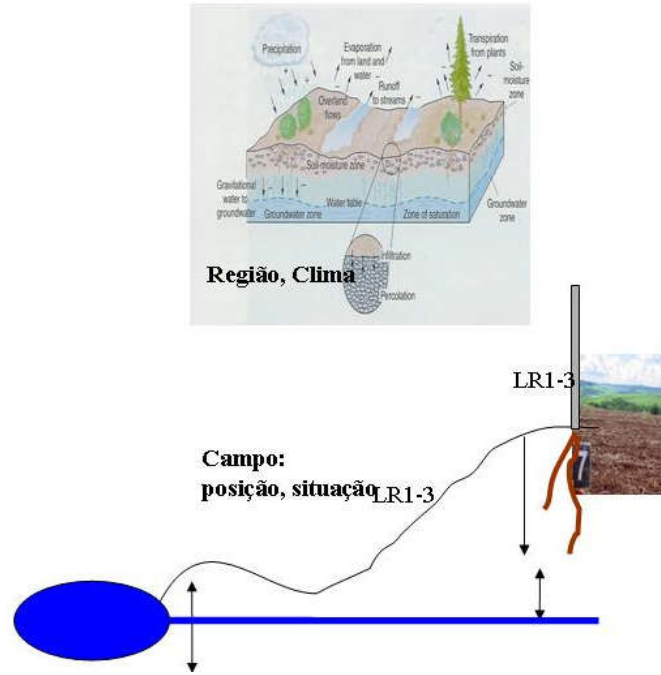
a.



b

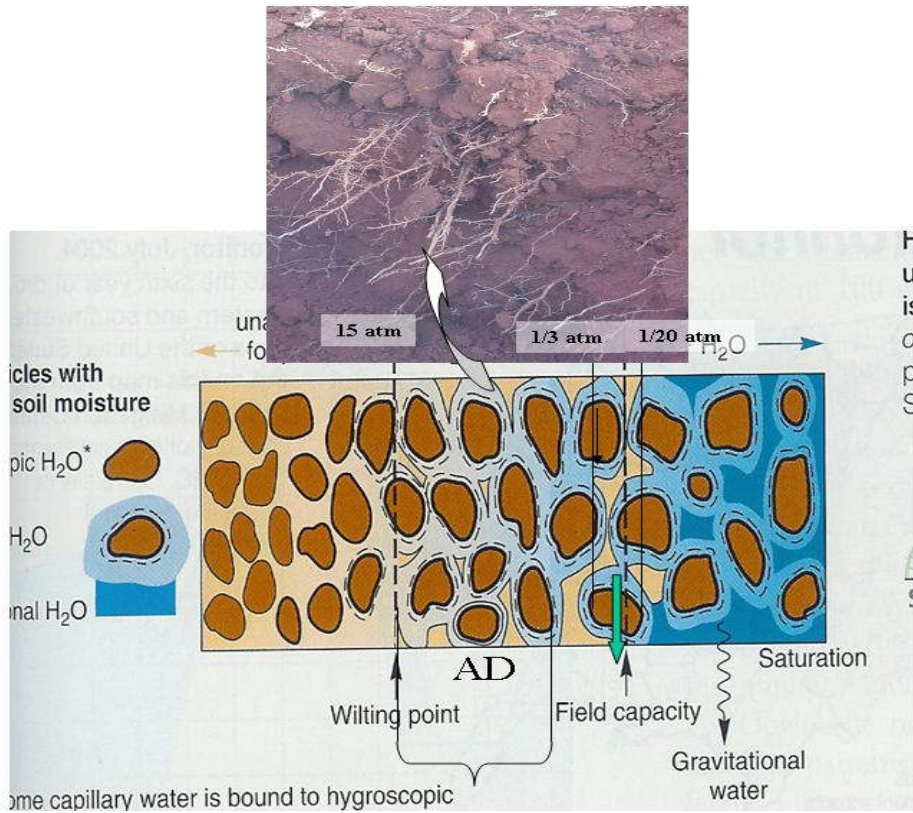
Ilustração de área e perfil altamente susceptível a inundação

m) Posição do relevo

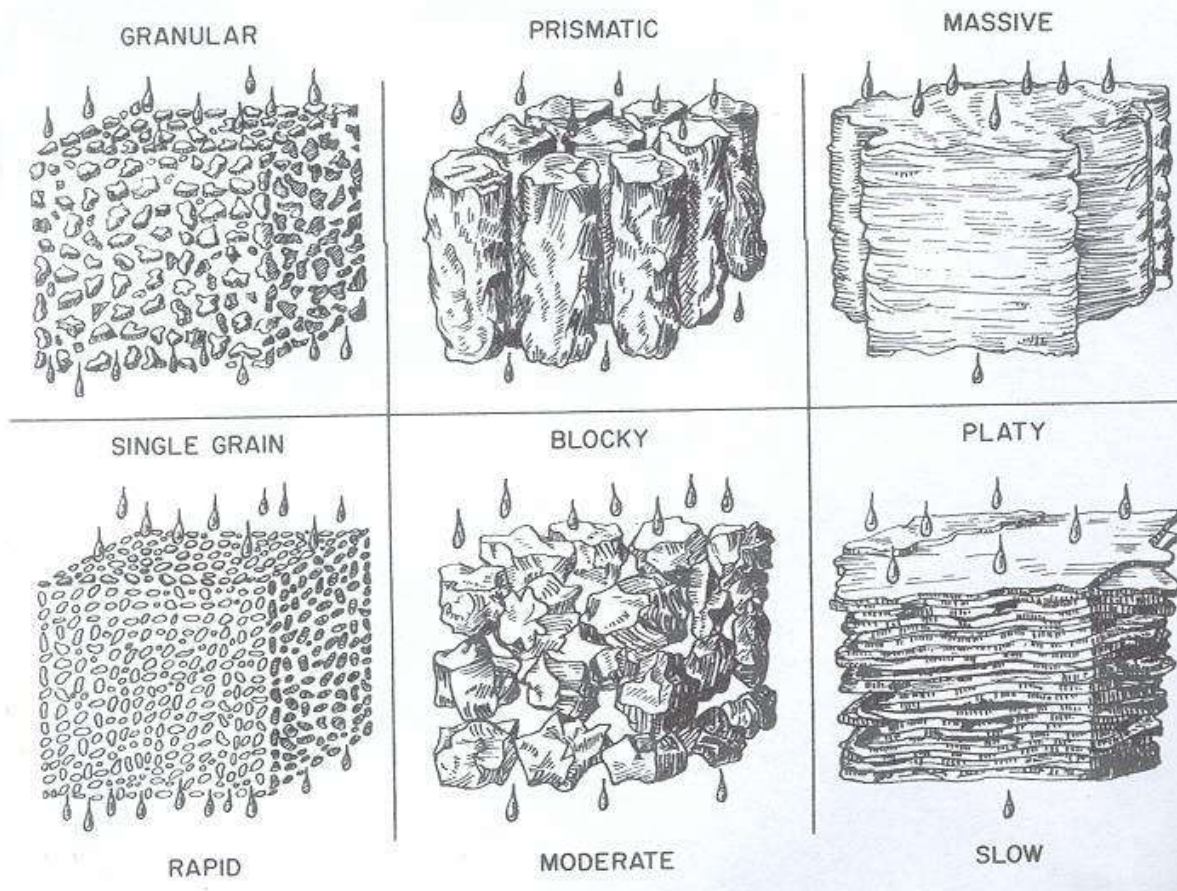


Posição do relevo em relação ao lençol freático

m) Situação da água no solo

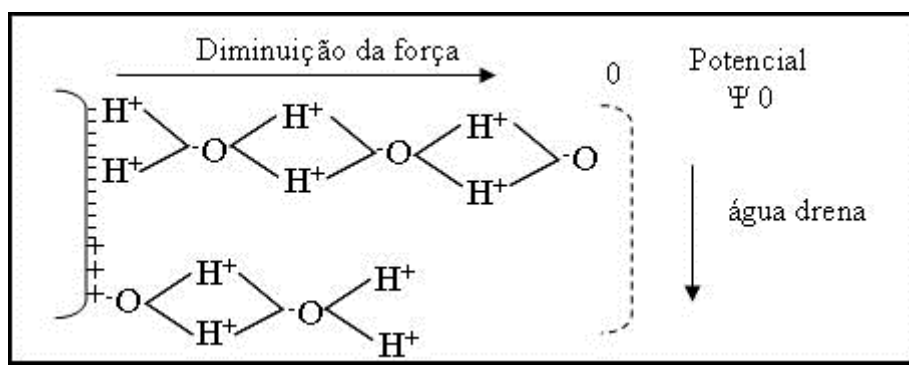


Comportamento da água no solo



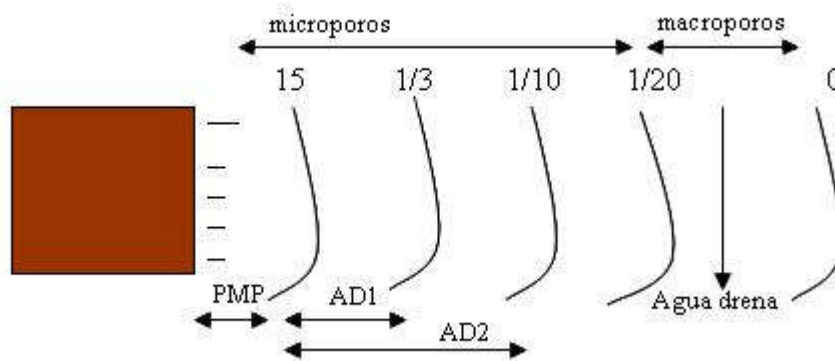
Influencia da estrutura do solo na infiltração de água

n) Retenção de água (relacionada a CTC)



Esquema químico da retenção das moléculas de água no solo

n) Retenção de umidade relacionada a estrutura macro e micro porosidade



Esquema mostrando a retenção da água com relação aos macro e microporos do solo

2.1.1 Critérios para determinação da capacidade de uso

Uma vez levantados os fatores limitantes sobre o uso das terras, ou seja: natureza do solo; a declividade, a erosão, a drenagem e o clima, os mesmos deverão ser devidamente interpretados e analisados em conjunto para a determinação e separação das classes, subclasses e unidade de capacidade de uso.

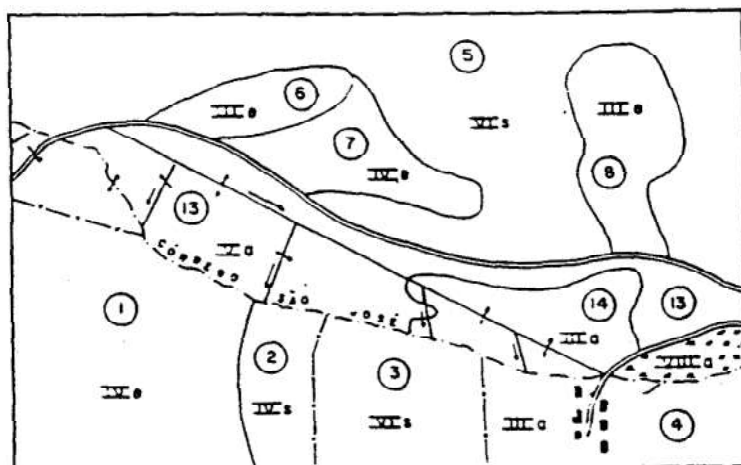


Figura 3.5. Exemplo de mapa de classes e subclasses de capacidade de uso das terras. (Adaptado de Oliveira, 1962, por Lepsch, 1991).

- O mapa de capacidade de uso pode ser obtido pela seguinte seqüência de trabalho:
- Obter a delimitação das unidades de mapeamento da área (mapa de solos);
 - Determinar os fatores limitantes dos solos da área de estudo;
 - Obter um mapa dos níveis de declividade da área;
 - Com a declividade de cada local da área mais as características do solo, obtêm-se a capacidade de uso da terra;
 - Realiza-se, então, o cruzamento dos mapas de declividade e de solos da área (sobrepor os dois mapas), obtendo um novo mapa denominado de capacidade de uso das terras.

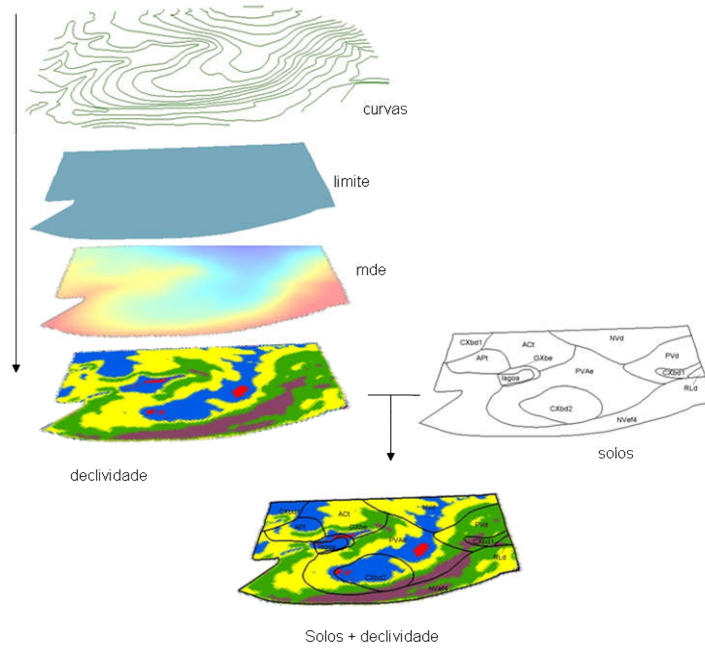


Figura 3.6 – Cruzamento de informações

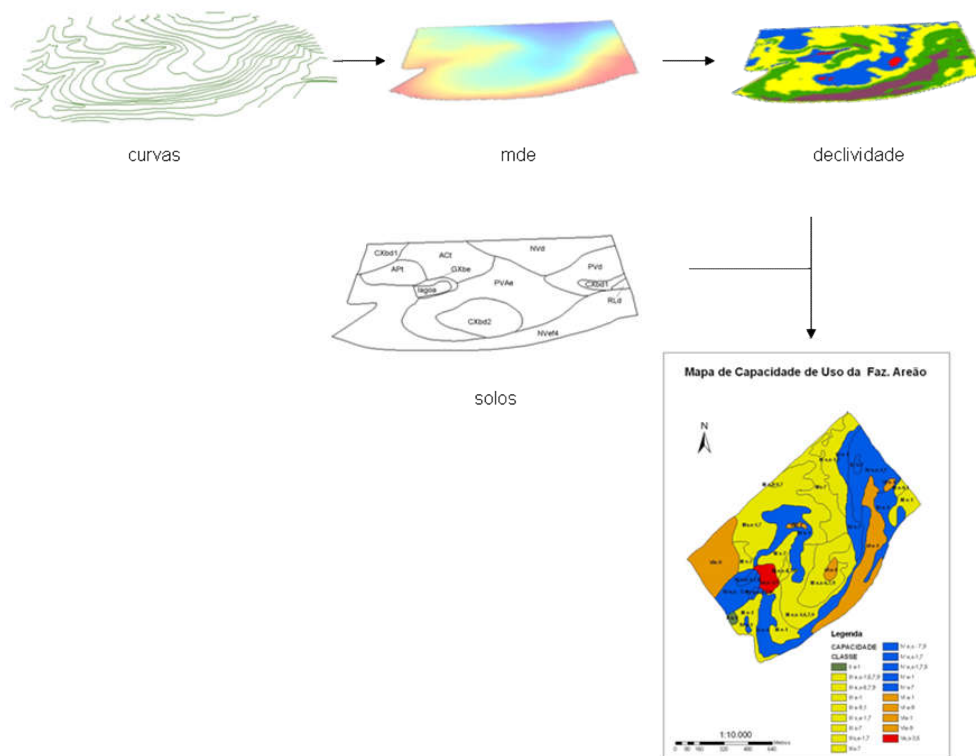


Figura 3.7 – Seqüência para determinação do mapa de capacidade de uso da terra.

2.6.1 Condições ambientais ideais para a maioria das culturas

Profundidade efetiva; fertilidade; capacidade de armazenamento de água; drenagem; erodibilidade (declividade, etc); relevo, impedimento e motomecanização; ambientes para condições térmicas e hídricas adequadas.

Exemplos:

- As TE, LR e LE argiloso eutróficos, com declives suaves são os solos que, de maneira geral, mais se aproximam das condições ideais.
Os LRd, TEd já apresentam limitações no tocante à fertilidade, a qual, entretanto pode ser corrigida sob sistemas de manejo intensivo.
- Os LE e LVA textura média, álicos, ficam mais distantes do solo ideal, por possuir baixa fertilidade, com toxidez de Al, baixa retenção de umidade.
- Os LVA, mesmo quando eutróficos, tende a afastar-se do solo ideal devido as limitações do risco de erosão.
- As Areias Quartzosas, estão ainda mais afastadas do solo ideal devido a baixa fertilidade, baixa retenção de umidade e elevada susceptibilidade a erosão.
- Os solos Litólicos e Cambissolos apresentam os mesmos problemas do PV, agravados pela pouca profundidade.
- Os Hidromórficos também apresentam sérias limitações quanto aos excessos de água (deficiência de oxigênio) e impedimentos a motomecanização.

2.6.2 Considerações quanto a natureza das limitações

- Subclasses: solo (s); clima (c), excesso água (a), risco de erosão (e).
Há limitações que podem ser originárias de múltiplas condições, como é o caso de impedimento a mecanização a qual pode ocorrer por: declividade excessiva (e); excesso água (a); pedregosidade (s) e ainda por combinações de fatores como declividade (e) e permeabilidade (s).

- a. Limitações climáticas
- b. Limitações devido ao solo
- c. Limitações excesso de água
- d. Limitações por erosão.

2.6.3 Pressuposições para a classificação

Toda classificação técnica deve ser apoiada em determinado número de pressuposições, estabelecidas em função dos objetivos que se tem em vista.

a. A classificação da capacidade de uso, deve ser feita através da interpretação do levantamento do meio físico efetuado no campo.

b. Nível de manejo: se refere ao grau de utilização das terras agrícolas e que refletem o grau de aplicação de capital e tecnologia.

c. Terras enquadradas em uma mesma classe de capacidade de uso podem ser similares apenas no que diz respeito ao grau de limitação de uso. Uma classe pode estar presente em diferentes tipos de solos e muitos destes podem requerer uso e manejo diferentes.

d. A classificação da capacidade de uso não é um grupamento de acordo com o uso econômico da terra ou obrigatoriamente com seu valor de aquisição. Contudo, as classes apresentam um ordenamento decrescente das possibilidades dos aproveitamentos mais intensivos da terra. Por isso, em uma mesma região em idênticas condições de localização, a terra cuja capacidade de uso permite possibilidade de aproveitamento mais intensivo tem geralmente mais valor.

e. A classificação da capacidade de uso não é uma avaliação de

produtividade para cultivos específicos.

f. A classe de capacidade de uso não deve ser determinada em função dos sistemas de manejo recomendada. Assim as classes II, III ou IV podem ou não exigir as mesmas práticas quando usadas para culturas anuais, enquanto as classes I a VII podem ou não necessitar do mesmo sistema de práticas quando usadas para pastagens e reflorestamento, da mesma forma, pastagens em classes I a IV podem ou não necessitar de um mesmo sistema de manejo.

g. O excesso de água; ou falta de umidade; a presença de pedras, de sais ou elementos tóxicos não são considerados como limitações permanentes (como declividade, erosão), pois sua atenuação ou eliminação são praticáveis.

h. A capacidade de uso de determinada área pode ser mudada quando as possíveis limitações são sanadas.

i. Distâncias de mercado, tipos de estradas, tamanho de glebas, localização, etc, não são critérios para a classificação da capacidade de uso.

3 Levantamento do meio físico através de fórmulas

O conhecimento do meio físico que se faz com os levantamentos, torna-se indispensável para determinar seu uso e manejo mais racional visando obter maiores produções e reduzir, a níveis aceitáveis, seu desgaste e empobrecimento. O levantamento do meio físico permite conhecer as características e condições das terras com as quais se determina sua capacidade de uso, que, juntamente com as condições sócio-econômicas constitui a base sobre a qual se deve assentar o planejamento agrônômico.

Em resumo, tal levantamento é um inventário feito com observações no campo, análises de amostras de solos e análises de dados climáticos, ordenados e notadas em forma de símbolos convencionais, nos respectivos mapas e/ou registradas nos memoriais descritivos. Dessa forma, além dos aspectos externos da terra, tais como topografia, erosão e vegetação, as características intrínsecas do solo devem ser identificadas, tais como: profundidade efetiva, textura, permeabilidade, acidez, pH, saturação por bases e alumínio, CTC, etc.

Caso haja levantamento de solos, estes são utilizados como base nas informações acima especificadas.

Tais elementos por praticidade, são representados por símbolos e notações convencionais dispostos usualmente em uma seqüência conhecida como fórmula, que serve para sintetizar as condições encontradas para cada área considerada homogênea.

3.1 Fórmula mínima

Engloba os critérios diagnósticos, não obrigatoriamente fatores limitantes, em forma de fórmula. Ver a seguir:

pr = profundidade efetiva; (t) textura; (sup. e subsup.)

pm = permeabilidade (sup e subsup.);

d = declividade; (e) erosão; uso atual das terras

$$\frac{\text{pr. t. pm. uso atual}}{\text{d. e}}$$

3.2 Fórmula obrigatória

Caso houver outros fatores relevantes que não foram identificados na “fórmula mínima” estes deverão constar na “obrigatória” e terão que ser colocados em seguida à fração e devem aparecer numa seqüência que mostra primeiramente

aqueles possíveis de serem identificados no campo, e a seguir os que dependem de análise de laboratório.

2.1.2 Ilustração da "Fórmula obrigatória"

$$\underline{3 - 3/2 - 1/2} \text{ pd2 - di - Lp}$$

2.1.2.1.1.1.1 B - 27

Onde:

- 3: profundidade efetiva (moderadamente profundo)
- 3/2: textura média sup. (argilosa subsup)
- 1/2 : permeabilidade: rápida sup/moderada subsup.
- B: declive (2 - 6%)
- pd2: pedregosidade entre 15 e 50%
- di: solo distrófico
- Lp: lavoura perene (cultura com duração superior a 10 anos)
- 27: erosão; 2 = laminar moderada; 7 = sulcos ocasionais.

3.3 Fórmula máxima

Elementos tais como a classificação pedológica, a cor do solo e a sua produtividade aparente, quando conhecidos poderão ser colocados optativamente antes da fração. Se o símbolo da capacidade de uso for utilizado deverá sempre anteceder a todos os demais. A figura 2.5 ilustra o mapeamento de uma área através de fórmulas.

Exemplo:

$$\text{PV2 - 5YR5/6 - P2 } \underline{3 - 3/2 - 1/2} \text{ . pd2 al - LpcM}$$

2.1.2.2 B - 27

2.1.2.3 Onde:

2.1.2.4 PV2: Podzólico Vermelho Amarelo com A proeminente

- 5YR5/6: cor do horizonte B
- P2: produtividade aparente
- Al: caráter álico
- Lp: lavoura perene
- c: café

2.1.2.4.1 M: nível tecnológico médio

Tais características foram elaboradas através de informações contidas no item 2.5 deste capítulo.

3 *Classificação no sistema de Aptidão Agrícola*

3.1 **Introdução**

A aptidão agrícola, desenvolvida por Ramalho Filho et al. (1978), tem a finalidade de fornecer a aptidão das terras, fundamentada no melhor uso do solo. É recomendada para locais que possuem levantamento pedológico a nível de Reconhecimento ou Exploratório, onde se necessita de um planejamento agrícola regional e trabalhos de zoneamento agrícola. Nesse sistema, são considerados três níveis de manejo: alto, médio e baixo; e quatro classes de aptidão: boa, regular, restrita e inapta. As especificações desse sistema são transcritas a seguir, baseadas no trabalho de Ramalho Filho et al. (1978)

3.2 **Crítérios Básicos**

A metodologia da interpretação, objeto deste estudo, segue orientação contida no “Soil Survey Manual” do USDA e na metodologia da FAO, 1976, que recomendam seja a avaliação da aptidão agrícola das terras baseada em resultados de levantamentos sistemáticos, realizados com base nos vários atributos das terras: solo, clima, vegetação, geomorfologia, etc.

Como a classificação da aptidão agrícola das terras é um processo interpretativo, seu caráter é efêmero, podendo sofrer variações com a evolução tecnológica. Portanto, está em função da tecnologia vigente na época de sua realização.

A classificação da aptidão agrícola, como tem sido empregada, não é precisamente um guia para obtenção do máximo benefício das terras, e sim, uma orientação de como devem ser utilizados seus recursos, a nível de planejamento regional e nacional.

O termo terra está sendo considerado no seu mais amplo sentido, incluindo todas as suas relações ambientais.

A metodologia em questão procura atender, embora subjetivamente, a uma relação custo/benefício favorável. Deve atender a uma realidade que represente a média da possibilidade dos agricultores, numa tendência econômica de longo prazo, sem perder de vista o nível tecnológico a ser adotado.

Trata-se de uma metodologia apropriada para avaliar a aptidão agrícola de grandes extensões de terras, devendo sofrer reajustamentos no caso de ser aplicada a pequenas glebas de agricultores individualmente.

3.2.1 **Níveis de manejo considerados**

Tendo em vista práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores, num contexto específico, técnico, social e econômico, são considerados três níveis de manejo, visando a diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos. Sua indicação é feita através das letras A, B e C, as quais podem aparecer na simbologia da classificação, escritas de diferentes formas, segundo as classes de aptidão que apresentem as terras, em cada um dos níveis adotados.

Nível de manejo A

Baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

Nível de manejo B

Baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão condicionadas, principalmente, à tração animal.

Nível de manejo C

Baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Os níveis B e C envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades, contudo não levam em conta a irrigação na avaliação da aptidão agrícola das terras. Apenas são assinaladas, com convenção especial no mapa, as áreas com irrigação instalada ou programada.

No caso da pastagem plantada e da silvicultura, está prevista uma modesta aplicação de fertilizantes, defensivos e corretivos, que corresponde ao nível de manejo B. Para a pastagem natural, está implícita uma utilização sem melhoramentos tecnológicos, condição que caracteriza o nível de manejo A.

As terras consideradas viáveis de total ou parcial melhoramento, mediante a aplicação de fertilizantes e corretivos, ou o emprego de técnicas como drenagem, controle à erosão, proteção contra inundações, remoção de pedras, etc., são classificadas de acordo com as limitações persistentes, tendo em vista os níveis de manejo considerados. No caso do nível de manejo A, a classificação é feita de acordo com as condições naturais da terra, uma vez que este nível não implica técnicas de melhoramento.

Em função dos graus de limitação atribuídos a cada uma das unidades das terras, resultará a classificação de sua aptidão agrícola. As letras indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parêntese, com indicação de diferentes tipos de utilização, conforme pode ser observado no quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.

Classe de Aptidão Agrícola	Tipo de utilização					
	Lavouras			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem natural
	Nível de manejo			Nível de manejo B	Nível de manejo B	Nível de manejo A
	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(B)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

A ausência de letras representativas das classes de aptidão agrícola, na simbolização dos subgrupos, indica não haver aptidão para uso mais intensivo. Essa situação não exclui, necessariamente, o uso da terra com um tipo de utilização menos intensivo.

3.3 Grupos, Subgrupos e Classes de Aptidão Agrícola das Terras

Um aspecto importante, no desenvolvimento desta metodologia, foi o fato de poder ser apresentada, em um só mapa, a classificação da aptidão agrícola das terras, para diversos tipos de utilização, sob os três níveis de manejo considerados.

As principais vantagens de apresentação dos resultados em um só mapa são as seguintes:

Visualização conjunta da aptidão das terras para os tipos de utilização adaptados às condições físicas, de acordo com diferentes níveis de manejo, sem a necessidade de se superpor diversos mapas de aptidão.

Considerável redução dos custos de impressão.

Não obstante as grandes vantagens que esse sistema oferece, surgem algumas desvantagens, relacionadas principalmente com a complexidade da apresentação conjunta dos resultados. Torna-se bem mais fácil para o usuário interessado em conhecer a aptidão das terras

para um determinado tipo de utilização, ver os resultados em um mapa específico, que se refira apenas a este aspecto.

A representação cartográfica dos resultados da classificação da aptidão agrícola das terras num só mapa, embora mais complexa, combina as vantagens do sistema de capacidade de uso do SCS-USDA com as do sistema utilizado pelo SNLCS-EMBRAPA. O sistema norte-americano adotou apenas um nível de manejo, tecnologicamente elevado, para diversos tipos de utilização, enquanto que o sistema do SNLCS-EMBRAPA reconhece diferentes níveis de manejo, embora considere apenas a aptidão das terras para lavouras.

