



# **GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL**

**GILBERTO J. GARCIA**

**UNESP/IGCE/CEAPLA  
RIO CLARO-SP  
- 2016 -**



**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO  
PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL**

**GILBERTO J. GARCIA**

**UNESP/IGCE/CEAPLA**

**RIO CLARO SP**

**- 2016 -**

© Gilberto José Garcia

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer meio, sem a prévia autorização do autor

Garcia, Gilberto José  
Geotecnologias aplicadas ao planejamento e gestão ambiental  
[recurso eletrônico] / Gilberto José Garcia. – Rio Claro:  
UNESP/IGCE/CEAPLA, 2016  
310 p. : il., figs., fots., gráfs., quadros, mapas, plant., tabs.  
  
Disponível on-line  
  
ISBN: 978-85-89082-64-8  
  
1. Gestão ambiental. 2. Geoprocessamento. 3. Meio ambiente.  
4. Sociedade de consumo. I. Título.

CDD 628.092

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

**Créditos:**

UNESP/IGCE/CEAPLA – Campus de Rio Claro SP  
Avenida 24 A, 1515 – Bairro Bela Vista – Rio Claro SP – Brasil  
CEP: 13506-900 Telefone: (19) 3526-9430

**EDIÇÃO DE FIGURAS**

Claudio Luiz Silva Jr.

UNESP/IGCE/CEAPLA - Universidade Estadual Paulista/Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas/Centro de Análise e Planejamento Ambiental

**NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

Renan Carvalho Ramos

Cristina Marchetti Maia

Biblioteca do Campus da UNESP em Rio Claro SP

**REVISÃO DO TEXTO**

Maria Aparecida M. Antonio

Profª de Português – Secretaria Estadual de Educação do Estado de São Paulo

## APRESENTAÇÃO

Na década de 1970 a bibliografia era escassa em praticamente todos os ramos do conhecimento. Não era diferente na Topografia, na Aerofotogrametria e Fotointerpretação e no Sensoriamento Remoto. Assim, em colaboração com outros colegas, este autor escreveu um livro de Aerofotogrametria e Fotointerpretação em 1977, um de Topografia em 1978 e um de Sensoriamento Remoto em 1982. Tais livros tinham como característica principal o apoio aos professores em sala de aula, dando suporte às aulas presenciais. Assim, o professor a partir do texto, avançava e aprofundava o assunto.

Com o passar dos anos a bibliografia foi ficando cada vez mais especializada e, concomitantemente, o nível foi ficando cada vez mais elevado, em sintonia com o avanço do conhecimento. Outra constatação é de que a WEB, tão pródiga em informações, não ordena e nem filtra os conhecimentos de acordo com as necessidades específicas das disciplinas, qualquer que seja a área de interesse.

Procurando preencher uma lacuna, este livro, de caráter introdutório, é organizado em torno de alguns temas que são abordados em publicações específicas, como é o caso da Análise Ambiental, da Cartografia, do Sensoriamento Remoto, do GPS, do Processamento de Dados e do Planejamento Ambiental. Procurando aliar a questão didática com as práticas correntes no desenvolvimento de projetos na área de planejamento e gestão ambiental, o texto foi estruturado na sequência lógica de tais projetos, facilitando a compreensão das diferentes fases pelas quais os mesmos são desenvolvidos. Esta obra apresenta muitos exemplos práticos, decorrência do tempo que este autor atua na área, não só em projetos ambientais, mas também, pelas dissertações e teses orientadas.

Quanto à forma de apresentação do livro, a grande quantidade de figuras coloridas e a existência de sites específicos que poderiam ser consultados como leitura complementar, indicaram que uma alternativa moderna e atraente seria o formato digital, facilitando ainda a atualização sistemática do mesmo.

Pelas características gerais, este livro apresenta um público alvo amplo e variado, destacando-se: Agronomia, Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Agrícola, Engenharia Ambiental, Engenharia Civil, Engenharia Sanitária, Engenharia dos Transportes, Geociências, Geografia, Planejamento Urbano e Regional, Recursos Florestais e Engenharia Florestal,

Rio Claro (SP), outubro de 2016



## **SOBRE O AUTOR**

### **Linha de tempo profissional**

**1964 – 1968:** Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP);

**1968 – 1971:** Gerente de Área na Bradesplan S/A – Planejamento e Consultoria;

**1971 – 1981:** Professor de Topografia, Aerofotogrametria e Fotointerpretação da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP), em Botucatu, SP;

**1973:** Mestre pela ESALQ/USP;

**1975:** Doutor pela ESALQ/USP;

**1977 – 1978:** Pós – Doutorado na Ohio State University (OSU), Columbus – OH, EUA;

**1979 – 1982:** Professor de Topografia Avançada e Coordenador do Curso de Engenharia Cartográfica da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT/UNESP), Presidente Prudente, SP;

**1980:** Prof. Livre Docente pela FCA/UNESP;

**1981:** Prof. Adjunto pela FCA/UNESP;

**1982 – 1990:** Professor/pesquisador visitante (2 meses por ano) junto às seguintes instituições: ITC – Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Ensched, Holanda; IEBV – Instituto de Edafologia y Biología Vegetal, Sevilla, Espanha; CCSG – Centro de Ciencias Sociales y Geografía, Madri, Espanha; Auburn State University, Department of Geography, Auburn, EUA;

**1982 – 2006:** Professor de Sensoriamento Remoto do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE/UNESP), em Rio Claro, SP;

**1985:** Prof. Titular pelo IGCE/UNESP.

**2006 -:** Professor/Pesquisador Voluntário junto ao Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA) do IGCE/UNESP.



## INDICE

<b>I. INTRODUÇÃO</b> .....	15
1. Meio Ambiente e Sociedade de Consumo .....	15
2. Aplicação de Geotecnologias na Gestão Ambiental .....	19
REFERÊNCIAS .....	20
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	20
<b>II. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E POLUIÇÃO</b> .....	23
1. Solo e Subsolo.....	23
1.1. Agropecuária .....	24
1.2. Mineração .....	28
1.3. Contaminação Química .....	35
1.4. Lixo Urbano .....	35
2. Recursos Hídricos .....	38
3. Atmosfera.....	44
REFERÊNCIAS.....	46
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	48
<b>III. CARTOGRAFIA</b> .....	51
1. Introdução .....	51
2. Mapas e Cartas .....	53
2.1. Tipos de Mapas e Cartas .....	53
2.2. Escala .....	56
2.3. Orientação e Localização .....	57
2.4. Projeções Cartográficas.....	63
2.4.1. Classificação das Projeções Cartográficas .....	63
2.4.2. Características das Projeções mais Comuns .....	65
2.4.3. Principais Projeções no Brasil e Aplicações .....	66
2.4.4. O sistema UTM .....	66
2.4.5. Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo - CIM .....	67
2.5. Nomenclatura e Articulação de Cartas.....	69
2.6. Como Fazer um Mapa.....	70
2.6.1. Condições Gerais .....	71
2.6.2. O Datum .....	73
2.6.3. Base Cartográfica .....	74
2.6.4. Variáveis Visuais .....	76
2.6.5. Elementos de um Mapa.....	77
2.6.6. Estrutura de um Mapa .....	79
ANEXOS .....	80
REFERÊNCIAS.....	83
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	84
<b>IV. TOPOGRAFIA</b> .....	87
1. Apresentação.....	87
2. Topografia e Geodésia .....	87
3. Finalidade da Topografia .....	88

4. Instrumental Topográfico, Acessórios e Software.....	89
4.1. Teodolito .....	89
4.2. Nível de precisão .....	92
4.3. Acessórios .....	94
4.4. Softwares .....	95
5. Medição de Distâncias e Ângulos.....	95
5.1. Medição Direta de Distâncias Horizontais.....	95
5.2. Medição Indireta de Distâncias Horizontais .....	96
5.3. Medição de Ângulos.....	96
6. Métodos de Levantamentos Topográficos .....	97
6.1. Levantamentos Planimétricos .....	97
6.1.1. Poligonação .....	97
6.1.2. Triangulação.....	99
6.1.3. Irradiação.....	100
6.1.4. Intersecção.....	100
6.2. Levantamentos Altimétricos .....	101
6.2.1. Nivelamento Trigonométrico .....	102
6.2.2. Nivelamento Geométrico .....	103
6.3. Levantamentos Planialtimétricos .....	105
6.3.1. Curvas de Nível.....	105
6.3.2. Levantamento pela Quadriculação do Terreno .....	108
6.3.3. Levantamento Taqueométrico.....	109
6.3.4. Levantamento pelas Seções Transversais .....	110
7. Trabalhos de Escritório .....	110
7.1. Trabalhos Totalmente Informatizados .....	110
7.2. Trabalhos Semi-informatizados .....	111
7.3. Trabalhos Manuais .....	111
ANEXOS .....	111
REFERÊNCIAS.....	114
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	114

<b>V. GPS – SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL .....</b>	<b>119</b>
1. Descrição do Sistema GPS.....	119
1.1. Segmento Espacial .....	120
1.2. Segmento de Controle .....	120
1.3. Segmento Usuário/Aplicações .....	121
2. O Sinal GPS .....	121
2.1. O que é o Sinal GPS.....	121
2.2. Funcionamento do Sistema .....	122
2.3. Fontes de Erros nos Sinais GPS .....	123
2.4. Parâmetros DOP.....	124
2.5. Níveis de Acurácia .....	125
3. Tipos de Medidas .....	125
3.1. Posicionamento por Ponto.....	126
3.2. Posicionamento Diferencial ou Relativo.....	126
3.3. Posicionamento com DGPS e RTK .....	126
4. Características dos Outros Sistemas de Posicionamento.....	129
4.1. GLONASS .....	129
4.2. GALILEO.....	129

4.3. COMPASS .....	129
5. Trabalhos de Campo .....	129
6. Aplicações.....	130
6.1. Agricultura .....	132
6.2. Cadastro Municipal .....	134
6.3. Topografia e Mapeamento .....	136
6.4. GPS Veicular.....	137
6.5. GPS de Uso Geral .....	137
REFERÊNCIAS.....	138
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	138

<b>VI. SENSORIAMENTO REMOTO .....</b>	<b>143</b>
1. Considerações Básicas .....	143
1.1. A Radiação Eletromagnética (REM).....	144
1.2. Características Espectrais de Alvos Naturais .....	148
1.2.1. Vegetação .....	149
1.2.2. Solos .....	152
1.2.3. Água .....	154
1.2.4. Rochas e Minerais .....	155
1.3. Infravermelho Termal .....	155
2. Sistemas Sensores .....	156
2.1. Analógico ou Digital? .....	156
2.1.1. O Sinal Analógico .....	157
2.1.2. O Sinal Digital.....	157
2.2. Classificação dos Sistemas Sensores.....	159
2.3. Plataformas .....	161
2.3.1. Plataformas Terrestres.....	161
2.3.2. Plataformas Aerotransportadas .....	161
2.3.3. Plataformas Espaciais.....	162
2.4. Sensores Fotográficos .....	164
2.4.1. Filmes e Filtros.....	164
2.4.2. Câmaras Aéreas.....	169
2.4.3. O Voo Aerofotogramétrico .....	173
2.4.4. Características das Fotografias Aéreas.....	175
2.4.5. Restituição Aerofotogramétrica .....	182
2.5. Sistemas Multiespectrais .....	186
2.5.1. Resolução de Sistemas Imageadores.....	186
2.5.2. Tipos de Sistemas.....	188
2.6. Imageamento por RADAR (RADio Detection And Ranging) .....	191
2.6.1. Retorno dos Sinais de Radar .....	192
2.6.2. Escolha do Sistema de Radar .....	193
2.6.3. Características da Imagem .....	194
3. Histórico do Sensoriamento Remoto .....	195
4. Interpretação de Fotografias Aéreas, Imagens de Satélite e de Radar .....	197
4.1. Interpretação Visual .....	198
4.2. Processamento e Análise de Imagens.....	202
4.2.1. Estrutura da Imagem Digital .....	202
4.2.2. Restauração da Imagem .....	205
4.2.3. Realçamento da Imagem .....	206

4.2.4. Operações Matemáticas/Transformação de Imagens .....	208
4.2.5. Classificação e Análise de Imagens .....	210
4.2.6. Avaliação da Acurácia da Classificação .....	215
REFERÊNCIAS .....	216
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	217
SITES SUGERIDOS E/OU CONSULTADOS .....	218

<b>VII. ANÁLISE AMBIENTAL .....</b>	<b>223</b>
1. Introdução .....	223
2. Coleta de Dados Ambientais.....	225
2.1. Escalas de Mensuração.....	225
2.2. Características dos Dados Ambientais .....	226
2.2.1. Parâmetro .....	226
2.2.2. Indicador .....	227
2.2.3. Índice.....	230
2.3. Amostragem .....	231
2.4. Técnicas de Coletas de Amostras.....	232
2.4.1. Técnicas de Superfície .....	232
2.4.2. Técnicas de Subsuperfície – Sondagem.....	233
2.5. Estatística .....	234
2.6. Gerenciamento de Dados Ambientais .....	234
3. Integração de Dados Ambientais .....	235
ANEXOS .....	237
REFERÊNCIAS.....	244
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	245

<b>VIII. PROCESSAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS .....</b>	<b>249</b>
1. Introdução .....	249
2. Elementos de um SIG .....	250
2.1. Dados Espaciais e Alfanuméricos .....	250
2.1.1. Captura e Entrada ( <i>input</i> ).....	255
2.1.2. Armazenamento e Processamento .....	257
2.1.3. Saída.....	258
2.2. Computador e Periféricos.....	258
2.3. Programas Computacionais ( <i>software</i> ) .....	258
2.4. Recursos Humanos.....	259
2.5. Métodos ou Procedimentos .....	260
3. Funções de um SIG.....	260
3.1. Aquisição de Dados.....	260
3.2. Validação e Edição de Dados.....	261
3.3. Estruturação e Armazenamento da Informação .....	262
3.3.1. Base Cartográfica .....	262
3.3.2. Banco de Dados.....	263
3.4. Análise Geográfica dos Dados .....	266
3.4.1. Consulta à Base de Dados ( <i>database query</i> ) .....	266
3.4.2. Recuperação e Reclassificação .....	266
3.4.3. Sobreposição .....	266

3.4.4. Operações de Vizinhança.....	268
3.5. Apresentação dos Dados (Saída).....	271
REFERÊNCIAS.....	271
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	272
<b>IX. PLANEJAMENTO E GESTÃO .....</b>	<b>275</b>
1. Introdução .....	275
2. Gerenciamento de Projetos Ambientais.....	277
2.1. Componentes de um Projeto .....	278
2.2. Gerente e Equipe Técnica .....	280
2.3. Desenvolvimento do Projeto .....	281
2.4. Realização de Reuniões Técnicas .....	283
2.5. Finalização do Projeto.....	283
3. O Projeto Ambiental .....	284
3.1. Zoneamento Ambiental.....	286
3.2. Plano Diretor Municipal.....	288
3.3. Avaliação Ambiental.....	290
3.3.1. Licenciamento Ambiental .....	291
3.3.2. EIA-RIMA .....	294
3.4. Sistema de Gestão Ambiental .....	299
3.4.1. O Modelo SGA .....	300
3.4.2. Requisitos de um SGA.....	302
3.4.3. Considerações Finais.....	305
ANEXOS .....	307
REFERÊNCIAS.....	307
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	309



# **I. INTRODUÇÃO**



# I - INTRODUÇÃO

## 1. Meio Ambiente e Sociedade de Consumo

No processo de evolução da raça humana, nossos ancestrais sempre lutaram para sobreviver. Como **coletores** logo no início, como **caçadores** numa fase intermediária e como **agricultores** numa fase mais tardia, sobreviviam com o que podiam obter na disputa com outros predadores. Digno de nota é que nem sempre estivemos no topo da cadeia alimentar, como vem acontecendo nos últimos tempos.

A luta pela sobrevivência sempre foi muito complicada e, desde o começo, nossos antepassados encaravam como inimigos todos aqueles que competissem pelos mesmos alimentos. Eram lutas de extermínio, contra animais ou então contra outros grupos rivais.

De fato, a sociedade humana não admite competidores quando se trata da questão alimentar. Enquanto não se compreendeu que os competidores podiam ser microscópicos, tratou-se de combater o que era facilmente visível, como aves, ratos e porcos selvagens, por exemplo. No caso da agricultura, somente no século XX ficou claro que insetos, fungos, bactérias, vírus e micro-organismos do solo podiam ser adversários muito mais poderosos e eficientes na disputa pelos mesmos alimentos. As mesmas constatações foram feitas para a pecuária, fornecedora de proteína animal para a população. Foi a partir destas evidências que começaram as pesquisas para o desenvolvimento de produtos que combatessem os agentes que atacavam tanto as plantas como os animais úteis ao homem. Esses produtos, no entanto, ao mesmo tempo em que combatem as pragas e moléstias, apresentam também efeitos colaterais que podem ser prejudiciais ao homem, por ação direta sobre o organismo ou por poluir o meio ambiente.

O domínio da natureza foi, desde o começo, um alvo a ser alcançado, sempre em nome da sobrevivência. Derrubar uma enorme árvore para obter alguns frutos deve ter sido um processo corriqueiro. Aliás, isto existe ainda hoje, quando “palmiteiros” atuando ilegalmente na Serra do Mar derrubam palmeiras da espécie Jussara (*Eutherpe edulis*) para extrair o palmito, também vendido ilegalmente. O desmatamento na Amazônia é um exemplo atual de uma prática milenar de domínio da natureza. Esta premissa de domínio se tornou tão arraigada ao longo dos tempos que foi incorporada à concepção judaico-cristã da “natureza a ser dominada”. *Também disse Deus: Façamos o homem à nossa imagem, conforme a nossa semelhança; tenha ele domínio sobre os peixes do mar, sobre as aves dos céus, sobre os animais domésticos, sobre toda a terra e sobre todos os répteis que rastejam pela terra* (GÊNESIS 1, 26).

O desmatamento, a extração de minérios, a agricultura e a pecuária causam desequilíbrios naturais significativos. O ambiente natural tem uma resistência muito grande frente à ação do homem e uma capacidade de recuperação surpreendente. Há, no entanto, um limite para esta resistência, a partir do qual a degradação ambiental é inevitável. Tem-se então a erosão dos solos, desertificação, perda de biodiversidade, contaminação das águas, dentre os muitos problemas que podem ocorrer.

Modernamente, na sociedade capitalista, explorar a natureza não é somente “produzir para sobreviver”, mas, principalmente, “produzir para lucrar”. O paradigma ainda hoje é a maximização do lucro, em detrimento de valores sociais ou ambientais.

Nas últimas décadas do século XX começaram a aparecer iniciativas do que deveria ser uma empresa ecologicamente correta e o conceito de marketing ecológico. Muito lentamente, tais concepções foram avançando e permeando o ambiente

empresarial. Infelizmente, a cada novo problema econômico, em nível nacional ou internacional, as sociedades (leia-se governos) afrouxam a vigilância ambiental ou protelam medidas para redução de índices de poluição.

A exploração dos recursos naturais foi definitivamente acelerada pela Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra no século XVIII e alcançando outros países a partir do século XIX. Ela representou mudanças tecnológicas significativas no processo produtivo, especialmente pela invenção da máquina a vapor, em substituição ao trabalho humano. Essa mudança tecnológica permitiu a produção em massa de bens de consumo a menores preços, possibilitando que camadas da população com menor poder aquisitivo consumissem tais produtos. Concomitantemente, o capitalismo tornou-se o sistema econômico vigente.

Uma das características da sociedade de consumo é a produção de bens supérfluos, que se tornam desejáveis após campanhas publicitárias muito bem articuladas, apoiadas em sofisticadas pesquisas de mercado. No ramo eletro-eletrônico isto é facilmente perceptível. Há dez anos o objeto de desejo eram as televisões de tela plana, de início, de plasma. Em seguida vieram as de LCD e agora temos as de LED. A propaganda sempre é feita no sentido de exaltar a qualidade de novos modelos sobre os modelos anteriores, induzindo quase sempre à troca prematura do produto. Hoje, no entanto, os três modelos são oferecidos pelas indústrias, evidenciando que as diferenças não são assim tão significativas. No momento, a ênfase está nas televisões em alta definição (FHD e 4K) e aquelas com terceira dimensão (3D). Neste último caso, omite-se, propositalmente, que a produção de programas em 3D é desprezível.

A produção massiva de bens requer enormes quantidades de matéria-prima acabadas ou semiacabadas. Estas, por sua vez, são produzidas a partir dos recursos naturais existentes, que podem ser renováveis ou não. A extração da matéria-prima da natureza, o processamento da mesma em um produto útil para a indústria e a transformação deste produto em um bem de consumo envolvem processos que necessitam de grandes quantidades de energia. Concomitantemente, em cada fase, são produzidas quantidades significativas de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos. A Figura I.01 à frente ilustra o exposto, levando em conta a produção de carros/caminhões, apenas em relação ao aço.

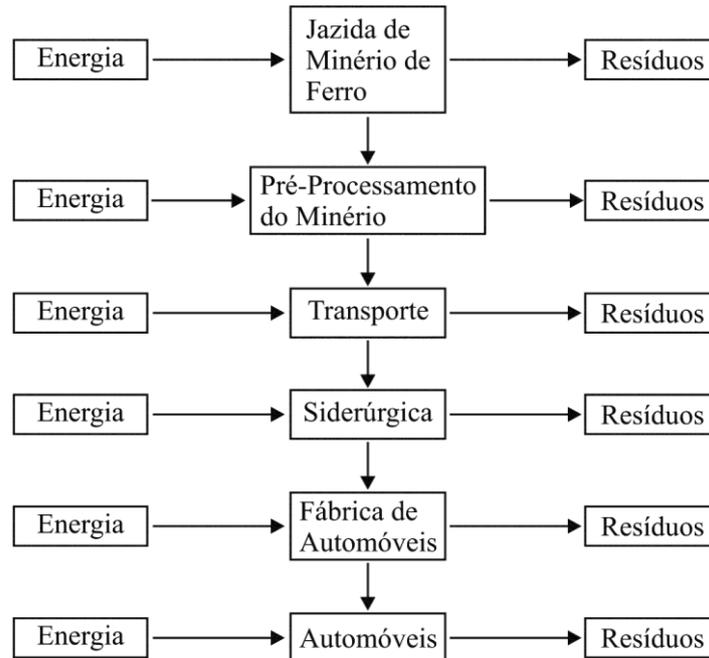


Figura I.01 - Fluxograma típico de um processo industrial

Cada produto colocado à disposição no mercado, oriundo da agricultura, da pecuária ou da indústria, tem seu próprio ciclo de produção. Entender esses ciclos é o primeiro passo para praticar o Desenvolvimento Sustentado. As definições variam, mas pode-se dizer que o Desenvolvimento Sustentado é aquele que procura satisfazer as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazerem as mesmas necessidades.

Esse conceito pressupõe que produzir dentro dos princípios da sustentabilidade não alterará o meio ambiente. Na verdade, qualquer intervenção na natureza produzirá modificações que, no entanto, quando executadas a partir de critérios absolutamente técnicos, focados na sustentabilidade, poderão ser minimizadas. Por exemplo, a técnica mais moderna na produção de grãos é a do plantio direto. Neste caso, a palhada da safra anterior e restos de outras culturas são mantidos sobre o solo, sendo eliminadas as fases de aração e gradagem, processos que fragilizam o solo e induzem à erosão. Só se interfere no solo quando as sementes e adubos são colocados no mesmo, por intermédio de máquinas sulcadoras/semeadoras. Mesmo sendo considerada uma técnica muito superior à tradicional, alguma perda de solo por erosão sempre ocorrerá.

Nos últimos anos, muito se aprendeu sobre os ciclos produtivos dos diferentes produtos e as técnicas mais adequadas para se produzir de modo sustentável. Fazer com que os produtores pratiquem essas “boas técnicas” é outra questão. Particularmente no caso do Brasil, a legislação ambiental é considerada uma das melhores do mundo. O nível federal é o mais elevado e normatiza os níveis estaduais e municipais, ou seja, a legislação é a mesma para todos, ficando para o nível municipal as particularidades locais. O problema é que cada estado ou município tem uma percepção diferente para problemas semelhantes, ou porque não tem equipes suficientemente preparadas para a análise de projetos e fiscalização ou por aspectos políticos. Somam-se a esses problemas a pesada burocracia brasileira e as possibilidades de recursos que a legislação permite, protelando por anos penalidades

que deveriam ser impostas em curto prazo.

A partir da constatação de que sabemos como produzir de modo sustentável e que temos boas leis ambientais, as principais ações devem privilegiar a Gestão Ambiental. Gestão Ambiental consiste na administração do uso dos recursos ambientais, por meio de:

- a) Ações técnicas e institucionais;
- b) Investimentos econômicos;
- c) Uso do aparato jurídico.

O propósito final é manter ou recuperar a qualidade dos recursos, com desenvolvimento social. A gestão ambiental é a fase final de uma linha metodológica, com foco no desenvolvimento sustentado, conforme mostra a Figura I.02, para projetos que envolvem o meio ambiente natural. Para projetos na indústria as nomenclaturas são diferentes, mas as conceituações semelhantes.

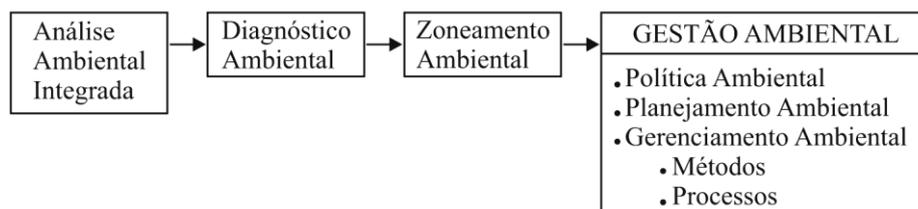


Figura I.02 – Sequência metodológica para o exercício da gestão ambiental

A primeira fase é a Análise Ambiental Integrada, quando todos os aspectos do meio- físico e socioeconômico são estudados. A segunda fase corresponde ao Diagnóstico Ambiental, momento em que se têm respostas para aquele ambiente em estudo. Em seguida executa-se o Zoneamento Ambiental, quando a região é subdividida em áreas menores e mais homogêneas, facilitando o planejamento. A Gestão Ambiental, objetivo a ser alcançado, é a fase que envolve a Política Ambiental, o Planejamento Ambiental e o Gerenciamento Ambiental, este último abordando os Métodos e Processos. Para cada fase metodológica, há um conjunto de técnicas auxiliares, visando obter resultados de maneira rápida e confiável. Para se chegar até a Gestão Ambiental um longo caminho deve ser percorrido, envolvendo profissionais de diferentes áreas, que utilizarão de métodos e técnicas variados, fruto de muita pesquisa dentro das universidades e institutos de pesquisas.

No mundo real, a maior parte dos empreendedores só adota as boas práticas ambientais quando se sente pressionada ou quando vislumbra que o “marketing verde” pode ser vantajoso para a imagem do negócio. Do lado da população, teoricamente a maior interessada de todo o processo, a situação não é tão simples, pois quando o nível de escolaridade e a conscientização são baixos as expectativas e as demandas por melhores condições ambientais são baixas também. Fica evidente, então, a necessidade de grandes esforços para a ampla disseminação da Educação Ambiental nas escolas, começando já no Ensino Básico.

Ao longo da história, a observação e a representação da superfície terrestre têm sido tema fundamental para subsidiar a organização e o desenvolvimento das sociedades, por intermédio do registro gráfico das informações e dados espaciais. Até o início da década de 1970, as informações relativas à superfície terrestre eram exclusivamente obtidas por intermédio de fotografias aéreas verticais, o que é chamado de Aerofotogrametria. De excelente qualidade, tais fotografias, hoje digitais,

permitem a produção de mapas em várias escalas e com resoluções ainda não alcançadas pelas imagens de satélite. Por esta razão são ainda as utilizadas em projetos executivos de grandes obras de engenharia e em aplicações urbanas. Como o custo unitário é elevado, não são produzidas de modo contínuo e sistemático, de modo que não são apropriadas para o monitoramento ambiental.

Em julho de 1972, os Estados Unidos lançaram o primeiro satélite para fins civis de reconhecimento da superfície terrestre. Chamado de ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), foi logo em seguida rebatizado de Landsat-1, sendo considerado o primeiro satélite da série Landsat. A partir de então, em decorrência da rapidez na aquisição de dados da superfície terrestre, o ambiente computacional passou por dramática transformação, conseguindo processar de modo rápido e confiável o material coletado. Novos equipamentos e programas computacionais foram (e estão sendo) desenvolvidos para dar respostas mais rápidas à sociedade.