Para facilitar a montagem do mapa único de aptidão agrícola das terras, “mapa de aptidão das terras para fins múltiplos”, foi organizada uma estrutura que reconhece grupos, subgrupos e classes de aptidão agrícola.

Ao mais alto nível de classificação, situam-se seis grupos de aptidão, essencialmente comparáveis às oito classes de capacidade de uso do sistema “Land Capability Classification” do SCS-USDA.

3.3.1 Grupo de Aptidão Agrícola

Trata-se mais de um artifício cartográfico que identifica no mapa o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão.

Os grupos 1, 2 e 3, além da identificação de lavouras como tipos de utilização, desempenham a função de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo. Os grupos 4, 5 e 6 apenas identificam tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna, respectivamente), independente da classe de aptidão.

A representação dos grupos é feita com algarismos, de 1 a 6, em escalas decrescentes, segundo as possibilidades de utilização das terras. As limitações que afetam os diversos tipos de utilização, aumentam do grupo 1 para o grupo 6, diminuindo, conseqüentemente, as alternativas de uso e a intensidade com que as terras podem ser utilizadas, conforme demonstra a figura.

GRUPO DE APTIDÃO AGRÍCOLA		AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO					
		Preservação Da Flora E Fauna	Silvicultura e/ou Pastagem natural	Pastagem plantada	LAVOURAS		
					Aptidão Restrita	Aptidão Regular	Aptidão Boa
Aumento da Intensidade da Limitação Diminuição das Alternativas de Uso	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Figura 3.6. Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola.

Por essa figura, observa-se que os três primeiros grupos são aptos para lavouras; o grupo 4 é indicado, basicamente, para pastagem plantada, e o grupo 5 para silvicultura e/ou pastagem natural, enquanto que o grupo 6, reunindo terras sem aptidão agrícola, não apresenta outra alternativa senão a preservação da natureza.

Para atender às variações que se verificam dentro do grupo, adotou-se a categoria de subgrupo de aptidão agrícola.

3.3.2 Subgrupo de Aptidão Agrícola

É o resultado conjunto da avaliação da classe de aptidão, relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras.

No exemplo 1(a)BC, o algarismo 1, indicativo do grupo, representa a melhor classe de aptidão dos componentes do subgrupo, uma vez que as terras pertencem à classe de aptidão boa no nível de manejo C, (grupo 1), classe de aptidão regular, no nível de manejo C, (grupo 1), classe de aptidão regular, no nível de manejo B, (grupo 2), e classe de aptidão restrita, no nível de manejo A, (grupo 3).

Em certos casos, o subgrupo refere-se somente a um nível de manejo relacionado a uma única classe de aptidão agrícola.

Observa-se que, enquanto há uma grande correlação entre a classe de capacidade de uso do sistema do SCS-USDA e o conceito de grupo aqui introduzido, existem diferenças fundamentais quanto ao segundo nível de classificação. O subgrupo refere-se à aptidão agrícola das terras para os tipos de utilização adaptados, ao passo que a subclasse do sistema americano diz respeito aos tipos de limitação que determinam a classe. Esta categoria não foi incluída neste sistema de classificação para não tornar muito complexa a simbolização, bem como pela falta de mapas interpretativos para sua representação.

No caso desta metodologia, poderiam ser indicadas as subclasses das classes de aptidão agrícola (regular, restrita e, eventualmente, inapta), especificando-se os seguintes fatores de limitação mais significativos:

- f – deficiência de fertilidade
- h – deficiência de água
- o – excesso de água ou deficiência de oxigênio
- e – suscetibilidade à erosão
- m – impedimentos à mecanização

Na medida em que o nível de estudo exigisse, e em função de maiores conhecimentos, outros fatores de limitação poderiam ser introduzidos, como clima, salinidade, risco de inundação, profundidade efetiva do solo, etc.

3.3.3 Classe de Aptidão Agrícola

Uma última categoria constitui-se na tônica da avaliação da aptidão agrícola das terras nesta metodologia; são as classes de aptidão denominadas Boa, regular, Restrita e Inapta, para cada tipo de utilização indicado.

As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com um nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. Refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras.

São definidas em termos de graus, referentes aos fatores limitantes mais significativos. Esses fatores, que podem ser considerados subclasses, definem condições agrícolas das terras.

Os tipos de utilização em pauta são lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural.

Com base no trabalho da FAO (1976), as classes foram definidas:

Classe Boa – terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduzem a produtividade ou benefícios, expressivamente, e não aumentam os insumos, acima de um nível aceitável.

Nesta classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos seguintes símbolos:

A, B e C – Lavouras
 P – Pastagem Plantada
 S – Silvicultura
 N – Pastagem Natural

Classe Regular – terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas, essas vantagens são sensivelmente inferiores àquelas auferidas das terras de classe Boa.

Nesta classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos seguintes símbolos:

a, b, c – Lavouras
 p – Pastagem plantada
 s – Silvicultura
 n – Pastagem natural

Classe Restrita – terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente.

Nesta classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos seguintes símbolos:

(a), (b) e (c) – Lavouras
 (p) – Pastagem plantada
 (s) – Silvicultura
 (n) – Pastagem natural

Classe Inapta – terras apresentando condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão.

Ao contrário das demais, esta classe não é representada por símbolos. Sua interpretação é feita pela ausência das letras no tipo de utilização considerado.

As terras consideradas inaptas para lavouras tem suas possibilidades analisadas para usos menos intensivos (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural). No entanto, as terras classificadas como inaptas para os diversos tipos de utilização considerados tem, como alternativa, serem indicadas para a preservação da flora e da fauna, recreação ou algum outro tipo de uso não agrícola. Trata-se de terras ou paisagens pertencentes ao grupo 6, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal não só por razões ecológicas, como também para proteção de áreas contíguas agricultáveis.

O enquadramento das terras em classes de aptidão resulta da interação de suas condições agrícolas, do nível de manejo considerado e das exigências dos diversos tipos de utilização.

As terras de uma classe de aptidão são similares quanto ao grau, mas não quanto ao tipo de limitação ao uso agrícola. Cada classe inclui diferentes tipos de solo, muitos requerendo tratamento distinto.

Quadro 3.3 – Subgrupos de aptidão agrícola.

SUBGRUPOS: Classes de aptidão agrícola, utilização das terras e níveis de manejo	
1ABC	- Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras, nos níveis de manejo A, B e C.
1Abc	- Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras, nos níveis de manejo A e B e regular no nível C.
1bC	- Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras, no nível de manejo C, regular no nível B e inapta ao nível A
2ab(c)	- Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras, nos níveis de manejo A e B e restrita no nível C.
2 (b)c	- Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras, no nível de manejo C, restrita no nível B e inapta ao nível A
3(ab)	- Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para lavouras, nos níveis de manejo A e B e inapta ao nível C.
3(bc)	- Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para lavouras, nos níveis de manejo B e C e inapta no nível ^a
4P	- Terras pertencentes à classe de aptidão boa para pastagem plantada.
4(p)	- Terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem plantada.
5Sn	- Terras pertencentes à classe de aptidão boa para silvicultura e à classe regular para pastagem natural.
5s(n)	- Terras pertencentes à classe de aptidão regular para silvicultura e à classe restrita para pastagem natural.
5n	- Terras pertencentes à classe de aptidão regular para pastagem natural e à classe inapta para silvicultura.
6	- Terras sem aptidão para uso agrícola.

Como pode ser observado nos exemplos expostos, os grupos de aptidão 1, 2 e 3 identificam terras cujo tipo de utilização mais intensivo são lavouras.

Nota-se também que o grupo de aptidão 4 é constituído de terras em que o tipo de utilização mais intensivo é a pastagem plantada, enquanto que o grupo 5 engloba subgrupos que identificam terras nas quais os tipos mais intensivos são silviculturas e/ou pastagem natural. O grupo 6 refere-se a terras inaptas para qualquer um dos tipos de utilização mencionados, a não ser em casos especiais.

3.4 *Vantagens do sistema*

- Visualização conjunta da aptidão das terras para os diversos tipos de utilização e níveis de manejo considerados, o que facilita o planejamento espacial, a nível estadual e regional;
- Possibilidades de apresentação das áreas aptas a um determinado tipo de utilização adaptado às condições físicas, de acordo com diferentes níveis de manejo, sem a necessidade de se supersupor diversos mapas de aptidão;
- Considerável redução dos custos de impressão.

3.5 *Representação cartográfica*

Simbolização

Como ficou exposto, os algarismos de 1 a 5, que aparecem na simbolização cartográfica, representam os grupos de aptidão agrícola que identificam os tipos de utilização indicados para as terras: lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural.

As terras que não se prestam para nenhum desses usos, constituem o grupo 6, o qual deve ser mais bem estudado por órgãos específicos que poderão decidir pela sua melhor destinação.

Esses mesmos algarismos dão uma visão, no mapa, da ocorrência das melhores classes de aptidão dentro do subgrupo. Portanto, identificam o tipo de utilização mais intensivo permitido pelas terras.

Características do Método

a. 3 Níveis de manejo

Nível A: Baixo nível tecnológico para as práticas agrícolas, sem aplicação de capital, trabalho braçal, implementos agrícolas simples

Nível B: Médio nível tecnológico para as práticas agrícolas, aplicação modesta de capital, tração animal

Nível C: Alto nível tecnológico para as práticas agrícolas, alto investimento de capital, mecanização presente, conservação adequada do solo

- Para culturas anuais está previsto os 3 níveis de manejo.
- Para pastagem plantada e silvicultura está prevista apenas um nível de manejo, correspondente ao B.
- Esses níveis não levam em conta a irrigação. Quando for o caso, deve ser anotado no mapa áreas irrigadas.

b. 4 Classes de Aptidão Agrícola

Boa: terra sem limitação significativa

Simbologia: A: lavouras
P: pastagem
S: Silvicultura

Regular: apresentam limitações moderadas

Simbologia: a: lavouras
p: pastagem
s: Silvicultura

Restrita: terras que apresentam limitações fortes

Simbologia: (a): lavouras
(p): pastagem
(s): silvicultura

Inapta: terras que apresentam condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão.

Simbologia: Não há, aparece um “traço” (-) ou i

c. SubGrupos (simbologia)

As letras A, B, C... indicam os subgrupos

d. Grupos

Indicados pelos números de 1 a 6. Diminui do 1 para o 6 as possibilidades de uso da terra e aumenta os fatores limitantes.

- 1: próprio para lavouras, nível da terra boa - ABC
- 2: próprio para lavouras, nível da terra regular - abc
- 3: próprio para lavouras, nível da terra restrita - (a)(b)(c)
- 4: pastagem
- 5: silvicultura
- 6: preservação

e. Fatores de limitação mais significativos

f: deficiência de fertilidade
h: deficiência de água
o: excesso de água, drenagem ou deficiência de oxigênio
e: susceptibilidade à erosão
m: impedimentos à mecanização

Vantagens do sistema

- Visualização conjunta da aptidão das terras para os diversos tipos de utilização e níveis de manejo considerados, o que facilita o planejamento espacial, a nível estadual e regional;
- Possibilidades de apresentação das áreas aptas a um determinado tipo de utilização adaptado às condições físicas, de acordo com diferentes níveis de manejo, sem a necessidade de se superpor diversos mapas de aptidão;
- Considerável redução dos custos de impressão.

Supondo um nível de manejo Médio,

Nessa mesma área realizando uma bela calagem e adubação, a limitação severa do V% poderia subir para fraca. Nesse caso a limitação maior passaria a ser erosão e a drenagem no nível moderada e a aptidão regular.

Simbologia: b p s

Supondo um nível de manejo Alto

Nessa mesma área realizando uma bela calagem e adubação, e um sistema de conservação e subsolagem que melhorem a drenagem e os riscos de erosão da área. O V% poderia subir de severo para fraco e a drenagem e a erosão de moderada para ligeira. Nesse caso a limitação maior passaria a ligeira com uma aptidão boa.

Simbologia: C P S

3 Aptidão agrícola dos solos do Nordeste

O 1º Método estudado foi o de Capacidade de uso, que pressupõe alto nível tecnológico e mapas detalhados, tratando-se de método para fins de propriedade. Devido a grande extensão territorial do Brasil e a falta de mapas detalhados de solos surgiu o segundo método Aptidão Agrícola. Posteriormente outro Problema foi detectado em relação às áreas do nordeste. Dentro da superfície de 1,663 milhão de km² ocupada pela Região Nordeste do Brasil (incluindo a parte norte do Estado de Minas Gerais), perto de 60% se encontra submetida ao regime semi-árido. Nessa condição climática desfavorável, somente o uso da irrigação tornará possível uma utilização sistemática de suas terras.

Problema detectado em relação às áreas do nordeste:

- Região Nordeste: 1,663 milhão de km²
- Região com luminosidade e solo propício para agricultura. Dificuldade: Água
- Necessidade de um sistema de específico de avaliação de terras para fins de irrigação
- Cavalcanti et al (1994) montaram um sistema a partir de outros métodos pré-existentes e é esquematizado resumidamente da forma a seguir.

3º Método estudado: Avaliação do potencial das terras para fins de irrigação

DIVISÃO DO SISTEMA

1. Classes

- 1 - Terras aráveis altamente adequadas para agricultura irrigada
- 2 - Terras aráveis com moderada aptidão para agricultura irrigada
- 3 - Terras aráveis de aptidão restrita para agricultura irrigada
- 4 - Terras aráveis de uso especial
- 5 - Terras não aráveis nas condições naturais e que requerem estudos especiais de agronomia
- 6 - Terras não aráveis

2. Subclasses

s: solo
 t: topografia
 d: drenagem
 h: altitude elevada em relação ao nível do manancial

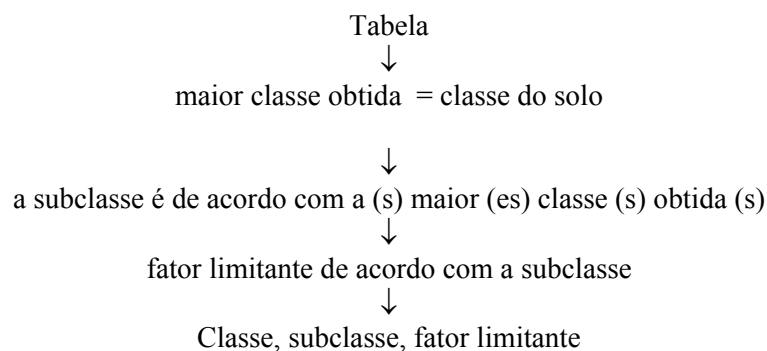
3. Fatores limitantes em função das subclasses

y = fertilidade natural
 b = pequena profundidade
 x = pedregosidade
 v = textura
 p = condutividade elétrica
 a = sodicidade e/ou salinidade

OBTENÇÃO DA LEGENDA

1. Obter características dos solos

textura, % Na, V%, CTC, Condutividade elétrica, profundidade, drenagem interna, pedregosidade, relevo, possibilidade de mecanização, capacidade de água disponível



2. Exemplos desse sistema

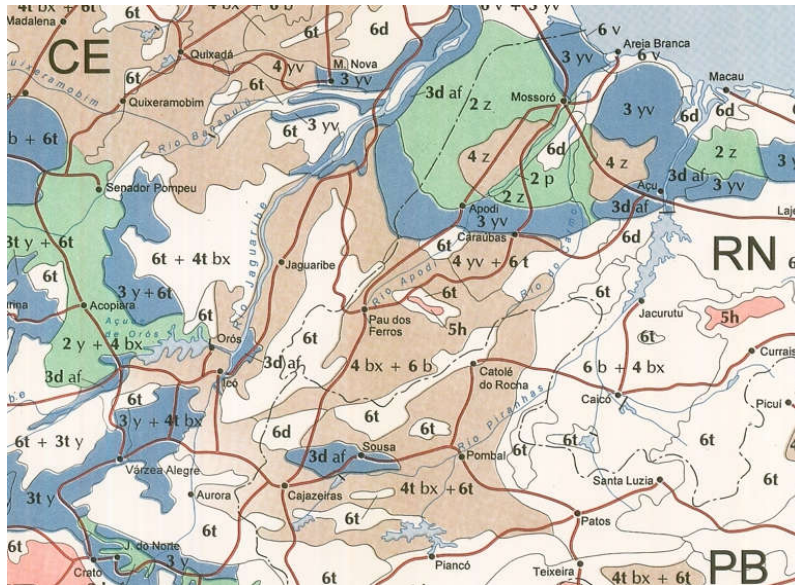
3 st p 5 s pa 3 std yb xp

3. Observações gerais

- a. % Na: indica a saturação por sódio no solo

- b. CE: Condutividade elétrica. Está em função dos sais que causam corrente no solo.
- c. CAD: capacidade de água disponível.

4. Exemplo da simbologia usada num mapeamento padrão
(U.S. BUREC, 1982)



LEGENDA
(SIMBOLOGIA AUTO-EXPLICATIVA)

Classes de terra para irrigação:

- 2 - Terras aráveis com aptidão moderada
- 3 - Terras aráveis com aptidão restrita
- 4 - Terras aráveis de uso especial
- 5 - Terras não aráveis nas condições naturais
- 6 - Terras não aráveis

Subclasses:

- s - solo
- t - topografia
- d - drenagem
- h - altitude

Fatores limitantes:

- y - fertilidade
- z - pequena profundidade para rocha calcárea
- b - pequena profundidade para outra rocha
- k - pedregosidade (pedras e/ou concreções)
- x - pedregosidade na superfície
- p - permeabilidade baixa ou restrita
- v - textura grosseira
- a - sodicidade e/ou salinidade
- w - lençol freático elevado
- f - risco de inundação

NOTA. Na simbologia no mapa está omitida, por considerar-se implícita a letra s (subclasse solo), uma vez que está presente em todas as unidades.
Ex: 2 y = 2s y, 3t y = 3st y, 3d af = 3sd af, 4b k = 4sb k, 4d bw = 4sd bw, 5h = 5sh

Figura – Parte do mapa de avaliação do potencial das terras para irrigação no Nordeste (EMBRAPA, 1994)

2 Levantamento do meio físico através de fórmulas

3.6 Introdução

O conhecimento do meio físico que se faz com os levantamentos, torna-se indispensável para determinar seu uso e manejo mais racional visando obter maiores produções e reduzir, a níveis aceitáveis, seu desgaste e empobrecimento. O levantamento do meio físico permite conhecer as características e condições das terras com as quais se determina sua capacidade de uso, que, juntamente com as condições sócio-econômicas constitui a base sobre a qual se deve assentar o planejamento agrônomo.

Em resumo, tal levantamento é um inventário feito com observações no campo, análises de amostras de solos e análises de dados climáticos, ordenados e notadas em forma de símbolos convencionais, nos respectivos mapas e/ou registradas nos memoriais descritivos. Dessa forma, além dos aspectos externos da terra, tais como topografia, erosão e vegetação, as características intrínsecas do solo devem ser identificadas, tais como: profundidade efetiva, textura, permeabilidade, acidez, pH, saturação por bases e alumínio, CTC, etc.

Caso haja levantamento de solos, estes são utilizados como base nas informações acima especificadas.

Tais elementos por praticidade, são representados por símbolos e notações convencionais dispostos usualmente em uma seqüência conhecida como fórmula, que serve para sintetizar as condições encontradas para cada área considerada homogênea.

3.7 Fórmula mínima

Englobam os critérios diagnósticos, não obrigatoriamente fatores limitantes, em forma de fórmula. Ver a seguir:

pr = profundidade efetiva; (t) textura; (sup. e subsup.)

pm = permeabilidade (sup e subsup.);

d = declividade; (e) erosão; uso atual das terras

$$\frac{\text{pr. t. pm. uso atual}}{d . e}$$

3.8 Fórmula obrigatória

Caso houver outros fatores relevantes que não foram identificados na “fórmula mínima” estes deverão constar na “obrigatória” e terão que ser colocados em seguida à fração e devem aparecer numa seqüência que mostra primeiramente aqueles possíveis de serem identificados no campo, e a seguir os que dependem de análise de laboratório.

Ilustração da “Fórmula obrigatória”

$$\frac{3 - 3/2 - 1/2 \text{ pd2} - \text{di} - \text{Lp}}{B - 27}$$

Onde:

3: profundidade efetiva (moderadamente profundo)

3/2: textura média sup. (argilosa subsup)

1/2 : permeabilidade: rápida sup/moderada subsup.

B: declive (2 - 6%)

pd2: pedregosidade entre 15 e 50%

di: solo distrófico

Lp: lavoura perene (cultura com duração superior a 10 anos)

27: erosão; 2 = laminar moderada; 7 = sulcos ocasionais.

3.9 *Fórmula máxima*

Elementos tais como a classificação pedológica, a cor do solo e a sua produtividade aparente, quando conhecidos poderão ser colocados optativamente antes da fração. Se o símbolo da capacidade de uso for utilizado deverá sempre anteceder a todos os demais. A figura 2.5 ilustra o mapeamento de uma área através de fórmulas.

Exemplo:

PV2 - 5YR5/6 - P2 $\underline{3 - 3/2 - 1/2}$. pd2 al - LpcM

B - 27

Onde:

PV2: Podzólico Vermelho Amarelo com A proeminente

5YR5/6: cor do horizonte B

P2: produtividade aparente

Al: caráter álico

Lp: lavoura perene

c: café

M: nível tecnológico médio

3.10 *Caracterização e notação dos elementos necessários ao levantamento utilitário do meio físico*

Profundidade efetiva, textura, permeabilidade, pedregosidade, risco de inundação, seca, geadas, saturação por bases baixa, álico, CTC baixa, sodicidade, declividade, erosão, uso atual, produtividade aparente.

4 *Literatura consultada*

- CAVALCANTI, A.C.; RIBEIRO, M.R.; ARAÚJO FILHO, J.C.; RODRIGUES E SILVA, F.B. **Avaliação do potencial das terras para irrigação no nordeste**. EMBRAPA, Brasília, DF. 38 p. 1994.
- LEPSCH, I.F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCE, 1991. 175p.
- LEPSCH, I.F.; BELINAZZI, R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.
- PRADO, H. **Manual de classificação de solos do Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 197 p.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1995. 65p.

4.1 *Referências bibliográficas*

- AMARAL, A.C. & AUDI, R. Fotopedologia. In: MONIZ, A., coord., Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. p. 429-42.
- ANGULO FILHO, R. Caracterização de drenagem e do relevo de três solos do estado de São Paulo através de fotografias aéreas e cartas planialtimétricas. Piracicaba, 1986, 137p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BOWKER, D.E.; DAVIS, R.E.; MYRICK, D.L.; STACY, K.; JONES, W.T. Spectral reflectances of natural targets for use in remote sensing studies. Hampton, (NASA REFERENCE PUBLICATION), 1985.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983, 775p. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).
- BURRINGH, P. The application in soil surveys. In: Manual of photographic interpretation. Am. Soc. of Photogramm. Chap. 11, appendix A, 633-666p. Washington, 1960.
- CARNEIRO, C.M.R. Estudo de aplicabilidade de imagens MSS do ERTS-1 em levantamentos de solos. Santa Maria, 1973, 63p. (Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria).
- CARVALHO, W.A. Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares e redes de drenagem de solos com horizonte B textural. Piracicaba, 1977, 126p. (Tese de doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- CIPRA, J.E.; BAUNGARDNER, M.F.; STONER, E.R.; MACDONALD, R.B. Measuring radiance characteristics of soil with a field spectroradiometer. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., vol.35, 1014-1017, 1971.

- CIPRA, J.E.; FRANZNEIER, D.P.; BAUER, M.E.; BOYD, R.K. Comparison of multispectral measurements from some non vegetated soils using LANDSAT digital and a spectroradiometer. *Soil Sci. Am. Journal*, vol. 44, 80-84, 1980.
- CLEMENTE, C.A. Alterações e solos desenvolvidos sobre rochas vulcânicas ácidas da formação Serra Geral nos planaltos de Guarapuava e Palmas, Região centro sul do estado do Paraná. Piracicaba, 1988. 211p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento do estado de São Paulo. *Boletim do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas*, Rio de Janeiro, (1#): 634p, 1960.
- DEMATTÊ, J.A.M. Utilização de parâmetros de drenagem com o auxílio de fotografias aéreas, na caracterização de solos desenvolvidos de rochas eruptivas, no estado do Paraná. Piracicaba, 141p. (Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- DEMATTÊ, J.A.M.; BORGES, M.H. & PFEIFER, R.M. Aerofotos convencionais e imagens orbitais TM/LANDSAT no mapeamento morfopedológico na região de Santa Bárbara D'Oeste (SP). *Scientia Agrícola*. Piracicaba, 1993. (no prelo).
- DOUGLAS, S.W. *Terrain analysis, A guide to site selection using aerial photographic interpretation*. Stroudsburg, Pennsylvania, 392p, 1973.
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Normas e critérios para levantamentos pedológicos. Rio de Janeiro, 1989, 94p.
- FRANÇA, G.V. Interpretação fotográfica de bacias de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba, 1968, 151p. (Tese de doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- FRANÇA, G.V. Fotointerpretação para mapeamentos de solos. In: IPEF/ESALQ. Reunião de "Levantamento de solos para fins pedológicos". Piracicaba, 1988.
- FRANÇA, G.V. & DEMATTÊ, J.A.M. Parâmetros da rede de drenagem de solos da região de Iracemópolis (SP). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 47(pt 2): 541-55, 1990.
- FRANÇA, G.V. & DEMATTÊ, J.A.M. Levantamento de solos e interpretação fotográfica dos padrões desenvolvidos em solos originados de Arenito Bauru. *Scientia Agrícola*, Piracicaba. 50(1): 77-86, fev./maio, 1993.
- GARCIA, G.J. & ESPINDOLA, C.R. Estudo de interdependência entre vegetação de cerrado e respectivos solos através de imagens de radar e de satélite. *Ecossistema, Espírito Santo do Pinhal*, 6: 44-51, 1981.
- GIMBARZEVSKY, P. The significance of topographic relief in air photo analysis of landscape pattern. In: SYMPOSIUM OF REMOTE SENSING AND PHOTO INTERPRETATION. Alberta, 1974. *Proceedings Alberta, International Society of Photogrammetry*, 1974, v.1., 165-76.
- GOODLAND, R.J.A. A physiognomic analysis of the "cerrado" vegetation of central Brazil. *J. Ecol.* 59, 411-419. 1971.
- GOODLAND, R.J.A. & POLLARD, R. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *The journal of ecology*, vol. 61, nº1, 219-224, 1973.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, Washington, 56: 275-370, 1945.
- KOFFLER, N.F. Utilização de imagens aerofotogramétricas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do arenito bauru. São José dos Campos, 1976. 150p. (Mestrado - Instituto de Pesquisas Espaciais).
- KOFFLER, N.F. Identificação da cultura da cana de açúcar (*Saccharum spp*) através de fotografias aéreas infravermelhas coloridas e dados multispectrais do satélite LANDSAT. Piracicaba, 1982. 234p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- KOFFLER, N.F. Introdução ao sensoriamento remoto. Apostila do curso de pós graduação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1992. 102p.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York, McGraw-hill, 1959. 462p.
- MARCHETTI, D.A. & GARCIA, G.J. Mapeamento de solos através do caráter espectral, da rede de drenagem e da vegetação. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 47(parte1): 193-220, 1990.
- MATHEWS, H.L.; CUNNINGHAM, R.L.; PETERSEN, G.W. Spectral reflectance of selected Pennsylvania soils. *Soil Soc. of Am. Proceedings*, vol. 37: 421-424. 1973.
- MENESES, P.R. & PARADELLA, W.R. Síntese geológica preliminar da parte sul do estado do Espírito Santo. I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. São José dos Campos, 1978, 479-499p.
- MONTGOMERY, O.L. & BAUNGARDNER, M.F. The effects of the physical and chemical properties of soils on the spectra reflectance of soils. Lafayette, Purdue University, 1974. (Information Note LARS).
- NOGUEIRA, F.P. Utilização de fotografias aéreas em três escalas no estudo de redes de drenagem em diferentes unidades de solo. Piracicaba, 1979. 110p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- NORWOOD, R.P. Estimation of organic matter in Atlantic Coastal Plain soils with a color difference meter. *Agronomy Journal*, vol. 66: 652-53. 1974.
- NOVO, E.M.L.de M. Sensoriamento remoto princípios e aplicações. INPE/MTC, São José dos Campos, 1988, 362p.
- OLIVEIRA, J.B.de. Fatores de formação. In: MONIZ, A.C., Coordenador: Elementos de pedologia. Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo. pg 275-288, 1972.
- OLIVEIRA, J.B.de. Evolução dos trabalhos de levantamentos de solos e dos estudos de variabilidade espacial no estado de São Paulo. *O Agrônomo*, Campinas, SP 40, (2), 138-148, 1988.
- ORLANDO FILHO, J. & RODELLA, A.A. Análise química do solo e recomendação de adubação. In: Orlando Filho, J. (Coordenador). Nutrição e adubação da cana de açúcar na Brasil. Instituto do Açúcar e do Alcool-PLANALSUCAR, Piracicaba, 1983, 155-178p.
- PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogramm. Eng.* 16: 387-409, 1950.

- POLITANO, W. Estudo comparativo sobre a morfometria das áreas de dois solos Podzólicos vermelho-amarelo. Piracicaba, 1980. 167p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- RAY, R.G. & FISHER, W.A. Quantitative photography a geologic research tool. *Photogrammetry Engineering*, Washington, 26:143-50, 1960.
- RICCI, M. & PETRI, S. Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica. São Paulo, Ed. Nacional, 266p. 1965.
- ROSA, R. A utilização de imagens TM/LANDSAT em levantamento de uso do solo. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Manaus, 2: 419-25. 1990.
- SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, New Haven, 248: 655-68, 1950.
- SOUZA, M.L. de P. Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no Município de Ponta Grossa - PR. Piracicaba, 1975. 135p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- STONER, E.R.; BAUNGARDNER, M.F.; BIEHL, L.L.; ROBINSON, B.F. Atlas of soil reflectance properties. Ohio, Agricultural Experiment Station, 1980. 75p.
- STONER, E.R. & BAUNGARDNER, M.F. Characteristic variation in reflectance of surface soils. *Journal of the Soil Science Society of America*. Madison, 45(6): 1161-5, 1981.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin Geological Society of America*, Washington, 63: 1117-41, 1952.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transaction American Geophysical Union*, New Haven, 38: 913-20, 1957.
- VALÉRIO FILHO, M. Parâmetros da drenagem e do relevo na caracterização de solos e suas relações fotointerpretativas em imagens de pequena escala. Piracicaba, 1984. 141p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- VETTORAZZI, C.A. Sensoriamento remoto orbital. Apostila do curso de pós-graduação. Piracicaba, 131p, 1991.
- VINK, A.P.A. Planning of soil surveys in land development the netherlands. 1963, 55p.
- YOUNG, A. Tropical soils and soil survey. Cambridge, Cambridge University Press, 468p. 1976.

1. Treinamento determinação capacidade de uso**Latossolo Vermelho eutroférico**

- declividade: 8%.....	III
- profundo	I
- drenagem boa	I
- sem pedras	I
- risco de inundação ausente.....	I
- capacidade retenção de água alta.....	I
- produtividade aparente (V%): alta	I
- mecanização: moderada	II
- erosão laminar: ligeira.....	II
Capacidade de Uso:	IIIe

Latossolo Vermelho eutroférico

- declividade: 1,8%.....	
- profundo	
- drenagem boa	
- sem pedras	
- risco de inundação ausente.....	
- capacidade retenção de água alta.....	
- produtividade aparente (V%): alta	
- mecanização: boa	
- erosão laminar: ausente	
Capacidade de Uso:	

Neossolo Quartzarênico

- declividade: 1,9%.....	
- profundo.....	
- drenagem excessiva	
- sem pedras	
- risco de inundação ausente.....	
- capacidade de retenção de água baixa.....	
- produtividade aparente (V%): baixa.....	
- mecanização: boa	
- erosão laminar: moderada.....	
Capacidade de Uso:	

PV média/argila, eutrófico

- declividade: 7%
 - profundidade efetiva moderada
 - drenagem moderada
 - sem pedras
 - risco de inundação ausente
 - capacidade retenção de água alta
 - produtividade aparente (V%): alta
 - mecanização: moderada
 - erosão laminar: moderada.....
- Capacidade de Uso:

NV, eutrófica

- declividade: 2%
 - profundo
 - drenagem boa
 - sem pedras.....
 - risco de inundação ausente
 - capacidade retenção de água alta
 - produtividade aparente (V%): alta
 - mecanização: boa.....
 - erosão laminar: ausente
- Capacidade de Uso:

Gleissolo argiloso. Eutrófico (GX)

- declividade: 1%.....
 - profundidade efetiva raso.....
 - drenagem interna impedida.....
 - sem pedras
 - risco de inundação: freqüente
 - capacidade retenção de água alta
 - produtividade aparente (V%): alta
 - mecanização: restrita.....
 - erosão laminar: ausente
- Capacidade de Uso:

2. Determinação de mapa de capacidade de uso da terra

- a. determine o mapa de declividade
- b. Complete a tabela com fatores limitantes dos solos da área

- c. Sobreponha o mapa de solos sobre o mapa de declividade
- d. determine a classe, subclasse e unidade de capacidade de uso; bem como seus limites

Dados

Mapas de curvas de nível e solos entregues em aula

Descrição da área da Fazenda Santa Rita

A presente descrição visa dar subsídios no preenchimento das características limitantes dos solos da área.

- LVf1**, Solos localizados nos topos, cuja infiltração é alta, conferindo boa profundidade podendo atingir muito profundo. A drenagem interna é boa. Não se observou pedras na área. Devido a pouca declividade e alta infiltração, a área não apresenta risco de encharcamento. A capacidade de retenção de água é alta, tendo inclusive uma CTC moderada. Em termos de fertilidade esta área apresentou na maioria solos com alto V% em subsuperfície. Devido ao pouco declive e boa infiltração de água foi observado a inexistência de erosão e alta possibilidade de mecanização.
- LVf2**, Esta área apresenta as mesmas características da região dos LVf1, porém nitidamente difere na parte de fertilidade, sendo média.
- LV1**, Trata-se de um solo que ocorre no terço médio da área, num relevo plano, sendo muito profundo boa drenagem e sem pedras; risco inundações ausente. A coloração é avermelhada, inclusive nos horizontes subsuperficiais e ainda apresenta certa declividade, porém nada que impeça a mecanização nem acarrete ocorrência de erosão. A capacidade de retenção de água é alta e a fertilidade média.
- LV2**, Trata-se de um solo que ocorre nas partes mais altas do relevo, sendo de classe suave ondulada a plana com poucos canais de drenagem. A observação de perfis indicou serem solos bem porosos coloração avermelhada fraca, sem distinção entre horizontes, pedregosidade ausente, fertilidade média. Isto indicou drenagem interna excessiva e capacidade de retenção de água média. A mecanização é boa e erosão ausente.
- LVA**, Refere-se a uma pequena área localizada na parte alta do relevo. Difere dos LV1 basicamente na cor atingindo os 5YR. As outras características são iguais.
- PV**, Os Argissolos Vermelhos da área ocorrem em relevo um pouco mais declivoso em área do terço inferior da encosta. A coloração é 2.5YR em todo o perfil, porém ocorrendo gradiente textural. São solos profundos com retenção de água média (boa drenagem) e sem pedras. Não ocorrem inundações nesta área. A fertilidade baixa e a mecanização é boa, porém, devido à declividade e ao gradiente textural, observou-se erosão laminar ligeira.
- PVA**, Logo após os PV o relevo fica um pouco mais declivoso, a forma da rampa passa a côncava. A observação do perfil indicou presença de cascalho, porém pouco. O perfil tem drenagem e profundidade moderada. Na área observou-se presença de pedras menos que de 1%. Apesar disso, o risco de inundações é ausente. A capacidade de retenção de água é alta e a fertilidade média. A erosão é moderada, vários veios de erosão foram detectados e a possibilidade de mecanização começa a ficar nível moderado.
- RQ** Solos profundos, sem pedregosidade, drenagem excessiva, risco de inundações ausente, baixa capacidade de retenção, fertilidade baixa, mecanização moderada, erosão severa
- CX**, Os Cambissolos ocorrem nas partes mais ao final da toposequência. O local apresenta perfil moderadamente profundo, drenagem interna moderada e pedregosidade na área é maior, na faixa de 1-10%. O risco de inundações é ausente, retenção de água média e fertilidade média. A pouca profundidade associada a declividade e pedregosidade restringe mecanização e a erosão é muito severa.
- RL**, A área dos Neossolos Litólicos apresenta profundidade muito raso, conforme observado nos perfis. A drenagem interna é moderada e a pedregosidade 10 a 30% maior que na área dos Cambissolos. O risco de inundações, capacidade de retenção e fertilidade é igual a área dos Cambissolos. A possibilidade de mecanização é muito restrita e erosão muito severa.
- GX**, esta área tem relevo plano, indo até o rio Piracicaba. O solo é profundo, drenagem interna moderada, sem pedras, porém com inundações frequentes. Retenção de água média e fertilidade baixa, sendo a mecanização restrita e erosão ausente.

Análises principais representativas

classificação dos solos	Profund.cm....	Amostra n°	pH			M.O. g/kg	P mg/kg	K mmol/kg	Ca mmol/kg	Mg mmol/kg	Al mmol/kg	H mmol/kg	SB mmol/kg	T mmol/kg	V mmol/kg	m %	Granulometria			Cor Munsell
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂												Areia	Silte	Argila	
LVf1	0 - 20	2A	5,9	4,8	5	32	56	7,5	39	20	0	40	66,5	106,5	62	0	120	140	740	2.5 R 3 / 2
	40 - 60	2B	6,1	5	5,2	19	8	1,1	28	9	0	28	38,1	66,1	58	0	30	110	860	2.5 R 3 / 3
	80 - 100	2C	6,3	5,2	5,4	17	4	0,4	18	7	0	16	25,4	41,4	61	0	260	110	630	2.5 R 3 / 4
LVf-2	0 - 20	26A	4,9	4,3	4,5	29	6	4,0	12	8	3	44	24,0	68,0	35	11	60	150	790	2.5 YR 3 / 4
	40 - 60	26B	5,3	4,6	5,1	14	2	0,5	6	4	0	20	10,5	30,5	34	0	120	120	760	2.5 YR 3 / 4
	80 - 100	26C	5,4	4,6	5,2	12	2	0,2	7	5	0	14	12,2	26,2	47	0	130	100	770	2.5 YR 3 / 6
LV1	0 - 20	31A	5	4,1	4,4	27	10	3,3	19	8	8	53	30,3	83,3	36	21	60	170	770	2.5 YR 3 / 4
	40 - 60	31B	5,6	4,9	4,8	14	2	4,1	13	5	0	28	22,1	50,1	44	0	50	130	820	2.5 YR 3 / 4
	80 - 100	31C	4,9	4,7	4,6	12	3	2,8	10	5	2	28	17,8	45,8	40	10	40	130	830	2.5 YR 3 / 4
LV2	0 - 20	41	5,4		4,8	20	4	1,9	12	6	0	22	19,9	41,9	47	0	730	40	210	2.5YR
	40 - 60	41	4,9		4,3	13	3	0,7	4	2	9	25	6,7	31,7	21	57	700	40	240	2.5YR
	80 - 100	41	4,8	4,3	4,2	12	2	0,5	3	1	12	28	4,5	32,5	30	63	680	80	240	2.5YR 4/4
LVA	0 - 20	30A	5,0	4,1	4,4	24	6	3,9	31	12	6	58	46,9	104,9	45	11	120	250	630	5 YR 3 / 4
	40 - 60	30B	5,0	4,0	4,3	19	2	1,8	23	11	18	51	35,8	86,8	41	33	50	210	740	5 YR 4 / 6
	80 - 100	30C	4,9	4,0	4,3	19	1	1,4	14	8	30	58	23,4	81,4	31	56	50	170	780	5 YR 4 / 6
PV	0 - 20	6A	5,7	4,3	4,5	12	4	1,4	14	6	4	18	21,4	39,4	54	16	430	200	370	2.5 YR 4 / 2
	40 - 60	6B	5,6	4,2	4,5	12	2	0,5	16	3	9	28	19,5	47,5	41	32	260	150	590	2.5 YR 5 / 6
	80 - 100	6C	5,5	4,1	4,1	9	2	0,6	6	3	22	38	9,6	47,6	20	70	190	180	630	2.5 YR 4 / 4
PVA	0 a 30	P3	5,3	4,3	4,6	10,0	4,0	2,2	27,0	11,0	3,0	70,0	40,2	110,2	36,0	7,0	360	220	420	5 YR 4 / 2
	30 a 90	P3	5,0	4,1	4,4	13,0	2,0	1,2	22,0	9	15	80,0	32,2	100,2	32	32	190	160	650	5 YR 5 / 6
	90 a 110	P3	4,8	4,1	4,2	5,0	3,0	0,8	18	8	15	70,0	26,8	83,8	32	37	240	160	600	5 YR 5 / 8
RQ	0-20	40	5		4,4	9	4	0,5	7	3	3	25	11	36	30	22	52	42	108	2.5YR
	40-60	40	4,8		4,2	3	2	0,3	5	2	5	28	7	35	21	41	62	39	112	2.5YR
	80-100	40	4,6	4,3	4,0	8	2	0,3	4	1	8	34	5	39	13	60	73	107	143	2.5YR 4/6
CX	0 a 12	P5	5	4,4	4,5	13	7	2,1	32	11	0	52	45,1	97,1	46	0	300	290	410	5 YR 3 / 2
	> 12	P5	5,3	5,1	4,5	8	2	1,2	25	12	0	42	38,2	80,2	47	0	330	270	400	5 YR 4 / 2
RL	0 a 8	P6	5,8	4,5	5	46	8	5,9	33	16	0	51	54,9	105,9	52	0	260	340	400	5 YR 3 / 2
	8 a 18	P6	5,9	4,3	4,7	23	4	4,4	33	9	2	51	46,4	97,4	47	4	250	340	410	5 YR 4 / 2
	> 18	P6	5,7	4,4	4,9	13	2	3,5	30	8	0	46	41,5	87,5	48	0	230	340	430	5 YR 4 / 2
GX	0 a 30	P7	5,8	4,2	4,6	15	2	1	15	5	3	50	21	71	30	13	320	200	480	5 YR 4 / 2
	30 a 70	P7	5,2	4,3	4,2	5	2	1	5	2	15	58	8	66	12	65	390	210	400	5 YR 4 / 4
	> 70	P7	5	3,7	4	5	2	0,4	2	1	12	49	3,4	52,4	6	78	360	120	520	7.5 YR 4 / 0

MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

Parte referente a Caracterização, espacialização e planejamento do uso da terra

Prof. José Alexandre Melo Demattê

EXERCÍCIO: APTIDÃO DO POTENCIAL DAS TERRAS PARA IRRIGAÇÃO ESPECÍFICO PARA REGIÃO SEMI-ÁRIDA

Considerações iniciais

Dentro da superfície de 1,663 milhão de km² ocupada pela Região Nordeste do Brasil (incluindo a parte norte do Estado de Minas Gerais), perto de 60% se encontra submetida ao regime semi-árido. Nessa condição climática desfavorável, somente o uso da irrigação tornará possível uma utilização sistemática de suas terras. O presente exercício foi adaptado a partir de dados de Cavalcanti et al (1994), permitindo ao aluno realizar a avaliação de terras para fins de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTI, A.C.; RIBEIRO, M.R.; ARAÚJO FILHO, J.C.; RODRIGUES E SILVA, F.B.
Avaliação do potencial das terras para irrigação no nordeste. EMBRAPA, Brasília, DF. 38 p. 1994.

Manual de clasificacion de tierras con fines de riego. Ministério del interior de los Estados Unidos. Parte 2 - Clasificación de tierras, vol. V. Traducido por Ing. Agr. Antonio J. Estrada B. Caracas, Octubre, 1963.

Instrução geral: Realize os exercícios na ordem indicada

EXERCÍCIO 1 - AVALIAÇÃO DE TERRAS PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

A seguir têm-se dados de perfis de solos da Região de Pernambuco. Através dos dados e da “Tabela para determinação da classe de terra para irrigação” (páginas 14 a 16) e das instruções das páginas 4 e 5 preencha os exercícios das páginas 6 a 10.

Dados dos

Horizontes	Prof. (cm)	Argila (%)	Al meq/100 g	CTC	V	Al (%)	Na	CE ⁽¹⁾	CC (%)	PMP (%)	Da g/c m ³	CAD mm	Relevo	Drenagem	Pedregosidade
<u>Luvissole Crômico, TC (Bruno não cálcico) - Perfil 43</u>															
Ap	0-17	14	0	9	74	0	1	-	19	7,6	1,4		ond.	mod.	pouco
AB	17-33	14	0	7	78	0	2	-	18	7,2	1,4				<10%
B	33-50	58	0	20	88	0	2	-	31	12,4	1,2	37,9			
B	50-60	40	0	22	90	0	3	-	30	12,0	1,2	21,6			
R															
<u>Luvissole Crômico, TC (Bruno não cálcico) - Perfil 45</u>															
Ap	0-10	20	0	14	86	0	4	1,6	15	6,0	1,4		ond.	mod.	pouco
B	10-30	39	0	27	96	0	5	6,0	30	12,0	1,3				<10%
B	30-50	34	0	30	100	0	4	6,1	30	12,0	1,3	46,8			
C															
<u>Planossolo Solódico - Perfil 47</u>															
Ap	0-18	13	0	6	52	0	2	-	13	5,2	1,5		plano	imp.	ausente
AB	18-30	17	0	5	54	0	2	-	12	4,8	1,5				
B	30-50	62	0	14	68	0	5	-	29	11,6	1,2	41,7			
B	50-80	40	0	15	84	0	9	0,3	23	9,2	1,2	49,6			
C															
<u>Planossolo Solódico - Perfil 51</u>															
Ap	0-20	6	0	10	88	0	1	-	13	5,2	1,6	24,9	ond.	restrita	ausente
B	20-40	30	0	27	93	0	7	1,1	31	12,4	1,4	52,1			
B	40-60	33	0	33	98	0	7	3,4	30	12,0	1,4				
B	60-80	24	0	26	100	0	6	3,8	22	8,8	1,4				
C															

⁽¹⁾ CE = em mmho/cm/25°C; ⁽²⁾ CAD = capacidade de água disponível. PMP: ponto de murcha permanente; imp: impedida; ond.: ondulado; aus.: ausente; moderada; exces. excessiva.

Continuação.

Horizontes	Prof.	Argila (%)	Al (meq/100g)	CTC	V	Al (%)	Na	CE ⁽¹⁾	CC	PMP (%)	Da g/cm ³	CAD ⁽²⁾ mm	Relevo	Drenagem	Pedregosidade
<u>Cambissolo latossólico, C - Perfil 57</u>															
Ap	0-10	31	0	7,4	69	0	0	-	18	7,2	1,3	14,0	suave ond	boa	aus.
Bw1	10-40	36	0	5,7	61	0	0	-	17	6,8	1,3	39,7			
Bw2	40-100	34	0	4,9	61	0	0	-	17	6,8	1,3	79,5			
<u>Planossolo nítrico, SN (Solonetz Solodizado) - Perfil 58</u>															
A	0-20	6	0	4,0	70	0	3	-	8	3,2	1,6	15	plano	impe.	12-20%
B	20-40	38	0	24	100	0	25	4,9	25	10,0	1,2				
B	40-60	29	0	24	100	0	25	7,1	23	9,2	1,3				
C															
<u>Latossolo Vermelho Amarelo, LV- Perfil 4</u>															
A	0-20	33	0,2	10,7	36	5	0	-	24	9,6	1,3	37	plano	boa	aus.
Bw1	20-30	47	1,1	8,6	9	58	0	-	24	9,6	1,2				
Bw2	30-130	58	1,0	5,1	14	60	0	-	29	11,6	1,1				
<u>Plintossolo, F (Podzóico Vermelho Amarelo Plíntico) - Perfil 16</u>															
A	0-12	18	0,6	5,9	20	33	0	-	13	5,2	1,4	13	ond.	mod.	<10%
Bt1	12-22	30	0,4	5,9	24	22	0	-	16	6,4	1,3	13			
Bt2	22-42	41	0,1	4,6	30	18	0	-	19	7,6	1,2				
Bt3	42-200	41	0,1	3,6	67	0	0	-	23	9,6	1,2				
<u>Regossolo, Perfil 71</u>															
A	0-15	3	0,1	4,1	41	6	-	-	4	1,6	1,6	5	plano	exces.	aus.
C	15-30	4	0,2	3,0	30	20	-	-	4	1,6	1,6	5			
C	30-100	4	0,2	2,1	19	43	-	-	4	1,6	1,6	26			

⁽¹⁾ CE = em mmho/cm/25°C; ⁽²⁾ CAD = capacidade de água disponível. PMP: ponto de murcha permanente; impe: impedida; ond.: ondulado; aus.: ausente; moderada; exces. excessiva.

Coloque no sublinhado a característica observada e na frente do pontilhado a classe de cada item, de acordo com as Tabelas de aptidão agrícola. Ao final indique a classe, subclasse e limitação definitiva

Instruções gerais

1. Primeiro preencha os dados dos solos.
2. A maior classe determinada, será a classe do seu solo. A subclasse será de acordo com esta classe. A limitação também está em função da subclasse.

3. Classes

Classe 1: Terras aráveis altamente adequadas para agricultura irrigada, capazes de oferecer altas produções de grande variedade de culturas climaticamente adaptáveis, a um custo razoável, não apresentando nenhuma limitação para sua utilização.

Classe 2: Terras aráveis com moderada aptidão para agricultura irrigada. São adaptáveis a um menor número de culturas e têm um maior custo de produção que a classe 1. Podem apresentar limitações corrigíveis ou não, e ligeiras a moderadas deficiências com relação à fertilidade, disponibilidade de água, profundidade, permeabilidade, topografia e drenagem.

Classe 3: Terras aráveis de aptidão restrita para agricultura irrigada, devido a deficiências de solo, topografia e drenagem mais intensas que na classe 2. Podem apresentar deficiências como fertilidade muito baixa, textura grosseira, topografia irregular, salinidade, drenagem restrita, etc. susceptíveis de correção a alto custo, ou não corrigíveis. Têm um restrito número de culturas adaptáveis, mas com manejo adequado, podem produzir economicamente.

Classe 4: Terras aráveis de uso especial. Podem apresentar uma excessiva deficiência específica ou deficiências incorrigíveis que limitam sua utilidade para determinadas culturas muito adaptadas ou métodos específicos de irrigação. As deficiências nesta classe podem ser: pequena profundidade efetiva, topografia ondulada, excessiva pedregosidade superficial, textura grosseira, salinidade e/ou sodicidade e drenagem inadequada. No presente estudo foram consideradas nesta classe terras de produtividade alta a média, porém com deficiências graves, especialmente relacionadas à pequena profundidade efetiva, textura grosseira e/ou drenagem restrita.

Classe 5: Terras não aráveis nas condições naturais e que requerem estudos especiais de agronomia, economia e engenharia para determinar sua irrigabilidade. Apresentam, geralmente, restrições específicas, como posição elevada, salinidade excessiva e drenagem inadequada, requerendo trabalhos de proteção contra inundação, topografia irregular, etc. Após estudos especiais, estas terras devem passar, definitivamente, para uma classe arável ou para a classe 6.

Classe 6: Terra não aráveis ou inaptas para irrigação. São terras que não satisfazem os mínimos requisitos para enquadramento em outras classes e que são inadequadas para irrigação. Geralmente compreendem terras com solos muito rasos sobre embasamento rochoso ou outra formação impermeável às raízes ou água; terras muito elevadas e com topografia muito declivosa ou complexa; enfim, todas as áreas obviamente não aráveis.

4. Subclasses

As letras das subclasses que ocorrerem, devem ser colocadas nesta ordem, após a classe.

s = solo t = topografia d = drenagem h = altitude elevada ao nível do manancial

Fatores limitantes dos solos

As letras das limitações que ocorrerem, devem ser colocadas nesta ordem, após as subclasses.

y = fertilidade natural

b = profundidade pequena

x = pedregosidade

v = textura

e = condutividade elétrica

a = sodicidade e/ou salinidade

c = capacidade de água disponível

5. Exemplos

3 s y b

Solo da classe 3 e subclasse solo com fatores limitantes fertilidade e profundidade

5 s t e c

Primeiro vem a classe do solo: 5; depois as subclasses: solo e topografia, e por último os fatores limitantes: condutividade hidráulica do solo e capacidade de água disponível.