Modernamente, a área que agrega a utilização conjunta de várias disciplinas voltadas para a aquisição, análise e representação dos fenômenos geográficos é chamada de Geotecnologias. De fato, Rosa (2005) define Geotecnologias como um conjunto de tecnologias baseadas na Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sistemas de Posicionamento Global (GPS), em ambiente computacional, com a finalidade de processar as informações espaciais.

As vantagens dessa utilização conjunta são:

- a) Rapidez na aquisição de imagens de satélite atualizadas e nas escalas desejadas;
- b) Custos de aquisição relativamente baixos;
- c) Rapidez no processamento e na interpretação destas imagens;
- d) Confiabilidade nos sistemas de processamento de dados espaciais (SIGs), proporcionando resultados de excelente qualidade;
- e) Possibilidade de se produzirem informações para várias finalidades;
- f) Execução de análise espacial, diagnóstico ambiental, monitoramento ambiental e prognósticos.

Nos capítulos seguintes, serão abordadas as metodologias e as tecnologias disponíveis para o planejamento e gestão na utilização racional dos recursos naturais, começando pelo tópico relativo à Poluição e Degradação Ambiental, resultado do uso indiscriminado desses recursos, tanto pela indústria como pela população.

## **2. Aplicação de Geotecnologias na Gestão Ambiental**

Sob o nome de Geotecnologias, aparecem disciplinas tradicionais já há muito tempo disponíveis aos profissionais que atuam nas áreas das geociências e das engenharias. Das mais antigas às mais recentes, podem ser citadas: Cartografia, Topografia e Geodésia, Aerofotogrametria, Sensoriamento Remoto por Satélites, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Uma das principais características da área é que o seu desenvolvimento é sempre mais significativo em períodos de guerras, especialmente aquelas ocorridas no século XX, iniciando-se com a Primeira Guerra Mundial (1914-1918). A sequência de conflitos por todo este século induziu ao rápido desenvolvimento de novos equipamentos e métodos de reconhecimento e mapeamento da superfície do terreno. Podem-se destacar, neste caso:

- a) Aerofotogrametria e Fotointerpretação – Já na guerra de 1914-1918, as

movimentações das tropas eram acompanhadas por aviões de reconhecimento que tiravam fotografias para posterior interpretação;

b) Sensoriamento Remoto – Pela flexibilidade e segurança na obtenção, as imagens de satélite vêm sendo amplamente utilizadas no monitoramento da superfície do terreno. Sempre houve e sempre haverá diferenças significativas entre as imagens obtidas por satélites com fins civis e satélites com fins militares;

c) GPS (Global Positioning System) – Sistema de Posicionamento Global – Começou a ser desenvolvido na década de 1960, tornou-se operacional em 1973 e totalmente confiável em 1995. Até meados de 2000, os EUA impunham aos usuários civis de GPS um acesso seletivo ao sistema, já que o sinal disponível apresentava um erro induzido (disponibilidade seletiva), fazendo com que os aparelhos operassem com precisão inferior a 90 metros.

Pela flexibilidade e rapidez na obtenção, processamento e recuperação de dados ambientais, as geotecnologias foram rapidamente incorporadas ao arsenal de recursos utilizados na avaliação e planejamento da utilização dos recursos naturais. Dessa maneira, no estudo das interações entre Natureza e Sociedade de Consumo, ou seja, da exploração dos recursos naturais, uma ou mais das técnicas anteriores podem ser utilizadas para analisar, diagnosticar e oferecer medidas que direcionem um empreendimento para o caminho da exploração, a mais sustentável possível. Quando os estudos evidenciam que o pretendido equilíbrio não pode ser alcançado, o projeto pode ser cancelado ou, o que é mais comum, são propostas compensações ambientais.

## **REFERÊNCIAS**

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005.

## **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

BECKER, D. **Desenvolvimento sustentável**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 1999. 238 p.

BRANCO, S. M. **Ecológica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 141 p.

CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza**. São Paulo: Cortez, 1995. 429 p.

CAVALCANTI, C. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. São Paulo: Cortez, 1997. 436 p.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1986. 206 p.

FREITAS, M. I; LOMBARDO, M. A. **Universidade e comunidade na gestão do ambiente**. Rio Claro: IGCE-UNESP, 2000. 170 p.

LOMBARDO, M. A. **Cenário em ação - paisagem do Rio Corumbataí – SP**. Rio Claro: IGCE-UNESP, 2007. 137 p.

## **II - DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E POLUIÇÃO**



## II - DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E POLUIÇÃO

Degradação ambiental refere-se ao processo degenerativo do meio ambiente, afetando a flora e a fauna locais. Normalmente a degradação ambiental está associada à ação humana, decorrentes das intervenções indevidas no ambiente ou pela geração de resíduos poluentes. Uma das principais características da degradação ambiental é a rapidez com que as transformações acontecem.

Em condições normais, os sistemas naturais são bastante estáveis e mudam com o tempo, em intervalos muito longos. A formação de vales, geralmente ocasionada pela ação de cursos d'água, pode demorar de milhares a milhões de anos. Com isso, o conjunto de subsistemas que ocorrem naquela área consegue se adaptar lentamente às mudanças, sem a ocorrência de eventos catastróficos.

### 1. Solo e Subsolo

Quando há uma intervenção brusca e significativa, o ambiente, sem condições de se adaptar, fica submetido a processos degenerativos quase sempre de difícil solução. É o caso do desmatamento, com a repentina remoção da vegetação natural que protege os solos. De imediato, toda matéria orgânica superficial começa a ser oxidada (queimada) pela ação da luz solar. A matéria orgânica é responsável não só pela fertilidade inicial do solo, mas também pela agregação das partículas que constituem o solo nas camadas superficiais. No caso da oxidação da matéria orgânica, não mais de 3 anos são suficientes para a quase total eliminação da mesma. Com a perda de agregação, o solo superficial começa a sofrer a ação de diferentes agentes, como a água da chuva (erosão hídrica) e o vento (erosão eólica). A Figura II.01 exemplifica graficamente o fenômeno.

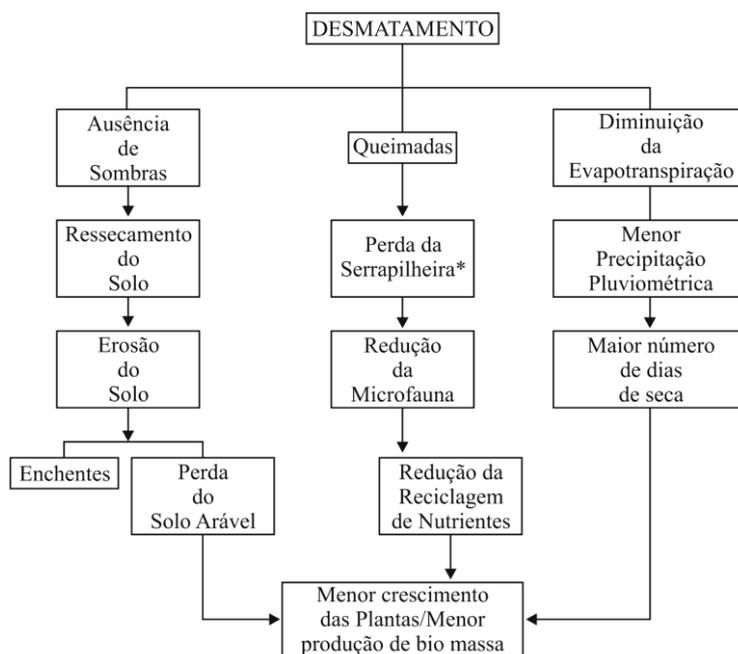


Figura II.01 - Consequências do desmatamento\*

\* Serrapilheira: Consiste principalmente de material de origem vegetal (folhas, flores, galhos, frutos e sementes) depositado na superfície do solo de uma floresta. Ao mesmo tempo em que recebe restos vegetais, que se degradam pela ação de micro-organismos, fornece nutrientes e matéria orgânica ao solo e às raízes.

### 1.1. Agropecuária

Um exemplo clássico de erosão eólica/desertificação são os “areais de Alegrete”, no Rio Grande do Sul. Até o início da década de 1970, a área era utilizada pela pecuária extensiva, aproveitando as extensas pastagens naturais da Campanha Gaúcha. A partir de então, o governo estadual decidiu estimular a produção de grãos e criou incentivos econômicos para a região, sem levar em conta estudos técnicos (MA, 1983) que indicavam a pecuária como a melhor opção para a área, considerando três parâmetros principais:

- a) Solos arenosos e altamente susceptíveis à erosão;
- b) Cobertura vegetal predominantemente de gramíneas. Na estação seca esta cobertura natural chegava ao limite de proteção dos solos;
- c) A conformação das colinas na região (coxilhas) propiciando a canalização dos ventos, aumentando a respectiva velocidade em até três vezes.

Sem estudos preliminares sobre essas variáveis, grandes áreas foram aradas, gradeadas e semeadas para a produção de soja. Em curto espaço de tempo o estoque de matéria orgânica foi consumido, a produtividade caiu e a erosão eólica começou (SOUTO, 1985). Como consequências, apareceram as erosões em sulco como precursoras das voçorocas (Figura II.02) e o transporte da areia pela ação dos ventos, com a formação de dunas que encobriam o solo agricultável (Figura II.03). Como efeito secundário, mas igualmente sério, ocorreu o preenchimento das várzeas com sedimentos provenientes do voçorocamento e soterramento dos riachos (Figura II.04), com consequente diminuição da disponibilidade de água. A Figura II.05 mostra uma superfície testemunha com altura de 1,20 m e idade aproximada de 10 anos.

Garcia e Souto (1989) estudaram a área compreendida pelo Areal São João, que em 1940 tinha 12,0 ha e na época da pesquisa já estava com 200,0 ha. A partir de imagens de satélite e trabalhos de campo, mapearam toda a região, dividindo-a em três categorias:

- a) Núcleos de desertificação;
- b) Áreas em processo de desertificação;
- c) Áreas de risco.

Verificaram que, embora o governo estadual tivesse tomado medidas técnicas para controle/reversão do problema, a região exigia uma ação contínua e sistemática, sem a qual os ganhos obtidos poderiam desaparecer em pouco tempo.



Figura II.02 – Erosão por voçorocamento



Figura II.03 – Frente de avanço do areal



Figura II.04 – – Soterramento das várzeas



Figura II.05 - Superfície testemunha

A agricultura, mesmo quando tecnicamente correta, causa degradação ambiental por vias indiretas. No Estado de São Paulo existem as Cuestas Basálticas, que se assemelham a um degrau contínuo que pode chegar a 200 metros de altura. Esta paisagem se formou pelo derramamento basáltico na Era Mesozóica e, tendo

passado por um forte processo erosivo na Era Cenozóica, propiciou o aparecimento da Depressão Periférica (CEAPLA, 2012).

Pelas características singulares, a área que compreende as Cuestas Basálticas foi nomeada como uma APA (Área de Proteção Ambiental), no caso APA – Corumbataí – Botucatu – Tejupá, com 6.492 Km<sup>2</sup>. Pelo relevo, pela beleza cênica e pela vegetal natural ainda existente, toda a região vem se transformando, paulatinamente, num centro de Ecoturismo (SMA, 2012).

A legislação que regulamenta as APAs não proíbe a atividade econômica, mas indica restrições de acordo com as características locais. Portanto, são imprescindíveis estudos ambientais que permitam nortear a atividade produtiva local. Pesquisa desenvolvida por Corvalan e Garcia (2011), na APA Corumbataí–Botucatu–Tejupá, Perímetro Corumbataí, evidenciou uma ação antrópica bastante significativa nas respectivas APPs – Áreas de Proteção Permanente, como revela a Tabela 01.

Tabela 01 - Uso da Terra nas APPs de nascentes, matas ciliares e encostas.

DISCRIMINAÇÃO	Áreas de Nascentes		Áreas de Matas Ciliares		Áreas de Encostas	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Mata	4,46	30,68	72,00	33,09	34,28	65,76
Cana-de-açúcar	2,85	19,64	47,28	21,73	3,16	6,06
Pastagem	2,80	19,31	38,32	17,61	4,95	9,50
Cultura Perene	2,26	15,54	31,66	14,55	2,60	4,99
Reflorestamento	0,50	3,45	7,61	3,50	3,11	5,96
Água	0,0012	0,01	2,94	0,94	0,004	0,01
Cerrado	0,50	3,47	5,48	2,52	2,31	4,43
Solo Exposto	0,27	1,84	1,98	0,91	0,21	0,40
Área Urbana	0,05	0,34	0,57	0,26	0,007	0,01
<b>USOS IMPRÓPRIOS</b>		<b>65,78</b>		<b>64,71</b>		<b>30,16</b>

*Interpretação dos dados para cana-de-açúcar:* Significa que a cana-de-açúcar ocupa 2,85 km<sup>2</sup> de áreas de proteção de nascentes, correspondendo a 19,64% do total; Ocupa 47,28 km<sup>2</sup> de áreas que deveriam ser de matas ciliares, correspondendo a 21,73% do total; Nas encostas, ocupa 3,16 km<sup>2</sup>, correspondendo a 6,06% do total.

O problema de se cultivar em áreas protetoras de nascentes na região, no caso cana-de-açúcar, é que menos água das chuvas penetra o perfil do terreno, comprometendo a recarga dos aquíferos e, por escorrerem pela superfície do terreno, aumentam a erosão superficial dos solos. É visível, na região, a diminuição do volume de água nas cachoeiras, ano a ano. Em alguns casos, aquelas pequenas já não existem

mais. A Figura II.06 ilustra o forte assoreamento do rio Corumbataí na APA Corumbataí, devido à erosão dos solos da região.



Figura II.06 – Assoreamento do rio Corumbataí na APA-Corumbataí

A degradação dos solos é um problema de difícil solução. Existem algumas ações mitigadoras para o caso de áreas agrícolas erodidas. Se a erosão for por voçorocamento ela estará perdida para a agricultura e a alternativa é interromper o processo, buscando impedir que a água que vem ocasionando o aumento da voçoroca chegue ao local, procurando ainda estabilizar as paredes e o fundo da voçoroca. Se a erosão for laminar (superficial), mas tão drástica que tenha eliminado quase que totalmente a camada de solo agricultável, a solução poderá ser a mudança do foco da exploração, com a introdução de uma nova cultura, mais rústica e menos exigente, como é o caso do reflorestamento com eucalipto.

## 1.2. Mineração

A degradação ambiental causada pela mineração é outro problema importante, especialmente para as comunidades próximas às jazidas. O processo extrativo em minas a céu aberto (Figura II.07) apresenta as seguintes fases e procedimentos (COLTURATO, 2007), considerando o complexo argileiro da região de Santa Gertrudes, SP:



Figura II.07 – Jazida de argila em exploração

a) Planejamento e regularização da atividade mineral - A regularização da atividade mineral pressupõe o cumprimento dos dispositivos legais que regem o direito mineral e ambiental. Começa com as primeiras consultas aos organismos normativos dos recursos minerais e do meio ambiente até a elaboração dos projetos e da realização dos serviços técnicos;

b) Instalação - Refere-se à instalação da infraestrutura física e preparação das áreas para o desenvolvimento da extração e beneficiamento da argila;

c) Operação - Compreende o desenvolvimento das atividades intrínsecas ao processo, ou seja, a extração e o beneficiamento do minério. Fazem parte ainda dessa fase as atividades auxiliares e de apoio. Tais procedimentos podem ser desdobrados em:

c.1) Extração

- . Desmatamento - Eliminação da vegetação existente na área;
- . Decapeamento - Remoção do material estéril que recobre a jazida;
- . Desmonte - Desagregação ou fragmentação do minério para remoção, o que pode ser feito por meios mecânicos ou com o uso de explosivos;

- . Carregamento e transporte do minério e do material inerte - Compreende a carga e transferência do material decapeado e do minério desmontado, para outras áreas da mineração;

- . Deposição do minério e do material estéril - De início o minério é estocado próximo da área de extração, para, em seguida, ser levado para a área de secagem e, desta, para o beneficiamento. O material estéril é armazenado próximo à jazida, para futuro aproveitamento na recuperação da mesma;

c.2) Beneficiamento - Dar ao minério as condições físicas e químicas necessárias para se transformar em produtos cerâmicos acabados. Compreende as seguintes fases:

. Sazonamento - É o descanso da argila por certo tempo, em grandes montes ao ar livre, dando à matéria-prima melhores características. É um processo empírico não generalizado;

. Cominuição primária, secagem e homogeneização - O minério que vem da jazida é depositado em “pátios de secagem”, sendo posteriormente esparramado por pás-carregadeiras com pneus revestidos com correntes, formando camadas sobre o terreno de material fragmentado e facilitando a secagem e a homogeneização. Esta fase colabora significativamente para a poluição atmosférica por material particulado (poeira) na região;

. Cominuição final e preparação da massa - A moagem é em moinho pendular e o minério deve atingir as seguintes granulometrias: 100% abaixo de 35 *mesh* e 80% passando 60 *mesh* (*Mesh* refere-se ao tamanho de abertura das peneiras granulométricas. 35 *mesh* = 0,50 mm; 60 *mesh* = 0,25 mm);

c.3) Operações auxiliares - Incluem todas as atividades que dão suporte às atividades de extração e beneficiamento;

d) Desativação - O tempo de vida útil de uma jazida pode ser estimado a partir da quantidade de minério existente e de parâmetros econômicos e tecnológicos de extração e beneficiamento. A desativação, quando planejada, permite a recuperação da área degradada e sua reabilitação, com o estabelecimento de uma proposta alternativa de uso e ocupação.

Ainda de acordo com Colturato (2007), os impactos negativos causados pela mineração de argila na região são dos seguintes tipos:

a) Impactos no meio físico:

a.1) Na água - Alteração do regime hidrológico; Alterações das características físicas, químicas e bacteriológicas das águas superficiais e subterrâneas;

a.2) No solo - Processos erosivos e assoreamentos; Perda de nutrientes;

a.3) No ar - Geração de material particulado (poeira); Emissão de gases tóxicos; Emissão de ruídos e sobrepressão acústica;

a.4. No relevo - Modificação do relevo; Alterações nos processos morfodinâmicos;

b) Impactos no meio biológico:

b.1) Perda de biodiversidade;

c) Impactos do meio antrópico:

c.1) Impactos à saúde humana;

c.2) Alterações da paisagem;

c.3) Limitações do uso futuro das áreas e dos recursos minerais;

c.4) Perda de patrimônio cultural.

Ainda sobre o Complexo Argileiro da região de Santa Gertrudes, Colturato (2000, p. 68 ) concluiu que: a) “*Os projetos ambientais de recuperação estudados revelaram-se pouco eficientes enquanto instrumentos de planejamento e gestão ambiental*”; b) “*Os projetos ambientais revelaram uma baixa diversidade de propostas de novos usos das áreas mineradas, contemplando apenas o uso para a pecuária, a agricultura e para reflorestamento*”; c) “*Algumas medidas geotécnicas revelaram-se ineficientes por não cumprirem os objetivos propostos...especialmente por não cumprirem o cronograma e os parâmetros técnicos definidos para as análises*”

A lei brasileira exige que, após a extração planejada e permitida do minério existente, a área passe por um processo de recuperação. O termo recuperação deve ser

aplicado de acordo com as finalidades e possibilidades da recuperação (IPT, 1993). É importante ressaltar o que é:

**Restauração:** Quando as condições exatas da área são novamente reproduzidas;

**Recuperação:** Quando as condições possíveis de serem obtidas situam-se próximas às condições anteriores;

**Reabilitação:** Quando a área alterada tiver um reaproveitamento diferente da original.

A Figura II.08 mostra as principais opções para a recuperação de áreas mineradas, já a partir de uma conceituação mais moderna.

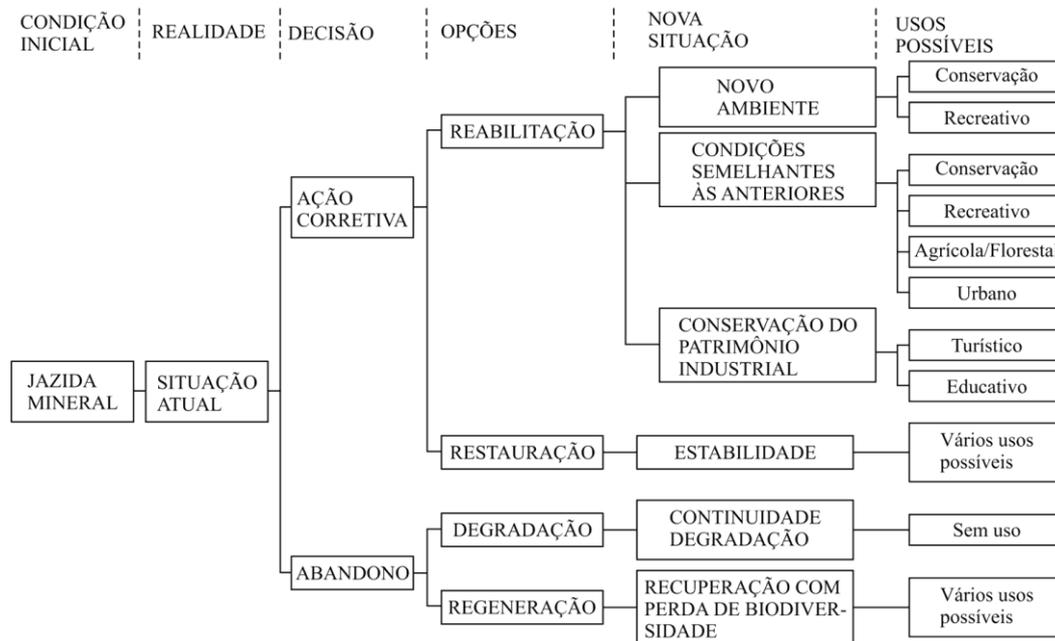


Figura II.08 – Opções para recuperação de áreas degradadas pela mineração  
 Fonte: Adaptado de Brum (2000) e Sanchez (2005)

Quando uma área é degradada pela contaminação de resíduos, ou seja, é uma área contaminada, é mais frequente o uso do termo remediação para designar os procedimentos e as técnicas utilizadas na eliminação, neutralização ou transformação dos contaminantes presentes (BITAR & BRAGA, 1995).

Outra situação estressante para o meio ambiente é a mineração de insumos para a construção civil. A construção civil requer grande variedade de materiais, sendo areia e pedra os principais. A extração desses minerais não-metálicos tem grande efeito impactante sobre o meio ambiente, pois os mesmos apresentam duas características importantes: rigidez locacional, o que obriga o minerador a explorá-los onde naturalmente estão colocados; baixo valor agregado, significando que não podem estar muito distantes dos centros consumidores.

A areia pode ser extraída das várzeas dos rios, afetando a vegetação ribeirinha, ou dragada dos leitos dos rios. Em qualquer dos casos os impactos são significativos. Um ponto a considerar é a perda de identidade entre as pessoas e o lugar, ou seja, a diminuição da topofilia. As margens dos cursos d'água ficam tão descaracterizadas que as pessoas não se identificam mais com os lugares que sempre conheceram. As Figuras II.09 e II.10 apresentam duas situações de extração de areias: em jazidas e no leito de rios.



Figura II.09 – Extração de areia de jazidas



Figura II.10a – Extração de areia do leito de rios



Figura II.10b – Área de armazenamento e eliminação do excesso de umidade da areia extraída do rio

No caso da extração de pedras para produção de brita, têm-se as chamadas pedreiras, conforme aparece na Figura II.11. Com a urbanização crescente, é bastante comum as pedreiras ficarem perigosamente próximas das casas da periferia urbana. Como as explosões são sempre necessárias para facilitar a remoção do material primário, as casas e as pessoas ficam sujeitas à poluição sonora e à queda de pedras expelidas pelas explosões, além de que o processamento e o transporte do material geram grande quantidade de poeira. Neste caso a solução é a desativação da pedreira, restando um grande problema a ser resolvido, ou seja, o que fazer com a enorme cratera. A situação mais comum é a mesma virar uma lagoa, pela recepção da água da chuva ou, mais comumente, pela contribuição de pequenos riachos ou mesmo água subterrânea. Como a recuperação das condições originais é economicamente impraticável, restam outras soluções, como o preenchimento com restos de construção civil, coletados por caçambas operadas por empresas do tipo “cata-entulho”.



Figura II.11 - Jazida de extração de pedras (basalto) para construção civil

Uma solução técnica eficiente e, ao mesmo tempo, elegante, foi adotada pela prefeitura de Curitiba - PR, ao destinar uma pedreira abandonada para a construção de um teatro, o qual foi chamado de Ópera de Arame, conforme mostra a Figura II.12, obtida em <http://www.curitiba-parana.net/opera-arame.htm>.



Figura II.12 – Ópera de Arame

### 1.3. Contaminação Química

A degradação do solo pode ocorrer também pela contaminação por produtos químicos em áreas de botafora de empresas químicas, originando o chamado Passivo Ambiental. Um caso bastante discutido foi a contaminação de uma área na Vila Carioca, na cidade de São Paulo, pela Shell, que ali estocava combustível. Um laudo técnico de 1993 constatou a contaminação por chumbo e outros produtos tóxicos, já que a empresa enterrou, por mais de 40 anos, borras de combustíveis tóxicos no solo, sem nenhuma proteção. Estes produtos se espalharam pelo subsolo, chegando ao lençol freático. A BR Distribuidora (uma subsidiária da Petrobras), uma fábrica de pesticidas do Grupo Matarazzo e dezenas de empresas menores estiveram instaladas na Vila Carioca e também são suspeitas de haverem deixado sua parcela de contaminação. Em 2002, a Promotoria do Meio Ambiente paulista instaurou uma ação civil contra a Shell e contra a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, esta por negligência. Mais detalhes sobre o tema podem ser encontrados em Jabor (2012).

Vale comentar ainda que, no caso de passivos ambientais, de acordo com a legislação brasileira, os mesmos permanecem mesmo com a venda da empresa poluente. Quando uma empresa compra ou se funde a outra, está automaticamente assumindo o Passivo Ambiental porventura existente.

### 1.4. Lixo Urbano

O lixo urbano é um problema ambiental sério, com soluções de alto custo. Quando se adota a incineração do lixo, reduzindo o volume desse material, há a consequente poluição do ar. O controle dessa poluição aumenta mais ainda os custos. Boa parte do lixo urbano no Brasil ainda é descartada em lixões sem qualquer tipo de cuidado. Tais lixões atraem insetos, ratos, urubus e também os catadores de lixo, que trabalham em ambientes altamente contaminados. Os lixões contaminam ainda o solo e o lençol freático, constituindo-se na pior forma de contaminação/degradação ambiental.

De acordo com a ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, citada pelo jornal O Estado de São Paulo de 24 de julho de 2015, em 2010 aproximadamente 42,45% do lixo coletado no Brasil iam para lixões ou aterros controlados e, em 2014 este número passou para 41,6%, revelando que pouca coisa mudou em 5 anos, mesmo com a aprovação, em 2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Por esta lei, o Brasil não deveria ter mais nenhum lixão até agosto de 2014. Esta análise revela ainda que 78 milhões de pessoas, 38,5% da população, não tem acesso a serviços de tratamento e destinação correta de resíduos.

A solução técnica para a destinação correta do lixo urbano é o aterro sanitário. Neste caso, o local que irá receber o aterro deverá ter características geológicas específicas, além de uma preparação especial do local: Abertura da vala; Colocação de manta impermeável; Colocação de drenos para o chorume e gás metano; Construção do tanque de chorume. O lixo trazido pelos caminhões é espalhado em camadas e recoberto por terra de maneira contínua e sistemática. A Figura II.13 mostra o aterro sanitário de Rio Claro - SP, atualmente em operação.



Figura II.13a– Aterro da cidade de Rio Claro- SP, em operação.



Figura II.13b – Detalhe do tanque receptor de chorume

O gás metano produzido pela decomposição da matéria orgânica é normalmente lançado na atmosfera. É um gás de efeito estufa, tendo como agravante um fator de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono, o mais

conhecido dos gases de efeito estufa. Dependendo do tamanho do aterro sanitário e, portanto, da capacidade produtiva de metano, é possível a instalação de uma usina geradora de energia, a partir da queima do metano. Como exemplo, pode-se citar o Aterro Sanitário Bandeirantes, na região metropolitana de São Paulo, que apresenta uma área total de 1.400.000 m<sup>2</sup>. Após operar por 28 anos, está desativado desde 2007, tendo recebido no período cerca de 36 milhões de toneladas de resíduos. Após estudos de viabilidade, a captação do biogás gerado no aterro foi iniciada em 2004, com a instalação de uma usina termelétrica a biogás, em 2003. O gás captado no aterro é tratado (retirada da umidade e realizada a pré-filtragem) e depois transformado em energia. (COELHO, 2008). Essa unidade tem a capacidade de gerar aproximadamente 170.000 MWh de energia elétrica por ano. Este é o caso de um megaempreendimento, mas nada impede que cidades pequenas e médias possam pensar em aproveitar o gás metano, de acordo com seus recursos. Basta que estudos técnicos mostrem que o empreendimento é economicamente viável.