Perfil 43 - TC

Textura: _____
 % Na entre: 0-60 cm: _____
 60-120 cm: _____
 V: _____
 CTC: _____
 CE entre: 0-60 cm: _____
 60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: cm.....
 drenagem interna: _____
 pedregosidade: _____
 relevo: _____
 possibilidade de mecanização: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____
 0-80 cm: _____
 0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Perfil 45 - TC

Textura: _____
 % Na entre: 0-60 cm: _____
 60-120 cm: _____
 V: _____
 CTC: _____
 CE entre: 0-60 cm: _____
 60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: _____
 drenagem interna: _____
 pedregosidade: _____
 relevo: _____
 possibilidade de mecanização: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____
 0-80 cm: _____
 0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Perfil 47 – Planossolo, S

Textura: _____

% Na entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

V: _____

CTC: _____

CE entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: _____

drenagem interna: _____

pedregosidade: _____

relevo: _____

possibilidade de mecanização: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____

0-80 cm: _____

0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Perfil 51 – Planossolo, S

Textura: _____

% Na entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

V: _____

CTC: _____

CE entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: _____

drenagem interna: _____

pedregosidade: _____

relevo: _____

possibilidade de mecanização: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____

0-80 cm: _____

0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Perfil 57 - Cambissolo

Textura: _____

% Na entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

V: _____

CTC: _____

CE entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: _____

drenagem interna: _____

pedregosidade: _____

relevo: _____

possibilidade de mecanização: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____

0-80 cm: _____

0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Perfil 58 - SN

Textura: _____

% Na entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

V: _____

CTC: _____

CE entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: _____

drenagem interna: _____

pedregosidade: _____

relevo: _____

possibilidade de mecanização: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____

0-80 cm: _____

0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Perfil 4 - LVA

Textura: _____

% Na entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

V: _____

CTC: _____

CE entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: _____

drenagem interna: _____

pedregosidade: _____

relevo: _____

possibilidade de mecanização: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____

0-80 cm: _____

0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Perfil 16 – Plintossolo, F

Textura: _____

% Na entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

V: _____

CTC: _____

CE entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: _____

drenagem interna: _____

pedregosidade: _____

possibilidade de mecanização: _____

relevo: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____

0-80 cm: _____

0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Perfil 71 - Regossolo

Textura: _____

% Na entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

V: _____

CTC: _____

CE entre: 0-60 cm: _____

60-120 cm: _____

profundidade (cm): verificar até material semipermeável ou rocha ou duripan ou fragipan: _____

drenagem interna: _____

pedregosidade: _____

relevo: _____

possibilidade de mecanização: _____

CAD entre: 0-30 cm : _____

0-80 cm: _____

0-120 cm: _____

Classe, Subclasse e limitação: _____

Tabela para determinação da classe de terra para irrigação

Parâmetro observado e subclasse	Níveis			Classes de terra para irrigação						
				1	2	3	4	5	6	
Textura ⁽¹⁾ (s)	Subsuperfície	Superfície								
		arenosa	média	argilosa						
	arenosa	6	3 a 6	4, 5, 6						
	média	3 a 6	1, 2	3 a 6						
	argilosa	2 a 6	1 a 6	2 a 6						
Saturação por sódio ⁽²⁾ (s)	De 0 a 60 cm de profundidade do solo, pegar o maior valor de Na%									
	extremamente baixa (<1%): 1 baixa (1 a 3%): 2 média (3,1 a 6%): 3 alta (6,1 a 9%): 4 muito alta: (9,1 a 15%): 5 extremamente alta (>15%): 6									
	De 60 a 120 cm de profundidade do solo, pegar o maior valor de Na%									
	extremamente baixa (<3%): 1 baixa: 3 a 6% (2) média: 6,1 a 9% (3) alta: 9,1 a 15% (4) muito alta: 15,1 a 25% (5) extremamente alta: >25% (6)									
Fertilidade ou produtividade aparente (V%) ⁽³⁾ (s)	muito alta: >70 (1) alta: 51-70 (1, 2) média: 31-50 (3) baixa: 10-30 (4, 5) muito baixa: <10 (6)									
CTC (pH 7,0) ⁽³⁾ (s)	alta: >8 (1) média: 5,1-8 (2) baixa: 3,1-5 (3, 4, 5) muito baixa: <3 (6)									
Condutividade elétrica ⁽⁴⁾ (s)	De 0 a 60 cm de profundidade do solo, pegar o maior valor de CE									
	extremamente baixa: < 1,0 (1) baixa: 1,0-2,0 (2) média: 2,1-4,0 (3) alta: 4,1-6,0 (4) muito alta: 6,1-8,0 (5) extremamente alta: >8,0 (6)									
	De 60 a 120 cm de profundidade do solo, pegar o maior valor de CE									
	extremamente baixa: < 2,0 (1) baixa: 2,0 - 4,0 (2) média: 4,1 - 6,0 (3) alta: 6,1 - 8,0 (4) muito alta: 8,1 - 12 (5) extremamente alta: >12,0 (6)									

Continuação

Parâmetro observado e subclasse	Níveis	Classes de uso					
		1	2	3	4	5	6
Profundidade do solo ⁽⁵⁾ (efetiva) ⁽⁶⁾ (s)	muito profundo: >150 cm (1) profundo: 101-150 cm (2) moderadamente profundo: 81-100 cm (3, 5) raso: 40-80 cm (4) muito raso: < 40 cm (6)						
Drenagem interna ⁽⁷⁾ (d)	excessiva (4 a 6) boa (1) moderada (2) restrita (3 e 4) impedida (5 e 6)						
Pedregosidade ⁽⁸⁾ (s)	sem pedras (1 a 6) menos de 1% (2 a 6) 1-10% (3 a 6) 11-30% (4 a 6) >30% (6)						
Relevo ⁽⁹⁾ (t)	plano (1) suave ondulado (2, 3) ondulado (4, 5) forte ondulado (6)						
Possibilidade de mecanização ⁽¹⁰⁾ (s)	muito boa (1) boa (2) moderada (3) restrita (4, 5) muito restrita (6)						
Risco de inundação ⁽¹¹⁾ (d)	ausente (1, 2) ocasional (3 a 6) frequente (4 a 6) muito frequente (6)						

Capacidade de água disponível ⁽¹²⁾ (mm)	Espessura do solo (cm)	Classes de terra para irrigação					
		1	2	3	4	5	6
		muito alta	alta	média	média	média	baixa
(s)	0-30	>36	24-36	16-24	16-24	16-24	<16
	0-80	>80	60-80	40-60	40-60	40-60	<40
	0-120	>120	90-120	60-90	60-90	60-90	<60

- (1) Textura (ver os teores de argila médios dos horizontes A e B, separadamente): <15%: arenosa; 15-35%: média; >35%: argilosa.
- (2) Saturação por sódio: use o valor de Na em percento. (para efeito de calculo: $Na\% = [Na\ (meq) / CTC] \times 100$)
- (3) Fertilidade e CTC: utilize apenas o dado do primeiro horizonte (se tiver mais de uma camada no horizonte A, faça uma média.
- (4) Condutividade elétrica (CE): indica a condutividade da solução do solo, e é dada em mmho/cm/25°C
- (5) A classe 5 por definição não é rasa
- (6) Profundidade efetiva: observar na descrição morfológica a profundidade até o horizonte C ou a rocha
- (7) As seguintes instruções devem ser seguidas para o caso do Vertissolos. Drenagem interna: no julgamento deste atributo do solo é necessário levar em consideração diversos aspectos, a saber:
- a. Um solo com drenagem impedida porém, em relevo suave ondulado deve receber um julgamento mais benevolente do que este mesmo solo localizado em relevo plano, com depressões. No caso do solo com relevo suave ondulado, o sistema de drenagem pode ser superficial e barato enquanto que no relevo plano o risco de encharcamento é bem maior, assim como fica mais caro o sistema de drenagem.
 - b. Exemplo: Vertissolo em relevo suave ondulado e o mesmo solo em relevo plano, com depressões. Em ambos os casos a drenagem do solo é restrita, porém em situações distintas. No primeiro caso apesar de ser drenagem restrita o Vertissolo pode ser classificado na classe 3 ou mesmo na 2. No segundo caso já cai para a classe 4 ou seguramente 5.
- (8) Pedregosidade: ver planilha com as análises
- (9) Relevo: ver planilha com as análises
- (10) Julgamento em função da pedregosidade e do relevo. Pegar o valor médio ou a menor classe.
- (11) Risco de inundação: ausente: nunca ocorre; ocasional: uma a cada 5 anos; frequente: uma entre 1 e 5 anos; muito frequente: ocorre anualmente. Devido a falta de dados, deixe em branco este item. Registre-se, entretanto, que este item pode ser utilizado.
- (12) Capacidade de água disponível (CAD): é dado pela expressão:
 $CAD = (CC - PMP) \times Da \times E$ (cm)
 onde: CC: capacidade de campo; PMP: ponto de murcha permanente; Da: densidade do solo; E: espessura da camada de solo observada.
 exemplo: $CAD = (27/100 - 23/100) \times 1,2 \times 30\text{ cm} = 1,44\text{ cm} = 14,4\text{ mm}$
 Para entrar na Tabela, faça o somatório do CAD nas profundidades solicitadas.

Não havendo o valor da densidade do solo atribuir os seguintes valores de acordo com a textura:

% argila: >60, muito argilosa; 36-60, argilosa; 15-35, média; <15, arenosa

Densidade: 1,0 1,2 1,4 1,6

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
Campus de Piracicaba

LSO 660 – Tecnologia do Solo – 2017

Teórico/Prática – Tema:

Caracterização e Espacialização do meio físico, como base para o planejamento do uso da terra

Prof. Dr. J. Alexandre Demattê

Departamento de Ciência do Solo

Cap 4. Sistemas de diagnóstico para fins de manejo e aumento da produção

1. Introdução

A necessidade de classificar as terras é antiga. Trata-se do agrupamento de situações semelhantes com o objetivo de poder melhor manejar as terras. A própria classificação e mapeamento de solos apresentam esta busca. Entretanto, sempre houve a necessidade de se relacionar os tipos de terra com a atividade agrícola, surgindo então, os sistemas de classificação ou avaliação de terras.

2. Histórico

Historicamente o sistema de classes de capacidade de uso foram dos primeiros a ser implementados. Leva em consideração classes (I a VIII), subclasses (erosão, solo, água, clima), unidades de capacidade de uso e unidades de manejo. Para realizar este trabalho, utiliza-se mapas de solos no nível principalmente detalhado e semidetalhado, levando em consideração as características dos solos como atributos químicos, saturação por bases e outros. Em relação as características climáticas envolvem as condições de chuva, geadas, temperatura, balanço hídrico, etc. Também é observado os graus de erosão em função do solo e da atividade agrícola.

3. Evolução do sistema no Brasil

Com a necessidade de avaliar grandes áreas, foi instituído um outro sistema o de Aptidão agrícola, menos detalhado, porém mais rápido na determinação das classes. Este sistema foi utilizado no mapeamento da aptidão agrícola de grandes áreas no Brasil pelo RADAMBRASIL.

4. Grupos de Manejo

Os sistemas de classificação de terras permitem a avaliação da situação da terra para uso. Por outro lado, não indicam qual o manejo mais adequado. Devido a isso, surgiram os denominados Grupos de Manejo. Este método baseia-se exclusivamente nas classes de solos. Cada classe de solo tem características próprias químicas, granulométricas e morfológicas, que tem relação com a dinâmica da água, da adubação e preparo do solo. Face a isso, o sistema propõe que sejam agrupados solos com características semelhantes para fins de manejo.

a) Definição:

Os grupos de manejo de solos são identificados de acordo com uma série de características em comum que os solos apresentam e que permitem aplicar as mesmas práticas de manejo. Tal agrupamento se faz necessário devido ao grande número de unidades de mapeamento identificados no levantamento de solos o que tende a dificultar em muito as opções de manejo. Entretanto, é necessário alguns esclarecimentos a respeito destes grupos a saber:

- É uma tentativa de se reunir unidades de mapeamento de solos que teoricamente responderiam as mesmas atividades de manejo.
- Tais grupos são dinâmicos podendo ser reajustados ao longo dos anos agrícolas, através da experiência acumulada pela equipe da própria unidade e do avanço da tecnologia.
- Um mesmo grupo pode ter sub-divisões (subgrupos) dependendo da atividade agrícola.

b) Tipos de grupamentos

Os solos podem ser grupados para as mais diversas finalidades, tais como: (1) grupos de manejo para preparo dos solos; (2) para época de plantio; (3) para época de colheita; (4) para fins de fertilidade; (5) para alocação de variedades, etc.

c) A descrição dos grupamentos deve ser da seguinte forma:

** indicar o nome do grupo (G1, G2...)

** conter os solos nele existentes,

** as características dos solos;

** As Práticas de manejo relacionadas

d) Exemplo

Por exemplo, supondo uma área com os seguintes solos: LVf, LVA muito argiloso, LV argiloso, LV textura média arenosa, RQ, Cambissolo, Neossolo Litólico, Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Argissolos Vermelho, Vermelho Amarelos, Amarelos.

Grupos de Manejo para fins de preparo e Conservação do solo (EXEMPLO)

Grupo I.

Classes: LVf, LV, LA, LVA argiloso a muito argiloso

Descrição: Solos argilosos, bem drenados, uniformes em profundidade elevado teor de microagregados, relevo plano a suave ondulado;

Características em relação ao manejo: solos com elevada susceptibilidade a compactação tanto em implementos como de tráfego de máquinas e caminhões; retenção de umidade não é grande apesar de serem solos argilosos; podem secar rapidamente; necessidade de preparo profundo.

Grupo II

Classes: Latossolos textura média, RQ;

Descrição: solos com menor teor de argila e menor retenção de água, boa drenagem, relevo plano a suave ondulado.

Características em relação ao manejo: Susceptíveis a erosão tanto laminar quanto em sulcos; elevado risco de assoreamento.

Grupo III

Classes: Argissolos, PV, PVA, PA

Descrição: solos ocorrentes em relevo ondulado com gradiente textural, drenagem mais lenta no horizonte B; relevo mais ondulado

Características em relação ao manejo: altos riscos de erosão; melhor capacidade de armazenamento de água; canais e terraços sugerido em desnível; após chuvas podem permanecer encharcados

Grupo IV

Classes: CX e RL

Descrição: rasos e pouco profundos, alta pedregosidade

Características em relação ao manejo: baixa eficiência em mecanização, alto risco erosão

Grupo V

Classes: GX, RY

Descrição: relevo plano, geralmente ao lado de rios ou cabeceiras de drenagem, material deposicional ou in situ, presença de mosqueados

Características em relação ao manejo: variação do lençol freático, geralmente encharcado, difícil mecanização em época chuvosa, possível necessidade de sistematização

O sistema produtivo é composto pelo solo, clima e planta. Por outro lado, o solo é estático, o clima variável e a planta precisa se readaptar a uma determinada condição. Partindo desse princípio, entende-se como “ambiente de produção” um local que tenha determinadas características e condições de solo e clima com um respectivo grau de produção quando é alocada a planta correta.

Como visto anteriormente, cada sistema fornece um tipo de informação. Nenhum sistema, entretanto, apresentava relação com o nível de produção. Face a isso, surgiram os denominados ambientes de produção.

Um ambiente é inicialmente composto pelo solo e pelo clima. Ao se colocar uma planta e tentar relacionar com sua produção, o nome passa ao denominado Ambiente de Produção.

Histórico:

O sistema iniciou com a Copersucar na década de 90 (CTC, 1996). Inicialmente os trabalhos incluíram 18 unidades cooperadas, média aritmética de 4 cortes das de 5 safras em 18 tipos de solos com 9 variedades através de observações de produtividade. Média de 4 cortes de diversas usinas principalmente de São Paulo com os tipos de solo. Como exemplo tem-se o quadro a seguir. Observe que a produtividade média de 4 cortes neste exemplo tem sido função da textura do solo e das características químicas, no caso o caráter eutrófico, distrófico e álico.

HISTÓRICO - Copersucar

Produtividade média de 4 cortes em função da textura e fertilidade					
13 usinas cooperadas - Copersucar (1997)					
Argila %	V%	TCH	Argila %	V%	TCH
maior 35%	eutrofico	97	25 a 35%	eutrofico	90
	distrófico	90		distrófico	87
	álico	87		álico	83
	ácrico	83			
15 a 25%	eutrofico	87	menor 15%	eutrofico	75
	distrófico	85		distrófico	73
	álico	83		álico	71
Observações: exame em 13 usinas; 6 safras; 17 variedades;					
47 tipos de solos					

j.l.i.demattê

Quadro exemplo ilustrativo.

Posteriormente, foi grupado por classe de solo e características químicas como ilustra a tabela a seguir. Observações: note que a TRE produz mais que o LR. Dentro dos LR decresce a produtividade em função da saturação até os álicos. Os PVA areia/média eutrófico produz tanto quanto solos argilosos, por quê?

Produtividade media e respectivas variações por solo			
Media de 4 cortes. (Fonte Copersucar, 1997)			
Solo	TCH maximo	TCH medio	TCH minimo
TE eutrof.	110	102	91
LR eutrof.	112	94	82
PVA aren/media, eut.	100	94	85
LR distrof.	108	90	74
LVA text.media, dist.	102	89	76
LE, text.arg. Epi eutr.	102	88	83
LR alico	100	87	65
LE, text.media, epi eutr	94	88	80
LE text. media, alico	86	84	80
LVA text.media, alico	84	84	73
AQ	72	68	64

j.i.i.demattê

Com base principalmente nestes dados a Copersucar Lançou a idéia dos Ambientes, designados de A até E, assim como a classificação das classes de produtividade. Normalmente o Ambiente A é classificado como solos argilosos, bem drenados e eutróficos. Na medida que os Ambientes vão mudando para C, D, os fatores limitantes do solo, como por exemplo fertilidade, também vão aumentando, assim como a produtividade esperada diminui. A tabela a seguir ilustra ambientes e classes de solos. Assim Joaquim et al. (1994) definem Ambiente de Produção como sendo 'a junção de uma unidade de mapeamento de solo e uma variedade de cana-de-açúcar num dado estágio de corte, sob um determinado regime climático. Ao submeter esse ambiente a um dado manejo, sua capacidade produtiva pode ser momentaneamente ou permanentemente alterada para mais ou menos, dependendo da intensidade com que esses processos foram aplicados (Joaquim et al., 1994).

Tabela 1 - Ambientes de produção para cana-de-açúcar dos solos da Usina Da Pedra.

Ambiente	Produtividade	Solos
A	$TCH \geq 95$	TRE-4, LR-4, TRE-1, LR-1, LVE-1
B	$90 \leq TCH < 95$	TRE-7, LR-2, LR-3, LVE-2
C	$85 \leq TCH < 90$	LR-2a, LVA-2, LVE-8, TRE-8, LVE-5
D	$80 \leq TCH < 85$	LVE-6, LVA-9, LVA-8
E	$TCH < 80$	LVE-9, LVA-11, AQ-1, LVA-5, LVA-6, LVA-12, AQ-3, AQ-2, AQ-6

Fonte: CTC (1996).

Posteriormente, o Instituto Agronomico de Campinas lançou o sistema designado de Ambicanca (Prado, 2002), com algumas alterações em relação ao da Copersucar. Prado (2002) define o ambiente de produção em função das condições físicas, hídricas, morfológicas, químicas

e mineralógicas dos solos, mas sempre associadas as propriedades de subsuperfície e principalmente ao clima regional (precipitação, temperatura, radiação solar, evapotranspiração). Portanto, os Ambientes são a soma das interações dos atributos de superfície e principalmente subsuperfície e clima.

Neste aspecto o sistema introduziu-se outros parâmetros como por exemplo: aumentou para média de 5 cortes ao invés de quatro como o sistema anterior; introduziu dados de água disponível em função da evapotranspiração, o que permite o julgamento da produtividade do solo em função também do clima. Ampliou as faixas de Ambientes para 10 assim como de produtividade.

SISTEMA AMBICANA AGUA DISPONIVEL (AD)				
AD	Classe	Evapotranspiração Potencial		
dias/mês		3 mm/dia	5 mm/dia	7 mm/dia
maior que 25	ADA	maior 75	maior 125	maior 175
20 a 25	ADA/ADM	60 a 75	100 a 125	140 a 175
15 a 20	ADM	45 a 60	75 a 100	105 a 140
10 a 15	ADB	30 a 45	50 a 75	70 a 105
5 a 10	ADMB	15 a 30	25 a 50	35 a 70
menor que 5	ABEXB	menor 15	menor 25	menor 35

j.l.i.demattê

O sistema também ampliou a parte referente a fertilidade do solo. Subdividiu o caráter álico em mesoálico; o distrófico em mesoeutrófico e distrófico. Criou classes de CTC assim como de bonificações em função dos teores de bases. Nos solos podzolizados dividiu os abruptos dos arênicos, espessarênicos, entre outras alterações. Os sistemas são abertos e estão sempre sujeitos a alterações, principalmente em função de região para região.

Como foi visto anteriormente, para um adequado conhecimento do Ambiente de Produção é necessário, em primeiro lugar, classificar os solos. Cada solo delineado trás informações sobre a fertilidade, susceptibilidade à erosão, capacidade de armazenamento de água, tendências à compactação, risco de inundação, profundidade e textura, componentes básicos para a definição dos ambientes. O clima é o outro aspecto observado, mas dificilmente ele varia numa mesma propriedade, portanto define-se o clima regional e realiza o cruzamento com as informações dos diferentes solos encontrados.

O manejo agrônômico influencia a composição do ambiente de produção (Figura 1). O manejo pode ser aplicado a qualquer um dos três componentes do ambiente (solo, clima e plantas), porém o de resposta mais imediata é o solo. Assim, ao submeter um solo a um dado nível de manejo, sua capacidade produtiva momentânea ou permanentemente alterada para mais ou menos, dependendo da intensidade da aplicação desses processos. Com isso um solo que sob um determinado nível de manejo pertence ao ambiente “C” pode deslocar-se para cima (“B”) ou para baixo (“D”) enquanto permanecerem as condições de manejo.

5.1 Componentes de um ambiente de produção

Os ambientes de produção podem ser determinados como a integração de solo, clima e planta. Pode-se ainda adicionar o componente condição específica da área. Cada elemento pode, por sua vez, ter características próprias. Os principais componentes do solo para determinar um ambiente, por exemplo, são descritos conforme Prado (2002) como sendo água, textura, fertilidade e profundidade do solo (ilustrado na figura a seguir). Também fazem parte a morfologia e graus de declividade, conforme destacado pelo autor.



Fig. 1. Componentes do ambiente de produção.

Fonte: Prado (2002).

O clima por sua vez, tem como sub-componentes a temperatura, altitude, luminosidade e evapotranspiração, precipitação, balanço hídrico, entre outros

A planta tem as variedades e as relações com a genética.

Pode-se ainda colocar como mais um componente as características locais como água disponível, distância do lençol freático, posição no relevo, posicionamento da rocha e relação com encharcamento; variação do lençol freático e frequência do encharcamento.

Em resumo, os principais componentes são: solo, clima, planta, características locais.

5.2 Como classificar um ambiente

Relacionar a produtividade com os componentes de um ambiente, obtendo-se valores de produtividade estimada para cada combinação de componentes.

A determinação de um ambiente de produção é um julgamento do somatório de dos componentes que determinar um ambiente e sua possível produção. O ambiente é um indicativo do quanto o local pode produzir. Cada local está relacionado a uma variedade.

5.3 Objetivo da classificação dos ambientes

- Estimar a possível produtividade de uma área
- Auxiliar na detecção de áreas problema
- Auxiliar na alocação mais adequada de variedades
- Alocação varietal
- Manejo varietal
- Custo da terra
- Escolha de terras
- Determinar época de plantio e colheita.

6. Uso do ambiente como indicador de produtividade agrícola

Trata-se de manejar cada ambiente em função das variedades alocadas e as épocas de plantio e colheita. O manejo de um ambiente pode alterar o ambiente previamente fixado. Com o conhecimento das áreas em ha e da produtividade média esperada determina-se o potencial de produtividade de uma área específica. Exemplos nos quadros a seguir.

EXEMPLO DE PRODUTIVIDADE POR AMBIENTE

Categoria de corte e níveis de produtividade					
Categoria	Níveis de produtividade (TCH)				
	A	B	C	D	E
Primeiro	135	125	115	105	95
Segundo	100	94	90	85	77
Terceiro	92	82	76	72	69
Quarto	81	75	69	64	59
Quinto	75	70	60	55	50
Media	96	89	82	76	70

j.l.i.demattê

POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE DA USINA TESTE

Potencial de produtividade por ambiente de produção		
Ambiente	Área ha	media 5 cortes TCH
A	2.364	98,2
B	5.917	89,2
C	3.134	82
D	1307	76,4
E	2734	70
Total	15.457	84,6

j.l.i.demattê

Observações:

1. O caráter eutrófico.

É uma condição necessária para ambiente A, porém não suficiente;

Ex.

- a. Um solo com CTC 10 versus com CTC 3 e ambos eutróficos.
- b. um solo com CTC 10 no caso o Nitossolo versus o CTC 10 de um Cambissolo ambos eutróficos. A diferença de profundidade neste caso pode determinar variações de produção.

2. Associação textura e saturação por bases

Um latossolo vermelho fêrrico numa região de déficit hídrico acentuado produz menos do que um PVA abruptico arenosa/média, mesmo ambos sendo eutróficos. A condição de armazenamento de água diferencia os dois.

Da mesma forma vários exemplos podem ser citados. Daí a conclusão da importância em conhecer os conceitos em como chegar nos ambientes, porém, fazer as alterações necessárias, independente do sistema, baseado nas informações regionais.

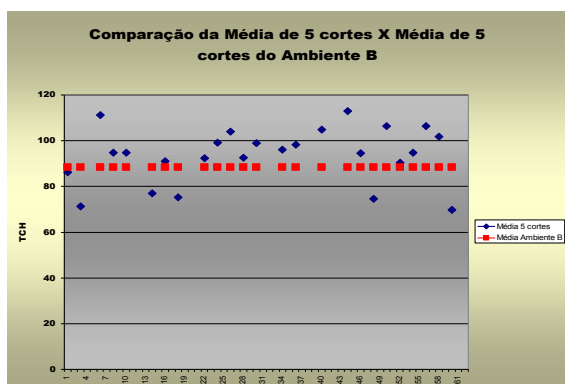
6. Parâmetros para obtenção dos ambientes de produção

A base está no levantamento de solos nos níveis compatíveis com a atividade agrícola. Num ambiente E poderemos ter solos distintos, no caso um RQ e um RL, com manejo totalmente diferente. Portanto, ambiente de produção não é sinônimo de manejo de solos. A parte referente a manejo cabe ao sistema anteriormente descrito, grupos de manejo.

7. Como utilizar os ambientes

A forma de utilização dos ambientes pode ser ilustrada na figura a seguir. Ela indica diversos talhoes pertencentes ao Ambiente C. na faixa vermelha estão os talhoes cuja produtividade estão de acordo com o ambiente, ou seja, dentro das especificações. Abaixo da linha vermelha estão os talhoes cuja produtividade estão aquém da esperada para o ambiente C.

Assim, em tais áreas há a necessidade de fazer o diagnóstico para verificar qual ou quais os fatores limitantes que estão agindo e tentar atenua-los colocando novamente a produtividade na faixa adequada. Por outro lado, os talhoes cuja produção está acima da faixa vermelha, significa que a tecnologia aplicada melhorou a produtividade passando de ambiente C para B como em alguns casos. Ou seja, os ambientes são inicialmente determinados para indicar o potencial da área, mas são alterados ao longo do tempo pela aplicação da tecnologia e conceitos de grupos de manejo.



Exercício em Aula

Considerações iniciais: A questão dos ambientes de produção trata de assunto recente, cujo princípio deve ser entendido, mas tendo em mente que está sujeito a crítica e ajustes.

Os sistemas de ambientes que foram e vêm sendo montados não havendo certezas absolutas em cada um. Por outro, e para efeito de exercício, é importante conhecer mais vantagens e limitações. Para tanto, e para fins didáticos, não se pretende ensinar um único método desenvolvido. Face ao exposto o método base utilizado é o realizado pelo IAC-Ambicana, com alterações para fins didáticos maiores detalhes sobre o sistema ver direto com os autores (Prado, 2002).

Seqüência de exercício:

a) Montagem e determinação dos Grupos de manejo

a1. Grupamento para fins de manejo e conservação

- agrupar os solos para fins de preparo e conservação. Agrupe os solos de acordo com as características físicas e morfológicas para fins de conservação. Após o agrupamento descreva as características de cada grupo (características físico, profundidade, morfologia, drenagem, horizontes existentes, risco de erosão, profundidade, risco de compactação, relacione cuidados com manejo)
- fixe o mapa de solos na bancada
- sobreponha o primeiro vegetal em branco
- trace o perímetro e coloque o título do mapa
- trace os limites dos grupamentos
- monte legenda simplificada

a2. Grupamento para fins de fertilidade








- agrupar os solos para fins de fertilidade. Agrupe os solos de acordo com as características químicas (use a legenda do mapa de solos). Após o agrupamento descreva as características de químicas de cada um (eutrófico, distrófico, álico, CTC, textura); relacione com manejo químico.
- siga a mesma sequência do item anterior e determine o mapa
- monte legenda simplificada

b) Montagem e determinação dos Ambientes de produção

A área de estudo apresenta um mapa de solos e talhamento. Cada talhão já foi inserido em sistema SIG e apresenta as respectivas áreas. O objetivo do exercício é tratar de identificar as possibilidades de produção de cada talhão e, comparando com a produtividade real, identificar as áreas com problemas.

- Coloque o mapa de solos na bancada;
- Monte um quadro com as características de cada solo (camada de subsuperfície) como segue

Solo	Classe argila	Classe CTC	V%	m%	Classe Profundidade	Relevo	CAD	Classe CAD	Ambiente
LVf1	630	41	61	0			65		
LVf2	790	26	47	0			65		
LV1	830	45	39	10			65		
LV2	240	32	14	73			40		
LVA	780	81	29	56			65		
RQ	143	39	13	60			14		
PV	370/630	47	20	70			90		
PVA	420/600	83	32	37			90		
CX	400	80	47	0			20		
RL	430	87	48	0			20		

CTC	mmolc	
extremamente baixa	<15	
muito baixa	15-30	
baixa	30 a 60	
média baixa	60 a 80	
média alta	80-100	
alta	100-120	
muito alta	maior 120	

Classes de disponibilidade de água e volume de água (litros/m³) para três níveis de evapotranspiração real (FONTE: Prado et al., 2003).

Água disponível no solo (dias/mês)	Classe	Evapotranspiração Potencial		
		3 mm/dia	5 mm/dia	7 mm/dia
>25	ADA	>75	>125	>175
20 - 25	ADM	60 - 75	100 - 125	140 - 175
15 - 20	ADB	45 - 60	75 - 100	105 - 140
10 - 15	ADMB	30 - 45	50 - 75	70 - 105
5 - 10	ADEB	15 - 30	25 - 50	35 - 70
< 5	ADEXB	< 15	< 25	< 35

ADA: água disponível alta; ADM: água disponível média; ADB: água disponível baixa; ADMB: água disponível muito baixa; ADEB: água disponível excessivamente baixa; ADEXB: água disponível extremamente baixa.

- Baseado nas características dos solos entre na tabela de Ambientes em anexo e faça o julgamento dos ambientes.
- Sobreponha um vegetal no mapa de solos e monte um mapa de ambientes de produção.
- Coloque na bancada o mapa de talhões. Sobreponha o mapa de ambientes Compare a produção real de cada talhão (esta na planilha) com o esperado (o ambiente)..
- NA PLANILHA: Identifique os talhões problema. NO MAPA: identifique com cor vermelha os talhões problema; verde dentro do esperado e azul acima do esperado

A figura a seguir foi extraída de Landell et al (2004)

AMBIENTES DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR – IAC.			
Ambientes	Produtividade TCH ₅	Atributos	Solos
A1	> 100	{ ADA, eutr, CTC alta ADMA eutr, CTC alta	*
A2	96 - 100	{ ADMA, eutr, CTC média/alta ADA, eutr, CTC média/alta	PVe ² , PEe ² , TRe, LRe, LEe, LVe
B1	92 - 96	{ ADM, mesotr, CTC média/alta ADB, eutr, CTC média/alta	LRm, LEm, LVm, PEm ² , PVm ² PVm ² , PEm ² , LRe, LRm, LEe, LEm
B2	88 - 92	{ ADM, mesotr, CTC média/alta ADB, eutr, CTC média/alta	PVm ² , PEm ² , TRm, LRm, LEm, LVm PEe ³ , PVe ³
C1	84 - 88	{ ADB, distr, CTC média/alta ADB, distr, CTC média	LRd, LEd PVd ² , PEd ²
C2	80 - 84	{ ADB, eutr, CTC baixa ADB, distr, CTC baixa	LEe, LVe LEd, LVd
D1	76 - 80	{ ADB, acr, CTC média/alta ADM, mailc, CTC média/alta	LRac, LEac, Lvac PV mailc, PE mailc
D2	72 - 76	{ ADB, malic, CTC média/baixa ADB, alic, CTC média/baixa	LE malic, LV malic PVa ² , PEa ²
E1	68 - 72	{ ADMB, alic, CTC média ADB, malic, CTC média	PVa ³ , PEa ³ PVa ⁴ , PEa ⁴
E2	< 68	{ ADMB, alic, CTC baixa ADMB, eutr, CTC baixa	PVa ⁴ , PEa ⁴ , AQd, AQA, PVe ⁴ , PEe ⁴

PRADO et al (2002)

LR: Latossolo Roxo; LE: Latossolo Vermelho Escuro; TR: Terra Roxa Estruturada; LV: Latossolo Vermelho- Amarelo; PV: Podzólico Vermelho Amarelo; PE: Podzólico Vermelho Escuro; AQ: Areia Quartzosa.

eutr: eutrófico; mesotr: mesotrófico; distr: distrófico; acr: ácrico; malic: mesoálico; alic: álico.