Um bom exemplo é um estudo feito para o primeiro aterro sanitário de Rio Claro-SP, hoje desativado, concebido para uma população de 150.000 habitantes. Cantagallo et al (2007) realizaram estudo sobre o aproveitamento do biogás desse aterro para fins de produção de energia elétrica. Mesmo considerando uma vida útil de 21 anos para a produção de biogás, a análise financeira revelou que, do ponto de vista econômico, a operação não era viável. No entanto, ao levar tal projeto para o âmbito do MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, o mesmo se tornaria economicamente viável. Neste caso, o aterro de Rio Claro iria emitir cerca de 852.862 toneladas de metano durante os 21 anos de duração do projeto. Considerando o potencial de aquecimento do metano como 21, a emissão de gás carbônico equivalente (CO<sub>2</sub>) seria de aproximadamente 17.910.109 toneladas. Este total poderia ser comercializado com os países desenvolvidos.

Na oportunidade, vale esclarecer o que vem a ser o MDL. O projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo, ou simplesmente MDL, é um dispositivo do Protocolo de Quioto (UN, 2012), que permite aos países desenvolvidos compensarem suas emissões de gases causadores do efeito estufa por meio de um projeto de energia limpa instalado em países em desenvolvimento. O mecanismo admite a participação voluntária de países em desenvolvimento que não fazem parte do Anexo I, grupo de países ricos que têm a obrigação de reduzir pelo menos 5,2% das emissões em relação aos níveis de 1990, para o período entre 2008 e 2012.

Um projeto de MDL, para ser aprovado, precisa mostrar que mudanças reais, mensuráveis e de longo prazo são factíveis na mitigação das mudanças climáticas. O processo de habilitação e aprovação é bastante rigoroso e inclui dois critérios principais:

a) Adicionalidade – O proponente deve comprovar que o projeto é realmente importante para desacelerar o aquecimento global, demonstrando como era a situação sem o MDL e como passa a ser com ele;

b) Sustentabilidade – Necessidade de mostrar que haverá uma contribuição efetiva para o desenvolvimento sustentável local, oferecendo benefícios econômicos.

A partir do cálculo da quantidade de gases poluidores que deixará de ser lançada ou que será retirada da atmosfera, são geradas as reduções certificadas de emissões (RCEs). O chamado crédito de carbono é um crédito equivalente a uma tonelada evitada de CO<sub>2</sub>, que pode ser comercializado com os países desenvolvidos, como forma de implementar as metas não atingidas pelos países obrigados a reduzir suas emissões. Ou seja, o MDL permite a certificação de projetos de redução de

emissões nos países em desenvolvimento e a posterior venda das reduções certificadas para os países desenvolvidos.

Para que um projeto de MDL seja aprovado, demonstrando uma contribuição efetiva na redução de emissões, deve passar pelas seguintes etapas:

- a) Elaboração de um documento de concepção do projeto, utilizando metodologias já aprovadas pelas várias instâncias responsáveis;
- b) Validação, quando se verifica se a proposta está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Quioto;
- c) Aprovação pela autoridade nacional designada, no caso brasileiro, a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC);
- d) Submissão ao conselho Consultivo da CIMGC para registro;
- e) Monitoramento;
- f) Verificação/certificação;
- g) Emissão de unidades segundo o acordo do projeto.

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC, 2012), os dois primeiros projetos de MDL foram aprovados em 2004, referentes aos aterros sanitários de Nova Iguaçu-RJ, e Salvador-BA. A estimativa de redução das emissões em 10 anos era de 30 milhões de toneladas, representando no mercado de carbono um valor de US\$ 150 milhões.

As soluções e alternativas apresentadas anteriormente são sofisticadas e dispendiosas, já que consultorias especializadas são necessárias em várias instâncias para a concretização de um projeto. Independentemente da solução a ser dada ao lixo urbano, a melhor política é a dos 3R: Reduzir, Reutilizar, Reciclar.

## 2. Recursos Hídricos

A disponibilidade de água já é limitada em vários lugares do mundo, como na África e também no Brasil. Por aqui o problema tem a ver com a distribuição irregular da mesma. Em algumas regiões a seca é endêmica, como no Nordeste, em outras é consequência de variações climáticas globais, sendo exemplo o fenômeno La Niña, que afeta periodicamente a quantidade de chuvas na região sul.

A água, pela ação da gravidade, sempre seguirá no terreno pelo caminho mais fácil. Desde a nascente, os cursos d'água menores vão se juntando aos maiores até que o rio principal deságue no oceano. Com isso, tudo que estiver acima da superfície do terreno, material inerte ou poluente, fatalmente acabará no corpo d'água mais próximo e este, por sua vez, poderá passar este material para o rio que lhe é hierarquicamente inferior.

O ciclo da água é fechado, ou seja, ela estará sempre em um dos três estados possíveis; sólido, líquido ou gasoso, como mostra a Figura II.14, conforme Evans e Perlman (2012). Em qualquer dos três estados a água irá interagir com o meio circundante e, se este meio apresentar poluição, esta água ficará então poluída. É o caso da água no estado líquido dos oceanos, rios e lagos, ou ainda a água no estado de vapor que, ao se precipitar na forma líquida, poderá trazer junto materiais contaminantes.



Figura II.14 – O ciclo da água

No caso da água no estado líquido, os contaminantes podem ser classificados como: a) Agentes químicos – Orgânicos: Proteínas, Gorduras, Açúcares, Ceras e Solventes, dentre os principais; Inorgânicos: Sais solúveis ou inertes, Álcoois e Ácidos, dentre outros;

b) Agentes Biológicos – Macroscópicos: Plantas e animais exóticos ao ambiente; Microscópicos: Bactérias, Vírus, Protozoários e Algas;

c) Agentes Físicos: Calor e Radiatividade são os principais.

A poluição da água pode ser pontual, como é o caso da liberação de poluentes em um rio, por uma indústria. É uma situação de fácil localização e identificação, permitindo ações rápidas por parte dos órgãos de monitoramento e fiscalização.

Quanto à poluição da agricultura, a mesma é difusa e o problema é mais complicado, já que não existe um foco aparente. É o caso da poluição por agrotóxicos aplicados nas culturas agrícolas. Não basta, nesse caso, identificar o poluente no ponto de coleta da amostra de água, pois o contaminante pode ter chegado ao rio pelas águas das chuvas ou mesmo pelo lençol freático. Apenas modelos matemáticos especialistas permitirão espacializar as fontes e os limites das atividades poluidoras. Pela sensibilidade, tais modelos requerem dados de superfície com qualidade, variedade e em quantidade suficientes para oferecer respostas confiáveis. Mesmo para as regiões mais desenvolvidas, tais requerimentos não podem ser atendidos de forma rápida e econômica.

A Resolução CONAMA N. 357, de março de 2005, dispõe sobre a classificação de água e dá diretrizes ambientais para uso e enquadramento. As quatro classes são estabelecidas segundo seus usos preponderantes:

a) Classe 1 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;

b) Classe 2 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho);

c) Classe 3 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais;

d) Classe 4 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

A mesma resolução estabelece limites individuais em cada classe para cada substância considerada contaminante. Fica claro que quanto melhor a qualidade natural da água, mais restritivos são os parâmetros de qualidade, sendo a Classe 1 aquela que tem maiores restrições.

A lista de elementos contaminantes é bem extensa e cada um deles tem um efeito prejudicial à saúde humana. A presença de um ou mais desses elementos geralmente está associada à atividade econômica local. Em áreas predominantemente agrícolas, são os compostos dos agrotóxicos os elementos mais comuns.

Vale a pena, no entanto, comentar a poluição causada pelos esgotos domésticos, já que o problema é de significância nacional. De acordo com Passeto (2012), para cada metro cúbico de água utilizada é produzido pelo menos outro metro cúbico de esgoto doméstico. Os quadros 01 e 02 apresentam as principais doenças resultantes da ausência de esgotamento sanitário ou da utilização de água não tratada ou de água inconvenientemente tratada (FEAM,1995).

Quadro 01 – Doenças Relacionadas à Ausência de Rede de Esgotos

<b>Grupos de Doenças</b>	<b>Formas de Transmissão</b>	<b>Principais Doenças</b>	<b>Formas de Prevenção</b>
Feco-Orais (não bacterianas)	Contato de pessoa para pessoa, quando não se tem higiene pessoal e doméstica adequada	- Poliomielite - Hepatite Tipo A - Giardíase - Disenteria Amebiana	- Melhorar as moradias e as instalações sanitárias - Implantar sistema de abastecimento de água - Promover a Educação Sanitária
Feco-Orais	Contato de pessoa para pessoa, ingestão e contato com alimentos contaminados e contato com fontes de águas contaminadas por fezes	- Febre Tifóide - Febre Paratifóide - Diarréias e disenterias bacterianas como a Cólera	- Implantar sistema adequado de disposição de esgotos - Melhorar as moradias e as instalações sanitárias - Implantar sistema de abastecimento de água - Promover a Educação Sanitária

(Continua)

(Continuação)

Helmintos Transmitidos pelo Solo	Ingestão de alimentos contaminados e contato da pele com o solo	- Ascaridíase (lombriga) - Tricuríase - Ancislostomíase (amarelão)	- Construir e manter limpas as instalações sanitárias - Tratar os esgotos antes da disposição no solo - Evitar contato direto da pele com o solo (usar calçado)
Tênias (solitárias) na Carne de Boi e de Porco	Ingestão de carne mal cozida de animais infectados	- Teníase - Cisticercose	- Construir instalações sanitárias adequadas - Tratar os esgotos antes da disposição no solo - Inspeccionar as carnes e ter cuidados na preparação
Helmintos Associados à Água	Contato da pele com a água contaminada	- Esquistossomose	- Construir instalações sanitárias adequadas - Tratar os esgotos antes do lançamento em cursos d'água - Controlar caramujos - Evitar o contato com água contaminada
Insetos Vetores Relacionados com as Fezes	Procriação de insetos em locais contaminados pelas fezes	- Filariose (elefantíase)	- Combater os insetos transmissores - Eliminar condições que favoreçam criadouros - Evitar contato com criadouros e utilizar meios de proteção individual

Quadro 02 – Doenças Relacionadas com a Água Contaminada

<b>Grupo de Doenças</b>	<b>Formas de Transmissão</b>	<b>Principais Doenças</b>	<b>Formas de Prevenção</b>
Transmitidas pela Via Feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	O organismo patogênico (causador da doença é ingerido)	-Diarréias e disenterias, como a cólera e a giardíase - Leptospirose - Amebíase - Hepatite infecciosa	- Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar o uso de fontes contaminadas - Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal doméstica e dos alimentos
Cotrolados pela Limpeza da Água	A falta de água e a higiene pessoal insuficientes criam condições favoráveis para sua disseminação	Infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e a escabiose (sarna)	Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica
Associadas à Água (uma parte do ciclo de vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O agente patogênico penetra pela pele ou é ingerido	Esquistossomose	- Adotar medidas adequadas para o esgotamento sanitário - Evitar o contato de pessoas com águas Infectadas - Proteger mananciais - Combater o hospedeiro intermediário

Trabalho a ser consultado sobre o tema é o escrito por Kronemberger (2012), a partir da compilação, processamento e interpretação de informações sanitárias liberadas pelo governo federal. Neste trabalho, apurou-se que 44,55% da população brasileira está conectada à rede de esgoto e que, do esgoto coletado, apenas 38,0% é tratado. Ainda sobre o assunto, o SNIS – Serviço Nacional de Informações sobre a Saúde (2008) apresentou um *ranking* do saneamento para as cidades brasileiras com mais de 300.000 habitantes, totalizando 81 cidades. As 10 cidades mais bem colocadas e as 10 piores colocadas no ranking do saneamento são apresentadas a seguir:

**As melhores:** 1º - Jundiaí – SP; 2º- Franca – SP; 3º - Niterói – RJ; 4º - Uberlândia – MG; 5º - Santos – SP; 6º - Ribeirão Preto – SP; 7º - Maringá – PR; 8º - Sorocaba – SP; 9º- Brasília – DF; 10º - Belo Horizonte – MG.

**As piores:** 72º - Nova Iguaçu – RJ; 73º - Belém – PA; 74º - Canoas – RS; 75º - Rio Branco – AC; 76º - Jaboatão dos Guararapes – PE; 77º - Ananindeua – PA; 78º -

São João do Meriti – RJ; 79º - Belford Roxo – RJ; 80º - Duque de Caxias – RJ; 81º - Porto Velho – RO

Os dados são preocupantes, pois, em tese, cidades maiores teriam mais condições econômicas, população mais esclarecida e prefeituras com melhores equipes técnicas. Se esta é a situação para as maiores cidades brasileiras, o que se pensar dos municípios menores. Fica claro, então, que essa situação é decorrente da baixa qualidade da administração pública à qual são submetidos os municípios brasileiros. Ao longo do tempo, lideranças políticas se sucedem e se alternam no poder, sem muitas preocupações com o bem comum. Apenas com uma política abrangente de gestão, será possível minimizar os graves problemas do uso e conservação dos recursos hídricos. O Governo Federal tem incentivado as parcerias com os governos estaduais que, por sua vez, estabelecem parcerias com as prefeituras municipais para o planejamento de ações conjuntas ao nível de bacias hidrográficas.

No início de 2007, o Governo Federal instituiu o Plano Nacional de Saneamento Básico. O prazo-limite original para que os municípios apresentassem um plano de melhoria dos serviços e da infraestrutura de abastecimento de água, coleta de esgotos, tratamento do material recolhido, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana foi o ano de 2010. Naquele ano, diante da constatação de que muito poucos municípios iam cumprir com a exigência, o governo prorrogou o prazo para 31/12/2013. Agora, de acordo com o jornal o Estado de São Paulo, edição de 06/01/2014, apenas 30% dos 5.570 municípios brasileiros apresentaram o plano solicitado. Com isso, a partir da data-limite não terão acesso aos recursos existentes para as atividades previstas no plano, evidenciando o pouco caso com que os gestores municipais lidam com um problema tão sério, que afeta drasticamente a qualidade de vida da população.

A gestão dos recursos hídricos, em nível regional, leva em conta vários componentes do planejamento nesse espaço geográfico e as respectivas interfaces com a gestão política, econômica e social do território. A análise ambiental da área e os usos correspondentes da água permitem se chegar ao diagnóstico dos problemas existentes, possibilitando o planejamento de uso com ênfase na sustentabilidade socioambiental, de acordo com os preceitos legais. Considera ainda a gestão dos riscos ambientais, principalmente pelo aumento da população em áreas de inundação; propõe estratégias e metas de desenvolvimento, preservação e conservação dos ambientes naturais.

Provavelmente, uma das ações mais eficientes para a gestão dos recursos hídricos seja a criação dos consórcios intermunicipais de bacias hidrográficas. Reunindo todos os municípios, total ou parcialmente inseridos dentro de uma bacia hidrográfica, independentemente da região administrativa à qual pertencem, tratam de estabelecer políticas conjuntas para o uso e conservação de tais recursos. Um consórcio deste tipo compreende a participação de consorciados (prefeitos e representantes das empresas consorciadas) e representantes de entidades civis. O “núcleo duro” é representado pela Secretaria Executiva, composta por equipe técnica e administrativa, que garante a continuidade das ações e administra as forças políticas que permeiam as iniciativas do consórcio.

### 3. Atmosfera

Temperatura, pressão, ventos e chuvas são componentes do clima influenciados pelas diferenças de aquecimento entre a superfície da terra e a atmosfera. As alterações de uso da terra, especialmente o desmatamento, alteram as relações entre solo-planta-atmosfera, provocando o aquecimento da atmosfera inferior. A queima de combustíveis fósseis, por sua vez, afeta a composição da mesma.

O Efeito Estufa é consequência da poluição do ar e o resultado é o aumento da temperatura média do planeta. Já é evidência comprovada que o aumento da temperatura da Terra está afetando as geleiras nos polos e as neves eternas nas grandes montanhas. Com o maior derretimento desse gelo, menos neve é acumulada, especialmente nos polos, e mais água entra no respectivo ciclo. O ciclo da água é fechado, ou seja, ela sempre estará estocada em um dos seus três estados (reservatórios): sólido, líquido ou gasoso. Se um dos “reservatórios”, no caso o sólido (gelo), transferir quantidades significativas de água para o líquido, e como a tendência é de equilíbrio, a evaporação também aumentará e mais água no estado de vapor existirá na atmosfera. Embora os climatologistas ainda estejam discutindo o problema do Efeito Estufa e suas consequências, a percepção é de os eventos climáticos catastróficos aumentaram em número e em intensidade.

No que se refere ao ar que respiramos, a quantidade e a qualidade do material presente determina se o mesmo está impróprio ou não para a saúde. O nível de poluição é medido pela quantidade de material poluente presente. De acordo com a CETESB (2012), inicialmente os poluentes podem ser divididos em duas categorias:

a) Poluentes primários - São aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão;

b) Poluentes secundários - São formados na atmosfera através de reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera. Os poluentes são discriminados em:

. Compostos de enxofre - Dióxido de enxofre (SO<sup>2</sup>), Trióxido de enxofre (SO<sup>3</sup>);

. Compostos de enxofre reduzido - Gás sulfídrico (H<sup>2</sup>S), Mercaptanas, Dissulfeto de carbono (CS<sup>2</sup>), Sulfatos;

. Compostos de nitrogênio - Monóxido de nitrogênio (NO), Dióxido de nitrogênio ou Óxido nítrico (NO<sup>2</sup>), Amônia (NH<sup>3</sup>), Ácido nítrico (HNO<sup>3</sup>), Nitratos;

. Compostos orgânicos: Hidrocarbonetos, Álcoois, Aldeídos, Cetonas, Ácidos orgânicos;

. Monóxido de carbono (CO);

. Compostos halogenados: Haletos ou halogenetos com átomos de iodo (HCl), Fluoreto de hidrogênio ou gás fluorídrico (HF), Cloretos, Fluoretos;

. Material particulado: Mistura de compostos no estado sólido ou líquido;

. Ozônio: (O<sup>3</sup>).

Os compostos anteriores são nocivos à saúde, tanto como poluentes primários como secundários. Cubatão foi considerada pela ONU, no início da década de 1980, como a cidade mais poluída do mundo. A partir de 1983, um sólido programa de controle ambiental foi implantado e a poluição chegou a níveis aceitáveis uma década depois. No entanto, ainda hoje passivos ambientais, especialmente em relação ao solo, ainda existem. Um dos problemas mais visíveis da poluição foi a degradação da Mata Atlântica, devido à chuva ácida. O SO<sup>3</sup> liberado na atmosfera reagia com a umidade

dando origem ao ácido sulfúrico que, embora altamente diluído, provocava danos à vegetação pela constância com que era precipitado.

Outro caso interessante é a chuva ácida provocada por ácido fluorídrico na região de Rio Claro-SP, problema ainda não totalmente solucionado. No final da década de 1990, os agricultores vizinhos ao polo cerâmico da Santa Gertrudes – SP começaram a notar que algumas de suas lavouras estavam sendo afetadas de algum modo, com queda ou perda de produção. Ao acionarem a Casa da Agricultura de Cordeirópolis – SP deram início a um amplo processo investigativo, que se iniciou com a análise das espécies vegetais afetadas. Logo se constatou que a contaminação era ocasionada pelo fluor, proveniente da argila utilizada na produção cerâmica, conforme relataram Azevedo et al (1993), Poli (2002) e Ferrari (2003). No processo de queima, o fluoreto (HF) presente na massa cerâmica evapora e é liberado na atmosfera. Em contato com a umidade do ar, o fluoreto se transforma em ácido fluorídrico, que ao precipitar provoca danos às plantas.

Fahl (2003), por sua vez, espacializou o problema ao examinar amostras coletadas concentricamente e a intervalos regulares, a partir de um ponto focal na cidade de Cordeirópolis. Utilizou como amostras duas dicotiledôneas (café e citrus) e duas monocotiledôneas (cana-de-açúcar e capim-colonião). Feitas as análises, os resultados foram registrados numa base cartográfica. A autora concluiu que:

- a) Há evidências concretas de danos por chuva ácida às culturas analisadas;
- b) Quanto mais próximo ao ponto focal de referência, para coleta de amostras, maior era a contaminação;
- c) A pluma de poluição foi compatível com a direção dos ventos predominantes, se estendendo por até 40 km.

Em estudo detalhado, Fonseca (2007) coletou amostras dos gases emitidos por diversas indústrias na região. Após análises laboratoriais, ficou constatado que as amostras analisadas apresentaram valores superiores ao permitido pela legislação para o caso do flúor. Neste caso, 61,5% das empresas monitoradas apresentaram valores de emissão acima do permitido (5,0 mg/m<sup>3</sup>). Adicionalmente, altas concentrações de elementos como o cromo, níquel e chumbo foram também encontradas nas amostras e em valores superiores ao permitido pela legislação.

Vale a pena comentar ainda que tanto Rio Claro como Santa Gertrudes, cidades vizinhas, apresentam alto grau de poluição atmosférica por poeira e fuligem. Em 2013, a estação de monitoramento da CETESB, chegou a medir em Rio Claro 233 µg/m<sup>3</sup> e, em Santa Gertrudes, 193 µg/m<sup>3</sup> de poeira e fuligem. De acordo com a OMS – Organização Mundial de Saúde, o limite permissível é de 120 µg/m<sup>3</sup>, enquanto o padrão estabelecido pelo CONAMA é de 50 µg/m<sup>3</sup>.

Na região, o material particulado tem duas origens principais:

- a) A produção cerâmica, especialmente na secagem da argila a céu aberto;
- b) O transporte da argila das jazidas para a pré-secagem em estradas não pavimentadas e da pré-secagem para as indústrias. São 3.000 caminhões diários trafegando em 40 km de estradas.

Adicionalmente, no período mais seco do ano, quando a poeira normalmente aumenta, acontece a safra da cana-de-açúcar (maio a outubro/novembro), com o tráfego constante de caminhões transportando a colheita para as usinas.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, C. M. A.; DINIZ, K. M.; PRADELLA, D. Z. A. **Contaminação da vegetação por fluoretos em Cordeirópolis-SP**, São Paulo: CETESB, 1993.

BRUM, I. A. S. **Recuperação de áreas degradadas por mineração**. 2000. 22 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria)-Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CANTAGALLO, C.; CUNHA, F. P.; RICARDO, J.; BUENO, J.; ZAMPIERI, M. R. **Projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo em Aterro de Rio Claro, SP: Projeto Recuperar**. Rio Claro, SP: Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente. IGCE-UNESP, 2007.

CEAPLA – Centro de Análise e Planejamento Ambiental. **Geologia da bacia do rio Corumbataí**. Disponível em: <<http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/>>. Acesso em: 10 set. 2012.

COELHO, H. M. G. **Aproveitamento energético do lixo urbano e resíduos industriais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2008.

COLTURATO, S. C. O. **Avaliação da recuperação das áreas degradadas pela mineração de argila na região do arranjo produtivo local de Santa Gertrudes, SP**. 2007. 225 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução 357**. Brasília-DF, MMA, 23 p. 2005.

CORVALÁN, S.B.; GARCIA, G.J. **Mapeamento e uso inadequado de áreas de preservação permanente. Estudo de caso: APA Corumbataí (SP) – Brasil**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XV, Curitiba-PR, 2011, INPE, p. 6924-6931.

EVANS, J.; PERLMAN, H. **O ciclo da água**. Disponível em: <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html>>. Acesso em: 26 jul. 2012.

FAHL, I. A. F. **Caracterização geográfica da dispersão do flúor, através de teores foliares, em espécies vegetais de interesse econômico, a partir do pólo cerâmico de Santa Gertrudes – SP**. 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Manual de saneamento e proteção ambiental dos municípios**. Belo Horizonte:Fundação de Meio ambiente do Estado de Minas Gerais, 1995. v. 2.

FERRARI, I. A. F; FIGUEIREDO FILHO, P.; ROVERI, C. Determinação das emissões de fluoreto durante a queima de amostras de massas cerâmicas. **Cerâmica**

**Industrial**, São Paulo, v. 8, p. 7-11, 2003.

FONSECA, R. J. **Monitoramento e avaliação da emissão de dutos e fontes estacionárias de indústrias cerâmicas por meio de método potenciométrico e fluorescência de raios X**. 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)– Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

GARCIA, G.J.; SOUTO, J.J. Identificação e mapeamento de áreas de desertificação sob clima úmido no Brasil. **Geociências**. 8: 68-78, 1989.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Quarto curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: IPT: SDECT, 1993

JABOR, M. **Aspectos contábeis e jurídicos do passivo ambiental**. Disponível em: <[http://www.ethos.org.br/ Uniethos/Documents/Aspectos%20Cont%C3%A1beis%20e%20Jur%C3%ADdicos%20do%20Passivo%20Ambiental.pdf](http://www.ethos.org.br/Uniethos/Documents/Aspectos%20Cont%C3%A1beis%20e%20Jur%C3%ADdicos%20do%20Passivo%20Ambiental.pdf)>. Acesso em 15 out. 2012.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CLEVELÁRIO JÚNIOR, J. **Análise dos impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados ao esgotamento sanitário inadequado nos municípios brasileiros com mais de 300.000 habitantes**. Disponível em: <[http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/drsai/estudo\\_completo.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/drsai/estudo_completo.pdf) >. Acesso em: 15 ago. 2012.

MA – Ministério da Agricultura. **Aptidão agrícola das terras do rio grande do sul**. Brasília: MA, 1983. v.1.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. **Mecanismo de desenvolvimento limpo**. Disponível em: <[http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/busca.php?busca\\_site=true&palavra\\_chave=mdl](http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/busca.php?busca_site=true&palavra_chave=mdl)>. Acesso em: 19 jan. 2012.

PASSETO, W. **Esgoto é vida**. Disponível em: <[http://www.esgotoevida.org.br/download/dossie\\_saneamento.pdf](http://www.esgotoevida.org.br/download/dossie_saneamento.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2012.

POLI, M. C. **Avaliação de fluoretos na região de Santa Gertrudes-SP**. São Paulo: CETESB, 2002. 42 p.

SANCHEZ, L. E. Danos e passivo ambiental. In: PHILIPPI, A; ALVES, A. (Org.). **Curso interdisciplinar de direito ambiental**. Barueri: Manole. 2005, p. 261-293.

SMA – Secretaria do Meio Ambiente. **APA Corumbataí - Botucatu – Tejuapé**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/apas/corumbatai.htm>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Ranking do saneamento para cidades com mais de 300.000.000 habitantes**. Disponível em:

<<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

SOUTO, J. J. **Deserto, uma ameaça?** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1985, 169 p.

UN - UNITED NATIONS. **Kyoto Protocol**. Disponível em: <[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)>. Acesso em: 19 jan. 2013.

## **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

A poluição atmosférica como problema ambiental. Disponível em: <<http://www.rudzerhost.com/ambiente/introducao.htm>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

ARAGUAIA, M. **Poluição**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/biologia/poluicao.htm>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

BRANCO, S. M. **Poluição do ar**. São Paulo: Moderna, 2005.

CUSTÓDIO, H. B. **Responsabilidade civil por danos ao meio ambiente**. Campinas: Millennium, 2006. 838 p.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: EPUSP, 1980.

GOMES, J. **Poluição atmosférica**. São Paulo: Publindústria, 2001.

MACHADO, I. F. **Recursos minerais: política e sociedade**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989, 410 p.

MAGOSSI, L. R. **Poluição das águas**. São Paulo: Moderna, 2003.

MURUYAMA, S. **Aquecimento global?** São Paulo: Of. de Textos, 2009, 125 p.

PELLACANI, C. R. **Poluição das águas doces superficiais e responsabilidade civil**. Curitiba: Jurua, 2005.

POLUIÇÃO da água subterrânea. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/poluicao.htm>>. Acesso em 30 ago. 2013.

SHIVA, V. **Guerras por água: privatização, poluição e lucro**. São Paulo: Radical Livros, 2006.

TANNO, L. C.; SINONI, A. **Mineração e município**. São Paulo: IPT, 1995, 177 p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**. São Carlos: RiMa. 2003, 247 p.

WALNNER-KERSANACH, M. **Poluição marinha**. São Paulo: Interciência, 2008.

### **III - CARTOGRAFIA**



### III - CARTOGRAFIA

#### 1. Introdução

Cartografia vem do grego *chartis* (mapa) e *graphein* (escrita) e trata da concepção, produção, difusão, utilização e estudo de mapas. Foi nos séculos XV e XVI, período das Grandes Navegações e dos consequentes descobrimentos marítimos, que a cartografia passou por grande evolução. Um exemplo de mapa antigo seria o Mapa de Bedolina (Figura III.01), inscrição rupestre descoberta no norte da Itália, no vale do rio Pó. Viviam no local, há cerca de 2400 anos AC, os Camônios, um povo agrícola. Por isso mesmo, o mapa representa sua organização social e as atividades agropastoris, conforme aparece em <https://www.pinterest.com/pin/105412447500930108/>.



Figura III.01a – Desenho original do mapa de Bedolina, gravado nas rochas de Valcamonica-Lombardia, Itália

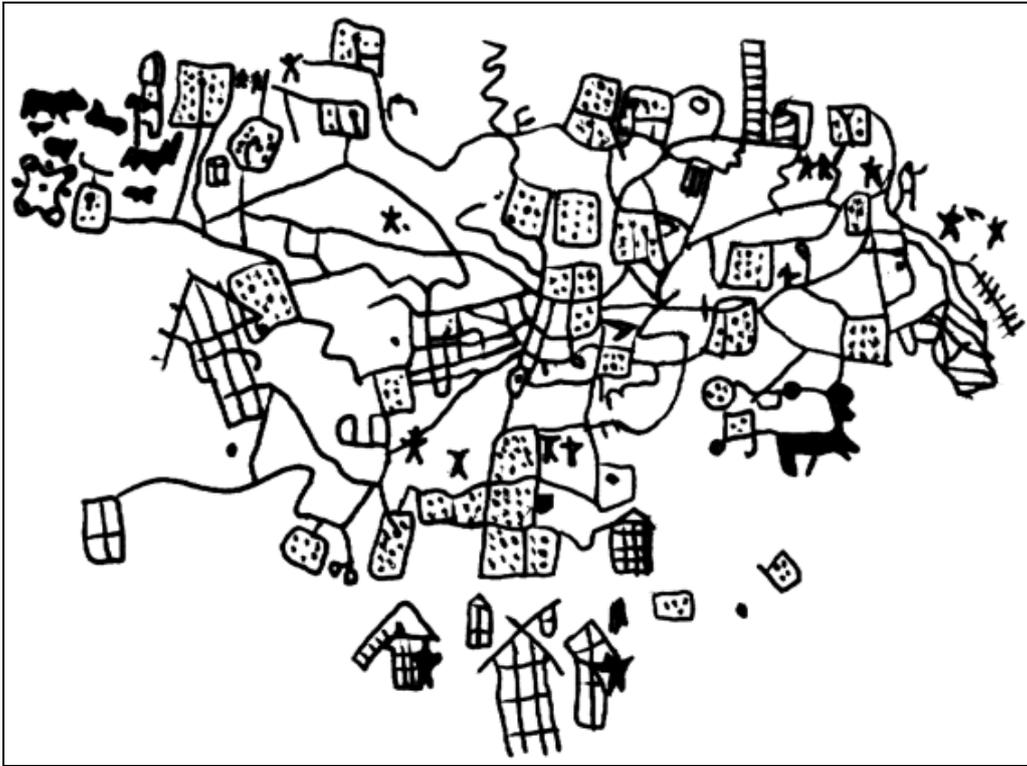


Figura III.01b – Desenho do mapa original

No final da Idade Média, o conhecimento cartográfico existente foi recuperado e reativado, atingindo sua maior expressão na época das Grandes Navegações, dando início à Idade Moderna. A partir do século XIII, os mapas ou cartas de navegação tornaram-se mais precisos. A bússola foi o instrumento que permitiu melhorar a qualidade dessas cartas, já que foi possível a demarcação das direções dos locais conhecidos a partir de um ponto de referência. A invenção do astrolábio, instrumento que indicava a inclinação do Sol, permitiu a determinação da posição de uma embarcação em relação à linha do Equador.

A Figura III.02 mostra um portulano típico do século XVII. O portulano era elaborado a partir de uma rosa dos ventos central de onde partiam linhas (direções) que se cruzavam com outras linhas que partiam de rosas auxiliares, permitindo ao navegador o cálculo grosseiro de rotas de navegação, utilizando-se de uma bússola.



Figura III.02 - Carta Atlântica e do Pacífico Oriental de João Teixeira Albernaz - 1681  
Fonte: <http://www.serqueira.com.br/mapas/portol2.htm>

Foi a partir do século XVII que os países começaram, efetivamente, a levar em conta a necessidade de maior rigor científico nos mapas. A partir de então, a cartografia se desenvolveu rapidamente, especialmente por ser uma ferramenta intimamente associada à economia dos países desenvolvidos da época. Hoje, o “estado da arte” no estudo da superfície terrestre está na utilização do GPS – Sistema de Posicionamento Global, juntamente com a utilização de imagens orbitais de alta resolução.

## 2. Mapas e Cartas

São características de um mapa: Representação gráfica numa superfície plana; Escala geralmente pequena; Área com aspectos naturais ou limites político-administrativos da superfície terrestre. No caso de uma carta, as características principais são: Representação gráfica numa superfície plana; Escala de média a grande; Área com aspectos naturais ou construídos da superfície terrestre; Possibilidade de medições precisas de distâncias, direções e áreas.

### 2.1. Tipos de Mapas e Cartas

Há uma grande variedade de mapas e cartas, mas os tipos principais são:

a) Geral - São documentos de uso geral e sem fins específicos. Podem ser cadastrais, topográficos e geográficos. Um exemplo aparece na Figura III.03.

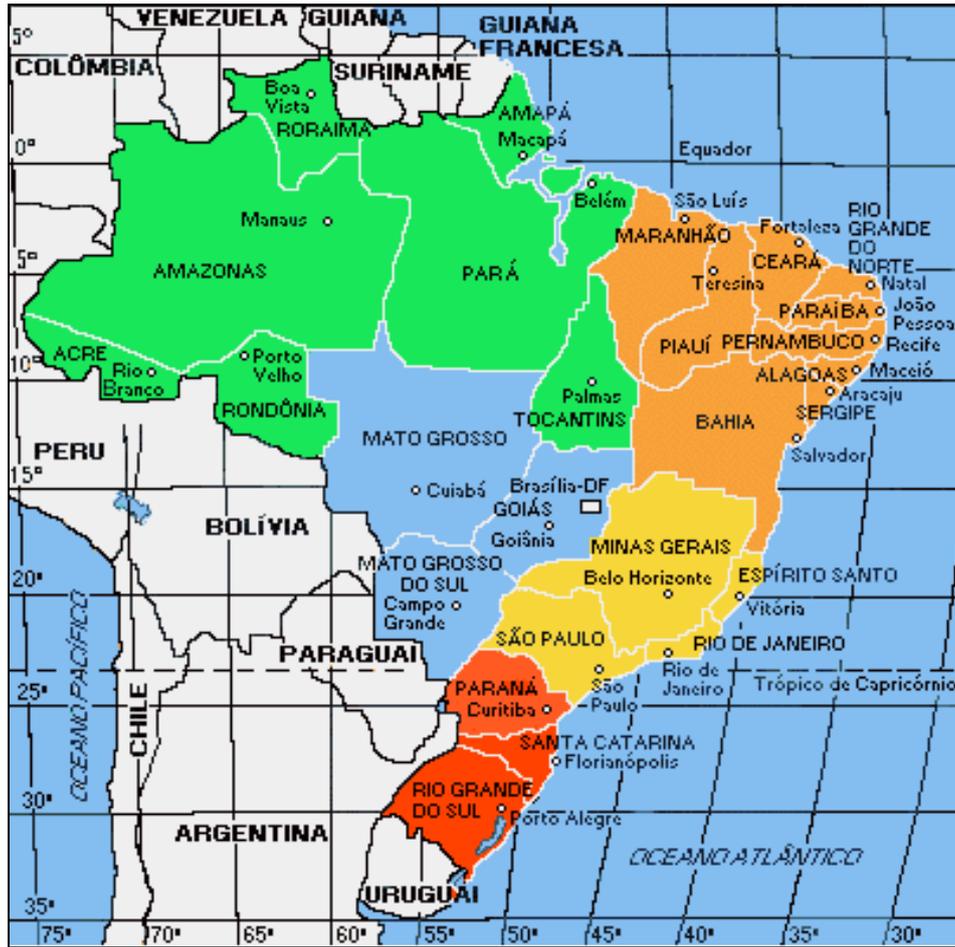


Figura III.03 – Exemplo de Mapa Geral - Mapa político do Brasil e sua inserção na América do Sul

Fonte: <http://noss2geografia.blogspot.com.br/2012/01/mapas.html>

b) Temáticos - São documentos em qualquer escala, com foco num fim específico: políticos, econômicos, geológicos, pedológicos, etc. A Figura III.04 mostra um mapa com a hidrografia principal do Estado de São Paulo.

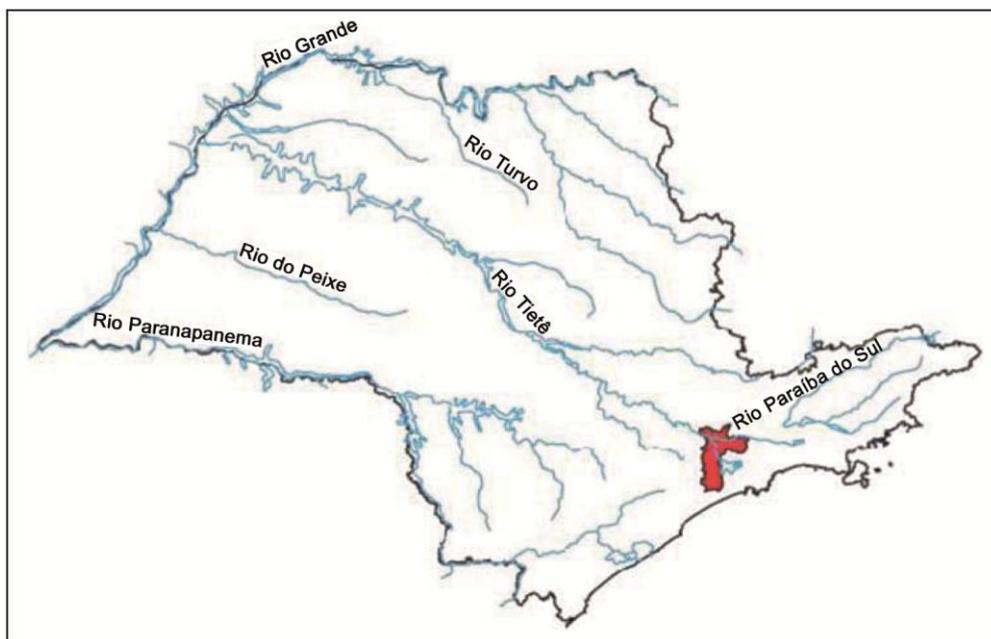


Figura III.04 – Hidrografia principal do Estado de São Paulo  
 Fonte: <http://www.sp-turismo.com/dados.htm>

c) Especiais: São mapas e cartas destinados a atender a grupos de usuários bem específicos, como náuticos e aeronáuticos, magnéticos, astronômicos, etc. A Figura III.05 refere-se ao mapa turístico de Campos do Jordão, no Estado de São Paulo.



Figura III.05 – Mapa turístico de Campos do Jordão - SP.  
 Fonte: <http://mapasblog.blogspot.com.br/2014/08/mapas-de-campos-do-jordao-sp.html>

## 2.2. Escala

Escala corresponde à relação constante entre uma distância medida no terreno e a sua representação no papel. A escala, então, pode ser representada pela relação  $E=d/D$ , onde **d** é a distância no papel e **D** a distância no terreno.

Ex.1: Para uma distância de 10 cm na planta têm-se 50 m (5.000 cm) no terreno. Então,  $E=10/5.000$  cm ou  $1/500$ , que pode ser representada também como  $1:500$ .

Ex.2: Para um mapa com escala  $1:500$ , a distância entre dois pontos A e B (d) na planta foi de 21 cm. Qual a distância no terreno? Ainda com a relação  $E=d/D$ , tem-se:  $1/500=21/x$  ou  $10.500$  cm = 105 m.

A representação anterior é chamada de escala numérica. A outra forma de representação é a chamada escala gráfica, quando várias distâncias do terreno são representadas numa linha reta graduada. A Figura III.06 refere-se a algumas escalas gráficas. Se um mapa apresentar a escala gráfica correspondente a  $1:100.000$ , bastaria medir com uma régua a distância de a 0 a 2.000 m que o resultado deveria ser 2,0 cm. Ou seja, 2,0 cm no mapa correspondem a 2.000 m no terreno, que é a mesma coisa que  $2$  cm = 200.000 cm ou  $1:100.000$ . A grande vantagem da escala gráfica é o fato muito comum de se encontrarem mapas/cartas que foram ampliados ou reduzidos. A escala numérica não identifica estas mudanças, mas a escala gráfica sim, já que acompanha as mudanças no tamanho do documento.

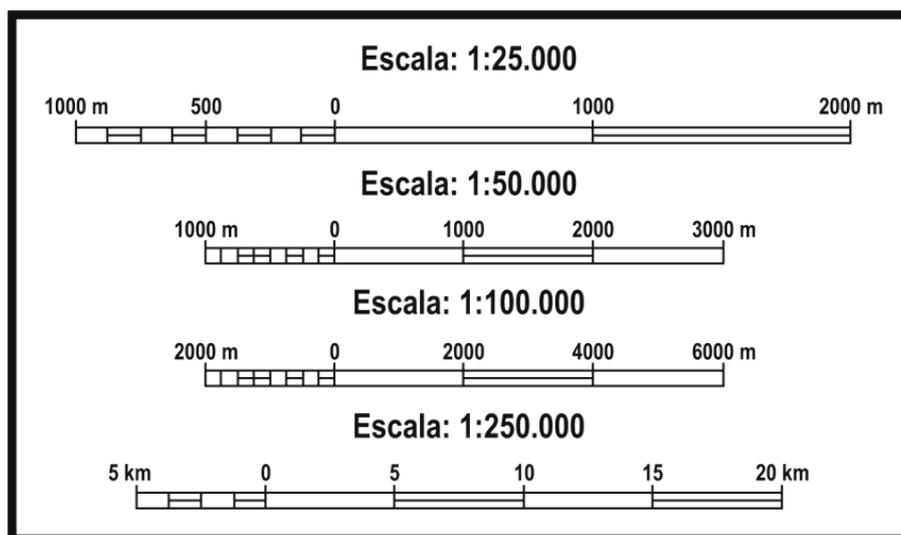


Figura III.06 – Exemplos de escalas gráficas

Fonte: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br>

Na elaboração de um mapa temático, por exemplo, há sempre que se considerar a escala de trabalho, de modo que os objetos a serem mapeados sejam observáveis e mensuráveis. Quanto maior o detalhamento de um mapa, maior terá que ser a escala, de modo que ele seja útil aos usuários. Uma planta cadastral municipal, onde até o tamanho dos lotes nos quarteirões precisa estar desenhado, deverá apresentar uma escala grande, ou seja, algo entre  $1:1.000$  e  $1:5.000$ . No primeiro caso, 1,0 mm na planta representa 1,0 m no terreno e, no segundo caso, 1,0 mm na planta será igual a 5,0 m no terreno.

Após definição dos objetivos, um mapa poderá ser elaborado na forma analógica ou, diretamente, no formato digital. Em qualquer dos casos, o produto final será sempre digital, podendo ser impresso (formato analógico) quando necessário. O formato digital do mapa poderá ser no modo *raster* ou vetorial, assunto que será detalhado no capítulo VIII.

### 2.3. Orientação e Localização

Da mesma forma que a escala, um mapa só será completo se permitir que o usuário possa se posicionar no espaço, o qual é representado pelo documento. A questão do posicionamento é questão chave na Cartografia.

a) Pontos Cardeais: A orientação é dada por pontos de referência chamados de pontos cardeais. O sistema é representado pela Figura III.07;

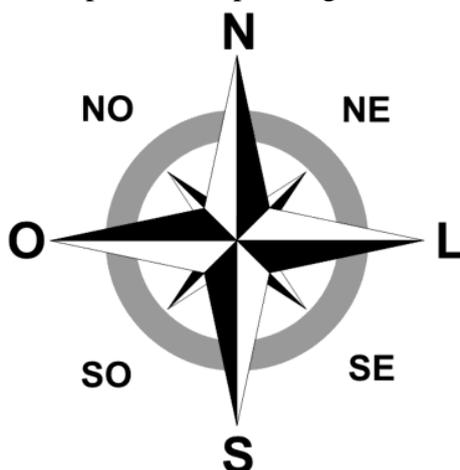


Figura III.07 - Representação gráfica dos pontos cardeais (Rosa dos Ventos)

Fonte: <http://matematicaef2.blogspot.com.br/2011/03/rosa-dos-ventos.html>

Pela Figura III.07, são pontos cardeais: N = Norte; S = Sul; E (ou L) = Leste; W (ou O) = Oeste, perfazendo quatro quadrantes, cada um com 90°. São pontos colaterais aqueles intermediários entre dois pontos cardeais: NE = Nordeste; SE = Sudeste; SW = Sudoeste; NW = Noroeste, totalizando oito subquadrantes, cada um com 45°.

A orientação pode ser calculada pelo Sol – Movimento aparente do sol; pelas Estrelas – Além do Sol, outras estrelas podem ser utilizadas; pela Bússola – Princípio físico do magnetismo terrestre. A agulha imantada sempre apontará para o polo norte magnético (NM).

b) Paralelos e Meridianos - Paralelos são círculos horizontais que representam distâncias na superfície terrestre, ao Norte e ao sul da Linha do Equador. Apenas aquele correspondente à Linha do Equador é um círculo máximo (0°), os outros vão diminuindo de tamanho à medida que vão se afastando do equador, até se transformarem num ponto (90°), em cada polo. Os meridianos são círculos máximos que cortam a Terra de polo a polo, em duas partes iguais. Todos os meridianos encontram-se nos polos;

c) Latitude e Longitude - Latitude e longitude relacionam-se com paralelos e

meridianos. A latitude e a longitude permitem a localização geográfica de um objeto num mapa. A latitude é expressa em graus acima (Latitude Norte) e abaixo (Latitude Sul) da Linha do Equador, conforme mostra a Figura III.08. A longitude é definida a Leste (à direita) e a Oeste (à esquerda), tendo como origem o Observatório de Greenwich, na Inglaterra (figura III.09);

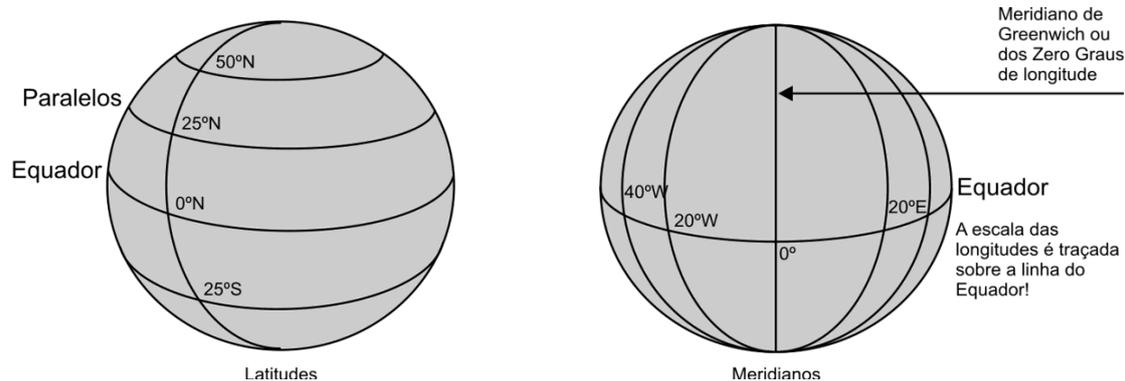


Fig. III.08 - Representação da latitude      Figura III.09 - Representação da Longitude  
 Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo7/loabsoluta.htm>

d) Coordenadas Geográficas - É o sistema mais antigo de orientação. Nele, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um meridiano com um paralelo, significando que suas coordenadas são a latitude e a longitude. A cidade de Rio Claro, no Estado de São Paulo, apresenta as seguintes coordenadas geográficas, a partir de <http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=sp&cityid=5219>:

22° 24' 41'' Lat S ou - 22° 24' 41'' (abaixo da Linha do Equador com sinal -)

47° 33' 41'' Long W (Oeste) ou - 47° 33' 41'' (à esquerda de Greenwich com sinal -)

Uma coisa é a obtenção das coordenadas geográficas em um site específico, como as coordenadas de Rio Claro, outra é a determinação das coordenadas de um ponto em um mapa, a partir de coordenadas de referência, o que implica em alguns cálculos de interpolação;

e) Coordenadas UTM - A maioria das cartas de média a grande escalas apresentam, além das coordenadas geográficas, as coordenadas UTM;

f) Definições - O sistema de coordenadas geodésicas ou o UTM permite o posicionamento de qualquer ponto sobre a superfície da Terra. No entanto, é comum a demarcação do posicionamento relativo de um ponto ou direção, a partir de alguns vetores (Figura III.10):

- . Norte Verdadeiro (NV)- Norte verdadeiro é a direção tomada à superfície da Terra que aponta para o Polo Norte geográfico.

- . Norte Magnético (NM)- Com direção tangente à linha de força do campo magnético, passante pelo ponto e apontado para o Polo Norte Magnético.

- . Norte da Quadrícula (NQ)- Com direção paralela ao eixo N (que coincide com o Meridiano Central do fuso) do Sistema de Projeção UTM no ponto considerado e apontado para o Norte, ou seja, sentido positivo de N.

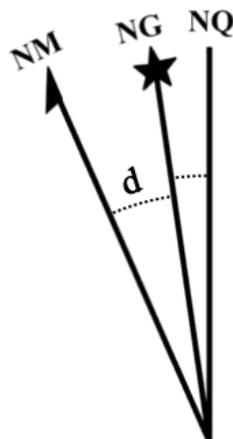


Figura III.10 - Representação do NV, NM, NQ e d

. Declinação Magnética (d) - É o ângulo formado entre os vetores Norte Verdadeiro (NV) e o Norte Magnético (NM) associado a um ponto. Essa diferença pode aumentar até certo limite para Oeste e retroceder em seguida para Leste. Isto quer dizer que o rumo lido para uma determinada direção, numa localidade e data, varia com o tempo. Por isso, quando se têm rumos magnéticos lidos em épocas distantes e há a necessidade de se restabelecerem os alinhamentos e ângulos marcados no passado, é necessário reconstituí-los para os dias de hoje, o que é chamado de *avivantação de rumos*. No Brasil, as observações mais antigas datam de 1770, em Cabo Frio – RJ, como mostra a Figura III.11.

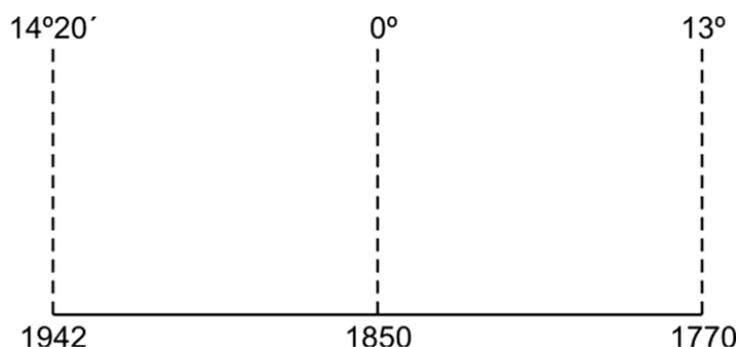


Figura III.11 – Variação da declinação magnética no Brasil

A declinação magnética não é igual para todos os pontos da Terra e nem é constante em um mesmo lugar. As variações podem ser diárias, mensais, anuais e seculares. As linhas que unem pontos de mesma variação anual de declinação são chamadas de curvas isopóricas. As linhas que ligam pontos de mesma declinação são chamadas de isogônicas. As cartas isogônicas permitem determinar a declinação magnética para certa localidade, desde que se conheçam as respectivas latitude e longitude. A Figura III.12 mostra a carta magnética ou isogônica, fornecida pelo Observatório Nacional do Rio de Janeiro e pode ser obtida em [http://www.on.br/conteudo/servicos/imagens/Mapa\\_dec.jpg](http://www.on.br/conteudo/servicos/imagens/Mapa_dec.jpg). Caso um usuário necessite da declinação magnética local, basta acessar <http://www.on.br/conteudo/modelo.php?endereco=servicos/servicos.html> e fornecer os dados locais.

Alguns exercícios de aviventação de rumos aparecem no capítulo dedicado à Topografia

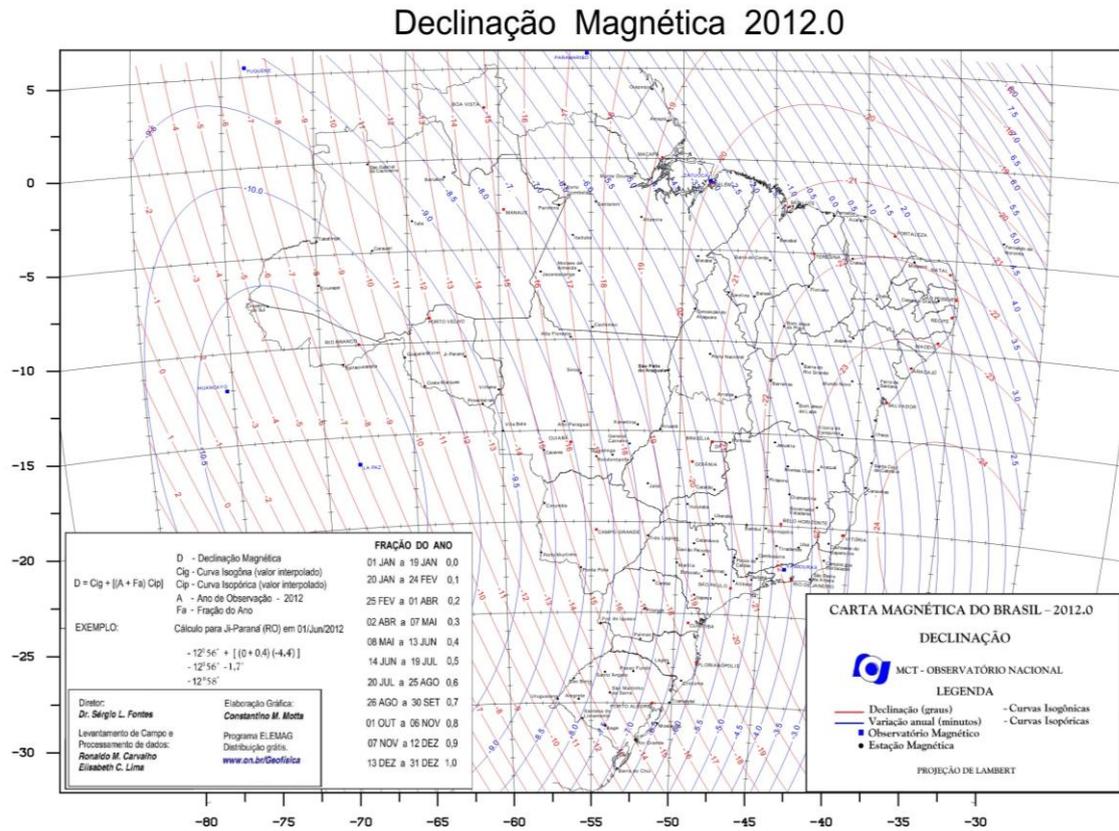


Figura III.12 – Carta Magnética do Brasil

. Rumor - É o menor ângulo que uma direção faz com a Direção Norte- Sul. Após o valor do rumor, deve ser indicado o quadrante geográfico a que o mesmo pertence, ou seja: NO, NE, SO ou SE (Figura III.13).