ADMA: água disponível muito alta; ADA: água disponível alta; ADM: água disponível média; ADB: água disponível baixa; ADMB: água disponível muito baixa.

⁽¹⁾ Horizonte B iniciando-se na superfície do solo

⁽²⁾ Horizonte B iniciando-se de 20 cm a 50 cm de profundidade

⁽³⁾ Horizonte B iniciando-se de 50 cm a 100 cm de profundidade

⁽⁴⁾ Horizonte B iniciando-se a mais de 100 cm de profundidade e textura arenosa no horizonte A.

* O ambiente A1 é atingido em decorrência de um manejo intensivo nos ambientes A2, B1 e B2.

Talhão N°	Área (ha)	Solo predom.	Produtividade média de 5 cortes (simulado)	Ambiente de produção	Identifique Talhões dentro acima e abaixo da produção
1	11.2	RQ	50		
2	8.7	LV-2	70		
3	8.2	LV-2	85		
4	8.7	LVf-1	83		
5	9.5	LVf-1	80		
6	8.5	LVf-1	75		
7	11.1	LVf-1	75		
8	8.9	LVf-1	70		
9	8.4	LV-1	70		
10	8.9	LVf-1	73		
11	5.9	LV-1	74		
12	2.7	LV-1	75		
13	4.3	LV-1	78		
14	6.0	LV-1	80		
15	6.1	LV-1	85		
16	5.7	LV-1	86		
17	2.6	PV	91		
18	2.5	PV	92		
19	5.3	RL	55		
20	2.2	LV-1	70		
21	4.5	PV	89		
22	2.3	RL	50		
23	4.6	PV	83		
24	5.3	PVA	87		
25	5.4	PV	86		
26	4.9	PVA	86		
27	3.9	PV	88		
28	3.9	PVA	84		
29	8.3	LVf-1	75		
30	7.5	LVf-1	80		
31	9.2	LVf-2	69		
32	7.8	LVf-2	69		
33	5.8	LV-1	77		
34	8.4	LVf-2	66		
35	7.8	LV-1	73		
36	9.3	LV-1	74		
37	8.4	LV-1	75		
39	6.6	LV-1	72		
40	5.6	LV-1	80		
41	3.0	PV	85		
42	4.6	PV	87		
43	4.4	LV-1	80		
44	7.1	PV	82		

45	4.6	PV	85		
46	5.1	PVA	84		
47	3.5	GX	73		

Exercício extra

- Descreva as diferenças entre o sistema de classe de capacidade de uso, aptidão agrícola, grupos de manejo e ambiente de produção.
- Um mesmo solo e ocorrente numa mesma região climática pode apresentar ambientes de produção diferentes? Exemplo.
- Um mesmo solo ocorrendo em duas regiões pode ter o mesmo ambiente?
- Um local classificado como ambiente C, pode mudar para A? E vice-versa? Como?
- Suponha um solo com V% 70, necessariamente vai produzir mais que um solo com V% 30?
- A cultura da cana plantada num latossolo vermelho fêrrico distrófico numa região com evapotranspiração média dia de 7 mm vai se desenvolver igual a mesma planta no mesmo solo, porém plantada numa região com evapotranspiração de 3 mm dia?
- Quais as épocas de plantio recomendadas para áreas de Ambientes favoráveis (A, B)?
- Baseado nos dados da aula prática, monte um quadro semelhante ao a seguir. Preencha objetivando obter a estimativa de produtividade. Determine a produtividade média real da área e compare.

EXEMPLO

Ambiente	Área Ocupada		Produção total		Produção por área	
	%	ha	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
A1	15.0	2146.5	214651.6	236116.8	100	110
A2	19.7	2818.5	270578.7	281852.8	96	100
B1	13.7	1966.1	180878.0	188742.2	92	96
B2	11.0	1579.4	138986.8	145304.4	88	92
C1	8.9	1273.9	107006.0	112101.5	84	88
C2	17.2	2468.6	197490.0	207364.5	80	84
D1	14.4	2066.7	157071.0	165337.9	76	80
D2					72	76
E1					68	72
E2					58	68
Total	100.0	14319.7	#####	#####	81.4	90.42857
Média ponderada			88.5	93.4		

Referências:

- PRADO, Helio Do . Ambientes de Produção de Cana-de-Açúcar na região Centro-Sul do Brasil. In: Periódico, 2005, Piracicaba. Potafós. Piracicaba : Potafós. v. 110. p. 12-17.
- LANDELL, M.G. de A. Variedades de cana-de açúcar apra o centro sul do Brasil: 14 liberação do programa cana IAC (1959-2004)/ Marcos Guimarães de Andrade Landell et al. - Campinas: Instituto Agronomico, 2004, 33p. 2004.
- LANDELL, Marcos G A ; PRADO, Helio Do . Critérios Determinantes para Definição de Ambiente de Produção e Manejo Varietal. 2005. (Boletim Técnico).
- PRADO, H.; van LIER, Q. J.; LANDELL, M. G.A.; VASCONCELOS, A. C. M. Classes de disponibilidade de água para a cana-de-açúcar nos principais solos da região Centro-Sul do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. Anais... 1 CD ROM
- PRADO, H.; LANDELL, M.G.A.; ROSSETO, R. A importância do conhecimento pedológico nos ambientes de produção de cana-de-açúcar. In: Reunião Brasileira de manejo e conservação de solo e água, n. 2002, Cuiabá-MT, Anais. Cuiabá, SBCS: 2002.CD-ROM.
- JOAQUIM, A.C.; BELLINASSO, I.F.; DONZELLI, J.L. Potencial de manejo de solos cultivados com cana-de-açúcar. In: VI Seminário de Tecnologia Agronomica, Copersucar, ed. 1, 384p, 1994.
- CTC. Centro de Tecnologia Copersucar. Potencial de Produção. boletim agricola pg44. março 1996
- CTC. Centro de Tecnologia Copersucar. Potencial de Produção. boletim agricola pg17. fevereiro 1995.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
Campus de Piracicaba

LSO 660 – Tecnologia do Solo – 2017

Teórico/Prática – Tema:

Caracterização e Espacialização do meio físico, como base para o planejamento do uso da terra

Prof. Dr. J. Alexandre Demattê

Departamento de Ciência do Solo

Capítulo 5 Sensoriamento remoto aplicado a solos e uso da terra

1. Introdução

O solo é um dos mais importantes recursos naturais da terra, pois dependemos dele para o nosso sustento. A erosão não só degrada o solo, mas concorre para outros impactos que também são severos, como o assoreamento e a queda na produtividade. Portanto, precisamos ampliar nosso conhecimento para melhor protegê-los. Neste aspecto, o sensoriamento remoto tem sido considerado uma importante ferramenta nos mais diversos aspectos relacionados a agronomia e em particular aos estudos de solos e uso da terra. Tal técnica pode auxiliar na identificação e caracterização de solos, vegetação, geologia, planejamento de cidades e desenvolvimento urbano, uso atual da terra, planejar o controle de erosão, programar reflorestamentos e planejar o uso da terra.

O conhecimento da distribuição dos solos do Brasil, apresenta como dificuldade a enorme dimensão territorial (aproximadamente 8,5 milhões de km²). Por outro lado, os mapeamentos de solos são ainda muito generalizados. A caracterização e o conhecimento dos solos é a base para a elaboração de mapas de solos e uso da terra. Como consequência, pode-se racionalizar o seu uso, diminuindo os impactos do manejo agrícola, permitindo maiores produtividades. Para a avaliação dos solos, são realizadas análises físicas, químicas e mineralógicas, as quais são normalmente caras e demoradas. Neste sentido, novas técnicas devem ser desenvolvidas com o objetivo de, conjuntamente com as convencionais, auxiliar no diagnóstico qualitativo e quantitativo dos solos.

Várias são as técnicas de sensoriamento remoto no monitoramento e discriminação de solos e uso da terra, como as fotografias aéreas, imagens multiespectrais e hiperespectrais, uso de sensores ativos e passivos. Destas, as fotografias aéreas aparecem como a de mais antiga utilização, porém, ainda com grande utilidade, sendo a base para o entendimento das relações solo/paisagem, muito utilizado em levantamento de solos. Com o surgimento das imagens orbitais e os estudos espectrais, ampliou-se o potencial do sensoriamento remoto. Nos dias atuais, cientistas exploram metodologias que venham a explorar os padrões de interação das propriedades dos solos e plantas com sua energia refletida, com o propósito de extrair o máximo de informações sobre as suas características biofísicas.

É nesse contexto, que os produtos do sensoriamento remoto constituem um importante material de apoio nos trabalhos de levantamentos de solos e uso da terra.

2. Histórico

Crepani, em 1983, define de forma sucinta e que melhor expressa a definição do termo sensoriamento remoto: "é a ciência e a arte de se obterem informações sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados coletados por aparelhos denominados sensores, que não entram em contato direto com os alvos em estudo".

Portanto, pode-se dizer que o sensoriamento provavelmente teve seu início com Laussedat, em 1850, que realizou um 1º trabalho utilizando fotografias, tendo sido chamado então de "Pai da Fotogrametria". Ele combinou o teodolito com a máquina fotográfica, obtendo medidas das fotos (fototeodolito), em relação a um espaço. A partir de 1860, foram tiradas as primeiras fotografias aéreas usando papagaios e balões, não obtendo bons resultados. A primeira fotografia aérea com resultados foi tirada utilizando um balão em 1887, por Fairman nos EUA. Em 1900 iniciaram-se trabalhos onde tiravam fotos aéreas com grande ângulo de recobrimento.

O desenvolvimento das fotografias aéreas, viria, entretanto, na época da primeira guerra mundial, fotos essas tomadas de avião para fins de mapeamento em 1913, pelo capitão Tardivo, na cidade de Bengasi. O aperfeiçoamento ocorreu na segunda grande guerra em 1939.

A partir da década de 60, iniciou-se o uso de imagens orbitais, sendo que a partir de 1972, os estudos ligados ao meio ambiente se desenvolveram mais. Hoje, ocorre um uso intensivo tanto de imagens orbitais como fotografias aéreas.

O sensoriamento remoto iniciou com o advento das fotografias aéreas conforme visto anteriormente. As imagens orbitais porém, iniciaram em 1960, e os estudos ambientais datam de 1972. De lá para cá, foram lançados satélites de estudos ambientais como o Landsat e o Spot, sendo estes estudos cada vez mais avançados. Da mesma forma, sensores terrestres vêm sendo cada vez mais utilizados.

3. Características básicas do sensoriamento remoto

A figura 3.3 ilustra os diversos componentes do sensoriamento remoto, como as fases de aquisição de dados, radiação eletromagnética e o espectro óptico. Os dados em sensoriamento remoto são coletados por equipamentos chamados de sensores. Estes equipamentos captam informações dos objetos sem entrar em contato direto. Existem diversos tipos de equipamentos, com características específicas.

a. Fases de aquisição de dados

Os elementos da fase de aquisição, cuja influência sobre as características da informação obtida deve ser compreendida para a correta interpretação, são os seguintes: energia radiante, fonte de radiação, alvo, trajetória e sensor (Figura 3.3). O sensor, aparelho que mede os dados radiométricos, pode ser colocado em diversos níveis (Figura 3.4). A energia ao interagir com o objeto decorre em diferentes processos (Figura 3.5), ou seja pode ser absorvida, refletida ou transmitida. Todo objeto com temperatura acima do zero absoluto (> 0 Kelvin) emite energia, logo todo objeto também emite energia.

b. Radiação eletromagnética

O modelo ondulatório é convenientemente utilizado, quando se tratar da propagação da REM (Radiação Eletromagnética) e um ponto a outro do espaço. Uma onda eletromagnética, consiste de dois campos, um elétrico e outro magnético, oscilantes na direção perpendicular à direção de propagação e mutuamente perpendiculares entre si (Figura 3.3 e Figura 3.1). Essa radiação pode ser absorvida, transmitida e refletida. A refletida é a mais comumente estudado em relação a solos.

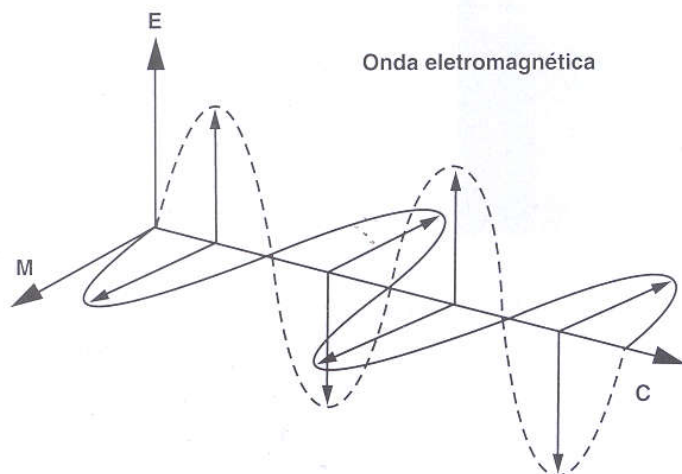


Figura 3.1 – Esquema de uma onda eletromagnética: campo elétrico (E), campo magnético (M) e sentido de propagação (C). (Moreira, 2005)

c. Espectro óptico

A faixa espectral que se estende de $0,3 \mu\text{m}$ a $15,0 \mu\text{m}$ é a mais usada em sensoriamento remoto. Esta faixa é conhecida como espectro óptico, pois nela os componentes ópticos de reflexão e refração, tais como lentes, espelhos, prismas, etc, podem ser usados para coletar e reorientar a radiação (Figura 3.3; 3.2 e Tabela 3.1).

A região entre $0,38 \mu\text{m}$ e $3,0 \mu\text{m}$ é chamada de espectro refletivo, pois a REM nesses comprimentos de onda é basicamente originada do Sol e refletida pelos alvos terrestres.

Assim, cada objeto terá uma curva espectral de acordo com o comprimento de onda e suas condições naquele instante. As figuras 3.6, 3.9 e 3.8 mostra curvas espectrais do solo, vegetação e água. Observe que, para cada comprimento de onda ocorre uma reflectância diferente, obtendo no final, curvas espectrais diferentes. É claro que nem todo o tipo de vegetação ou solo terá curvas idênticas, mas certamente obedecerão a um mesmo padrão.

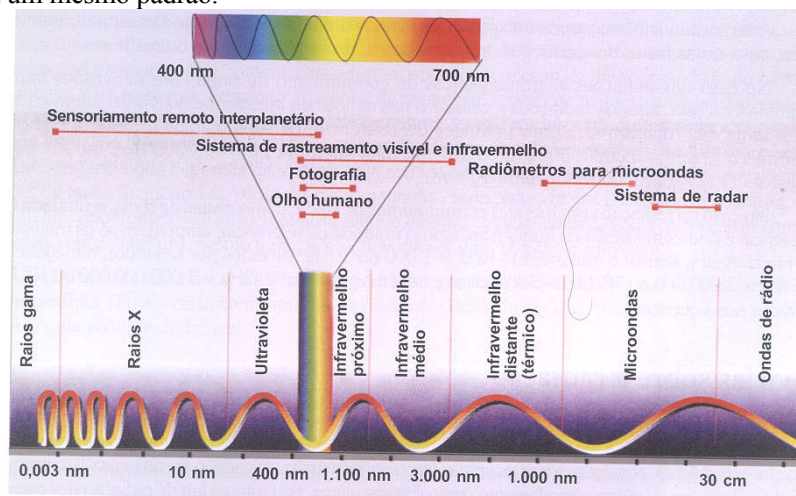


Figura 3.2 – Representação Espectro Eletromagnético (Moreira, 2005)

Cor	Comprimento de onda	
	Nanômetro (nm)	Micrômetro (μm)
Violeta	400 a 446	0,40 a 0,446
Azul	446 a 500	0,446 a 0,500
Verde	500 a 578	0,500 a 0,578
Amarela	578 a 592	0,578 a 0,592
Laranja	592 a 620	0,592 a 0,620
Vermelha	620 a 700	0,620 a 0,700

Tabela 3.1 – Cores da faixa do visível e respectivos comprimentos de onda. (Moreira, 2005)

d. Aparelhos sensores

Assim, pode-se dizer que um sensor remoto é um dispositivo capaz de responder à REM de determinada faixa do espectro eletromagnético, registrá-la e gerar um produto numa forma adequada à interpretação pelo usuário.

Os sensores podem de uma forma geral, ser classificados em passivos e ativos. Sensores passivos são aqueles que necessitam de uma fonte externa de REM para poderem operar, ou seja, utilizam a energia emitida ou proveniente de outras fontes (das quais a mais comum é o sol) e refletida pelo alvo. Sensores ativos são aqueles que possuem a sua própria fonte de radiação eletromagnética, registrando a energia por eles emitida e refletida pelo alvo.

e. Resolução

A resolução espacial identifica a área medida por um aparelho sensor. As imagens produzidas pelo sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat, por exemplo, possuem uma resolução de 30 metros, ou seja, objetos imageados pelo sistema que estejam distanciados entre si, em menos de 30 metros não serão, em geral, discriminados na imagem. Nesse caso, o poder de resolução do sensor TM (exceto para a banda do infravermelho termal, como será visto mais a frente) é de 30 metros. Quanto menor o valor da resolução espacial, maior é o poder de resolução do sistema (Figura 3.10). A essa área denomina-se o pixel.

A resolução espectral, segundo Novo (1989), é uma medida da amplitude das faixas espectrais às quais o sensor é sensível. Assim, um sensor que opera, por exemplo, na faixa de 400 nm a 500 nm, possui um poder de resolução espectral maior que um outro que opera na faixa de 400 nm a 600 nm, pois será capaz de registrar variações no comportamento espectral dos alvos em faixas mais estreitas do espectro eletromagnético.

Há ainda o poder de resolução radiométrica, que se refere à sensibilidade do sistema em detectar diferentes níveis de intensidade do sinal de retorno, traduzidos, por exemplo, por diferentes níveis de cinza que irão compor uma imagem. No sistema Landsat, o sensor MSS pode produzir imagens com até 128 níveis de cinza, enquanto que para o sensor TM este valor é de 256 níveis (maior poder de resolução radiométrica). Ou seja, toda imagem orbital está “esquadrinhada” em pixels (resolução espacial), sobre os quais são determinadas as características espectrais dos alvos por ele compreendidos (resolução espectral) – figura 3.9.

Também existe a resolução temporal, mais aplicada a sensores orbitais, a resolução temporal se refere ao tempo que o sensor “demora” para captar novamente uma imagem de um dado local, por exemplo um satélite que capta uma imagem de um local hoje e cuja próxima coleta só será realizada daqui a 16 dias, possui uma resolução temporal de 16 dias.

f. Características espectrais de alvos

A energia que incide sobre um objeto, pode ser transmitida, emitida, absorvida ou refletida. A energia mais comumente estudada para fins de solos e vegetação é a **refletida**.

Os “objetos” como solo e vegetação, podem ser avaliados pelo sensoriamento remoto. Os sensores podem ser posicionados em diferentes níveis (terrestre, aéreo ou orbital), obtendo-se os chamados dados espectrais (ou informações espectrais). As informações espectrais são intrínsecas ao objeto, ou seja, estão em função das características de cada objeto. Essas informações, portanto, podem ser interpretadas para fins de identificação e análise de objetos, como os solos, vegetação, etc. As figuras 3.6, 3.9, 3.8 e 3.7 ilustram os dados espectrais obtidos ao nível terrestre de três alvos. Cada alvo distinto apresenta de forma geral uma assinatura espectral padrão.

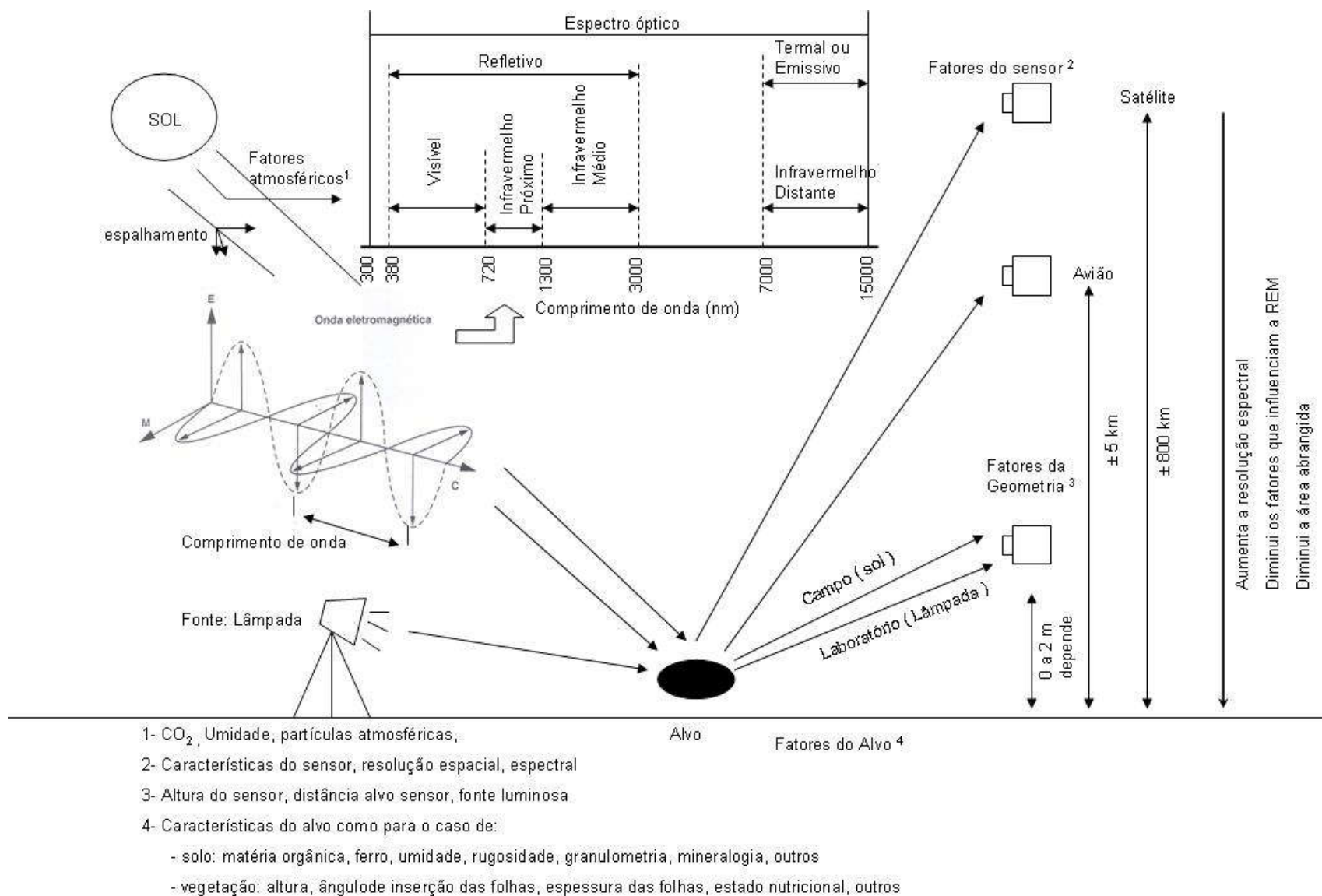
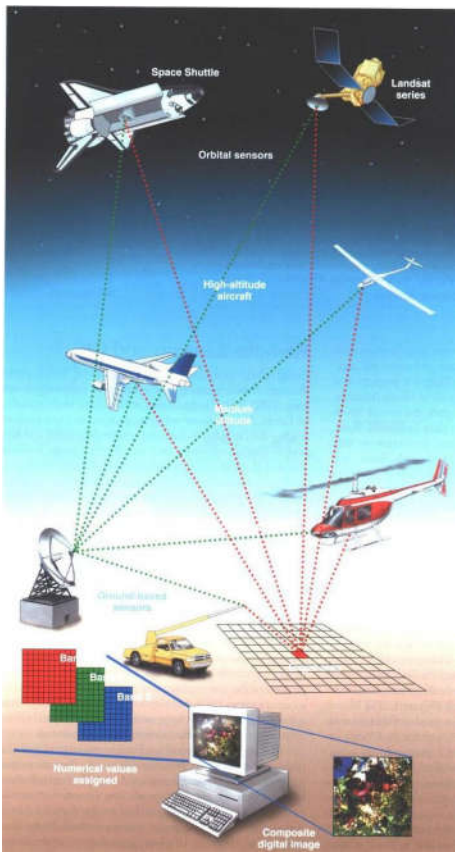
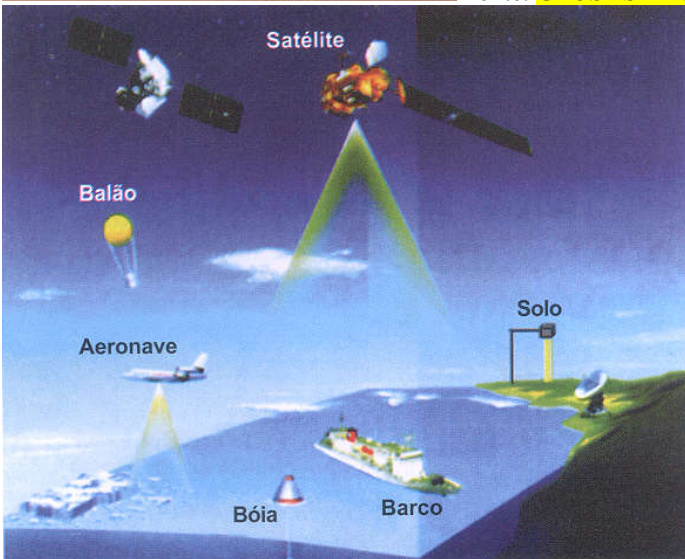


Figura 3.3 Esquema geral das fases de aquisição do sensoriamento remoto, ondas eletromagnéticas e espectro óptico.



Fonte: GEOSYSTEMS



Fonte: Moreira, 2005

Figura 3.4 -Níveis de aquisição de dados.