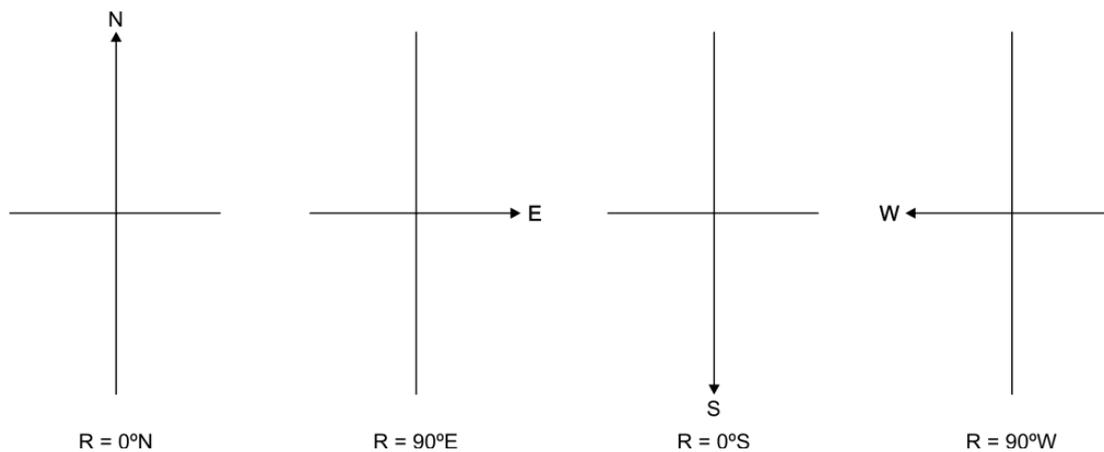
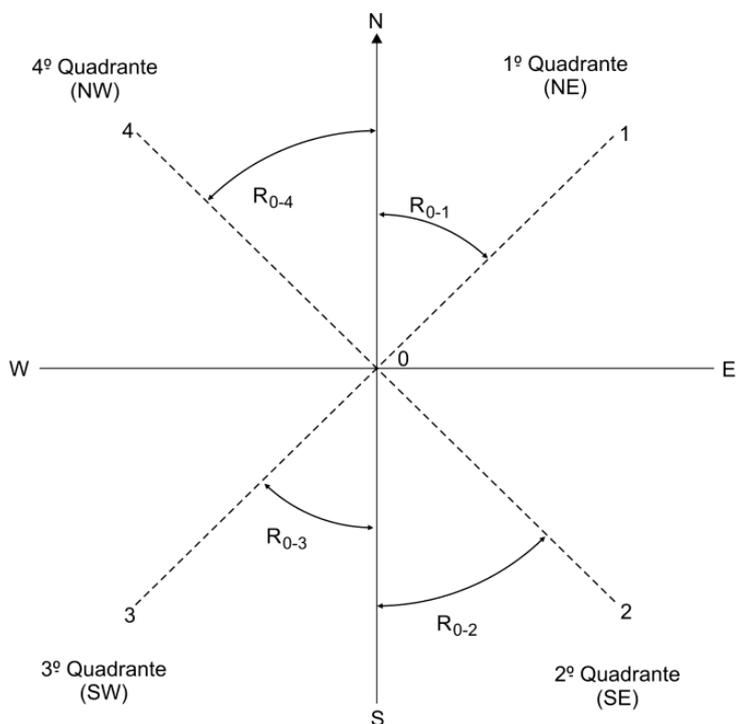


Figura III.13 – Representação Gráfica de Rumor

. Azimute - É o ângulo formado entre a direção Norte-Sul e a direção considerada, contado a partir do Polo Norte, no sentido horário. O Azimute varia de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  (Figura III.14).

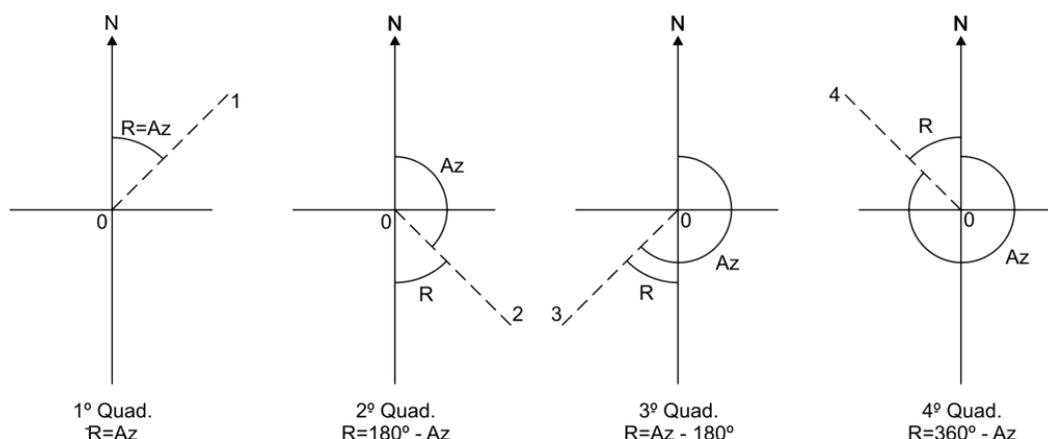


Figura III.14 – Representação gráfica de azimute

. Convergência Meridiana Plana ( $g$ ) - É o ângulo formado entre os vetores Norte Verdadeiro e o Norte da Quadrícula associado a um ponto. No sistema UTM, a Convergência Meridiana Plana cresce com a latitude e com o afastamento do Meridiano Central (MC). No hemisfério Norte ela é positiva a Este do MC e negativa a Oeste do MC. No hemisfério Sul ela é negativa a Este do MC e positiva a Oeste do MC.

g) Fuso Horário - Vale a pena comentar, ainda nesta seção, o que representam os *fusos horários*. Um fuso horário refere-se à área compreendida entre dois meridianos. Dentro desta área, a hora será a mesma em qualquer ponto, tendo como referência um meridiano de origem. Como o círculo terrestre tem  $360^\circ$  e o movimento de rotação da Terra é feito em 24 horas, cada fuso horário tem  $15^\circ$  de longitude ( $360/24=15$ ), significando que cada hora terrestre está situada num intervalo de  $15^\circ$ . Os fusos horários têm como referência o Meridiano de Greenwich. Em razão do movimento da Terra, do ocidente para o oriente, de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  para leste as horas aumentam e de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  a oeste as horas diminuem. A marca de  $180^\circ$  corresponde à Linha de Mudança de Data. A Figura III.15 mostra a separação dos fusos horários em UTCs\*, no território brasileiro, cujas descrições são as seguintes:.

**UTC -2:** Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo, Trindade, Martim Vaz e Atol das Rocas;

**UTC -3 (horário de Brasília):** Distrito Federal, regiões Nordeste, Sudeste e Sul; estados do Amapá, Pará, Tocantins e Goiás;

**UTC -4:** Roraima, dois terços do estado do Amazonas, Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul;

**UTC -5:** Estado do Acre, e treze municípios no oeste do estado do Amazonas: Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Boca do Acre, Eirunepé, Envira, Guajará, Ipixuna, Itamarati, Jutaí, Lábrea, Pauini, São Paulo de Olivença e Tabatinga.

\* UTC = Universal Time Coordinated (Tempo Universal Coordenado) = Tempo civil

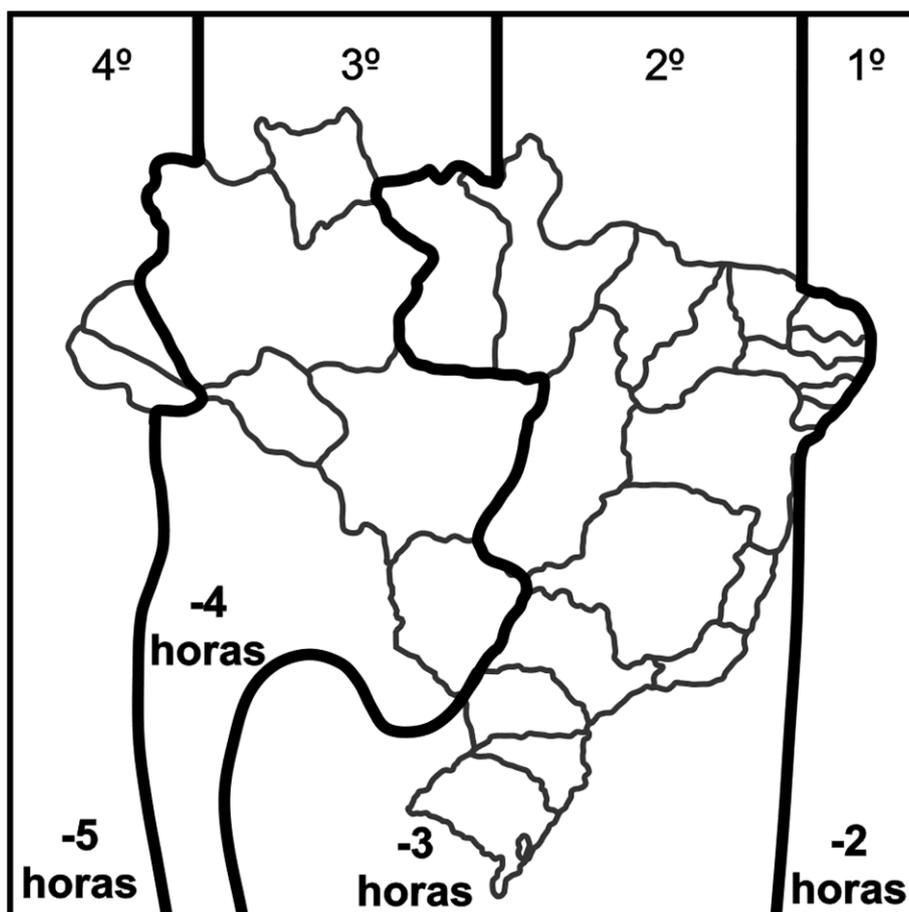


Figura III.15 – Distribuição dos fusos horários no território brasileiro

Fonte: Adaptado de [http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id\\_area=65](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=65)

## 2.4. Projeções Cartográficas

O globo geográfico é a representação esferoidal da Terra e um mapa é a respectiva representação plana. O maior problema da Cartografia é transferir tudo que ocorre numa superfície curva (Terra) para uma superfície plana (mapa). As projeções cartográficas são técnicas de representação da superfície terrestre em mapas, mas com imperfeições, ajudando os especialistas a minimizar os problemas ocasionados pelo arredondamento. Várias técnicas (sistemas de projeções cartográficas) são adotadas para se obterem as melhores correspondências entre um ponto na superfície do terreno e a respectiva correspondência no mapa. Tais sistemas são classificados quanto ao tipo de superfície adotada e pelo grau de deformação da superfície. As projeções cartográficas podem ser classificadas pelas características seguintes:

### 2.4.1. Classificação das Projeções Cartográficas

- a) Quanto ao Método
  - a.1) Geométricas - Baseiam-se em princípios geométricos projetivos, que podem ser obtidos pela interseção de um feixe de retas sobre a superfície de projeção;
  - a.2) Analíticas - Baseiam-se em formulações matemáticas.

- b) Quanto à Superfície de Projeção

b.1) Azimutais - Este tipo de superfície pode assumir três posições básicas em relação à superfície de referência: polar, equatorial e oblíqua. É a projeção da superfície terrestre sobre um plano a partir de um determinado ponto (ponto de vista). Também chamadas planas ou zenitais, essas projeções deformam áreas distantes desse ponto de vista central. São bastante usadas para representar as áreas polares;

b.2) Cônicas - A superfície de projeção é o cone e pode ser desenvolvida em um plano sem que haja distorções. É a projeção do globo terrestre sobre um cone, que posteriormente é planificado. São mais usadas para representar as latitudes médias, pois apenas as áreas próximas ao Equador aparecem retas;

b.3) Cilíndricas - A superfície de projeção que utiliza o cilindro pode também ser desenvolvida em um plano. Consiste na projeção dos paralelos e meridianos sobre um cilindro envolvente, que é posteriormente desenvolvido (planificado). Uma das projeções cilíndricas mais utilizadas é a de Mercator, com uma visão do planeta centrada na Europa.

A Figura III.16 mostra a representação das três superfícies mais comuns e quando desenvolvidas (“abertas”).

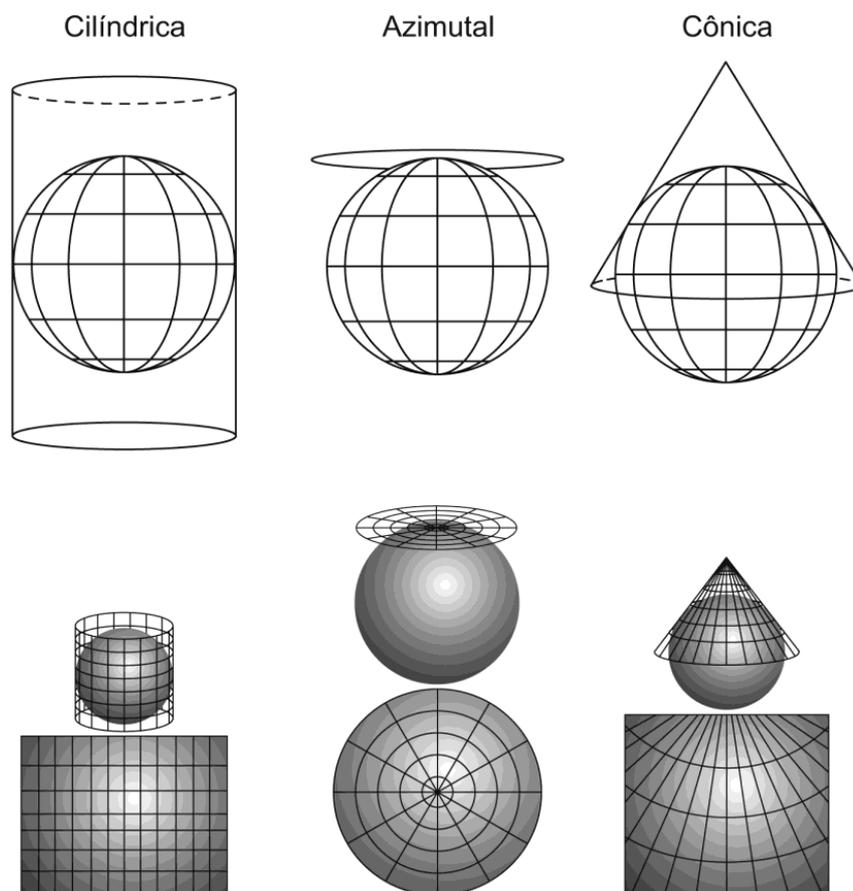


Figura III.16 – Superfícies de projeção mais comuns e quando desenvolvidas

Fonte: Adaptado de

[http://docs.qgis.org/2.0/pt\\_PT/docs/gentle\\_gis\\_introduction/coordinate\\_reference\\_systems.html](http://docs.qgis.org/2.0/pt_PT/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html)

c) Quanto às Propriedades

Diante da impossibilidade de se desenvolver uma superfície esférica ou elipsóidica sobre um plano, sem que ocorram deformações, torna-se necessário

desenvolver projeções que permitam diminuir ou eliminar parte das deformações conforme a aplicação desejada. Podem-se destacar:

c.1) Equidistantes - Não apresentam deformações lineares para algumas linhas em especial, ou seja, os comprimentos são representados em escala uniforme;

c.2) Conformes - Representam, sem deformação, todos os ângulos em torno de quaisquer pontos, além de não deformarem pequenas regiões;

c.3) Equivalentes - Não alteram as áreas e conservam uma relação constante com as áreas correspondentes na superfície da Terra;

c.4) Afiláticas - Não possuem nenhuma das propriedades dos outros tipos anteriores. No entanto, podem possuir uma ou outra propriedade que interesse ao usuário num certo momento.

d) Quanto ao Tipo de Contato

d.1) - Tangentes: A superfície de projeção é tangente à de referência;

d.2) - Secantes: A superfície de projeção é secante à de referência.

#### 2.4.2. Características das Projeções Mais Comuns

a) Projeção Policônica

É muito popular devido à simplicidade de seu cálculo, já que existem tabelas completas para sua construção. A superfície de representação compreende diversos cones e não é *conforme* nem *equivalente*. O Meridiano Central (MC) e o Equador são as únicas retas da projeção.

O MC é dividido em partes iguais pelos paralelos e não apresenta deformações. Os paralelos são círculos não concêntricos (cada cone tem seu próprio ápice) e não apresentam deformações. Os meridianos são curvas que cortam os paralelos em partes iguais.

Esta projeção apresenta pequena deformação próxima ao centro do sistema, que aumenta para a periferia. Aplicações: Apropriada para uso em países ou regiões de extensão predominantemente Norte-Sul e reduzida extensão Este-Oeste. No Brasil, é utilizada em mapas regionais, estaduais e temáticos, da série Brasil.

b) Projeção Cônica Normal de Lambert

É cônica, conforme, analítica e secante. Os meridianos são linhas retas convergentes e os paralelos são círculos concêntricos com centro no ponto de interseção dos meridianos. É uma projeção bastante útil para regiões que se estendem na direção Este-Oeste. A partir de 1962, foi adotada para a Carta Internacional do Mundo, ao Milionésimo.

c) Projeção Cilíndrica Tangente de Mercator (Tangente)

É cilíndrica, conforme, analítica e tangente. Os meridianos e paralelos não são linhas retas, com exceção do meridiano de tangência e do Equador. É indicada para regiões que se estendem na direção Norte-Sul. É bastante utilizada em cartas náuticas

d) Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator (Secante)

É cilíndrica, conforme e secante, onde somente o Meridiano Central e o Equador são linhas retas. Utilizada na produção das cartas topográficas do Sistema Cartográfico Nacional, produzidas pelo IBGE e DSG.

### 2.4.3. Principais Projeções no Brasil e Aplicações

- a) UTM (Universal Transversa de Mercator): Cartas topográficas;
- b) Mercator: Cartas náuticas;
- c) Cônica Conforme de Lambert: Cartas ao milionésimo, Cartas aeronáuticas;
- d) Policônica: Mapas temáticos, Mapas políticos.

Outras projeções consideradas importantes podem ser citadas:

- a) Cilíndrica Equidistante - Apresentação de dados em SIGs, Mapas Mundi;
- b) Estereográfica Polar - Substitui a UTM nas regiões polares;
- c) Cônica Conforme Bipolar Oblíqua - Mapa Político das Américas;
- e) Cônica Equivalente de Albers - Cálculo de áreas em SIGs.

Veja todas as projeções no Anexo deste capítulo, a partir de Snyder (1987).

### 2.4.4. O Sistema UTM

O sistema UTM não é uma projeção, mas sim um sistema de projeção transversa de Mercator, e foi desenvolvido para determinar as coordenadas retangulares nas cartas militares em escala grande (Figura III.17). São características principais:

a) O mundo é dividido em 60 fusos, e cada um se estende por 6° de longitude. Os fusos são numerados de um a sessenta, começando no fuso 180° a 174° W Gr. Cada um destes fusos é dividido em duas partes iguais de 3° de amplitude;

b) O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, de modo que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso (eixo N apontando para Norte) e o outro eixo, com o do Equador;

c) Avaliando-se a deformação de escala em um fuso UTM (tangente), pode-se verificar que o fator de escala é igual a 1 (um) no meridiano central e aproximadamente igual a 0,0015 (1/666) nos extremos do fuso;

d) A cada fuso é associado um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo-se à origem do sistema (interseção da linha do Equador com o meridiano central) as coordenadas 500.000 m, para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e 10.000.000 m ou 0 (zero) m para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central, para os hemisférios sul e norte, respectivamente. Assim, elimina-se a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas;

e) Cada fuso é prolongado até 30' sobre os fusos adjacentes, criando-se assim uma área de superposição de 1° de largura. Esta área de superposição destina-se a facilitar o trabalho de campo em certas atividades;

f) O sistema UTM é usado entre as latitudes 84° N e 80° S. Além desses paralelos, a projeção adotada mundialmente é a Estereográfica Polar Universal e é indicada para a representação de áreas que se estendem predominantemente na direção Norte-Sul. É o Sistema de Projeção adotado para o Mapeamento Sistemático Brasileiro.

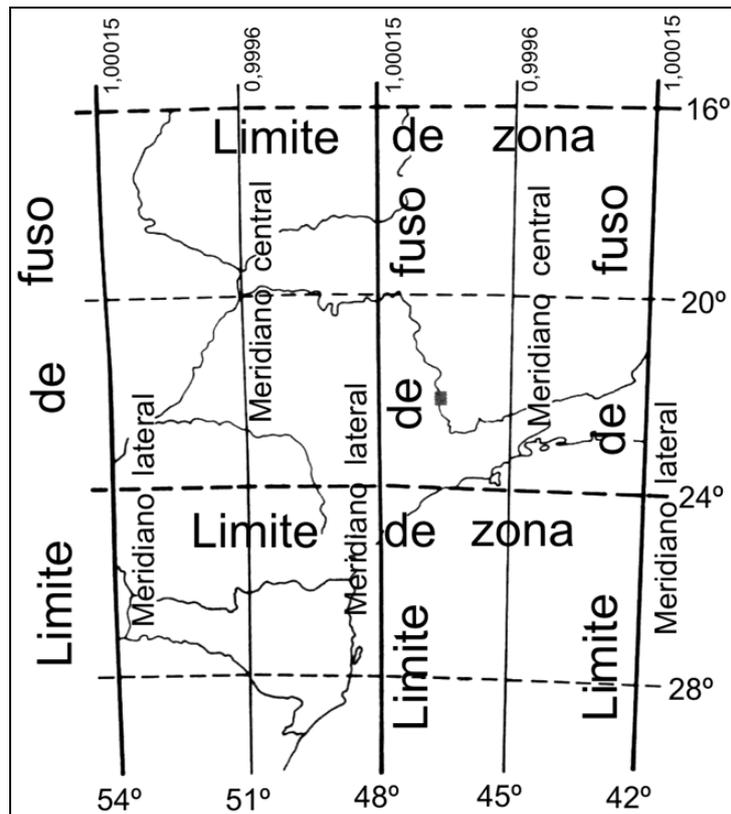


Figura III.17 – Zonas UTM  
Fonte: Oliveira (1988)

#### 2.4.5. Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo – CIM

A CIM fornece subsídios para a execução de estudos e análises de aspectos gerais e estratégicos, ao nível continental. Para o Brasil, compreende um conjunto de 46 cartas na projeção cônica conforme de Lambert (com dois paralelos padrão) na escala de 1:1.000.000. A CIM foi obtida com a divisão do planeta em 60 fusos de amplitude 6°, numerados a partir do fuso 180° W - 174° W no sentido Oeste-Leste. Cada um destes fusos, por sua vez, foi dividido a partir da linha do Equador em 21 zonas de 4° de amplitude para o Norte e com o mesmo número para o Sul (Figura III.18).

Cada uma das folhas ao Milionésimo pode ser acessada por um conjunto de três caracteres: 1°) Letra N ou S: Indica se a folha está localizada ao Norte ou a Sul do Equador; 2°) Letras A até U: Cada uma destas letras se associa a um intervalo de 4° de latitude, desenvolvendo-se a Norte e a Sul do Equador, e se presta à indicação da latitude limite da folha; 3°) Números de 1 a 60: Indicam o número de cada fuso que contém a folha. O Território Brasileiro é coberto por oito fusos (Figura III.19).

Além das zonas de A a U, têm-se ainda duas que abrangem os paralelos de 84° a 90°. A zona V, que é limitada pelos paralelos 84° e 88°, e a zona Z, ou polar, que vai deste último até 90°. Neste intervalo, que corresponde às regiões Polares, a Projeção de Lambert não atende convenientemente a sua representação. É utilizada então a Projeção Estereográfica Polar.

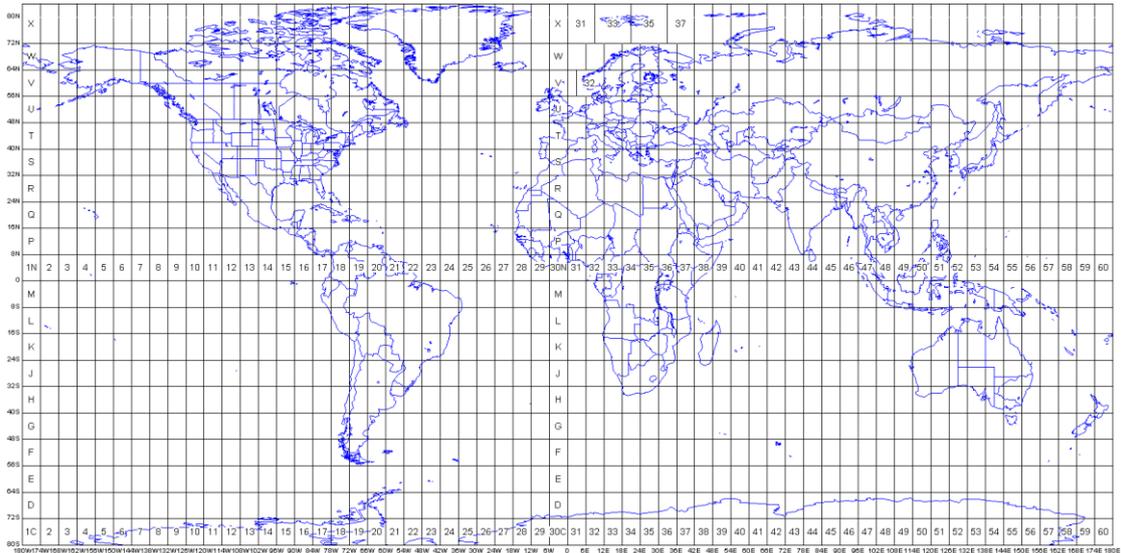


Figura III.18 - Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo

Fonte: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoos/representacao.html](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/representacao.html)

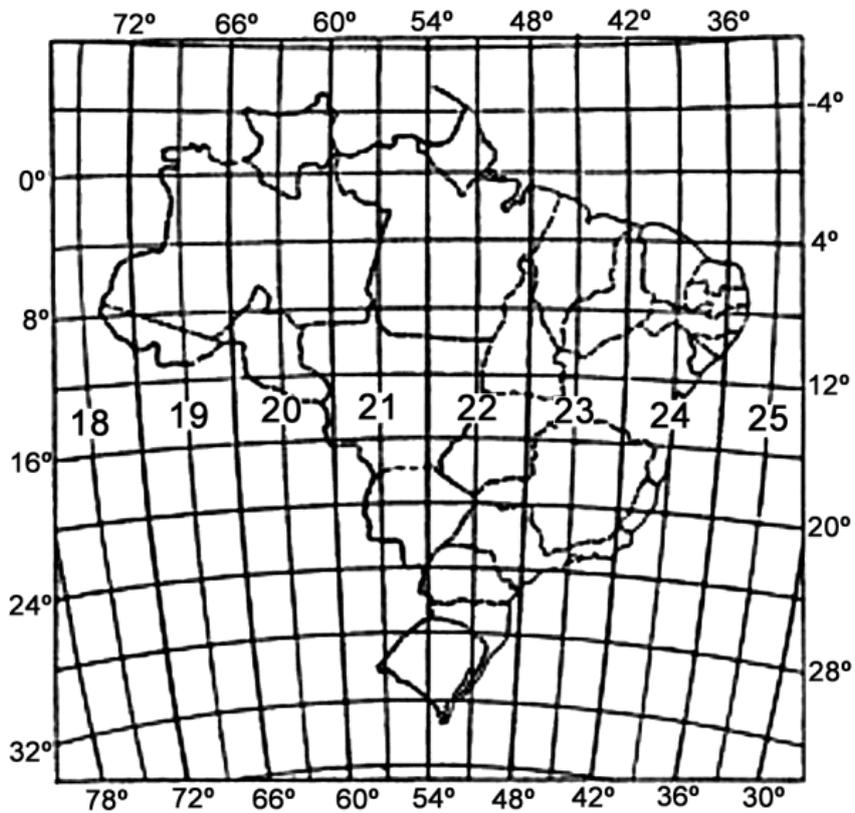


Figura III.19 - Brasil Dividido em Fusos de 6°

Fonte:

[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoos/representacao.html](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/representacao.html)

## 2.5. Nomenclatura e Articulação de Cartas

Como já comentado, o sistema todo abrange fusos de 6° de longitude por 4° de latitude. Os fusos são numerados em ordem crescente a partir do antimeridiano de Greenwich (0° até 60°) e são indicados para o Sul em SA, SB, etc, e para o Norte em NA, NB, etc. Como a carta ao milionésimo (escala de 1: 1.000.000) é pouco detalhada, ampliações para escalas maiores são disponibilizadas aos usuários. A Tabela 1 apresenta as escalas disponíveis para a região de Rio Claro, SP.

Tabela 1 – Escalas disponíveis a partir da carta ao milionésimo e articulações\*

Escala	Área ( φ x λ)	Medidas no terreno (Km)	Nº folhas em 1:1.000.000	Nomenclatura	Nomenclatura Para Rio Claro - SP
1.000.000	4° x 6°	444,48 x 666,72	1	-	SF- 23
500.000	2° x 3°	222,24 x 333,36	4	V, X, Y, Z	SF- 23- Y
250.000	1° x 1° 30´	111,12 x 166,68	16	A, B, C, D	SF- 23 -Y -A
100.000	30´ x 30´	55,56 x 55,56	96	I, II, III, IV, V, VI	SF-23- Y –A- I
50.000	15´x 15´	27,78 x 27,78	384	1, 2, 3, 4	SF -23- Y- A- I- 4
25.000	7´30´´ x 7´ 30´´	13,89 x 13,89	1.536	NE, NO, SE, SO	SF- 23- Y-A- I- 4- SE
10.000	2´30´´x 5´45´´	4,62 x 6,53	6.144	A,B,C,D	SF- 23- Y- A- I -4- SE- A/B/C

\*Algumas regiões são mais detalhadas que outras. Na escala 1:10.000, a área urbana de Rio Claro está compreendida pelos quadrantes A,B e C.

A representação gráfica das articulações das cartas indicadas na Tabela 1 é apresentada na Figura III.20, para a região de Rio Claro-SP, adaptada de [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoos/representacao.html](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/representacao.html).

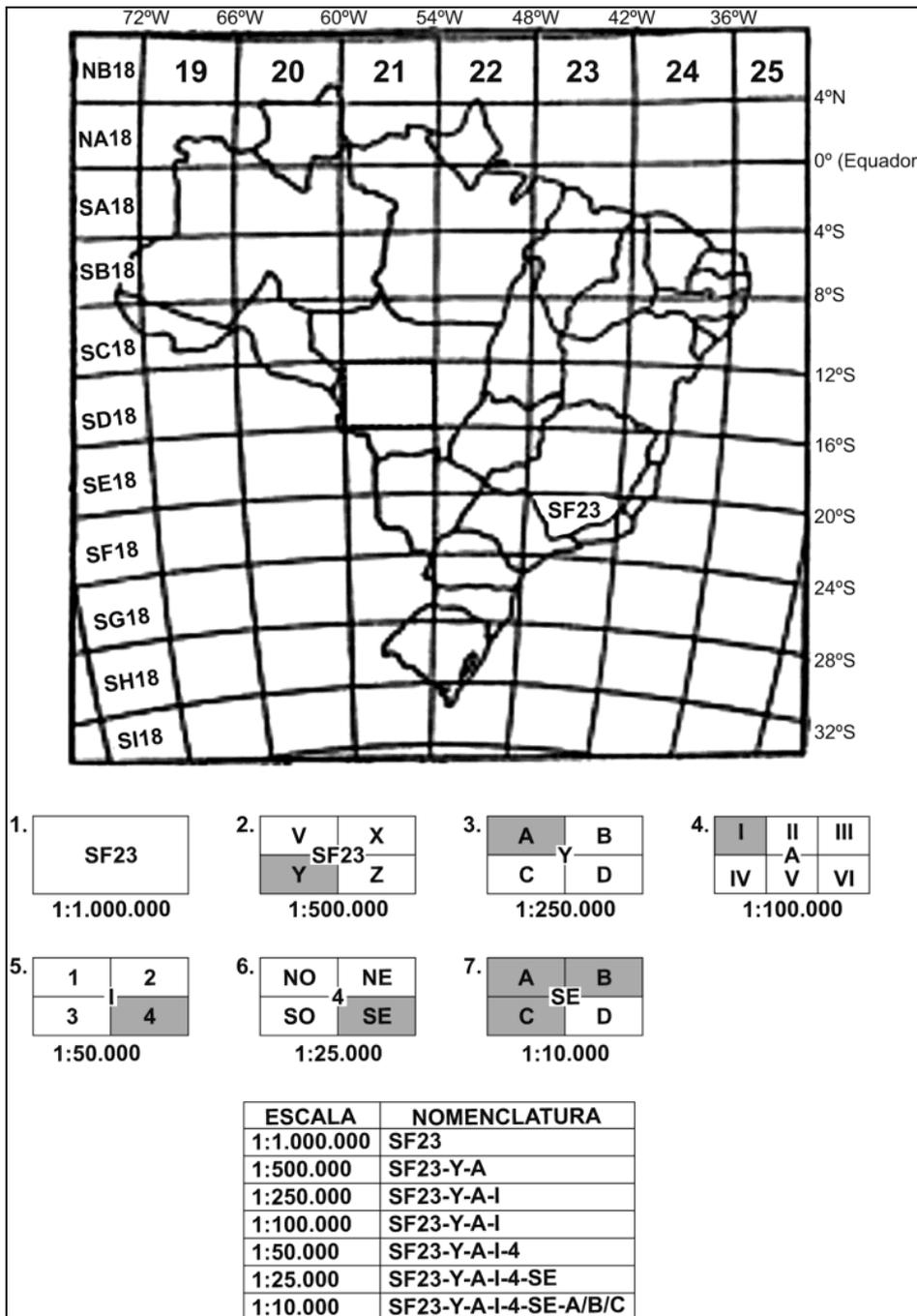


Figura III.20 – Articulações das cartas topográficas para a região de Rio Claro.

## 2.6. Como Fazer um Mapa

Um mapa é elaborado para representar uma porção da superfície terrestre e a finalidade principal é melhorar o conhecimento sobre esta área e mostrar o arranjo espacial dos atributos do terreno, facilitando a orientação. Tais atributos são representados em um mapa por intermédio de símbolos especiais agrupados sob o título de Convenções Cartográficas. Estes símbolos tentam, da melhor maneira possível, facilitar a compreensão dos objetos que representam. Como tais objetos, em um mapa, são vistos sob um único ângulo, ou seja, de topo, nem sempre é fácil relacionar um símbolo com aquilo que se pretende representar. Assim, todo mapa

apresenta uma legenda, que explica as convenções cartográficas utilizadas no mapa. Um símbolo cartográfico deve ser: Preciso, Uniforme entre mapas, Legível, Compreensível. A Figura III.21 mostra um mapa de solos e a respectiva legenda. Para informações detalhadas sobre o assunto consultar [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoos/elementos\\_representacao.html](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/elementos_representacao.html).

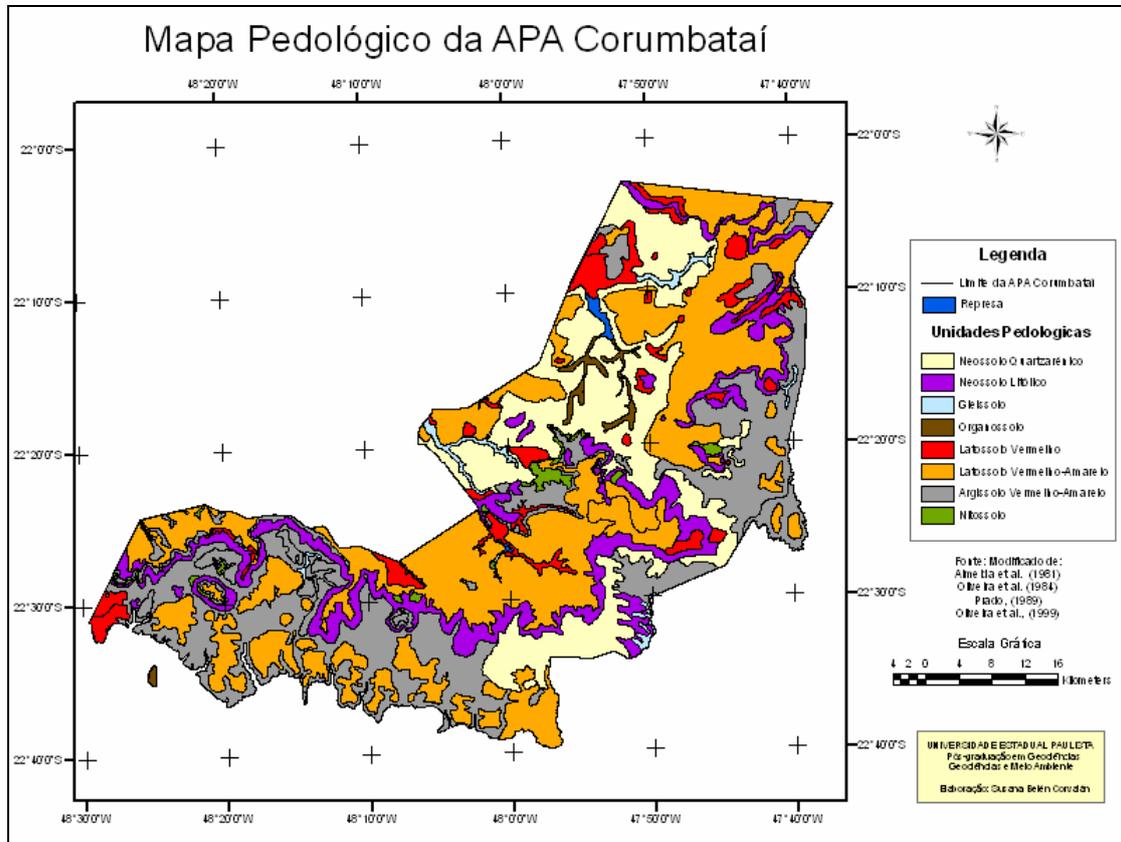


Figura 2.21 – Mapa de solos e respectiva legenda.  
Fonte: Corvalan ( 2009)

### 2.6.1. Condições Gerais

Na elaboração de um mapa, tanto o cartógrafo, como o professor ou estudante devem pensar em alguns fatores condicionantes:

a) Finalidade do mapa – De acordo com a finalidade, será possível determinar quais dados serão necessários e qual o grau de detalhes;

b) Público alvo - Se o mapa for turístico, irá interessar para turistas. Assim, aspectos relevantes sobre o assunto serão realçados, para uma determinada região. Ou então, um mapa que trata do mesmo assunto, mas para níveis diferentes de ensino. Um mapa para o ensino fundamental deverá ser diferente de um mapa para um estudante do ensino médio ou mesmo do ensino superior. Normalmente, quando se trata de assuntos envolvendo o meio ambiente, os mapas temáticos são os mais solicitados.

c) Outros fatores que também devem ser levados em consideração: Documentação disponível; Escala desejada; Sistema de projeção; Base cartográfica e o Formato. Embora a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - estabeleça

tamanhos e formatos de papel para a elaboração de trabalhos oficiais, é comum que o formato de um mapa fuja dos padrões estabelecidos.

Até o início da década de 1970, havia muito pouco material cartográfico disponível para os usuários. Em nível nacional, eram aqueles produzidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e pela DSG – Diretoria do Serviço Geográfico do Exército. No Estado de São Paulo, era útil o material disponível junto ao IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico. Outras fontes de documentação cartográfica eram os diferentes órgãos de governo, tanto estadual como municipal. Algumas das limitações para agregar dados de fontes tão diferentes eram:

- a) Escalas diferentes – Necessidade da utilização de métodos mecânicos para redução/ampliação de escalas;
- b) Legendas diferentes – Necessidade de uniformização, sem que existisse um padrão nacional de legenda;
- c) *Datum* diferente (vertical/horizontal) – Necessidade de fazer correspondências;
- d) Base em papel – Fonte de deformações devido à expansão/redução do papel, de acordo com as condições climáticas, induzindo a erros não controlados. Ainda hoje, mesmo com todo desenvolvimento tecnológico, é comum se defrontar com tais problemas.

A partir do lançamento do ERTS 1 – Earth Resources Technology Satellite, em julho de 1972, pela NASA – National Aeronautics and Space Administration, depois renomeado de Landsat, o avanço das técnicas cartográficas foi notável. Diante da maior disponibilidade de material primário (imagens de satélite), novos métodos e técnicas foram necessários para processar a enorme quantidade de dados produzidos e, conseqüentemente, para atender à demanda crescente dos usuários. Até então, a execução de mapas temáticos era feita a partir da interpretação de fotografias aéreas verticais. Com escalas de trabalho de grande, a média e ótima resolução, as fotografias aéreas permitem a execução de mapas de ótima qualidade, mas têm como fator negativo a baixa periodicidade, já que são obtidas por encomenda. Se não há problema para o mapeamento geológico, geomorfológico ou pedológico, é um grande problema para mapas de vegetação natural/uso e ocupação das terras.

Com o rápido desenvolvimento da informática, mais recursos se tornaram disponíveis para a elaboração de mapas, destacando-se:

- a) Softwares especializados em cartografia digital;
- b) Redução no custo dos equipamentos/software utilizados no processamento dos dados;
- c) Acesso a bases cartográficas digitais retificadas;
- d) Utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) de alta resolução, permitindo a correção de cartas topográficas antigas;
- e) Utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na integração de dados ambientais.

Se todos esses recursos já estavam disponíveis na década de 1990, sem dúvida, foi a Internet que permitiu a democratização das informações, tirando-as das mapotecas/bases de dados e dos computadores *stand alone*.

### 2.6.2 - Datum

Uma explicação simples para Datum seria a de um ponto de referência para a representação gráfica dos paralelos e meridianos e, conseqüentemente, de tudo aquilo que for desenhado no mapa ou carta. Ou seja, tudo que for desenhado no mapa estará relacionado, respeitando-se as devidas proporcionalidades. O *Datum* é importante porque na confecção de um mapa da superfície terrestre há a necessidade de projetar uma superfície curva tridimensional num plano bidimensional (mapa), mantendo os cruzamentos dos meridianos e paralelos. É importante enfatizar mais uma vez que cada tipo de projeção proporciona representações gráficas diferentes.

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção terrestre delimitada pelas fronteiras do país. O South American Datum (SAD) foi estabelecido como o sistema geodésico regional para a América do Sul, desde 1969. O SGB integra o SAD-69 e é constituído por cerca de 70.000 estações implantadas pelo IBGE em todo o Território Brasileiro, divididas em três redes: Planimétrica: latitude e longitude de alta precisão; Altimétrica: altitudes de alta precisão; Gravimétrica: valores precisos de aceleração da gravidade. O *Datum* altimétrico ou vertical está localizado no porto de Imbituba, em Santa Catarina.

A conceituação e a funcionalidade dos SIGs – Sistemas de Informações Geográficas deverão ser abordadas mais à frente. No entanto, pela oportunidade, alguns comentários devem ser feitos sobre a inter-relação entre sistemas de projeção, Datum e SIGs.

O geoprocessamento de dados geográficos é normalmente executado dentro de um ambiente SIG, sendo possível o cruzamento de informações de vários mapas diferentes da mesma área (planos ou camadas de informações), com posterior recuperação seletiva dos dados processados, de acordo com a demanda. Para a execução das operações de geoprocessamento, todos os planos devem estar georreferenciados a uma mesma Base Cartográfica, e esta, referenciada a um mesmo sistema de referência. Esta preocupação com o referenciamento permite que estudos feitos em áreas distantes ou próximas, mas referenciadas ao mesmo sistema referência, possam ser comparáveis.

Os sistemas de referências têm evoluído ao longo dos tempos e o Brasil, como parte da comunidade internacional, tem procurado implantar as novas propostas, as quais são apropriadas às novas tecnologias de posicionamento. Um problema atual é quando os mapas/cartas disponíveis de uma área apresentam Datum diferentes. Neste caso, há a necessidade de se fazerem correções matemáticas para adaptar o Datum fora de uso ao Datum atual.

O sistema de referência mais antigo é o **Sistema Geodésico Córrego Alegre**, implantado em 1950, com as seguintes coordenadas:

- . Latitude: 19° 50' 14,91'' S
- . Longitude: 48° 57' 41,98'' W
- . Altitude (h): 683,81 metros

O **Sistema Geodésico SAD69** foi adotado oficialmente no Brasil em 1979 e as coordenadas são as seguintes:

- . Latitude: 19° 45' 41,6527'' S
- . Longitude: 48° 06' 04,0639'' W
- . Altitude ortométrica: 763,28 metros
- . Azimute entre Chuá e Uberaba: 271° 30' 04,05''

Tendo como base o SAD69, foi executado pelo IBGE, em 1996, o

reajustamento da Rede Geodésica Brasileira, empregando-se novas técnicas de posicionamento por satélites GPS. Naquele momento, foi executada uma ligação entre os pontos GPS e os pontos da rede clássica, por intermédio de 49 estações da rede clássica, as quais foram também medidas por GPS. Tal ajustamento permitiu calcular o desvio padrão das coordenadas das estações WGS84 (World Geodetic System).

O WGS84 corresponde à quarta versão do sistema geodésico mundial desenvolvido pelo Departamento da Defesa dos Estados Unidos e é o sistema de referência atualmente utilizado pelos GPS. Os parâmetros de conversão entre o SAD69 e o WGS84 foram executados pelo IBGE e apresentados em 1989.

O Sistema de Referência Geocêntrico Para a América do Sul (SIRGAS) foi instituído em 1993 pelos países da América do Sul, pelas facilidades que oferece, já que as coordenadas GPS relativas a esta rede podem ser aplicadas diretamente aos levantamentos cartográficos. Em 2005, foi oficialmente adotado como Referencial Geodésico Brasileiro e está em um período de transição de 10 anos, de modo que o SAD69 ainda pode ser utilizado pelos usuários, mas com a recomendação de que novos trabalhos já sejam feitos no novo sistema.

### 2.6.3. Base Cartográfica

Hoje, alguém que vá fazer um mapa atualizado de vegetação natural e do uso e ocupação das terras de uma determinada bacia hidrográfica vai primeiro pesquisar na Internet. IBGE (<http://mapas.ibge.gov.br/>) e DSG (<http://www.dsg.eb.mil.br/>) são responsáveis pelo mapeamento sistemático do território brasileiro. A base cartográfica é composta pelas folhas do SCN – Sistema Cartográfico Nacional, nas escalas 1:1.000.000 (Projeção Cônica Conforme de Lambert) e 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000 (Projeção UTM), ressaltando-se que a coleção não é completa, especialmente para as escalas maiores. As informações presentes são: Curvas de Nível, Limites, Pontos de referência, Hidrografia, Vegetação, Localidades, Sistemas de Transporte, Obras e Edificações.

Para mapeamentos mais específicos, têm-se a DNH – Diretoria de Hidrografia e Navegação (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-nauticas/cartas.html>) e o ICA – Instituto de Cartografia Aeronáutica (<http://www.decea.gov.br/unidades/ica/>). Outros órgãos depositários de informações cartográficas seriam a CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente.

No nível estadual, cada estado brasileiro conta com secretarias de governo envolvidas com o planejamento e gestão e institutos voltados para a cartografia e mapeamentos. No Estado de São Paulo, o IGC possui a coleção parcial de cartas topográficas 1:10.000, especialmente das regiões nordeste e sudeste. Ao nível municipal, é possível também encontrar material cartográfico útil, especialmente nos municípios mais desenvolvidos.

Caso exista um mapa sobre o tema para a área em estudo, o interessado pode tomar dois caminhos:

a) Se o mesmo estiver desatualizado de poucos anos, pode-se considerar fazer uma reambulação. Por meio de missões de campo, os alvos são visitados e conferidos para verificação de possíveis modificações. Este serviço também pode ser feito por meio de sobrevoos com pequenos aviões, helicópteros ou VANTs (Veículos Aéreos não Tripulados);

b) Elaboração de um novo mapa, utilizando-se de imagens de satélite ou fotografias aéreas em escalas adequadas e trabalhos de campo.

Se na área de interesse não existir o mapa desejado, o caminho é a confecção de um original, começando pela delimitação do perímetro da área na base cartográfica. A Figura III.22 mostra a sequência de trabalho para elaboração de um mapa temático. Em certos casos, uma mapoteca digital já está disponível ao usuário, como é o caso do Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí (ATLAS-COR), disponível em <http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas>.

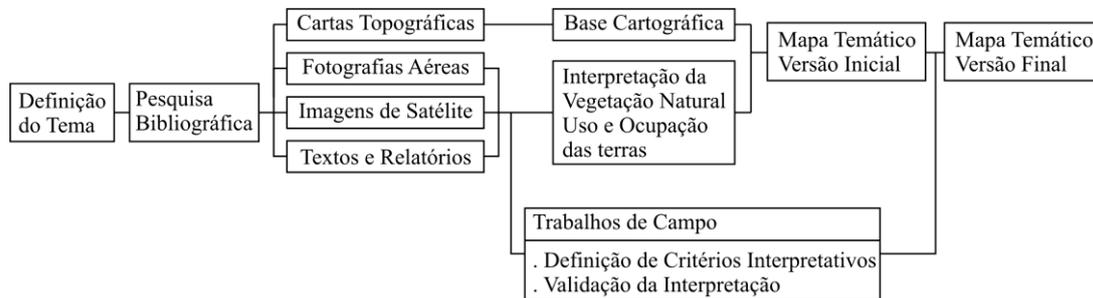


Figura III.22 – Sequência de trabalho na preparação de um mapa temático

Ao se desenhar o mapa de uma área, o que se procura mostrar, de acordo com o tema, é o que de representativo ali existe, acima ou abaixo da superfície do terreno, naquele momento. O tema de um mapa, vegetação natural, por exemplo, é representado por meio de símbolos ou desenhos especiais chamados de convenções cartográficas. Assim, os mapas proporcionam uma visão gráfica da distribuição e das relações espaciais.

O primeiro passo na elaboração de um mapa temático é a confecção da Base Cartográfica. Esta base deverá conter as informações relativas à superfície do terreno, tanto geográficas como construídas. A Base Cartográfica é elaborada de acordo com o objetivo do mapa, e as bases principais são a planimétrica (eixos xy) e a altimétrica (eixos xyz). Uma Base Cartográfica Planimétrica deverá ter: Os limites da área de trabalho inscritos numa folha de tamanho padronizado; As coordenadas geográficas; As coordenadas UTM; O NM – Norte Magnético. Dependendo do trabalho, deverá apresentar também o NV – Norte Verdadeiro e a respectiva Declinação Magnética; Escala Numérica e Escala Gráfica; Sistema viário principal; Hidrografia principal; Cidades e vilas; Redes de transmissão; Pontos notáveis. A Base Cartográfica Altimétrica apresentará todos os atributos anteriores, mais as Curvas de Nível e Pontos Cotados.

Quanto maior a escala do mapa temático a ser confeccionado, maior o grau de detalhamento da Base Cartográfica e, obviamente, do próprio mapa. No caso da Base Cartográfica Altimétrica, um mapa de uso urbano na escala 1:5.000 poderá apresentar curvas de nível com equidistâncias verticais (EQ) entre 0,5 e 1,0 metro, enquanto que um mapa regional, escala 1:250.000, apresentará curvas de nível com EQ de 100 metros. Mais detalhes sobre as características das curvas de nível serão apresentados no capítulo sobre Topografia. Como já comentado, é fundamental que esta Base Cartográfica seja referenciada a um sistema de referência, de modo que sejam mantidas as proporcionalidades planimétricas e altimétricas, em relação a outros mapeamentos já realizados.

De posse da Base Cartográfica, o passo seguinte é a execução da proposta temática. Se o mapa refere-se à apresentação da Vegetal Natural e ao Uso e Ocupação das Terras da área em estudo, as duas fontes principais de informações são as imagens

da satélite e as fotografias aéreas. Com exceção de aplicações em Cadastro Urbano, as imagens de satélite, pelo custo e periodicidade, são as mais adequadas para a realização do trabalho. Neste caso, são necessárias várias missões de campo para estabelecimento de padrões de interpretação (verdades terrestres), ou seja, entender como uma cobertura vegetal é vista em uma imagem de satélite. As verdades terrestres são importantes tanto na interpretação visual como na interpretação digital de imagens de satélite.

Nesta fase é fundamental, ainda, a consulta ao material cartográfico e censitário existente. Um projeto ambiental requer grande número de mapas temáticos, envolvendo altos custos, de modo que mesmo mapas antigos poderão ser úteis, ajudando a minimizar os custos desta fase preparatória.

A utilização de fotografias aéreas e imagens de satélite, na produção de mapas temáticos, possui metodologia própria e se apresenta, hoje, como uma técnica bastante refinada. Este tópico será abordado no capítulo sobre Sensoriamento Remoto.

Após interpretação, a representação das informações do terreno no mapa pode ser feita das seguintes maneiras: Ponto: Representa uma posição – Ex: Cidade; Linha: Representa uma direção – Ex: Estrada; Área: Representa o comprimento e a largura de um objeto no terreno – Ex: Floresta; Volume: Representa comprimento, largura e altura de um atributo – Ex: Produção agrícola.

#### **2.6.4. Variáveis Visuais**

A maneira como as informações são representadas em um mapa depende basicamente da sensibilidade do olho humano. Ou seja, aquilo que for desenhado no mapa precisa ser perceptível ao usuário, para que possa ser interpretado. São levadas em conta, nesta fase, as seguintes variáveis visuais:

a) Tamanho - Representa dados quantitativos e permite compreender a diferença entre classes. São utilizadas formas geométricas como círculos, quadrados ou retângulos, cujos tamanhos são proporcionais aos valores dos dados;

b) Valor - Qualquer que seja a cor utilizada no mapa, ela variará da tonalidade mais clara para a mais escura, indicando uma variação que vai aumentando gradativamente;

c) Granulação ou Textura - Pode substituir o Valor. Neste caso, a diferença é dada pelas diferenças de Textura entre objetos, da mais fina para a mais grosseira. A repartição entre branco e preto é cada vez maior, mas a proporção entre eles permanece;

d) Orientação - Também utilizada para representar dados qualitativos/seletivos. As linhas variam de inclinação entre o vertical e o horizontal;

e) Forma - Utilizada para representar dados qualitativos/associativos, agrupando variações geométricas ou não. No geral, é recomendado o número máximo de seis variações;

f) Cor - São utilizadas as cores básicas, sem variação na tonalidade. A cor é utilizada para representar dados seletivos e associativos, onde cada cor representa um objeto diferente. Neste caso, e quando possível, procura-se fazer analogias entre cores e objetos mapeados. Ex: Azul para água.

### 2.6.5. Elementos de um Mapa

Um mapa temático deve, necessariamente, apresentar um número mínimo de informações que permitam a sua plena utilização. São considerados elementos básicos: Orientação, Escala, Legenda e Fontes de informação. Os elementos relacionados ao contexto são: Título do mapa; Projeção, Autor(es), Data de elaboração. São elementos de suporte: Localização do mapa, começando pelo Município (se for o caso), passando para o Estado e depois o País. Com os recursos computacionais hoje existentes, as representações estão ficando cada vez mais aprimoradas. A Figura III.23 mostra dois exemplos: o primeiro da época em que os recursos computacionais ao alcance dos pesquisadores eram extremamente limitados, e o segundo, mais moderno, com recursos muito mais acessíveis.