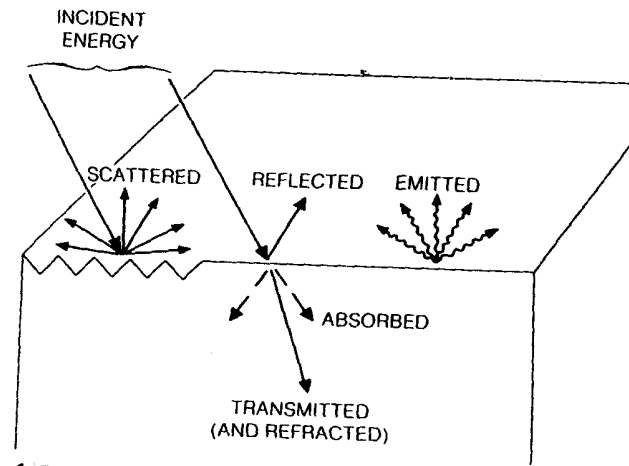
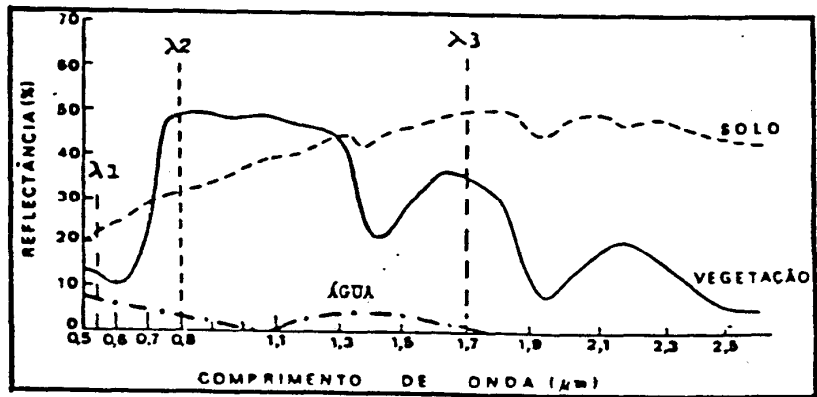
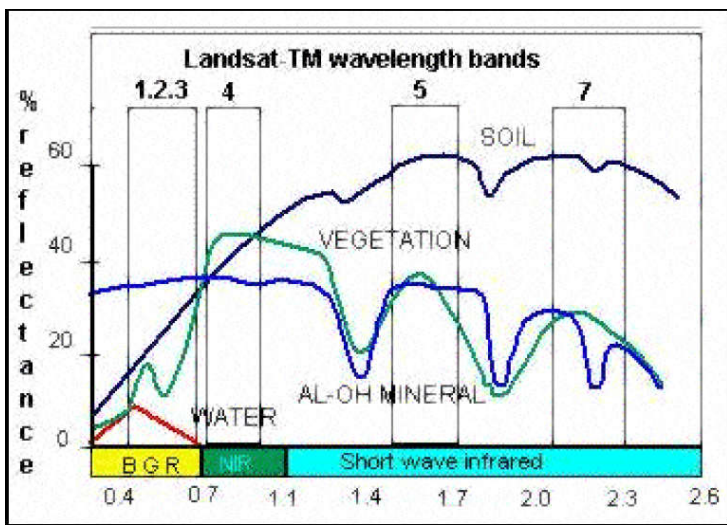


Figura 3.5 Processo de interação entre energia eletromagnética e a matéria.



a)



b)

Figura 3.6 a e b- Curvas espectrais de solo, água e vegetação.

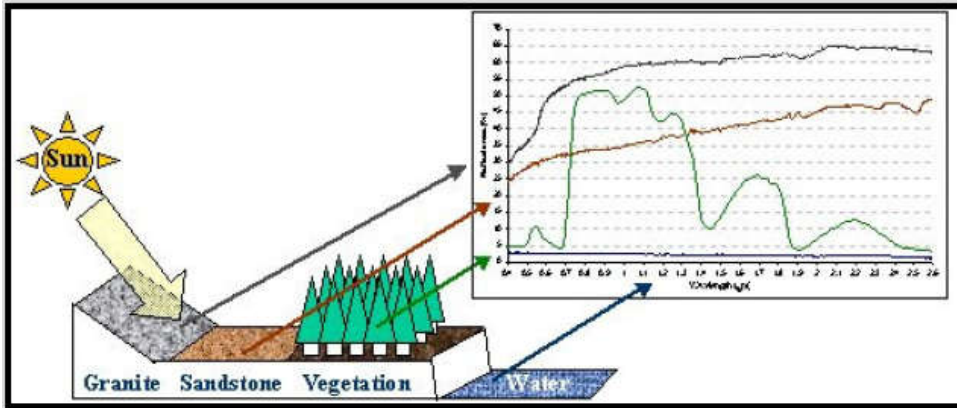


Figura 3.7- Ilustração de como diferentes alvos apresentam padrões espectrais distintos (Zullo Jr. 2007)

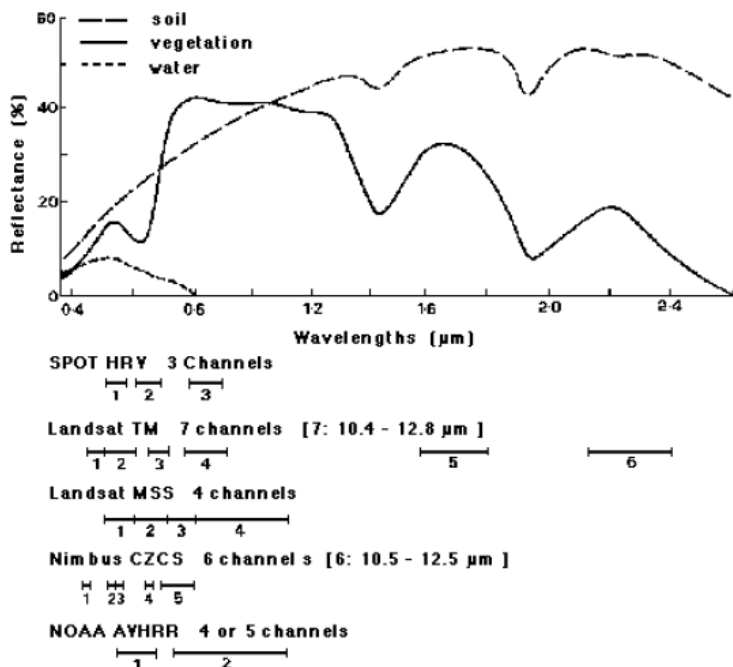


Figura 3.8 Reflectância espectral de solo, vegetação e água e sua relação com bandas multiespectrais e hiperespectrais (Zullo Jr., 2007).

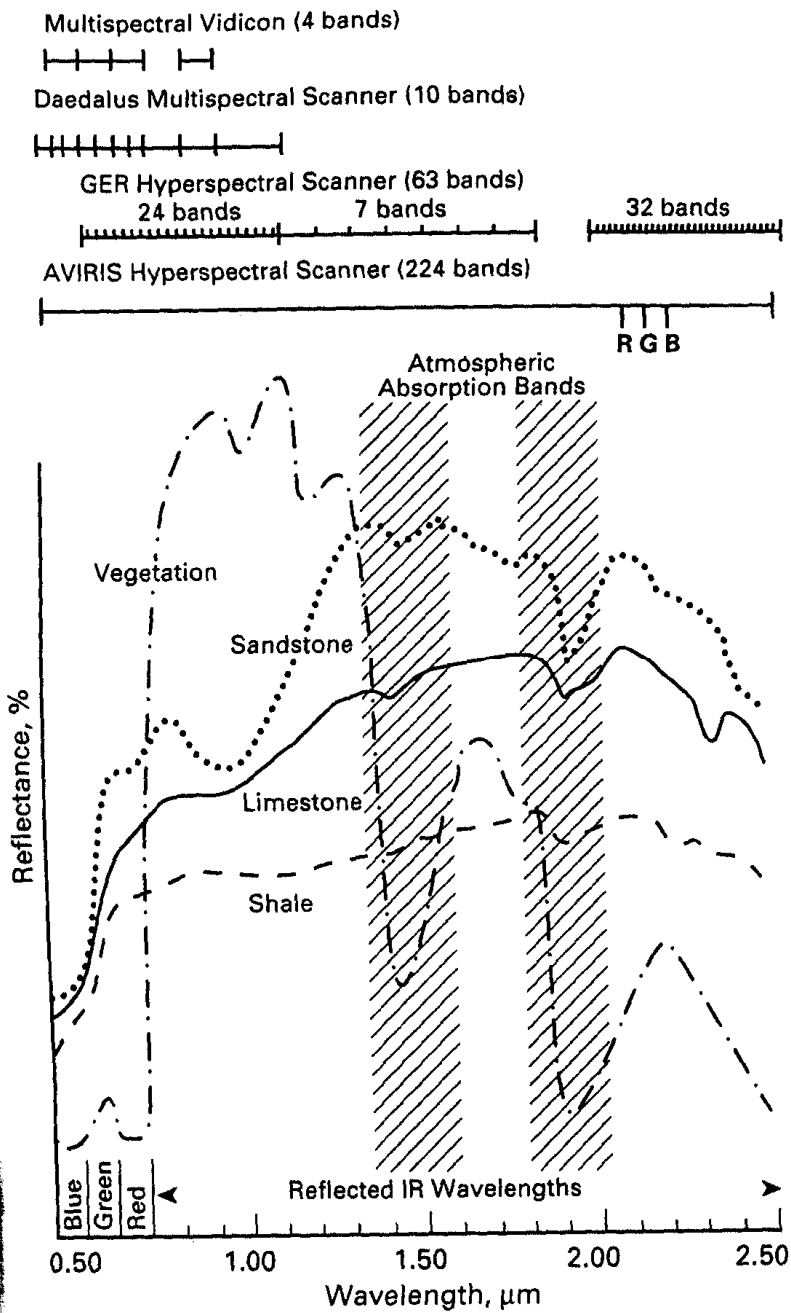


Figura 3.9 Reflectância espectral de rocha e vegetação e sua relação com banda multiespectrais e hiperespectrais (Sabins, 2000).

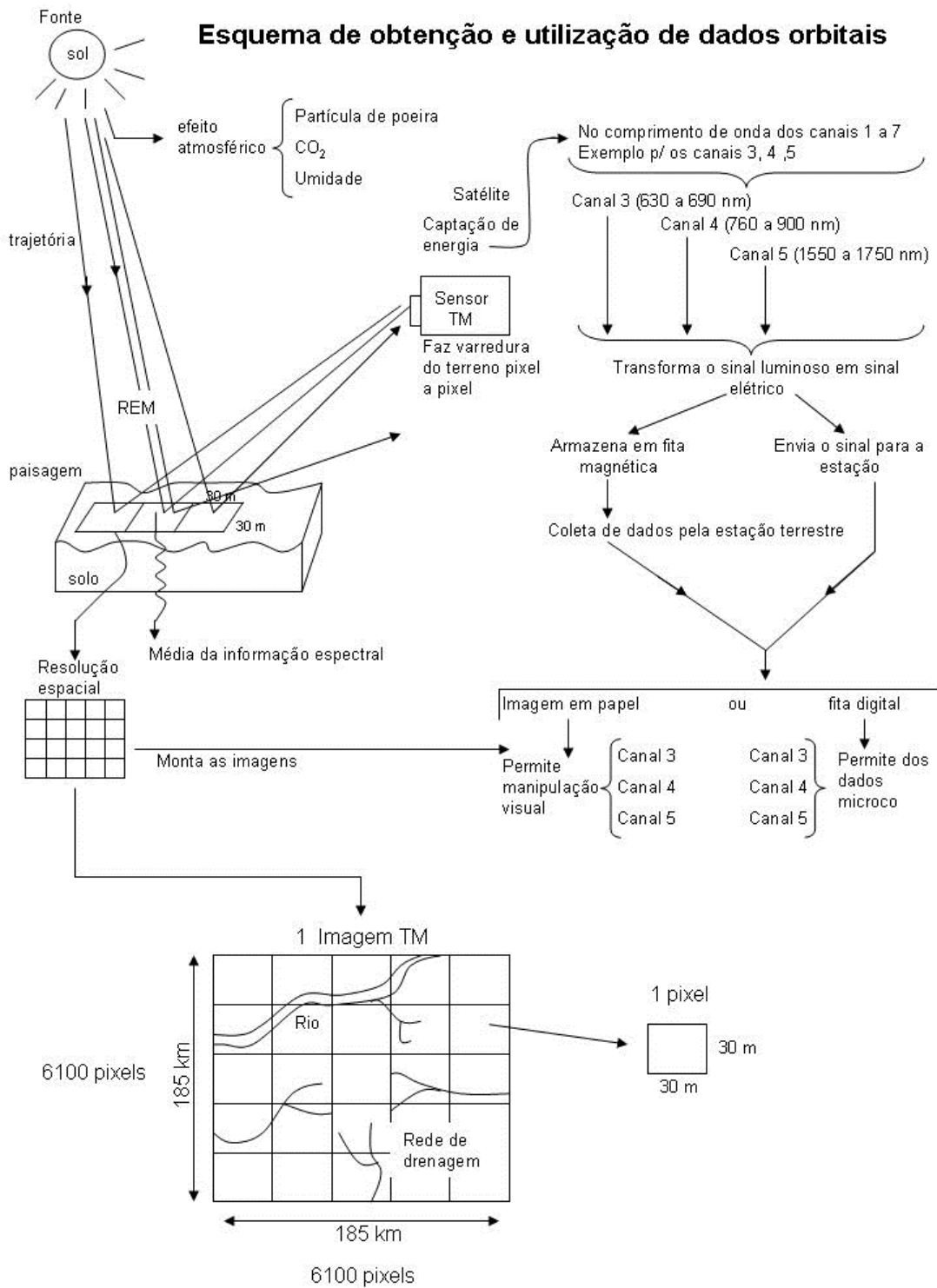


Figura 3.10 Esquema geral de aquisição de dados, com ênfase para o pixel.

4 - Avaliação espectral de solos

A avaliação das características espectrais pode ser realizada em diversos níveis de aquisição de dados. Tudo depende do posicionamento do sensor, localizado na terra, num helicóptero, num avião ou em órbita. É claro que cada nível de aquisição poderá ter sensores devidamente adaptados às suas condições. A questão básica é que um alvo (solo, vegetação) pode ser analisado pelos aparelhos sensores, tendo diferentes características espectrais, sendo que dependendo do nível de aquisição, existem vantagens e desvantagens. Porém, para um detalhado entendimento do comportamento espectral, deve-se primeiro conhecer o objeto através de uma situação com um mínimo de interferências. Nesse caso, os estudos ao nível de laboratório são considerados básicos. Tal conhecimento é essencial para a avaliação espectral de campo e orbital. Assim o conhecimento os dados espectrais “puros” possibilita melhor entendimento de dados que sofrem mais interferências do meio.

4.1. Avaliação espectral de solos com sensor terrestre

4.1.1 Obtenção dos dados espectrais

O objetivo é o de obter dados de reflectância de uma amostra de solo utilizando espectroradiômetro em laboratório. Para isso, é necessário montar uma geometria para aquisição destes dados, conforme a figura 4.1 Normalmente é utilizada uma placa padrão branca, com 100 % de reflectância. As amostras que serão analisadas podem ser de qualquer objeto, solo, rocha, vegetação. Para o caso de solo, normalmente ele deve ser preparado, ou seja, seco em estufa a 45°C e moído e peneirado em peneira de 2 mm. Isto é realizado para padronizar dois fatores que interferem na reflectância, que são a umidade e a rugosidade de superfície.

Cada espectroradiômetro tem suas particularidades. Como exemplo citamos o Infra Red Intelligent Spectroradiometer (IRIS), que mede entre 300 e 3000 nm, abrangendo a faixa do visível e do infravermelho. Todo o sistema é amparado por um computador que armazena as informações da placa padrão branca (com máxima reflectância) e do objeto (com reflectância menor). A razão entre o fluxo radiante espectral refletido pela superfície da amostra e o fluxo radiante espectral refletido pela placa de referência (de acordo com a geometria estipulada) gera o “fator de reflectância bidirecional”. Portanto, o sensor faz uma “varredura” na amostra de solo, obtendo dados de reflectância para os comprimentos de onda situados entre 300 e 3000 nm, respeitando a sua resolução espectral. A figura 4.2 apresenta uma curva espectral ilustrada no painel do software do sensor IRIS.

A utilização de sensores ao nível de campo tem como diferença básica a fonte de iluminação, que no caso será a do sol. Além disso, não se terá controle sobre uma série de fatores como a umidade e rugosidade da superfície.

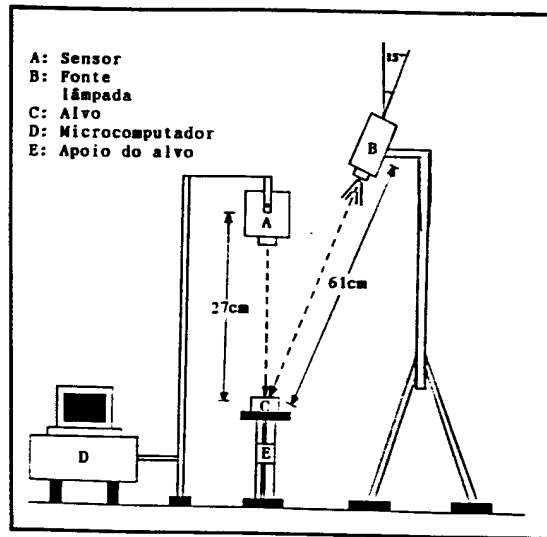


Figura 4.1 Geometria para aquisição da dados espectrais em laboratório.

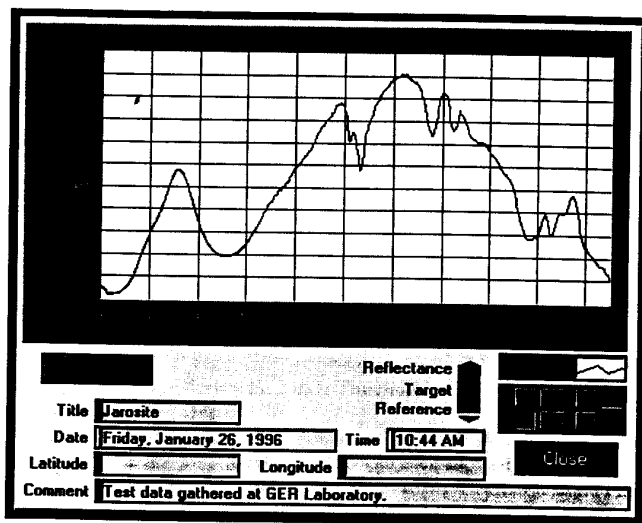


Figura 4.2 Geometria de aquisição dos dados espectrais de alvos (painel do sensor IRIS).

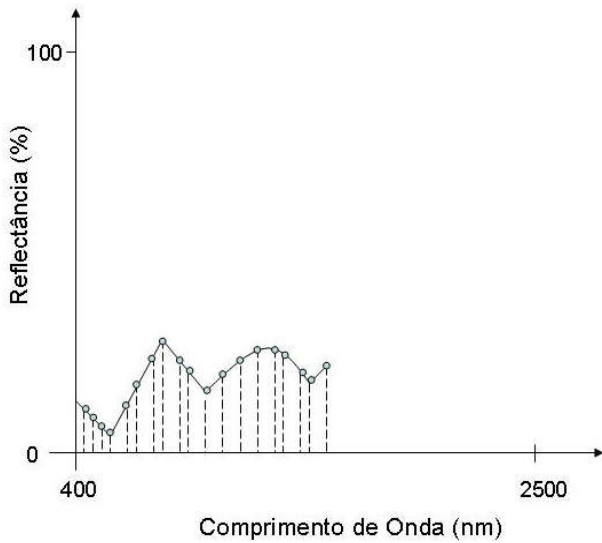
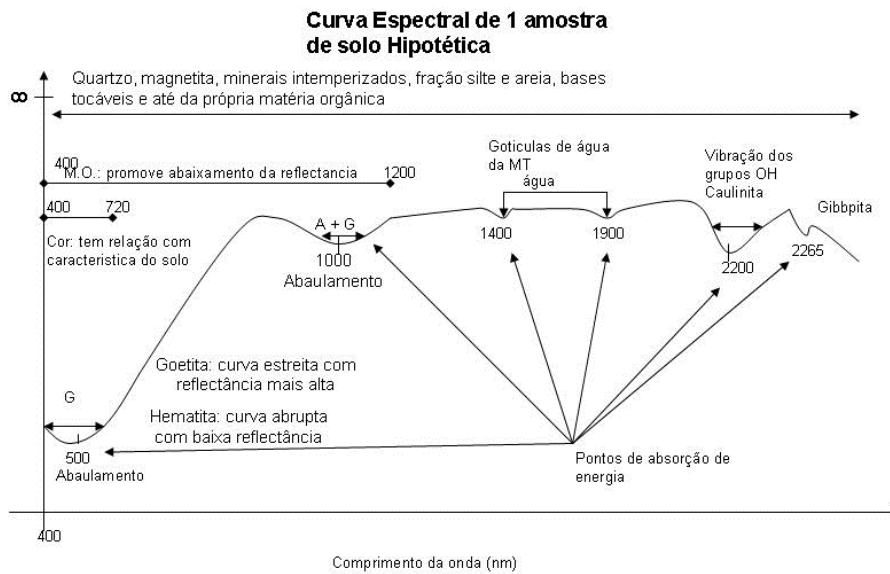


Figura 4.3 Gráfico ilustrando como a curva espectral é montada ponto a ponto.

4.1.2 Principais características de uma curva espectral de solo

Da interação da energia incidente com os diversos fatores do solo, surge a curva espectral referente a energia refletida. Como cada solo apresenta características distintas, em sua maioria, apresentam também curvas espectrais com diferentes formatos. Tais curvas podem ser avaliadas pelas suas características descritivas quanto a forma, intensidade de reflectancia e feicoes de absorcao (fig 4.4)..



Obs.: H } Informações extraídas de KOSMAS et al. (1984)
G }

Figura 4.4 Curva hipotética indicando os locais de influência das características do solo na energia refletida

4.1.3 Fatores que influenciam dados espectrais

A curva espectral é o resultado da interação da radiação eletromagnética com os atributos dos solos como: material de origem, matéria orgânica, óxidos de ferro, mineralogia e granulometria, umidade, situação da superfície do solo. A informação espectral pode ser interpretada para fins de avaliação do solo e do uso da terra. Em termos de solo, geralmente quanto maior o teor de matéria orgânica, menor a intensidade de reflectância. O mesmo ocorre com o ferro. Quanto mais argiloso o solo, menor a reflectância. O teor de umidade também influi significativamente. Quanto mais úmido o solo, maior a energia absorvida pela amostra e menor a intensidade de reflectância. Essas, entretanto, são regras gerais, e a sua interpretação definitiva vai depender de todas as características do solo analisado.

A seguir têm-se curvas espectrais dos perfis de dois solos distintos.

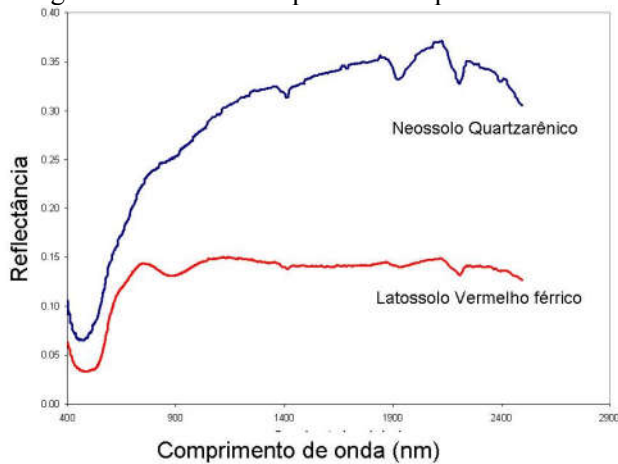
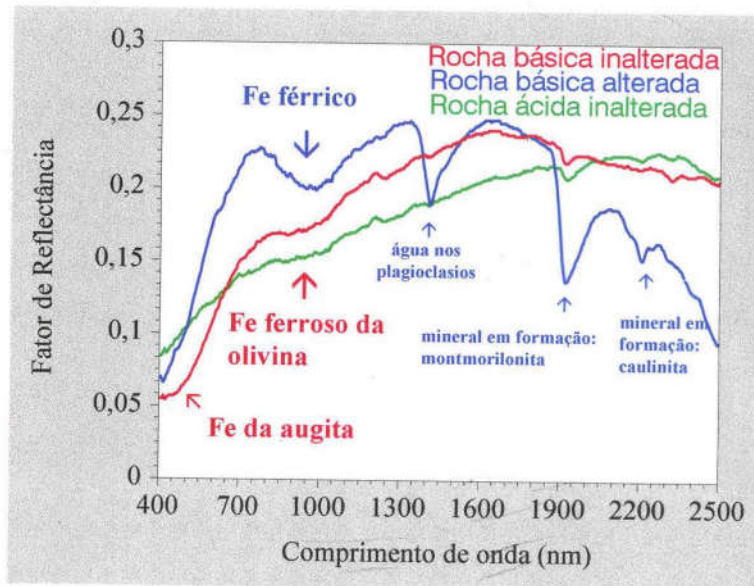


Figura 4.6. Curvas espectrais de dois solos distintos

a. Material de origem

Os solos advêm, além dos materiais orgânicos, do intemperismo de rochas, e, portanto, os minerais presentes nessas rochas irão influenciar os solos. A figura 4.7 apresenta curvas espectrais de diferentes materiais de origem.

Vitorelo & Galvão
(1996)



Curvas espectrais da rocha básica inalterada, rocha básica alterada e rocha ácida,

Figura 4.7 – Curvas espectrais de três materiais de origem distintos (Demattê & Garcia, 1999).

b. Matéria orgânica

A matéria orgânica absorve energia. Com isso, seu efeito é o de diminuir a intensidade de reflectância (Coleman & Montgomery, 1987). A faixa espectral de atuação pode ser de 400 a 1200 nm ou de 400 a 2500 nm de acordo com diferentes autores. A figura 4.9 ilustra a atuação desse atributo.

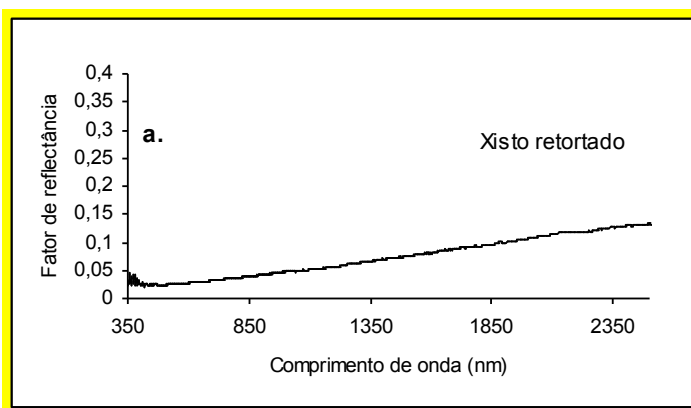


Figura 4.8 Curva espectral de um material orgânico (xisto retortado).

c. Óxidos de ferro

Os óxidos de ferro cristalino hematita e goetita atuam principalmente em 850 nm. Basicamente sua presença causa uma absorção (concavidade) nessa faixa espectral (Vitorello & Galvão, 1996). Esse dois óxidos podem ser diferenciados no solo. A goetita causa um ligeiro “ombro” próximo a 650 nm o que não ocorre com a presença de hematita. Entre 400 e 600 nm, a goetita

causa uma concavidade mais estreita e a hematita mais larga. Além disso, a hematita absorve mais energia diminuindo a intensidade de reflectância. A figura 4.11 ilustra as curvas espectrais desses dois óxidos.

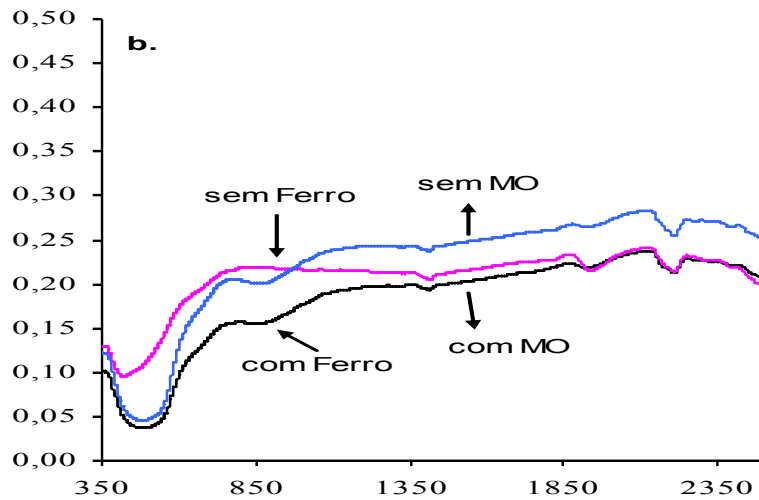


Figura 4.9 Curvas espectrais de solo com ou sem ferro e com ou sem Matéria Orgânica

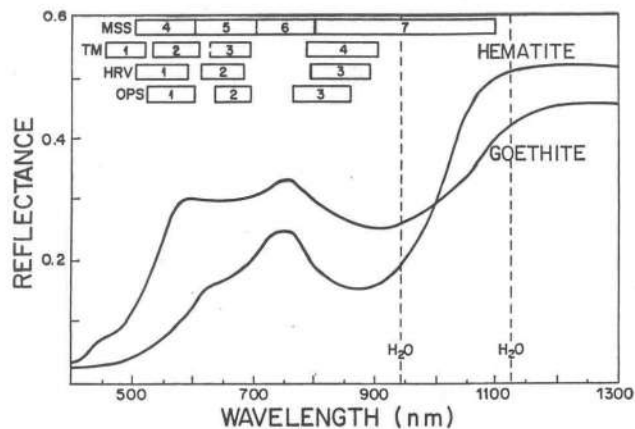


Figure 2: Features observed in the spectra of hematite and goethite, and the positions and widths of orbital scanners, and of atmospheric water absorptions.