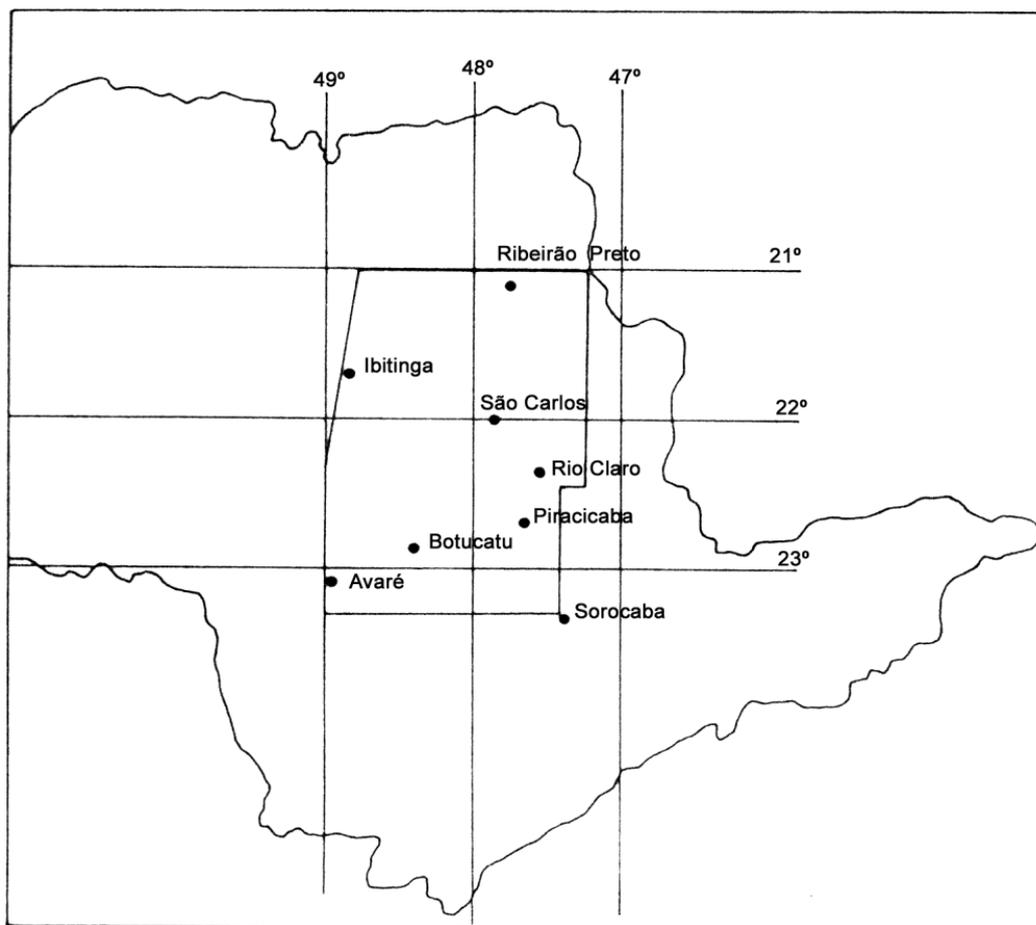


Figura III.23a – Exemplo antigo de representação gráfica da localização de uma área de estudo (GARCIA, 1979)

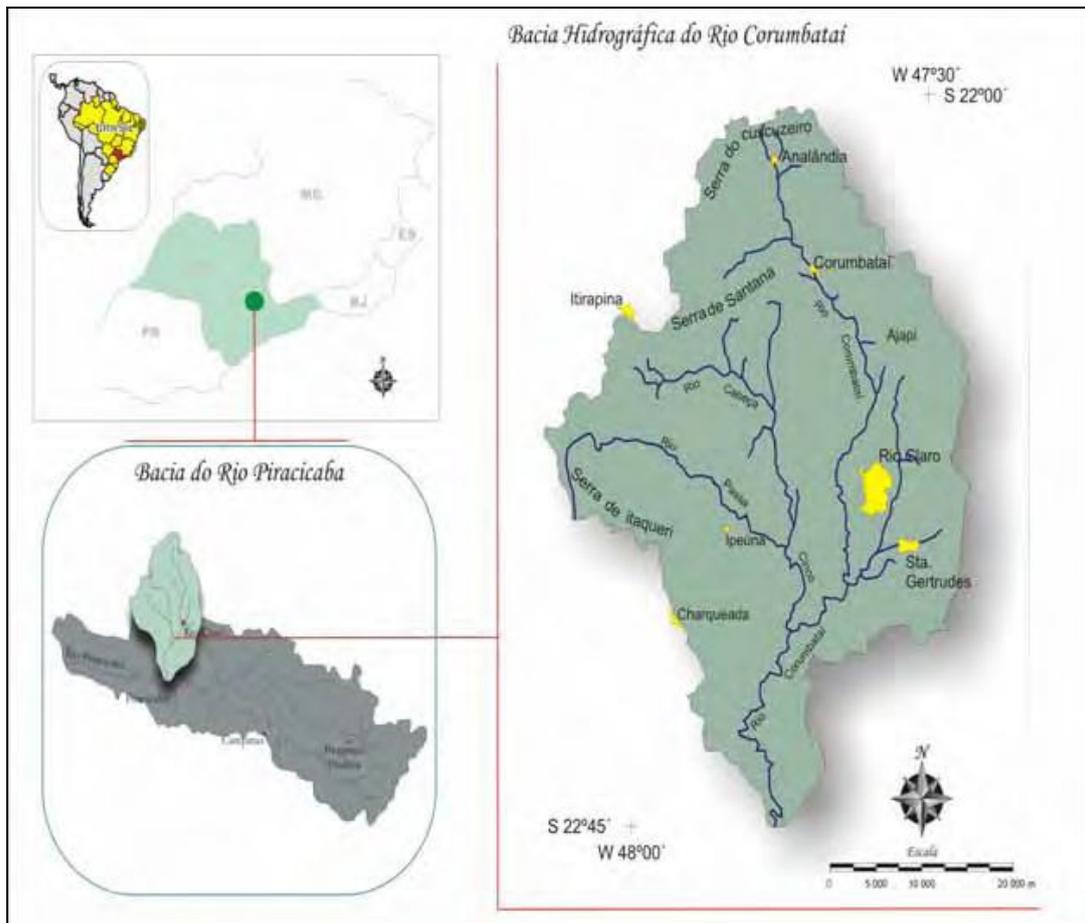


Figura III.23b – Representação gráfica moderna de localização de uma área de estudo. (NOBRE, 2008)

### 2.6.6. Estrutura de um Mapa

Os elementos de um mapa, juntamente com o tema, devem estar dispostos de modo estético e funcional, padronizando o uso e facilitando sua utilização. A Figura III.24 indica a diagramação adotada para mapas.

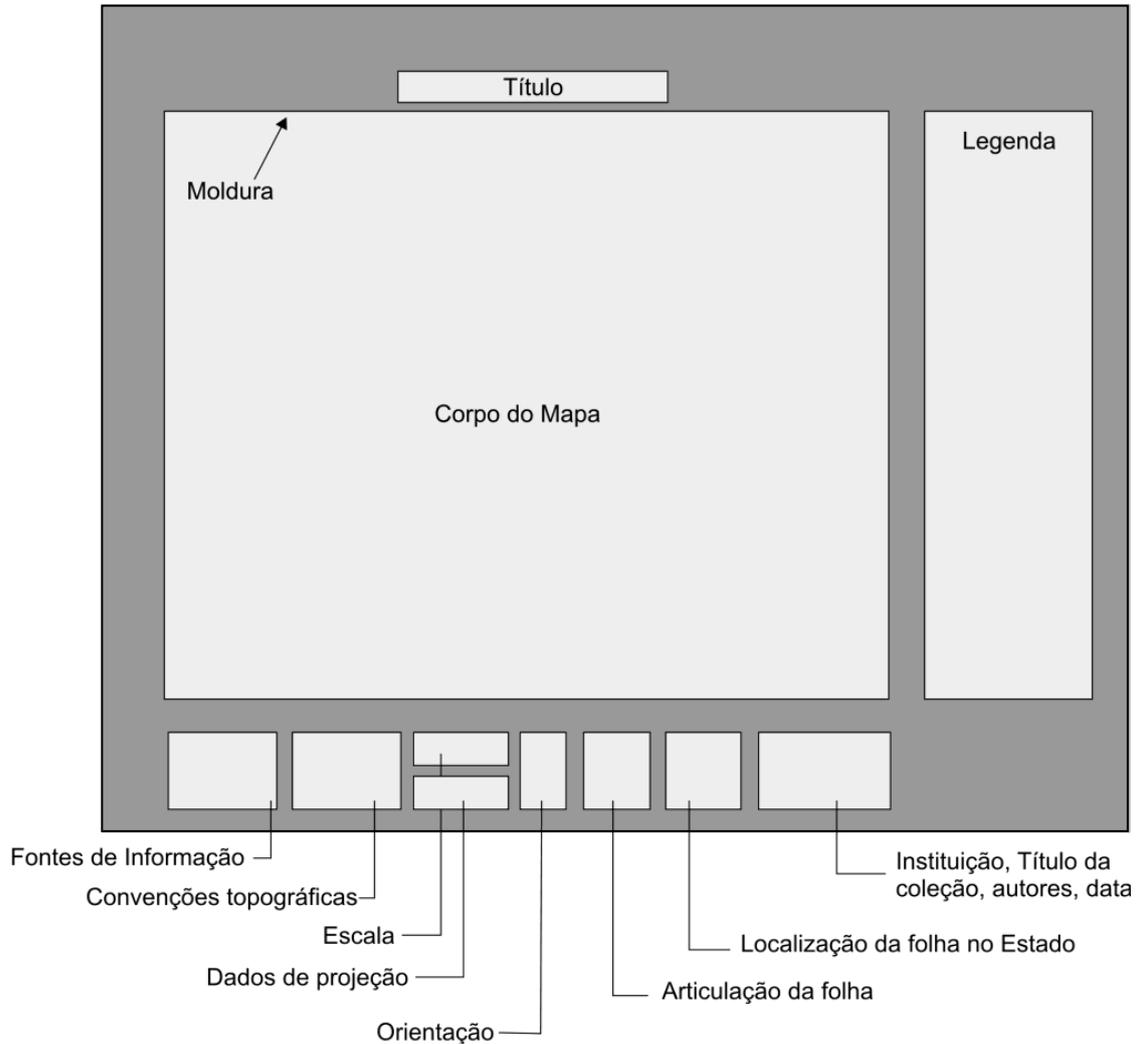


Figura III.24 – Estrutura de um mapa

ANEXOS

Complemento ao Item 2.4. - Todas as projeções (SNYDER, 1987)

### The Globe

**Directions**—True.  
**Distances**—True.  
**Shapes**—True.  
**Areas**—True.

**Great circles**—The shortest distance between any two points on the surface of the Earth can be found quickly and easily along a great circle.

**Disadvantages:** Even the largest globe has a very small scale and shows relatively little detail.  
Costly to reproduce or update.  
Difficult to carry around.  
Bulky to store.

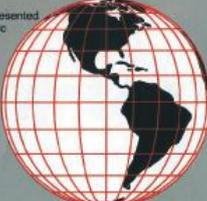
**On the globe:** Parallels are parallel and are spaced equally on meridians. Meridians and other arcs of great circles are straight lines (if looked at perpendicularly to the Earth's surface). Meridians converge toward the poles and diverge toward the Equator. Meridians are equally spaced on the parallels, but their distance apart decreases from the Equator to the poles. At the Equator, meridians are spaced the same

as parallels. Meridians at 60° are half as far apart as parallels. Parallels and meridians cross at right angles. The area of the surface bounded by any two parallels (a given distance apart) is the same anywhere between the same two parallels.

The scale factor at each point is the same in any direction.

Alter Robinson and Sells, *Elements of Cartography* (2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1968, p. 210).

**Globe, as represented by Orthographic projection—equatorial aspect**



### Mercator

**Used** for navigation or maps of equatorial regions. Any straight line on map is a **rhumb line** (line of constant direction). Directions along a rhumb line are true between any two points on map, but a rhumb line usually is not the shortest distance between points. (Sometimes used with Gnomonic map on which any straight line is on a great circle and shows shortest path between two points.) Distances are true only along Equator, but are reasonably correct within 15° of Equator; special scales can be used to measure distances along other parallels. Two particular parallels can be made correct in size instead of the Equator.

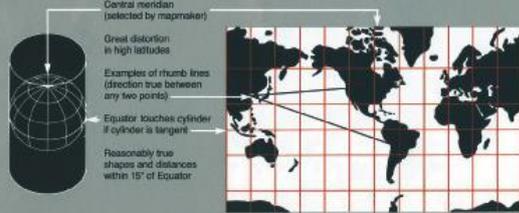
**Areas and shapes** of large areas are distorted. Distortion increases away from Equator and is extreme in polar regions. Map, however, is conformal in that angles and shapes within any small area (such as that shown by a USGS topographic map) are essentially true.

The map is **not** perspective, equal area, or equidistant. Equator and other parallels are straight lines (spacing increases toward poles) and meet meridians (equally spaced straight lines) at right angles. Poles are not shown.

Presented by Mercator in 1569.

**Cylindrical**—Mathematically projected on a cylinder tangent to the Equator. (Cylinder may also be secant.)

Central meridian (selected by mapmaker)  
Great distortion in high latitudes  
Examples of rhumb lines (direction true between any two points)  
Equator touches cylinder if cylinder is tangent  
Reasonably true shapes and distances within 15° of Equator



### Transverse Mercator

**Used** by USGS for many quadrangle maps at scales from 1:24,000 to 1:250,000, such maps can be joined at their edges only if they are in the same zone with one central meridian. Also used for mapping large areas that are mainly north-south in extent.

Distances are true only along the central meridian selected by the mapmaker or else along two lines parallel to it, but all distances, directions, shapes, and areas are reasonably accurate within 15° of the central meridian. Distortion of distances, directions, and size of areas increases rapidly outside the 15° band. Because the map is conformal, however, shapes and angles within any small area (such as that shown by a USGS topographic map) are essentially true.

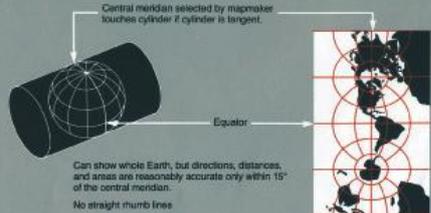
**Graticule spacing** increases away from central meridian. Equator is straight. Other parallels are complex curves concave toward nearest pole.

Central meridian and each meridian 90° from it are straight. Other meridians are complex curves concave toward central meridian.

Presented by Lambert in 1772.

**Cylindrical**—Mathematically projected on cylinder tangent to a meridian. (Cylinder may also be secant.)

Central meridian selected by mapmaker touches cylinder if cylinder is tangent.  
Equator  
Can show whole Earth, but directions, distances, and areas are reasonably accurate only within 15° of the central meridian.  
No straight rhumb lines



### Oblique Mercator

**Used** to show regions along a great circle other than the Equator or a meridian, that is, having their general extent oblique to the Equator. This kind of map can be made to show as a straight line the shortest distance between any two preselected points along the selected great circle.

Distances are true only along the great circle (the line of tangency), or along two lines parallel to it. Distances, directions, areas, and shapes are fairly accurate within 15° of the great circle. Distortion of areas, distances, and shapes increases away from the great circle. It is excessive toward the edges of a world map except near the path of the great circle.

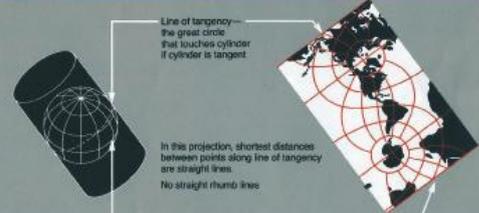
The map is conformal, but not perspective, equal area, or equidistant. Rhumb lines are curved.

**Graticule spacing** increases away from the great circle but conformity is retained. Both poles can be shown. Equator and other parallels are complex curves concave toward nearest pole. Two meridians 180° apart are straight lines; all others are complex curves concave toward the great circle.

Developed 1900-50 by Rosenmund, Laborde, Hønlne et al.

**Cylindrical**—Mathematically projected on a cylinder tangent to a great circle but the Equator or a meridian. Directions, distances, and areas reasonably accurate only within 15° of the line of tangency.

Line of tangency—the great circle that touches cylinder if cylinder is tangent  
Equator  
In this projection, shortest distances between points along line of tangency are straight lines.  
No straight rhumb lines



### Space Oblique Mercator

This new space-age conformal projection was developed by the USGS for use in Landsat images because there is no distortion along the curved ground-track under the satellite. Such a projection is needed for the continuous mapping of satellite images, but it is useful only for a relatively narrow band along the ground-track.

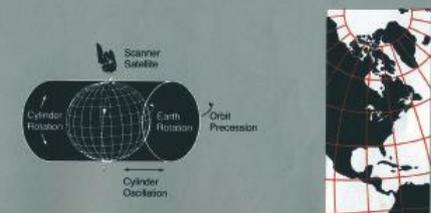
Space Oblique Mercator maps show a satellite's ground-track as a curved line that is continuously true to scale as orbiting continues.

Extent of the map is defined by orbit of the satellite.

Map is basically conformal, especially in region of satellite scanning.

Developed in 1973-79 by A. P. Colvocoresses, J. P. Snyder, and J. L. Jenkins.

Scanner Satellite  
Earth Rotation  
Orbit Precession  
Cylinder Rotation  
Cylinder Oscillation



### Miller Cylindrical

**Used** to represent the entire Earth in a rectangular frame. Popular for world maps. Looks like Mercator but is not useful for navigation. Shows poles as straight lines.

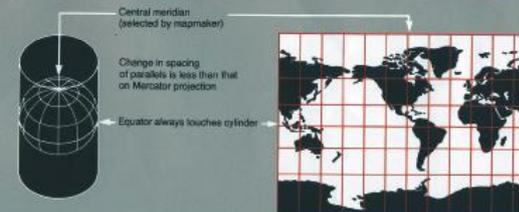
**Avoids** some of the scale exaggerations of the Mercator but shows neither shapes nor areas without distortion.

Directions are true only along the Equator. Distances are true only along the Equator. Distortion of distances, areas, and shapes is extreme in high latitudes.

Map is not equal area, equidistant, conformal or perspective. Presented by O. M. Miller in 1942.

**Cylindrical**—Mathematically projected onto a cylinder tangent at the Equator.

Central meridian (selected by mapmaker)  
Change in spacing of parallels is less than that on Mercator projection  
Equator always touches cylinder

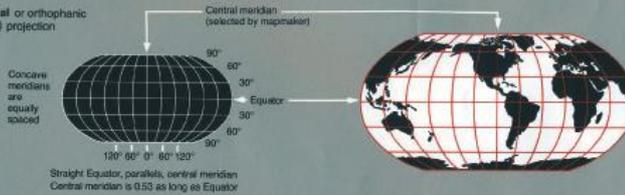


**Robinson**

Uses tabular coordinates rather than mathematical formulas to make the world "look right." Better balance of size and shape of high-latitude lands than in Mercator. Van der Grinten, or Mollweide, Soviet Union, Canada, and Greenland truer to size, but Greenland compressed. Directions true along all parallels and along central meridian. Distances constant along Equator and other parallels, but scales vary. Scale true along 38° N & S, constant along any given parallel, same along N & S.

parallels same distance from Equator. Distortion: All points have some. Very low along Equator and within 45° of center. Greatest near the poles. Not conformal, equal area, equidistant, or perspective. Used in Goode's Atlas, adopted for National Geographic's world maps in 1968. Appears in growing number of other publications, may replace Mercator in many classrooms. Presented by Arthur H. Robinson in 1963.

**Pseudocylindrical or orthographic ("right appearing") projection**

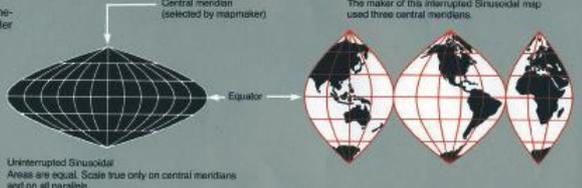


**Sinusoidal Equal Area**

Used frequently in atlases to show distribution patterns. Used by the USGS to show prospective hydrocarbon provinces and sedimentary basins of the world. Has been used for maps of Africa, South America, and other large areas that are mainly north-south in extent. An easily plotted equal-area projection for world maps. May have a single central meridian or, in interrupted form, several central meridians.

Graticule spacing retains property of equivalence of area. Areas on map are proportional to same areas on the Earth. Distances are correct along all parallels and the central meridian(s) and near the poles. Map is not conformal, perspective, or equidistant. Used by Cassini and Hondius, beginning in 1570. Also called the Sanson-Flamsteed.

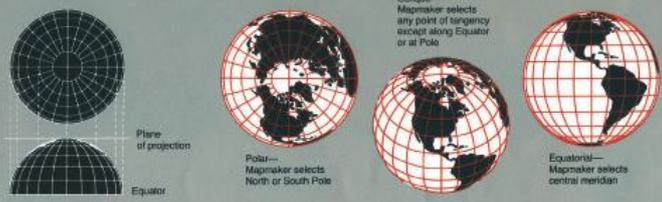
**Pseudocylindrical—Mathematically based on a cylinder tangent to the Equator.**



**Orthographic**

Used for perspective views of the Earth, Moon, and other planets. The Earth appears as it would on a photograph from outer space. Used by USGS in the National Atlas of the United States of America. Directions are true only from center point of projection. Scale decreases along all lines radiating from center point of projection. Any straight line through center point is a great circle. Areas and shapes are distorted by perspective; distortion

increases away from center point. Map is perspective but not conformal or equal area. In the polar aspect, distances are true along the Equator and all other parallels. The Orthographic projection was known to Egyptians and Greeks 2,000 years ago. Azimuthal—Geometrically projected onto a plane. Point of projection is at infinity.



**Stereographic**

Used by the USGS for maps of Antarctica and American Geographical Society for Arctic and Antarctic maps. May be used to map large continent-sized areas of similar extent in all directions. Used in geophysics to solve spherical geometry problems. Polar aspects used for topographic maps and charts for navigating in latitudes above 60°. Directions true only from center point of projection. Scale increases away from center point. Any straight line through center

point is a great circle. Distortion of areas and large shapes increases away from center point. Map is conformal and perspective but not equal area or equidistant. Dates from 2nd century B.C. Ascribed to Hipparchus. Azimuthal—Geometrically projected on a plane. Point of projection is at surface of globe opposite the point of tangency.



**Gnomonic**

Used along with the Mercator by some navigators to find the shortest path between two points. Used in seismic work because seismic waves tend to travel along great circles. Any straight line drawn on the map is on a great circle, but directions are true only from center point of projection. Scale increases very rapidly away from center point. Distortion of shapes and areas increases away from center point.

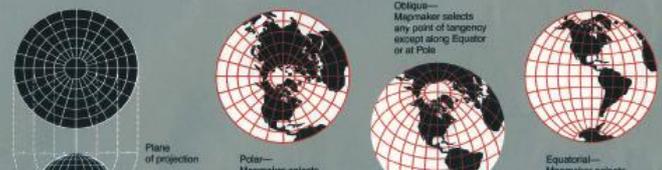
Map is perspective (from the center of the Earth onto a tangent plane) but not conformal, equal area, or equidistant. Considered to be the oldest projection. Ascribed to Thales, the father of abstract geometry, who lived in the 6th century B.C. Azimuthal—Geometrically projected on a plane. Point of projection is the center of a globe.



**Azimuthal Equidistant**

Used by USGS in the National Atlas of the United States of America and for large-scale mapping of Micronesia. Useful for showing airline distances from center point of projection. Useful for seismic and radio work. Oblique aspect used for atlas maps of continents and world maps for radio and aviation use. Polar aspect used for world maps, maps of polar hemispheres, and United Nations emblem.

Distances and directions to all places true only from center point of projection. Distances correct between points along straight lines through center. All other distances incorrect. Any straight line drawn through center point is on a great circle. Distortion of areas and shapes increases away from center point. Azimuthal—Mathematically projected on a plane tangent to any point on globe. Polar aspect is tangent only at pole.



### Lambert Azimuthal Equal Area

Used by the USGS in its National Atlas and Circumpolar Pacific Map Series. Suited for regions extending equally in all directions from center points, such as Asia and Pacific Ocean.

Areas on the map are shown in true proportion to the same areas on the Earth. Quadrangles (bounded by two meridians and two parallels) at the same latitude are uniform in area.

Directions are true only from center point. Scale decreases

gradually away from center point. Distortion of shapes increases away from center point. Any straight line drawn through center point is on a great circle.

Map is equal area but not conformal, perspective, or equidistant.

Presented by Lambert in 1772.

Azimuthal—Mathematically projected on a plane tangent to any point on globe. Polar aspect is tangent only at pole.



Plane of projection  
Equator



Pole—  
Mapmaker selects North or South Pole



Oblique—  
Mapmaker selects any point of tangency except along Equator or at Pole



Equatorial—  
Mapmaker selects central meridian

### Albers Equal Area Conic

Used by USGS for maps showing the conterminous United States (48 states) or large areas of the United States. Well suited for large countries or other areas that are mainly east-west in extent and that require equal-area representation. Used for many thematic maps.

Maps showing adjacent areas can be joined at their edges only if they have the same standard parallels (parallels of no distortion) and the same scale.

All areas on the map are proportional to the same areas on the Earth. Directions are reasonably accurate in limited regions. Distances are true on both standard parallels. Maximum scale error is 1¼% on map of conterminous States with standard parallels of 29½°N and 45½°N. Scale true only along standard parallels.

USGS maps of the conterminous 48 States, if based on this projection, have standard parallels 29½°N and 45½°N. Such

maps of Alaska use standard parallels 55°N and 65°N, and maps of Hawaii use standard parallels 8°N and 16°N.

Map is not conformal, perspective, or equidistant.

Presented by H. C. Albers in 1805.

Conic—Mathematically projected on a cone conceptually secant at two standard parallels.

Two standard parallels (selected by mapmaker)



Equal areas. Deformation of shapes increases away from standard parallels.



### Lambert Conformal Conic

Used by USGS for many 7.5- and 15-minute topographic maps and for the State Base Map series. Also used to show a country or region that is mainly east-west in extent.

One of the most widely used map projections in the United States today. Looks like the Albers Equal Area Conic, but graticule spacings differ.

Retains conformality. Distances true only along standard parallels; reasonably accurate else-

where in limited regions. Directions reasonably accurate, but distortion of shapes and areas minimal at, but increases away from standard parallels. Shapes on large-scale maps of small areas essentially true.

Map is conformal but not perspective, equal area, or equidistant.

For USGS Base Map series for the 48 conterminous States, standard parallels are 33°N and 45°N (maximum scale error for

maps of 48 States is 2¼%). For USGS Topographic Map series (7.5- and 15-minute), standard parallels vary. For aeronautical charts of Alaska, they are 55°N and 65°N; for the National Atlas of Canada, they are 45°N and 77°N.

Presented by Lambert in 1772.

Conic—Mathematically projected on a cone conceptually secant at two standard parallels.

Two standard parallels (selected by mapmaker)



Large-scale map sheets can be joined at edges if they have same standard parallels and scale.



### Equidistant Conic (Simple Conic)

Used in atlases to show areas in the middle latitudes. Good for showing regions within a few degrees of latitude and lying on one side of the Equator. (One example, the Kavrayskiy No. 4, is an Equidistant Conic projection in which standard parallels are chosen to minimize overall error.)

Distances are true only along all meridians and along one or

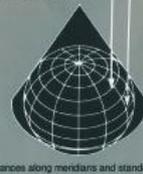
two standard parallels. Directions, shapes and areas are reasonably accurate, but distortion increases away from standard parallels.

Map is not conformal, perspective, or equal area, but a compromise between Lambert Conformal Conic and Albers Equal Area Conic.

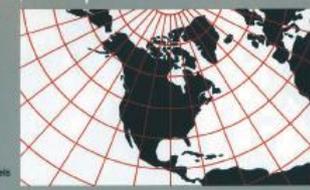
Prototype by Ptolemy, 150 A.D. Improved by De l'Isle about 1745.

Conic—Mathematically projected on a cone tangent at one parallel or conceptually secant at two parallels.

Two standard parallels (selected by mapmaker)



Distances along meridians and standard parallels are correct. Shapes and areas are distorted.



### Polyconic

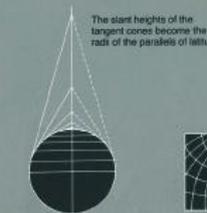
Used almost exclusively for large-scale mapping in the United States until the 1950's. Now nearly obsolete, and no longer used by USGS for new plotting in its Topographic Map series. Best suited for areas with a north-south orientation.

Directions are true only along central meridian. Distances are true only along each parallel and

along central meridian. Shapes and areas true only along central meridian. Distortion increases away from central meridian.

Map is a compromise of many properties. It is not conformal, perspective, or equal area. Apparently originated about 1820 by Hassler.

Conic—Mathematically based on two cones whose apices are 104° apart and which conceptually are obliquely secant to the globe along lines following the trend of North and South America.



The slant heights of the tangent cones become the radii of the parallels of latitude



### Bipolar Oblique Conic Conformal

This "tailor-made" projection is used to show one or both of the American continents. Outlines in the projection diagram represent areas shown on USGS Basement and Tectonic Maps of North America.

Scale is true along two lines ("transformed standard parallels") that do not lie along any meridian or parallel. Scale is compressed between these lines and expanded beyond them. Scale is generally good

but error is as much as 10% at the edge of the projection as used.

Graticule spacing increases away from the lines of true scale but retains the property of conformality except for a small deviation from conformality where the two conic projections join. Map is conformal but not equal area, equidistant, or perspective.

Presented by O. M. Miller and W. A. Bruesmeister in 1941.

Conic—Mathematically based on two cones whose apices are 104° apart and which conceptually are obliquely secant to the globe along lines following the trend of North and South America.