Figura 4.11 – Comportamento espectral da hematita e goetita

d. Mineralogia

Os argilo-minerais também interferem na reflectância, principalmente devido a interação da sua estrutura com a energia incidente (Figura 4.12 e 4.13.) A caulinita e a montmorilonita apresentam diferentes formas nas curvas. Além disso, a caulinita apresenta a banda em 2200 nm com feição característica. A gibbsita por sua vez, apresenta feição em 2265 nm (Figura 4.12) 4.13

Basicamente cada mineral do solo tem sua influência na formação de uma curva espectral do solo. A magnetita não apresenta feições quando na forma pura, o que faz com que a curva de

um solo tenha um abaixamento na intensidade de reflectância. O quartzo, por sua vez, apresenta alta intensidade, o que irá influenciar o aumento da intensidade de reflectância. Portanto, solos argilosos tendem a apresentar curvas espectrais com menor intensidade do que solos arenosos.

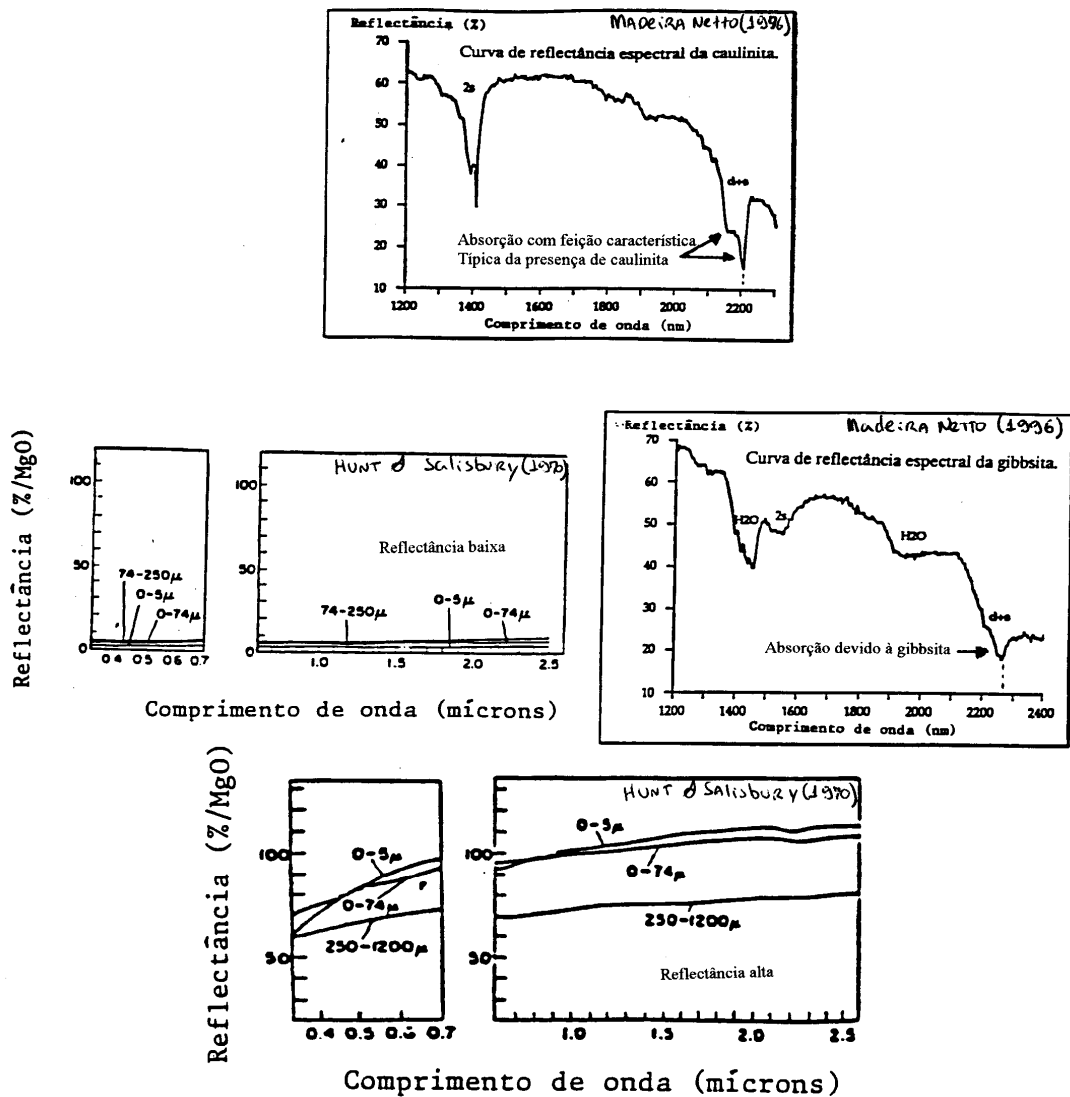
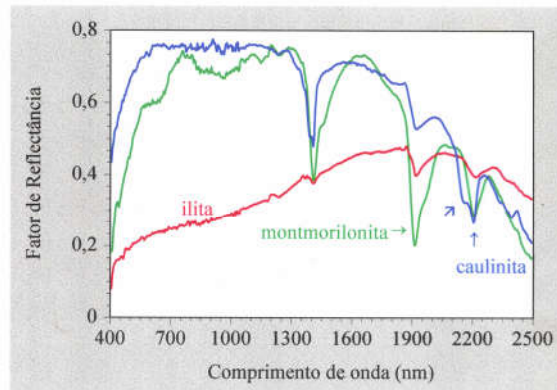


Figura 4.12 – Comportamento espectral de diferentes minerais de argila



Curvas espectrais de minerais de argila padrão provenientes dos Estados Unidos da América

Figura 4.13 – Comportamento espectral de minerais de argila: ilita, montmorilonita e caulinita.

e. Elementos da solução do solo

Além dos fatores estruturais (areia, silte, argila, minerais) o solo também é constituído por elementos como o alumínio, cálcio, magnésio entre outros. Nesse caso, foi observado (Demattê et al. (1998) que a energia, ao incidir no elemento cálcio, causa variação na magnitude de reflectância. Entretanto, as questões relativas aos elementos químicos continuam em estudo.

f Granulometria

Solos argilosos e arenosos apresentam comportamento diferente. Primeiramente devido as diferenças na classe granulométrica, um solo argiloso de maneira geral apresenta maior absorção de energia do que um solo arenoso.

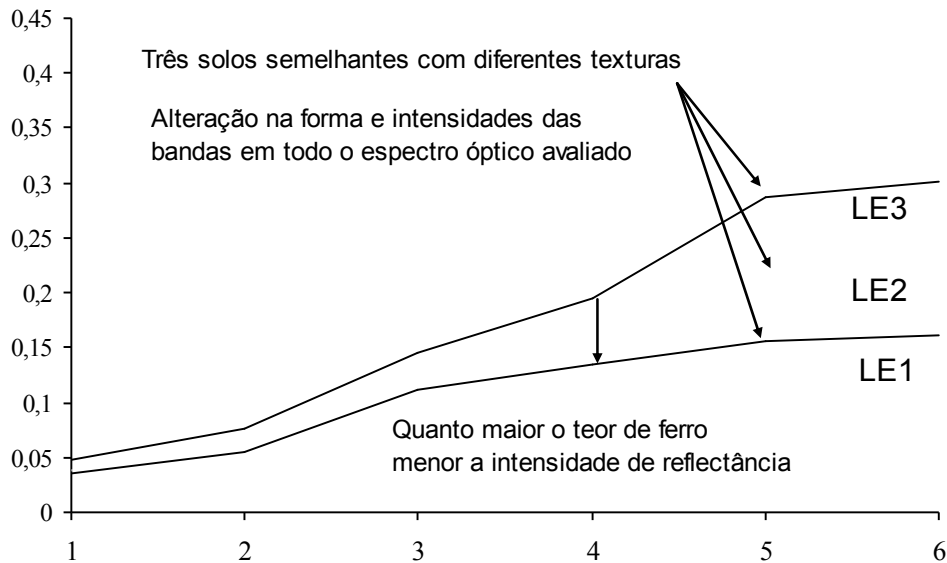


Figura 4.14 – Curvas espectrais (landsat) de mesmo solo com distintas texturas: LE1 (muito argilosa), LE2 (média-argilosa) e LE3 (média-arenosa).

f. Umidade

As moléculas de água promovem a absorção de energia e conseqüentemente diminuem a intensidade de reflectância. A figura 4.15 ilustra amostras secas e úmidas. A radiação eletromagnética, ao incidir nas moléculas de água adsorvidas nos minerais ou nos radicais orgânicos, sofrem um processo vibracional, que promove uma absorção de energia, conforme ilustrado na figura 4.15

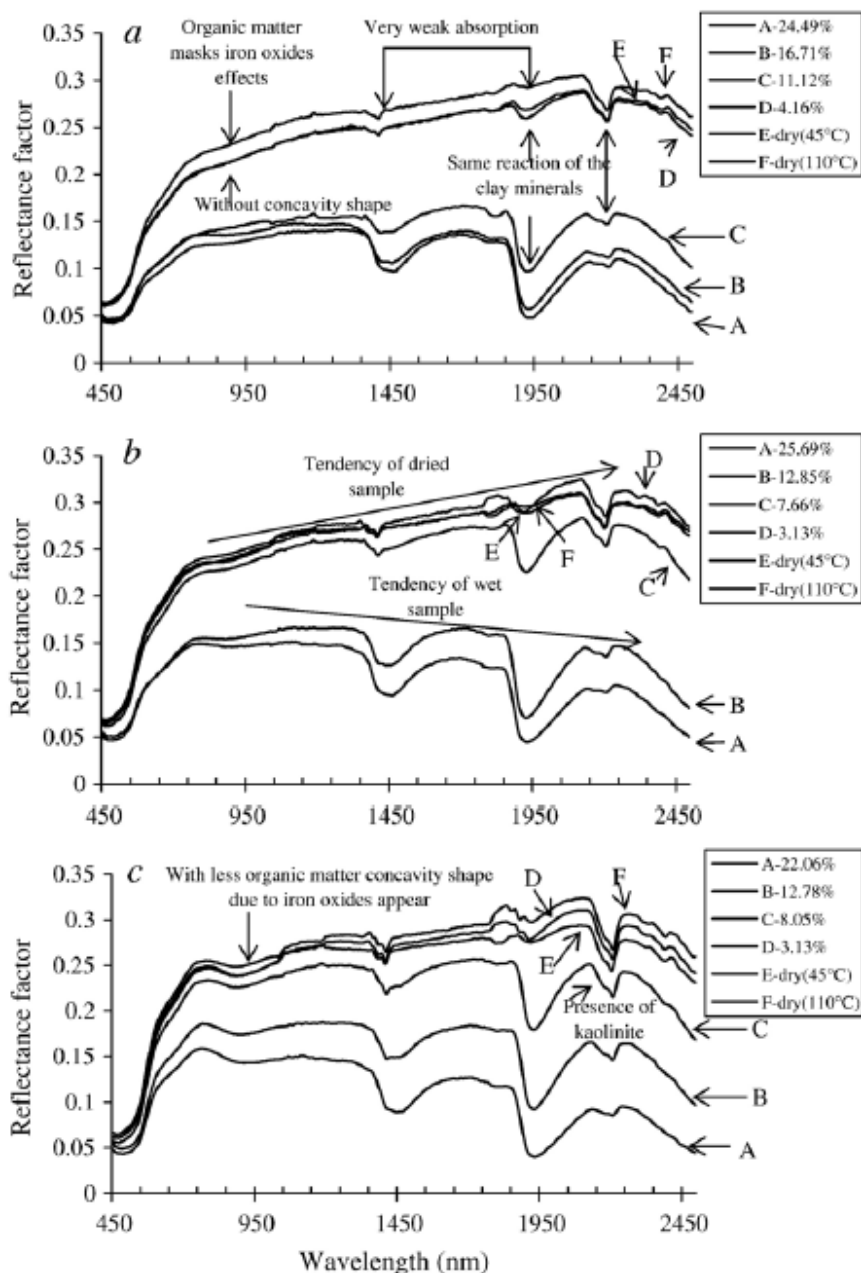
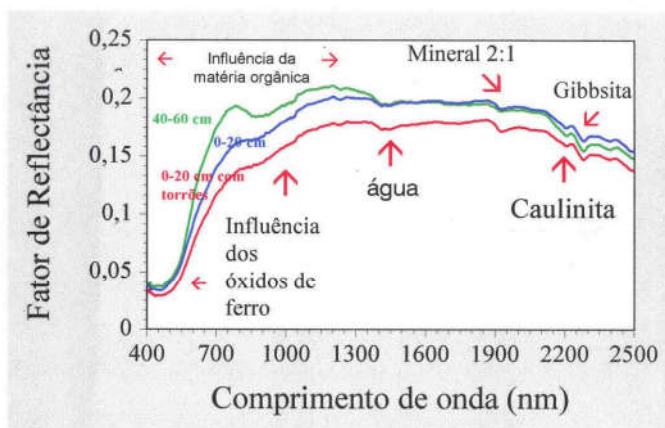


Figura 4.15 – Curvas espectrais de amostras de solo com diferentes umidades (Demattê, 2006)

g. Situação da superfície do solo

Superfícies mais rugosas causam a diminuição da intensidade de reflectância, conforme ilustração da figura 4.16.



Curvas espectrais médias do Latossolo Bruno (LB).

LB1: amostras "preparadas" da camada de 0-20 cm

LB2: amostras "preparadas" da camada de 40-60 cm

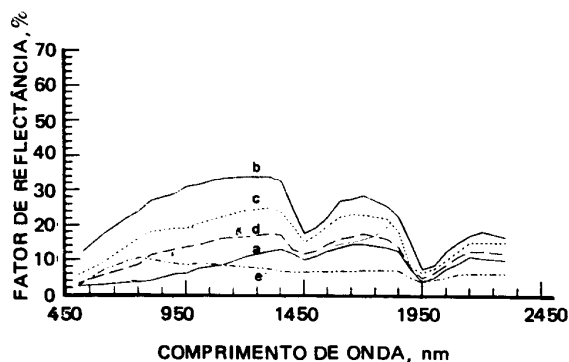
LBN1: amostras "sem destorroar" da camada de 0-20 cm

Demattê & Garcia (1999)

Figura 4.16 – Efeito do estado da superfície da amostra sobre seu comportamento espectral (Demattê & Garcia, 1999). LB: Latossolo Bruno.

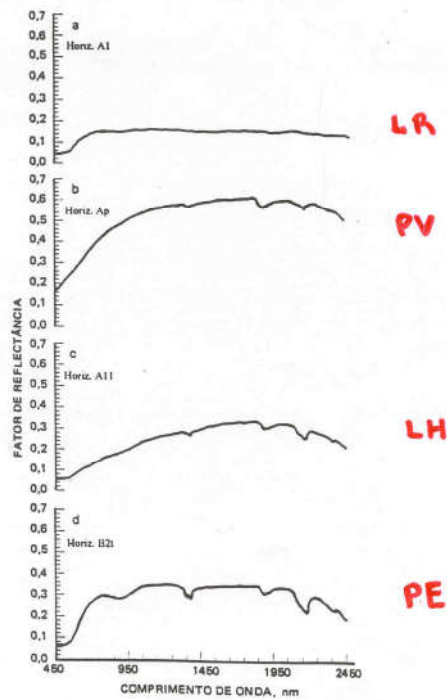
4.1.4 Principais tipos de curvas relacionadas a solos e curvas espectrais

Assim, autores nacionais e internacionais procuraram resumir os principais tipos de curvas existentes para solos, relacionado com as características dos solos. Stoner & Baumgardner (1981) fizeram este trabalho com solos americanos principalmente. No Brasil, o trabalho de Epiphânio et al. (1992) e posteriormente publicado por Formaggio et al. (1996) apresenta as principais curvas do estado de São Paulo. (figs 4.16 e 4.17.)



Curvas representativas de cinco padrões espectrais de solos minerais, segundo Stoner & Baumgardner (1981), sendo o respectivo comportamento espectral: (a) dominado pela matéria orgânica (representado por um solo com elevado conteúdo de matéria orgânica, textura moderadamente fina); (b) minimamente alterado (baixo teor de matéria orgânica, médio teor de óxidos de ferro); (c) afetado por óxidos de ferro (baixo teor de matéria orgânica e médio teor de óxidos de ferro); (d) afetado por matéria orgânica (elevado teor de matéria orgânica, textura moderadamente grosseira); e (e) dominado por óxidos de ferro (elevado teor de óxidos de ferro, textura fina).

Fig 4.16. Tipos de curvas segundo Stoner & Baumgardner (1981)



Curvas espectrais típica do horizonte A1 de um Latossolo Roxo da região de Araras (SP) (a); curva espectral do horizonte "Ap" de um Podzólico Vermelho-Amarelo da região de Piracicaba (b); curva espectral do horizonte A11 de um Latossolo Húmico da região de Campinas (c); curva espectral do horizonte B2t de um Podzólico Vermelho-Escuro (PE) da região de Tietê (d). Fonte: Formaggio et al. (1996).

Figura 4.17 Curvas espectrais de diferentes classes de solos, Formaggio et al. (1996)

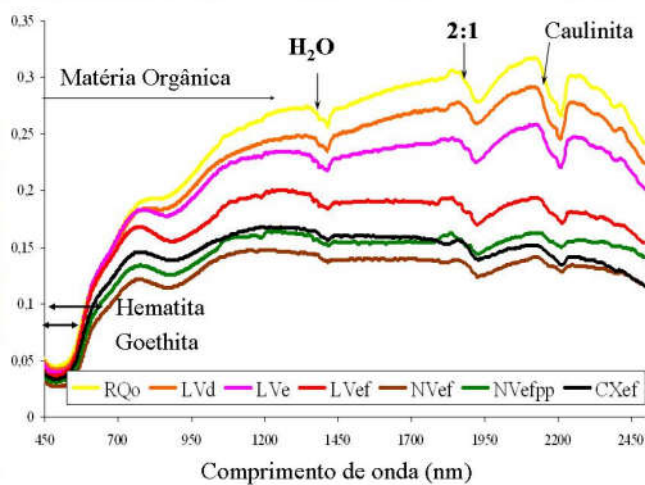


Figura 4.18 – Curvas espectrais de diferentes classes de solos (Fiorio, 2002).

4.2 Dados obtidos ao nível de satélite

Num satélite, colocado numa plataforma a aproximadamente 800 km de distancia da terra, também existem equipamentos sensores capazes de obter informações terrestres. Geralmente os dados obtidos nesse nível são menos detalhados, pois os equipamentos são diferentes ajustando-se as condições diferenciadas. Assim, um sensor colocado no nível orbital também obtém dados de reflectância, porém com menor numero de bandas. Enquanto os sensores terrestres conseguem obter entre 875 e 1500 bandas um sensor em satélite tem em torno de 7 a 18 bandas. Dado a isso as curvas espectrais comparativa entre os dois métodos de obtenção são diferentes. Porém, os conceitos fundamentias em sensoriamento remoto e fatores que influenciam os dados são os mesmos que os citados anteriormente. Some-se a estes os efeitos atmosféricos e de distância que alteram significativamente os sinais do satélite.

Todas as técnicas e conhecimentos descritos para as fotografias aéreas no reconhecimento de paisagens, valem para as imagens orbitais, com exceção da percepção estereoscópica (utilizada apenas em imagens do Spot). A diferença básica está na avaliação espectral em diferentes comprimentos de onda realizado pelas imagens.

A informação obtida por um satélite pode ser visualizada de diferentes formas: na forma de pixel, onde se observa a imagem (foto) (figura 4.19), na forma de curva espectral (composta pelas informações de todas as bandas de um mesmo pixel) (figura 4.20) e na forma quantitativa visualizada no painel.

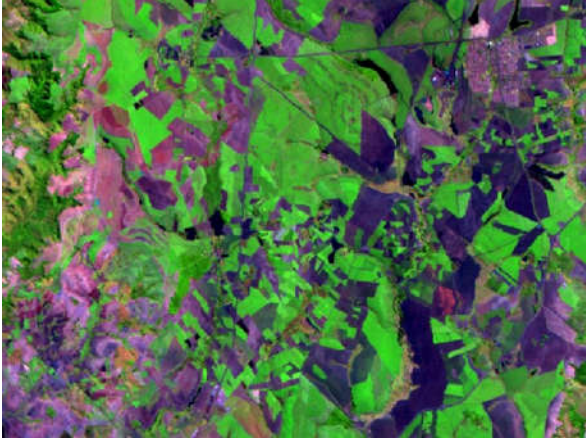


Figura 4.19. Imagem de satélite

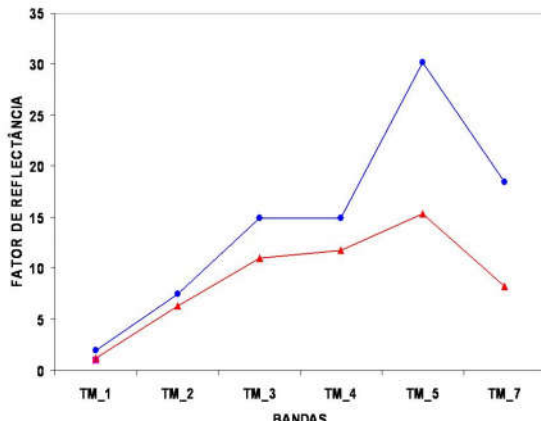


Figura 4.20 Exemplo de curva Espectral gerada pelo sensor do satélite Landsat (azul Neossolo Quartzarênico; Vermelho Latossolo Vermelho fêrrico).

4.3 *Comparação do Comportamento espectral nos níveis orbital e terrestre*

As imagens orbitais, devem ser processadas e transformados seus dados em reflectância. Portanto, todos os alvos poderão ser analisados em relação às suas características espectrais. A diferença básica com um sensor terrestre, é que a imagem pode avaliar grandes áreas. Além disso, existe uma série de fatores que influenciam os dados orbitais, como a distância do caminhamento da radiação eletromagnética da fonte ao alvo ao sensor, as partículas atmosféricas, o CO₂, a situação da superfície, entre outros.

Outro ponto a considerar é a diferença entre os gráficos relacionando reflectância com os comprimentos de onda. O sensor TM do Landsat possui apenas 7 bandas. Portanto, o gráfico da curva espectral de um solo será significativamente diferente (Figura 4.21). Nesta figura observa-se a diferença entre solos argilosos e arenosos a nível orbital e terrestre.

Apesar disso, é possível avaliar, comparativamente, a situação do solo analisando dados orbitais como realizado por Labrandero et al. (1988).

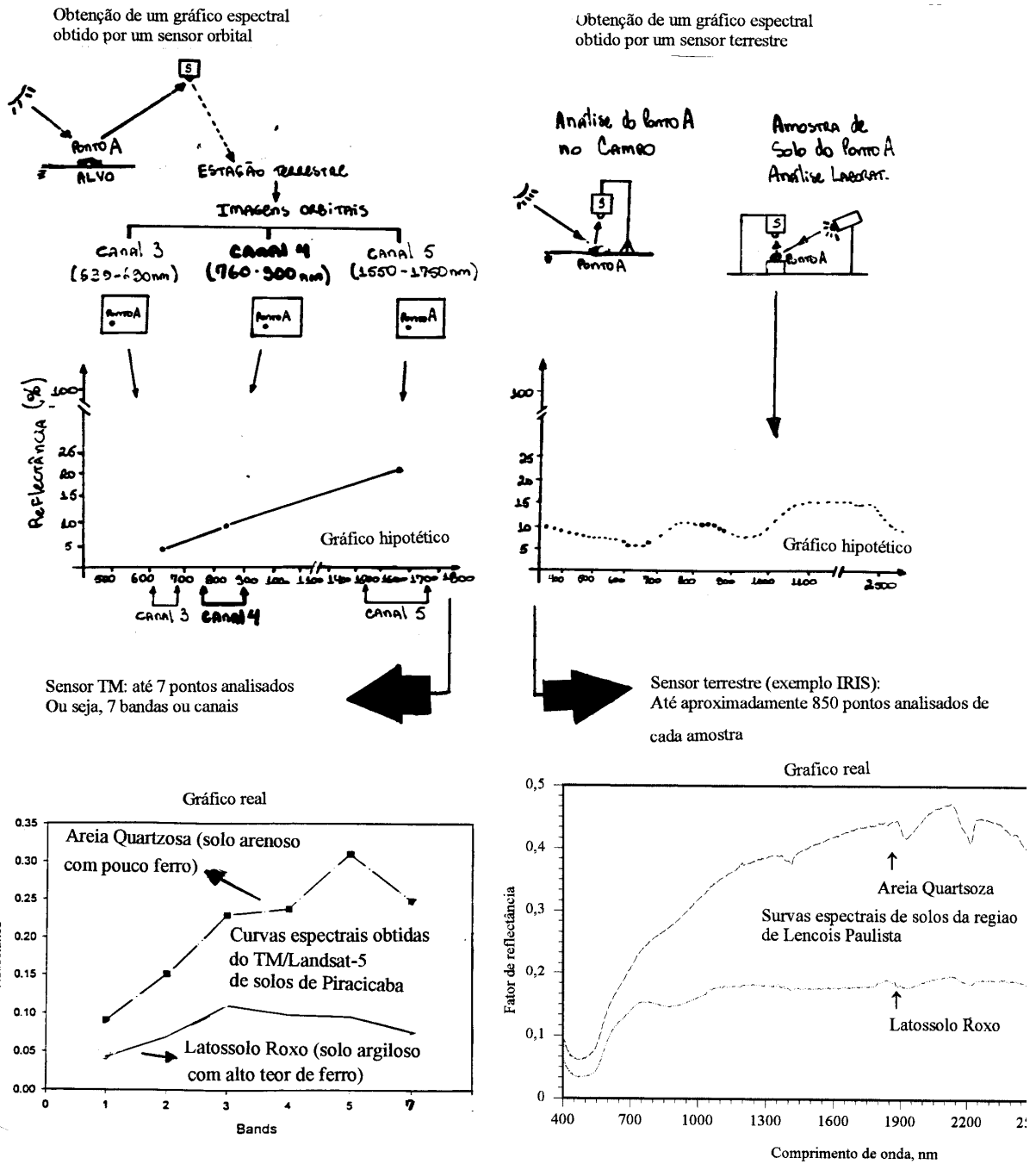


Figura 4.21 Comparação entre os gráficos obtidos pelo sensor orbital e terrestre de solos argilosos e arenosos da região de Piracicaba, SP. (dados extriados de Demattê et al., 2000)

4.4 Época da imagens

A época para aquisição das imagens pode variar. Geralmente a melhor época é a de clima seco (inverno) pois ocorre menor interferência da umidade do solo na energia refletida, portanto, junho, a agosto. Entretanto, em regiões agrícolas, pode-se aliar a época mais seca com a de preparo do solo (pois fica exposto). nesse caso a melhor época ocorre entre agosto e setembro, podendo chegar até outubro.

5 Satélites principais

Os principais satélites para estudos ambientais até o momento são o Landsat e o Spot. O quadro 5.1 apresenta as características principais dos sensores instalados no Landsat.

Quadro 5.1. Características principais das imagens MSS e TM do LANDSAT-5.

Características	MSS	TM
Resolução espectral (μm)	banda 4: 0,5 - 0,6 banda 5: 0,6 - 0,7 banda 6: 0,7 - 0,8 banda 7: 0,8 - 1,1	banda 1: 0,45 - 0,52 banda 2: 0,52 - 0,60 banda 3: 0,63 - 0,69 banda 4: 0,76 - 0,90 banda 5: 1,55 - 1,75 banda 6: 10,40 - 12,75 banda 7: 2,08 - 2,35
Resolução espacial	79m x 79m	30m (banda 1 a 5 e 7), 120m (banda 6)
Resolução radiométrica	128 níveis de cinza	256 níveis de cinza
Dimensões de cada imagem	185km x 185km	185km x 185km
Número de pixels por imagem	7.722.000	38.020.000
Resolução temporal	16 dias	16 dias

O SPOT é equipado com dois sensores idênticos, porém independentes, chamados HRV (do francês "Haute Resolution Visible"). Este instrumento foi projetado para operar em dois modos, nas regiões do visível (modo Pancromático) e do infravermelho (modo Multiespectral) do espectro eletromagnético.

As principais vantagens dos produtos do sistema SPOT em relação ao TM/Landsat, são as seguintes: a) alta resolução espacial; TM/Landsat = 30 metros, SPOT multiespectral = 20 metros, SPOT pancromático = 10 metros; b) estereoscopia, somente no SPOT.

5.1 Características espectrais em diferentes bandas

O quadro 5.2 indica algumas das características de cada banda, extraídas de Vettorazzi (1991).

Quadro 5.2 Características e aplicações das bands do TM/Landsat.

<i>Banda 1 (450 – 520 nm)</i>
Apresenta grande penetração em corpos d'água com elevada transparência; sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos.
<i>Banda 2 (520 a 600 nm)</i>
Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão possibilitando sua análise em termos quantitativos e qualitativos
<i>Banda 3 (630 a 690 nm)</i>
Grande absorção da radiação dessa faixa espectral pela vegetação verde, densa e uniforme, aparecendo escura nas imagens; permite discriminação entre diferentes tipos de vegetação; permite análise da variação litológica; permite o mapeamento da rede de drenagem através da visualização da mata ciliar; delimita áreas urbanas
<i>Banda 4 (760 a 900 nm)</i>
Os corpos d'água absorvem muita energia e aparecem escuros nas imagens, permitindo o mapeamento da rede de drenagem; a vegetação densa, verde e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo clara; permite informações sobre formações geológicas.
<i>Banda 5 (1550 a 1750 nm)</i>
Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.
<i>Banda 6 (10400 a 12500 nm)</i>
Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
<i>Banda 7 (2080 a 2350 nm)</i>
Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno permitindo obter informações sobre geomorfologia, solos e geologia; permite a identificação de minerais com íons hidroxilas.

5.2 Outros satélites e características

Satélite IKONOS II

O satélite Ikonos II dos Estados unidos possui uma alta resolução espacial, com possibilidade de combinação de imagens preto e branco (gray scale) com dados multiespectrais para a geração de imagens coloridas com 1m de resolução, grande quantidade de informação disponível, facilidade para interpretação visual.

Órbita Sentido da órbita: Descendente; Duração da órbita: 98 minutos

País / Região Estados Unidos

Missão Foguete: Athena II; Local de lançamento: Vandenberg Air Force Base, California /USA

Resolução no terreno de cada banda

Pancromática: 1m (considerando posição nominal de 26° fora do nadir)

Multiespectral: 4m (considerando posição nominal de 26° fora do nadir) i

Bandas espectrais:

0.45 a 0.90 μ (pan)

Azul 0.45 - 0.52 μ

Verde 0.52 - 0.60 μ

Vermelho 0.63 - 0.69 μ

Infra vermelho próximo 0.76 - 0.90 μ

Tamanho das cenas sugeridos:

Faixas de 11km x 100km até 11km x 1000km

Faixa de imageamento: 13km no nadir (cena simples 13km x 13km)

Tempo de Revisita

2.9 dias (pan); 1.5 dia (multiespectral)

Principais Aplicações

Projetos de GIS (redes, telecomunicações, planejamento, meio ambiente)

Base para elaboração de Mapas Urbanos Básicos

Elaboração/atualização de mapas de arruamentos e cadastro

Mapeamento de cadastro urbano e rural

Fonte de apoio para trabalhos com GPS

Uso e ocupação do solo

Meio Ambiente

Arquitetura/Urbanismo/Paisagismo

Legal (regularização de propriedades, demarcação de pequenas glebas)

Engenharia

Agricultura (com ênfase em previsão de safras, e controle de pragas)

Agricultura de Precisão

Florestal (estimativa de potencial econômico, projetos de desenvolvimento sustentável, censo de árvores)

Turismo

Satélite Aster

O ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) é um dos Instrumentos a bordo do satélite EOS AM-1 e obtém imagens de alta resolução (15 a 90 m) da Terra nas regiões dos espectros: Visível; Infravermelho Próximo (VNIR); Infravermelho médio (SWIR); Infravermelho Térmico (TIR)

Bandas Espectrais

VNIR

SWIR

TIR

0.5-0.9 μm
1.6-2.5 μm
8-12 μm

Resolução Espacial

15 m (VNIR: 3 bandas),
30 m (SWIR: 6 bandas),
90 m (TIR: 5 bandas)

Principais Aplicações

Produto para interpretação de uso e ocupação dos solos, estudos de vegetação, stress hídrico e meio ambiente

Satélite CBERS

Programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), agrega a capacidade técnica e os recursos financeiros da China e do Brasil

Órbita

O satélite cruza a linha do Equador sempre na mesma hora local (10h 30min em nó descendente), permitindo que se tenha condições semelhantes de iluminação solar para a comparação das imagens tomadas em diferentes dias. Apresenta período nodal de 100,26 minutos e recobrimento de 26 dias.

Os três sensores imageadores a bordo são:

O imageador de largo campo de visada WFI, que abrange uma faixa de 890 Km de largura e fornece uma visão sinótica com resolução de 260 m. Obtém-se uma cobertura completa do

globo em duas faixas espectrais: 0,66 μm (verde) e 0,83 μm (infravermelho próximo).

A câmera CCD de alta resolução fornece imagens em uma faixa de 113 Km de largura com resolução de 20 m. Esta câmera tem a possibilidade de obtenção de imagens estereoscópicas de uma certa região.

A câmera de varredura no infravermelho IR-MSS apresenta 4 faixas espectrais e estende o espectro de observação do CBERS até o infravermelho termal.

Produz imagens de uma faixa de 120 Km de largura com resolução de 80 m (160 no canal termal). Em 26 dias, obtém-se uma cobertura completa da Terra que pode ser correlacionada com aquela obtida através da câmera CCD.

PARÂMETROS DOS IMAGEADORES			
	CCD	IR-MSS	WFI
Bandas (μ m)	0,51 - 0,73 (pan) 0,45 - 0,52 0,52 - 0,59 0,63 - 0,69 0,77 - 0,89	0,50 - 1,10 (pan) 1,55 - 1,75 2,08 - 2,35 10,40 - 12,50	0,63 - 0,69 0,76 - 0,90
Resolução espacial (m)	20	80 (pan e IV) 160 (termal)	260
Resolução temporal	Nadir: 26 dias 3 dias ($\pm 32^\circ$)	26 dias	3 - 5 dias
Campo de visada	8,3°	8,8°	60°
Largura da visada no solo	120Km	120 Km	900Km
Frequência do sinal de rastreio	8196 MHz	8196 MHz	8196 MHz
Frequência da portadora de RF	8103 & 8321 MHz	8216,84 MHz	8203,35 MHz
Taxa de dados da imagem	2 x 53 Mbits/s	6,13 Mbits/s	1,1 Mbits/s
EIRP	43 dBm	39,2dBm	31,8dBm

Principais Aplicações

Impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente
 Monitoramento de fenômenos naturais
 Acompanhamento do uso agrícola das terras
 Apoio ao monitoramento de áreas de preservação
 Atividades energético-mineradoras
 Cartografia e atualização de mapas
 Desmatamentos
 Detecção de invasões em áreas indígenas
 Dinâmica de urbanização
 Estimativas de fitomassa
 Monitoramento da cobertura vegetal
 Queimadas
 Secas e inundações
 Sedimentos em suspensão nos rios e estuários
 Meteorologia e agrometeorologia

Satélite QuickBird

O QuickBird é um satélite dos Estados Unidos desenvolvido pela empresa norte americana EarthWatch. Esse satélite apresentará alta resolução espacial de menos de um metro no pancromático e de cerca de três metros no multiespectral, será capaz de gerar imagens estereoscópicas e terá uma resolução espacial de dois a três dias. O QuickBird, dará continuidade ao EarlyBird, e será dedicado ao monitoramento de fenômenos que demandam estas características simultâneas de alta resolução temporal e espacial. Ele será capaz de gerar imagens de 484 km² até 40.500 km².

Órbita

Polar heliossíncrona. Com altitude aproximada de 600 Km e 52o de inclinação média orbital, este satélite revisita o mesmo local no período de 1 a 4 dias, dependendo da latitude.

Características do sensor Sensor pancromático Sensor multispectral

Tamanho da imagem 22 km x 22 km 22 km x 22 km por área

Tamanho do pixel 0,82 m (GSD no nadir) 3,2 m (GSD no nadir)

Sensor Pushbroom Linear Array Pushbroom Linear Array

Comprimento de ondas Pan

450 a 900 nm Azul - 450 a 520 nm

Verde - 520 a 600 nm

Vermelho - 630 a 690 nm

Infravermelho Próximo - 760 a 900 nm

Principais Aplicações

Monitoramento de fenômenos que demandam alta resolução espacial

PRINCIPAIS SATÉLITES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Satélite	Sensores	Bandas	Resolução Espectral (μm)	Resolução Espacial (m)
CBERS - 2	Câmara CCD	Pancromática	0,51 – 0,73	20
		Azul	0,45 – 0,52	
		Verde	0,52 – 0,59	
		Vermelho	0,63 – 0,69	
		Infravermelho Próximo	0,77 – 0,89	
	IRMSS	Pancromática	0,50 – 1,10	80
		Infravermelho Médio	1,55 – 1,75	
		Infravermelho Médio	2,08 – 2,35	
	WFI	Infravermelho Termal	10,40 – 12,50	160
Vermelho		0,63 – 0,69	260	
	Infravermelho Próximo	0,77 – 0,89		
IKONOS - II	Pancromático	Pan	0,45 – 0,90	1
	Multiespectral	Azul	0,45 – 0,52	4
		Verde	0,52 – 0,60	
		Vermelho	0,63 – 0,69	
		Infravermelho Próximo	0,76 – 0,90	
QUICKBIRD - 2	Quickbird	Pancromática	0,45 – 0,90	0,61 – 0,72
		Multiespectral (visível)	0,45 – 0,52	2,4 – 2,8
			0,52 – 0,60	
LANDSAT - 7	MSS	1	0,5 – 0,6	80
		2	0,6 – 0,7	
		3	0,7 – 0,8	
		4	0,8 – 1,1	
	ETM+	1	0,45 – 0,52	30
		2	0,50 – 0,60	
		3	0,63 – 0,69	
		4	0,76 – 0,90	
		5	1,55 – 1,75	
	6	10,4 – 12,5	60	
	7	2,08 – 2,35	30	
	8	0,50 – 0,90	15	

SPOT - 5	HRG	Pa e Supermode	0,48 – 0,71	5
		B1	0,50 – 0,59	10
		B2	0,61 – 0,68	
		B3	0,78 – 0,89	
	HRS	SWIR	1,58 – 1,75	10
		PA	0,49 – 0,69	
	VEGETATION - 2	B0	0,43 – 0,47	1000
		B2	0,61 – 0,68	
B3		0,78 – 0,69		
		MIR	1,58 – 1,75	

Continuação...

Satélite	Sensores	Bandas	Resolução Espectral (µm)	Resolução Espacial (m)	
TERRA (EOS)	ASTER	VNIR (3 bandas)	0,5 – 0,9	15	
		SWIR (6 bandas)	1,6 – 2,5	30	
		TIR (5 bandas)	8 - 12	90	
			1	0,62 – 0,67	250
			2	0,841 – 0,876	
			3	0,459 – 0,479	500
			4	0,545 – 0,565	
			5	1,230 – 1,250	
			6	1,628 – 1,652	
			7	2,105 – 2,155	
			8	0,405 – 0,420	1000
			9	0,438 – 0,448	
			10	0,483 – 0,493	
			11	0,526 – 0,536	
			12	0,546 – 0,556	
			13	0,662 – 0,672	
			14	0,673 – 0,683	
			15	0,743 – 0,753	
			16	0,862 – 0,877	
			17	0,890 – 0,920	
	MODIS	18	0,931 – 0,941		
		19	0,915 – 0,965		
		20	3,660 – 3,840		
		21 e 22	3,929 – 3,989		
		23	4,020 – 4,080		
		24	4,433 – 4,498		
		25	4,482 – 4,549		
		26	1,360 – 1,390		
		27	6,535 – 6,895		
		28	7,175 – 7,475		
		29	8,400 – 8,700		
		30	9,580 – 9,880		
		31	10,780 – 11,280		
		32	11,770 – 12,270		
		33	13,185 – 13,485		
		34	13,485 – 13,785		
		35	13,785 – 14,085		
		36	14,085 – 14,385		

Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite - <http://www.sat.cnpem.br/texto/princ.html>.

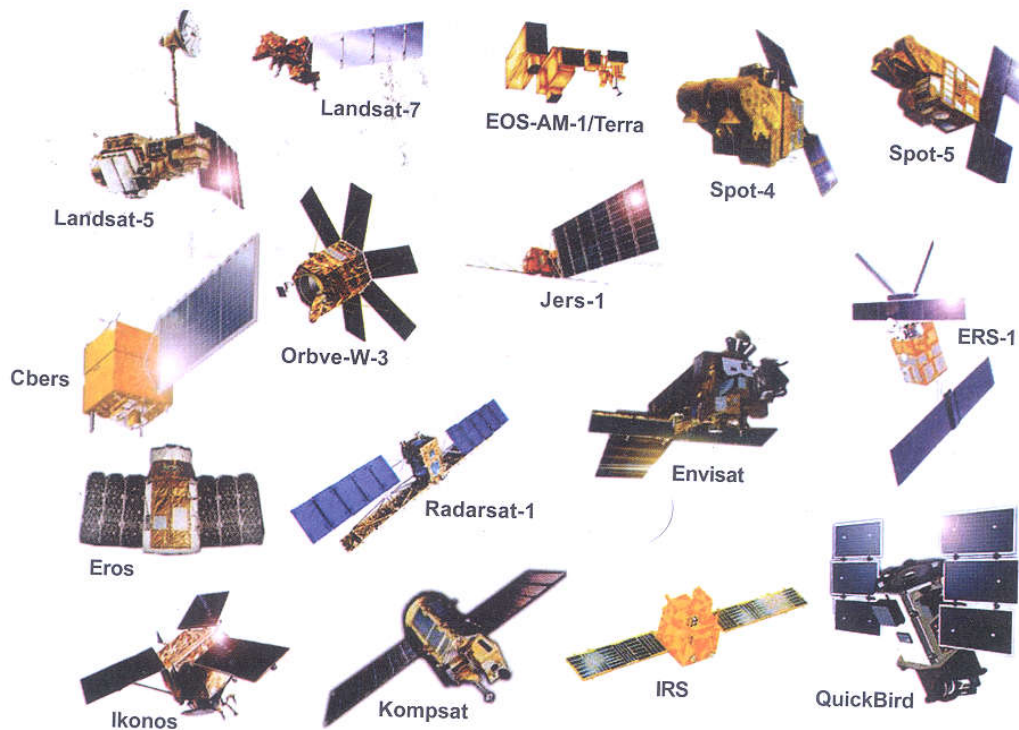


Figura 5.1 – Ilustração de diferentes satélites usados em estudos de recursos naturais (Moreira, 2005)

5.3 Sensores multiespectrais e hiperespectrais: Nomenclatura

Recentemente devido aos avanços tecnológicos sensores de alta resolução espectral orbitais ou acoplados a aviões tem sido desenvolvidos. A diferença entre os sensores multiespectrais para os hiperespectrais são de maneira geral o número de bandas maior e a faixa dessas bandas ser menor, um sensor multiespectral quando muito apresenta 12 a 18 bandas com intervalo em geral maior que 50 nm já sensores hiperespectrais apresentam mais de cem ou duzentas bandas de intervalo menor (10nm por exemplo)

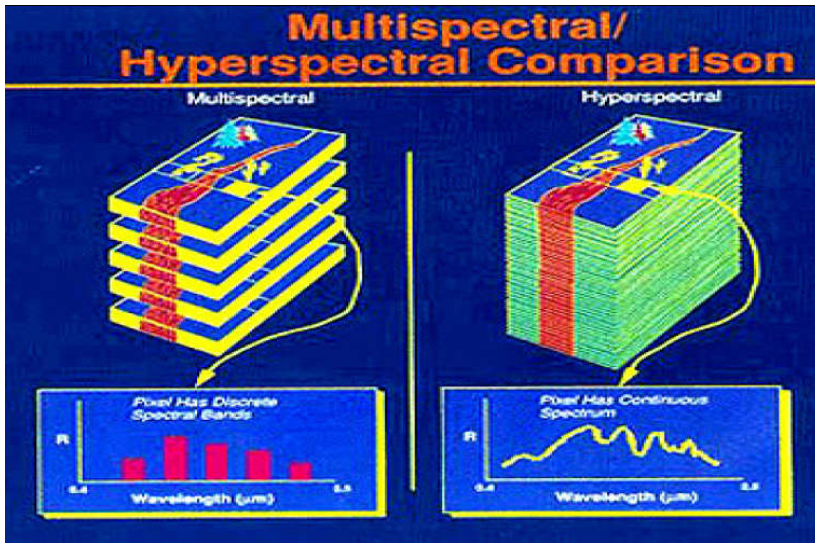


Figura 5.2 – Ilustração comparando o número de bandas e curva espectral de um sensor multiespectral e um sensor hiperespectral (Zullo Jr, 2007)

Exemplos:

Recentes avanços na tecnologia de sensores têm demonstrado sua importância ao obter a radiância com alta resolução espectral para cada posição (pixel). Um exemplo refere-se ao Airborne Visible/Infrared Imaging Spectroradiometer - AVIRIS. Tal instrumento obtém imagens espectrais da radiação refletida no intervalo entre 400 e 2500 nm com resolução aproximada de 10 nm e 224 bandas. Com isso, é esperado que tal detalhamento espectral permitirá a identificação de rochas, solos e vegetação, considerando-se que a resolução espacial seja suficiente para representar cada tipo de superfície para cada dado espectral. A mistura espectral aumenta a complicação, pois um pode explorar a possibilidade de identificação individual dos componentes que misturam o sinal vindo de diversas superfícies. Entretanto, os dados do AVIRIS continuam muito restritos, tendo-se em contrapartida farta disposição dos dados do Landsat.

5.4 *Imagens de radar*

O radar é um sensor ativo, que opera na faixa de rádio ou microondas. O termo "radar" é proveniente de "Radio detection and Ranging", que pode ser traduzido como Detecção e Localização por ondas de Rádio. O exemplo mais comum deste sistema, para o sensoriamento remoto, é o Radar de Visada Lateral (do inglês "Sideways-Looking Airborne Radar" - SLAR), usado inclusive pelo Projeto RADAMBRASIL para o imageamento do território brasileiro.

Uma das vantagens oferecidas pelo sistema de radar é a de que, sendo um sensor ativo, pode operar à noite. Porém, a vantagem mais importante é a de poder ser operado praticamente sob qualquer condição atmosférica e avaliar a superfície do terreno. neste aspecto encontra-se a grande vantagem deste produto, pois facilita a visualização do relevo que pode ser relacionado a solos como visto anteriormente.



Figura 5.3 Exemplo de imagem de radar

6. O Sistema de informação Geográfico (SIG)

Os sistemas de informação geográficos são softwares gerenciadores de informações como solos, clima, culturas, topografia, geologia. Estas informações podem ser armazenadas, e que, por sua vez, aliado aos objetivos do usuário, irá gerenciar, cruzar informações e obter um novo produto.

Outro aspecto importante da análise multiespectral, é a que possibilita a interpretação através de computadores, seja para análise direta dos dados digitalizados armazenados em fitas magnéticas, originados dos imageadores multiespectrais, ou pela transformação da imagem fotográfica em níveis de cinza numéricos através de densitômetros.

O principal método de interpretação de imagens através de computadores, é a técnica supervisionada, na qual se fornece ao computador as características espectrais de amostras de treinamento, referentes à categoria de interesse.

Neste sistema, o computador é alimentado com fitas magnéticas, contendo as imagens na forma de números proporcionais à resposta espectral de cada ponto do terreno imageado através de cada sensor.

Acoplado ao computador, temos uma tela de vídeo que nos mostra a transformação dos dados numéricos, em uma imagem de TV para cada sensor utilizado.

A interação do homem com o computador, é feita através de um cursor que pode ser deslocado na tela do vídeo e um teclado de comando. Localizando o cursor em alguns pontos de características conhecidas, temos o que se denomina de amostras de treinamento, a partir das quais o computador fica conhecendo as respostas espectrais armazenadas nas fitas, naqueles pontos.

Se por exemplo, essas amostras se referem à cultura de milho, por extrapolação o computador irá classificar como milho todos os pontos da imagem com características espectrais semelhantes. Se programarmos a cor amarela para o milho, a imagem do vídeo mostrará mapeadas todos os pontos com cor amarela, a partir de apenas alguns pontos de treinamento conhecidos. (Koffler, 1992).

A figura 6.1 ilustra o assunto.

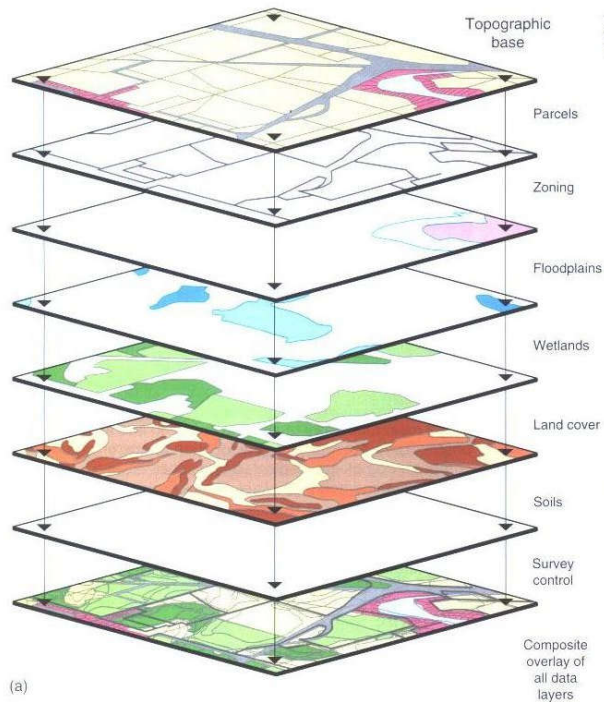


Figura 6.1 Diagrama esquemático mostrando um SIG generalizado e os modelos dos planos de informação de um SIG (Fonte: GEOSYSTEMS,..)

7. Global Positioning System (GPS)

- Equipamentos de campo que passam um sinal para o satélite, sendo retransmitido para uma base em terra, que armazena os dados com a latitude e a longitude do ponto.
- Permite coletar amostras pontuais de solos e marcar posição de problemas com as culturas
- Quando instalado em maquinários agrícolas, permite a visualização de sua movimentação, que auxiliado por banco de dados numa estação não móvel, pode saber as características e propriedades dos solos em que está trabalhando.
- O GPS é o elo de ligação entre as informações referenciadas tanto dos dados de campo, como dos dados de sensoriamento remoto com o SIG.

Exercícios em aula Prática

1. interpretação do uso e mapeamento de solos em imagens de baixa resolução

Interpretação de imagens de satélite para fins de reconhecimento de solo.

Na área de interesse:

- identifique 8 objetos
- trace a rede de drenagem
- delimite as unidades de paisagem
- indique quais são os prováveis solos
- compare no mapa de solos da região.

2. Caracterização de objetos e usos da terra. Para isso utilize as imagens de alta resolução fornecidas em aula.

1. Para caracterizar cada uso da terra, utilize a foto indicada de acordo com a região:

Características	Região/Usos				
	cana-de-açúcar	cultura anual	mata	reflorestamento	pastagem
1 Textura					
2 Tonalidade					
3 Porte					
4 Aspectos associados					

1 Textura: grosseira (rugosa), média (média), fina (lisa)

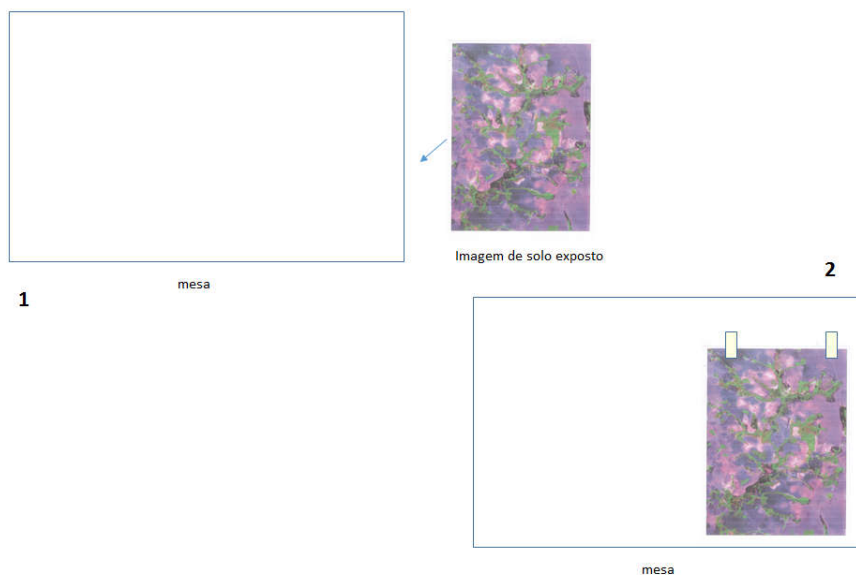
2 Tonalidade: branco, cinza claro, cinza médio, cinza escuro, preto.

3 Porte: alto, médio, baixo, muito baixo

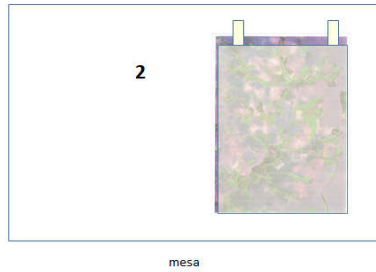
4 Aspecto retilíneo, presença de carreadores, outros

3. Formação do mapa de textura pela interpretação da imagem de satélite.

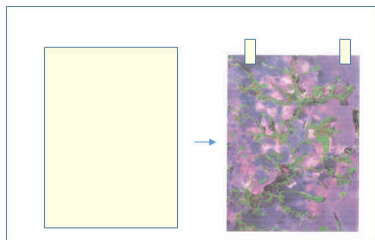
1º Afixe a imagem na mesa (ver esquema abaixo)



2º Sobreponha o papel vegetal.



1



3º Coloque o título.

4º Coloque seu nome.

5º Em folha anexa anote as informações do produto:

- Imagem de satélite Landsat, 6 bandas, resolução espacial 30 m.
- Região de Goiás.
- Imagem tipo composição colorida falsa cor RGB 543.

6º Identifique os seguintes alvos com letras cuja legenda é:

- A- Vegetação
- B- Mata
- C- Pastagem
- D- Área de várzea

7º Trace a rede de drenagem.

8º Trace as linhas do solo.

9º Trace os contornos (faça linhas maiores e nunca retas) da textura do solo.

10º Coloque a legenda textural, use a seguinte classificação:

Número	Cor	Textura
1	Roxo forte	Argiloso + muito argiloso
2	Roxo médio	Médio argiloso
3	Roxo fraco	Médio arenoso
4	Róseo claro	Arenoso
5	Branco	Muito arenoso

Exercício Extra

1. Defina sensoriamento remoto.
2. O que é um sensor?
3. Quais os componentes básicos do sistema de sensoriamento remoto?

4. O que ocorre com a energia radiante que incide sobre um objeto?
5. O olho humano é um sensor que capta informações de que faixa do espectro óptico?
6. Qual o tipo de informação mais importante estudada em sensoriamento remoto?
7. Onde pode ser instalado um equipamento sensor?
8. Quais são os elementos das análises de imagens?
9. Quais os fatores do solo que influenciam os dados espectrais?
10. Se você tiver dois solos iguais, porém, com teores de matéria orgânica diferentes, haverá diferenças na energia refletida por eles? Como?
11. Se você tiver um solo muito argiloso e um arenoso, qual deverá refletir mais? Por que?
12. A seguir temos duas curvas espectrais de dois solos distintos (solo A e solo B). na própria figura indique a característica que se refere a mineralogia (caulinita, gibbsita, óxidos), textura. Qual solo apresenta maior teor de material que absorve energia como a magnetita? Qual solo tem mais quartzo? Por que?

13. Diferencie sensoriamento remoto e sistema de informação geográfico.
14. Cite as técnicas de sensoriamento remoto que podem auxiliar num planejamento agrícola.
15. Como as fotografias aéreas podem auxiliar num planejamento?
16. Como as imagens orbitais podem ser úteis no monitoramento ambiental?
17. Quais as vantagens e desvantagens da utilização do sensoriamento remoto num planejamento agrícola?
18. O que é um sistema de informação geográfico? Como ele pode ser útil na determinação da capacidade de uso das terras?
19. O que é um GPS? Como ele pode ser útil num levantamento de solos?

Leitura de artigo científico e resumo crítico.