"Transformed standard parallels"



Summary		Properties					Suitable for Mapping			General Use		
Projection	Type	Conformal		Equal area			World			Topographic Maps		
		Equal area	Equidistant	True direction	Compromise	Straight rhumbs	Hemisphere	Continent/Ocean	Region/Sea	Geological Maps	Thematic Maps	Presentations
Globe	Sphere	●	●	●	●	●	●			●	●	●
Mercator	Cylindrical	●	○		●		○	●	●	●	●	●
Transverse Mercator	Cylindrical	●						●	●	●	●	●
Oblique Mercator	Cylindrical	●						●	●	●	●	●
Spøce Oblique Mercator	Cylindrical	●						●	●	●	●	●
Miller Cylindrical	Cylindrical						●			●	●	●
Robinson	Pseudocylindrical						●			●	●	●
Sinusoidal Equal Area	Pseudocylindrical	●	○				●			●	●	●
Orthographic	Azimuthal		○	○	●		○	●	●	●	●	●
Stereographic	Azimuthal	●	○	○	●		○	●	●	●	●	●
Gnomonic	Azimuthal		○	○	●			○		●	●	●
Azimuthal Equidistant	Azimuthal		○	○	●		○	●	○	●	●	●
Lambert Azimuthal Equal Area	Azimuthal		○	○	●			●	●	●	●	●
Albers Equal Area Conic	Conic		○					●	●	●	●	●
Lambert Conformal Conic	Conic	●	○					●	●	●	●	●
Equidistant Conic (Simple Conic)	Conic		○					●	○	●	●	●
Polyconic	Conic		○		●				○	●	●	●
Bipolar Oblique Conic Conformal	Conic	●						●		●	●	●

● = Yes  
○ = Partly

All above projections (except Robinson) are explained in detail in *Map Projections—A Working Manual*, John P. Snyder, Geological Survey Professional Paper 1395 (Washington: USGPO, 1987, 385 pp).

## REFERÊNCIAS

CORVALÁN, S. B. **Zoneamento ambiental da APA Corumbataí (SP) de acordo com critérios de vulnerabilidade ambiental**. 2009. 172 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

NOBRE, M. F. **O zoneamento ecológico-econômico como instrumento de planejamento e gestão ambiental: uma proposta para a bacia do Rio Corumbataí (SP)**. 2008. 249 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

OLIVEIRA, C. **Curso de cartografia moderna**. Rio de Janeiro: IBGE, 1988.

GARCIA, G. J. **Técnicas de sensoriamento remoto na avaliação do potencial de uso de regiões de cerrado**. 1979. 134 f. Tese (Livre Docência), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1979.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BERTIN, J. A neográfica e o tratamento da informação. Tradução: C. M. Westphalen. Curitiba: Editora da UFPR, 1986.

BIBLIOTECA virtual de cartografia histórica. Disponível em: <<http://consorcio.bn.br/cartografia/>>. Acesso em: 06 dez 2012.

DALAZOANA, R.; FREITAS, S. R. C. Efeitos na cartografia devido a evolução do Sistema Geodésico Brasileiro e adoção de um referencial geocêntrico. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 54, p. 66-76, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **História da cartografia**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlasescolar/apresentacoes/historia.swf>>. Acesso em: 15 dez. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções básicas de cartografia**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoas/indice.htm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/indice.htm)>. Acesso em 04 dez. 2012.

LATITUDE e longitude das cidades brasileiras. Disponível em: <<http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=sp&cityid=5219>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: EDUSP, 1975.

SÃO PAULO: geografia do estado. Disponível em: <<http://www.bibliotecavirtual.sp.gov.br/saopaulo-geografia.php>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

SNYDER, J. P. **Map Projections: a working manual**. Washington: USGPO, 1987.

TIPOS e história da cartografia. Disponível em: <<http://www.emdiv.com.br/pt/mundo/tecnologia/714-tipos-e-historia-dacartografia.html>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

## **IV. TOPOGRAFIA**



## IV – TOPOGRAFIA

### 1. Apresentação

*“O conhecimento de uma área através de representação gráfica, definindo tamanho, contorno, relevo, acidentes naturais, detalhes como edificações e sua posição relativa em uma parte da superfície terrestre, é, frequentemente, preocupação dos profissionais responsáveis por planejamentos e projetos urbanos, rurais, conservacionistas ou por todos aqueles que têm necessidade de conhecer os elementos que caracterizam uma área. Quando essa representação gráfica se refere a uma parte restrita da superfície terrestre, o problema é objeto da Topografia. A Topografia se preocupa com os processos de medição e normas de representação. Num levantamento topográfico efetuam-se medições das distâncias horizontais e verticais em unidades de comprimento e as direções em unidades de arco. Obedecendo às normas de representação, efetua-se o desenho através das distâncias e coordenadas polares, exatamente como foram obtidas no campo ou através de distâncias obtidas da transformação dos dados em coordenadas retangulares”.* (Prefácio do livro “Topografia Aplicada às Ciências Agrárias” de Garcia e Piedade, 1978 – 1ª Edição).

Até o final da década de 1960, os equipamentos e métodos de medição pouco tinham mudado, comparativamente às primeiras décadas do século XX. Foi, no entanto, um período de transição, com o desenvolvimento de equipamentos eletrônicos e a grande inovação que foi a proposta do posicionamento por satélite, mais à frente. Particularmente, no caso da Topografia, trinta e oito anos depois do livro citado acima os equipamentos evoluíram, mas os métodos são praticamente os mesmos. Dessa maneira, os softwares topográficos atuais se utilizam das mesmas equações utilizadas naquela época, transformadas em algoritmos. O trabalho de escritório era considerado manual, pois o máximo possível era a execução dos cálculos com simples calculadoras mecânicas e, depois, eletro mecânicas. O trabalho topográfico pode ser dividido, simplificadamente, em duas fases: Trabalhos de campo e Trabalhos de escritório. Os serviços de escritório evoluíram significativamente nos últimos anos pela evolução da informática, facilitando o trabalho do técnico. Os trabalhos de campo, embora mais rápidos com o uso de novos equipamentos, ainda continuam cansativos e, muitas vezes, perigosos.

### 2. Topografia e Geodésia

Topografia e Geodésia se utilizam de métodos e instrumentos semelhantes. No entanto, a Geodésia trata da descrição da forma e tamanho da Terra e a Topografia se limita à descrição de áreas restritas da superfície terrestre, o que pode ser chamado de campo topográfico. Neste caso, e por convenção, uma área circunscrita por um raio de até 5 km apresentará um erro, devido à curvatura da Terra, desprezível. Este valor é teórico e tem apenas a finalidade de indicar a transição entre as duas disciplinas, pois uma área desse tamanho compreende, grosseiramente, 80 Km<sup>2</sup>.

### 3. Finalidade da Topografia

A Topografia tem por finalidade a representação gráfica, por meio de projeção ortogonal cotada, de uma porção restrita da superfície terrestre, sendo esta representada num plano horizontal de referência, perpendicular à vertical do local, chamada de plano topográfico.

A representação gráfica de uma área é feita por intermédio de medidas lineares e angulares:

a) Medidas Lineares – Distâncias horizontais e distâncias verticais ou diferenças de nível (Figura IV.01);

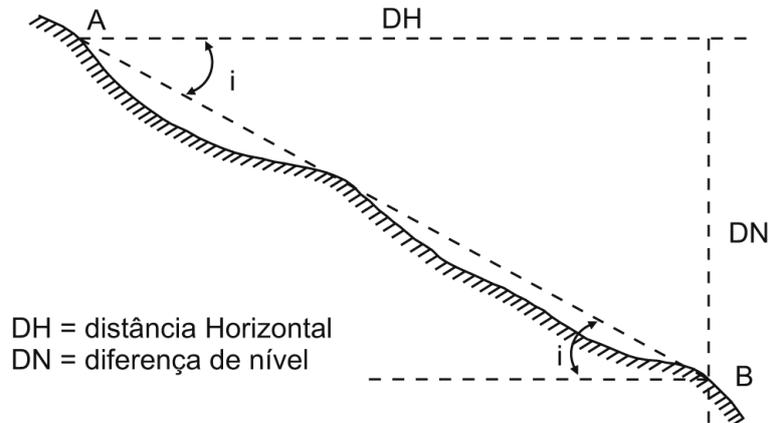


Figura IV.01 – Medida de distância horizontal e distância vertical  
Fonte: Garcia e Piedade (1989)

b) Medidas Angulares – Ângulos azimutais ou horizontais (Figura IV.02a) e ângulos zenitais ou verticais (Figura IV.02.b).

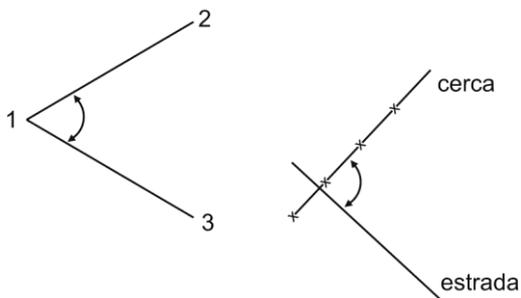


Figura IV.02a – Medidas de ângulo azimutal

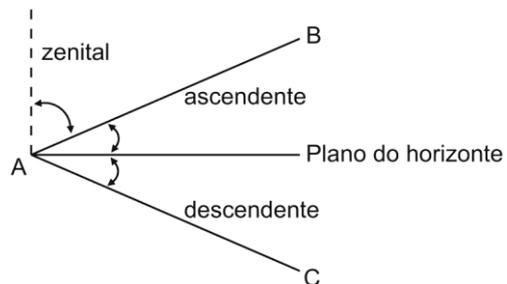


Figura IV.02b – Medidas de ângulo vertical

Fonte: Garcia e Piedade (1989)

## 4. Instrumental Topográfico, Acessórios e Software

O material disponível é bastante variado em custo, precisão e princípios de funcionamento, mas, basicamente, destina-se à execução das mesmas medidas e cálculos.

### 4.1. Teodolito

Equipamentos destinados à medição de ângulos, horizontais ou verticais, objetivando a determinação dos ângulos internos ou externos de uma poligonal, bem como a posição de detalhes específicos, necessários ao levantamento. Quando acumulam a função de medir distâncias, são chamados de taqueômetros.

Nos últimos 50 anos o teodolito evoluiu bastante, mas é possível encontrar os mais diferentes modelos, ainda em uso. O mais antigo, do tipo ótico-mecânico, ainda pode ser útil nas aulas iniciais de topografia, pelo aspecto pedagógico, já que é bastante fácil de visualizar as diferentes partes do aparelho e compreender as medições realizadas. A Figura IV.03 mostra um aparelho deste tipo e a respectiva estrutura interna de leitura. Na década de 1970, e já com uma apresentação mais moderna, foi muito utilizado o teodolito Vasconcelos, fabricado no Brasil, e que formou toda uma geração de técnicos, conforme mostra a Figura IV.04.

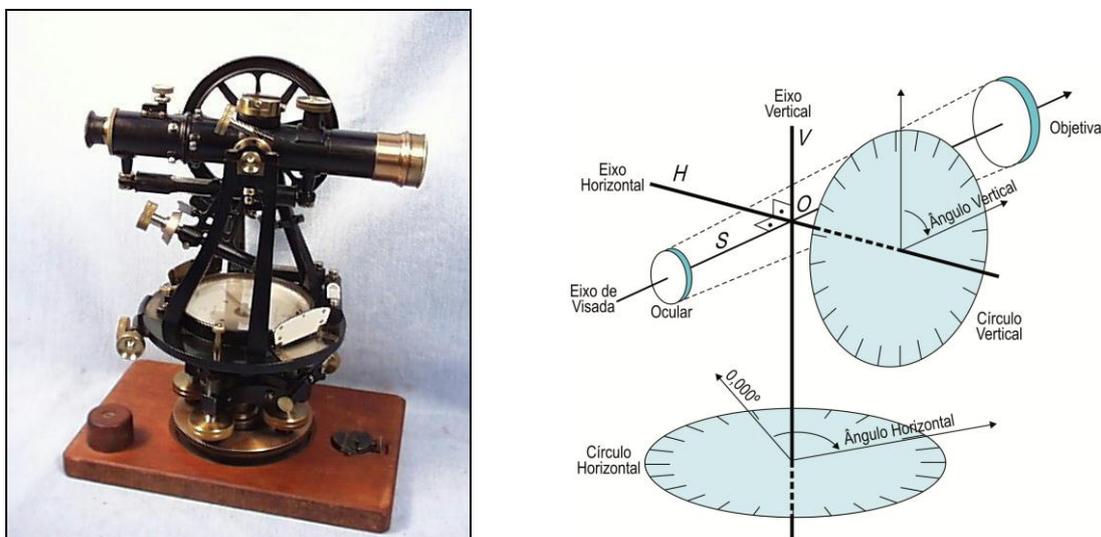


Figura IV.03a – Teodolito ótico-mecânico Figura IV.03b – Princípio de funcionamento do teodolito ótico-mecânico

Fonte: <http://www.antiqubuyer.com/transits.html> e

<http://projetomat.blogspot.com.br/2013/03/teodolito-pesquisa-grupo-8-o-teodolito.html>



Figura IV.04a – Teodolito Vasconcelos  
Vista E



Figura IV.04b – Teodolito Vasconcelos  
Vista D

Uma evolução nos modelos anteriores foram os teodolitos prismáticos. Neste caso, os círculos graduados eram feitos de vidro transparente, de modo que a luz externa era direcionada para estes círculos por meio de prismas e as leituras feitas por meio de uma luneta ótica, colocada ao lado da luneta principal (Figura IV.05).

Ainda no período, apareceram os teodolitos eletrônicos, onde a leitura dos círculos graduados foi substituída por um sistema eletrônico, sendo possível visualizar as mesmas em uma tela de cristal líquido. Logo em seguida, os dados de campo puderam ser armazenados no próprio aparelho, para posterior transferência no computador do escritório para processamento e desenho da planta (Figura IV.06).



Figura IV.05 – Teodolito prismático  
WILD T2



Figura IV.06 – Teodolito eletrônico  
ET – 05 RUIDE

Finalmente, como estado-da-arte em medições topográficas, têm-se as estações totais. A estação total é a integração de um teodolito eletrônico com um distanciômetro também eletrônico, que armazena os dados coletados no campo, para posterior transferência para o computador do escritório. A quantidade de prismas utilizados nas medições determina as distâncias de trabalho. Utilizando-se de aplicativos apropriados, o aparelho corrige as distâncias inclinadas e os efeitos da variação de temperatura e pressão (refração), fornecendo as distâncias horizontais e as diferenças de nível. Fornecendo-se a altitude/cota e o azimute do ponto inicial, calculam-se as coordenadas e as altitudes/cotas dos pontos levantados (Figura IV.07).



Figura IV.07a – Estação Total Topcon  
GTS 750



Figura IV.07b – Estação total  
Spectra Precision

#### 4.2. Nível de Precisão

O nível de precisão destina-se, exclusivamente, à leitura das diferenças de nível no terreno. Para tanto, a luneta apresenta apenas o movimento de rotação horizontal, sendo que a diferenciação entre modelos refere-se ao tipo de leitura.

a) Nível Automático – A medição é realizada pela leitura da mira métrica, visualizada através da luneta. A Figura IV.08 mostra um modelo de nível automático do tipo ótico.

b) Nível Eletrônico – Neste caso, a mira é codificada em código de barras e a leitura é feita por intermédio de uma rede de sensores óticos que reconhece a codificação da mira. Através de correlação entre a imagem da mira e uma imagem de referência no instrumento, é calculada a diferença de nível (Figuras IV.09 e IV.10).

c) Nível a Laser Rotatório – É um aparelho que possui uma fonte laser sobre um motor. Ao girar perfeitamente na horizontal, gera um plano nivelado ao seu redor. É especialmente útil na construção civil: Nivelamento de terrenos, Concretagem de lajes e Nivelamento de fundações (Figura IV.11).



Figura IV.08 - Nível automático PENTAX AP 281



Figura IV.09 – Nível eletrônico TRIMBLE DiNi



Figura IV.10 – Nivelamento com nível Eletrônico. Detalhe da mira com código de barras

Fonte: <http://www.terratopografia.com/>



Figura IV.11 – Nível a laser Rotatório. CST/Berger ALHV

### 4.3. Acessórios

As Figuras IV.12 a IV.17 mostram os principais acessórios utilizados na Topografia.



Figura IV.12 - Tripé



Figura IV.13 –Balisa



Figura IV.14 - Trena

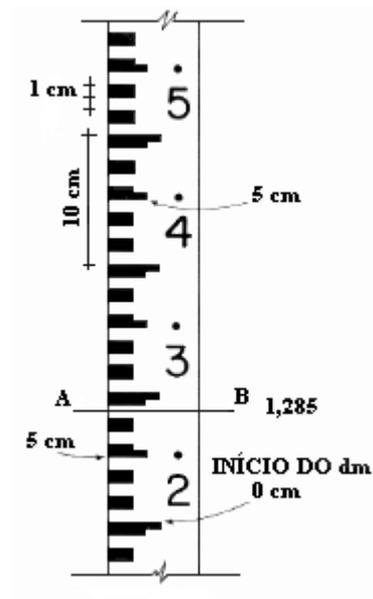


Figura IV.15a – Detalhe de uma mira graduada

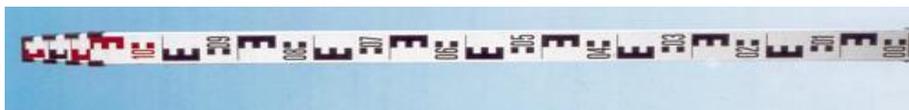


Figura IV.15b – Mira graduada com outro tipo de marcação e mesma finalidade

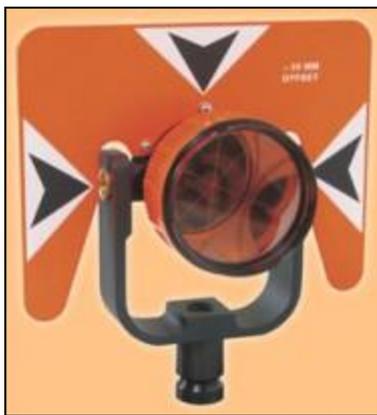


Figura IV.16 – Prisma simples com suporte - SECO

#### 4.4. Softwares

Modernamente, os dados coletados pelos instrumentos topográficos são processados por programas computacionais apropriados, resultando, ao final, a respectiva planta topográfica, qualquer que seja a finalidade. Existem várias marcas comerciais, cada uma com vantagens e desvantagens, bem como programas de uso livre, que podem, eventualmente, atender às necessidades dos usuários. Alguns programas podem ser citados: Data Geosis; Posição; SierraSoft; Topcon; TopoCAL; TopoEsalq; TopoEVN; TopoGRAPH.

### 5. Medição de Distâncias e Ângulos

#### 5.1. Medição Direta de Distâncias Horizontais

É um levantamento sem muita precisão, mas que pode atender perfeitamente às necessidades do interessado. A diferença horizontal entre dois pontos é feita, perfeitamente, com uma trena na horizontal, como mostram Garcia e Piedade (1989), pela Figura IV.17.

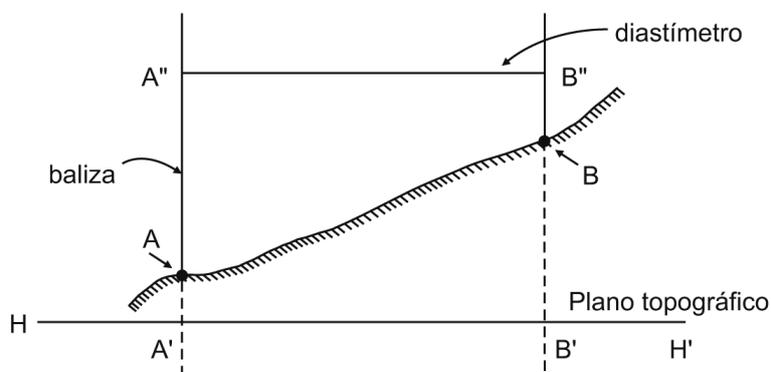


Figura IV.17a – Medição de distância horizontal entre dois pontos com trena

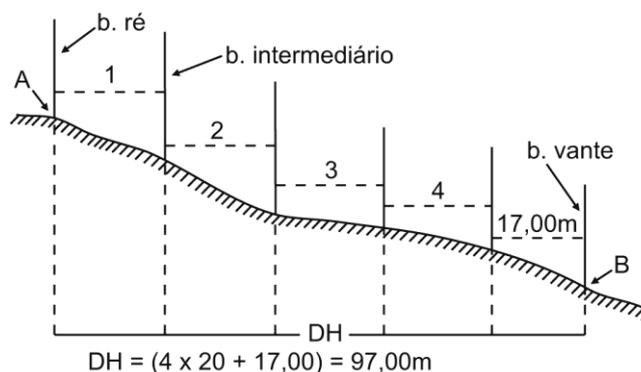


Figura IV.17b – Medição de distância entre dois pontos, para distâncias maiores que o comprimento da trena.

### 5.2. Medição Indireta de Distâncias Horizontais

É feita com o auxílio do teodolito e se baseia na propriedade de dois triângulos semelhantes. Para medir, indiretamente, a distância entre dois pontos, deve-se levar em conta a inclinação do terreno, já que a distância medida deve ser referida ao plano topográfico. A Figura IV.18 mostra esquematicamente uma das possibilidades de medida.

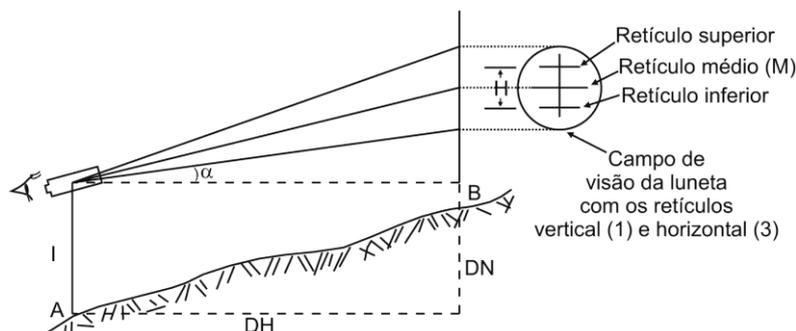


Figura IV.18 – Medida de distância horizontal com teodolito – Situação do terreno em aclive e visada ascendente

Fonte: Garcia e Piedade (1989)

### 5.3. Medição de Ângulos

Todo instrumento usado para medir ângulos é chamado de goniômetro. Assim, tanto a bússola como o teodolito são goniômetros. No segundo caso, podem ser medidos ângulos horizontais e verticais. Os ângulos horizontais são aqueles que as direções dos alinhamentos se formam entre si ou aqueles que os alinhamentos se fazem com uma linha de referência. A linha de referência pode ser o meridiano magnético, o meridiano verdadeiro ou uma linha arbitrária. Os ângulos verticais são aqueles formados entre a linha de visada e uma linha de referência, geralmente a linha do horizonte.

No levantamento topográfico podem ser levados em conta tanto o Rumo como o Azimute, cujas definições já foram abordadas no capítulo III.

## 6. Métodos de Levantamentos Topográficos

Os métodos podem ser divididos em Planimétricos e Altimétricos. Da combinação destes dois grupos, têm-se os métodos Planialtimétricos.

### 6.1. Levantamentos Planimétricos

Como o próprio nome diz, trata de medir distâncias no plano horizontal. Em função dos dados levantados, os levantamentos podem ser classificados em: Poligonação, Triangulação, Intersecção e Irradiação.

No levantamento de uma área, podem ser consideradas as seguintes fases:

- Planejamento;
- Medições de campo: Poligonal de base; Levantamento de detalhes;
- Processamento dos dados;
- Desenho da planta.

O objetivo das medidas planimétricas é a obtenção das coordenadas cartesianas (X,Y) de cada ponto medido, disposto na superfície do terreno.

#### 6.1.1. Poligonação

Também chamado de levantamento por caminhamento, é o mais utilizado na prática e compreende o estabelecimento, observação e cálculo de poligonais. Poligonais referem-se a um conjunto sucessivo de segmentos de reta, formando uma linha poligonal, sendo medidos os comprimentos dos lados e os ângulos formados entre si.

No caso de poligonais abertas, onde não se tem o controle de erro, é recomendável que as mesmas se apoiem nas redes de triangulação topográfica existentes ou então nos vértices de outras poligonais. É o caso do levantamento de faixas estreitas e longas de terreno, como, por exemplo, rodovias, ferrovias e linhas de alta tensão (Figura IV.19).

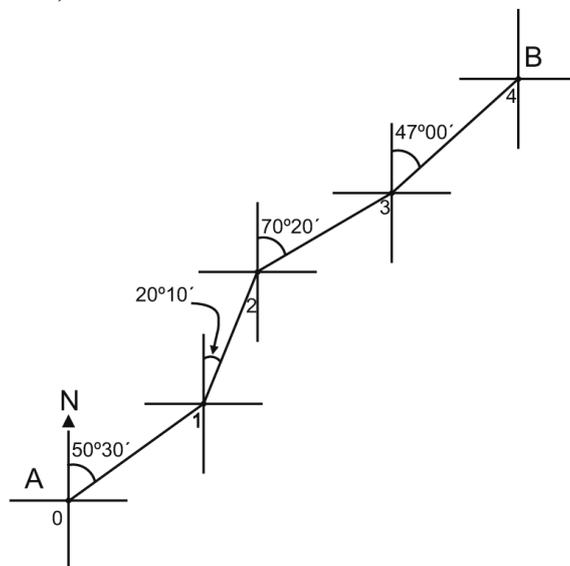


Figura IV.19 – Representação esquemática de uma poligonal aberta  
Fonte: Garcia e Piedade (1989)

Nos levantamentos com GPS, em alinhamentos onde não é possível o uso do receptor, é empregada a poligonal aberta, poligonal esta que atende ao requisito de estar apoiada em pontos georreferenciados.

#### a) Medição de Ângulos e Distâncias

No levantamento de áreas, a poligonal fechada é o método mais recomendado, pois permite a avaliação e a correção dos erros angulares e lineares cometidos durante os trabalhos de campo. Neste caso, a poligonal começa e termina no mesmo vértice, como mostra a Figura IV.20. Com o teodolito no ponto inicial, orienta-se o primeiro alinhamento em relação a um sistema de referência e mede-se o ângulo entre os pontos 0 e 1. No ponto 1 é feita uma visada de ré (no ponto 0) e uma de vante para orientar o aparelho na direção do alinhamento 0-1, quando então visa-se o ponto 2. Este novo ângulo pode ser ainda relacionado ao sistema de referência ou então ao ângulo que o alinhamento 1-2 faz com o alinhamento 0-1, chamado de deflexão, que pode ser à direita ou à esquerda.

Esta poligonal de base, dependendo da finalidade do levantamento, pode ser detalhada por outros métodos, ditos secundários, como a Irradiação e a Intersecção, que serão abordados mais à frente. Os dados do levantamento são armazenados na memória do aparelho para posterior processamento.

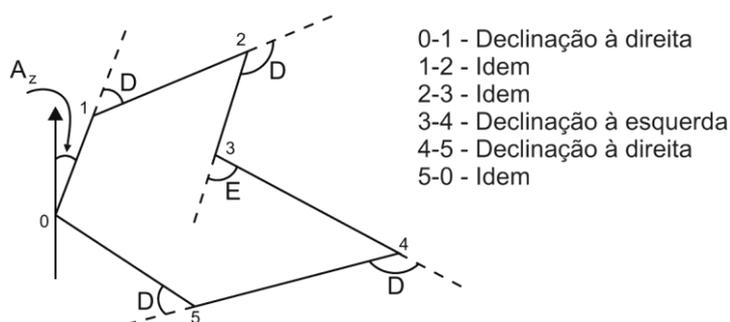


Figura IV.20 – Representação esquemática de uma poligonal fechada

Fonte: Garcia e Piedade (1989)

#### b) Erro Angular de Fechamento

O erro angular de fechamento é um erro acidental, resultado das leituras de deflexões ou por diferença entre os azimutes calculados. A diferença entre a soma das deflexões à direita e a soma das deflexões à esquerda corresponde ao erro de fechamento. Existem normas para os limites admissíveis, de acordo com o tipo de levantamento.

#### c) Coordenadas Parciais ou Relativas

Para desenhar a planta, determinar o erro linear e calcular analiticamente a área da poligonal de base, torna-se necessário transformar os dados em coordenadas, num sistema de eixos ortogonais. O eixo das ordenadas ou eixo Y representa o meridiano de referência, que pode ser verdadeiro, magnético ou assumido, dando a direção N-S. O eixo das abcissas ou eixo X dará a direção L-O. A Figura IV.21 mostra que, convertendo-se os azimutes em rumos e tendo-se o seno e o coseno do rumo de cada alinhamento, o produto desses valores pela respectiva distância dará a projeção (longitude ou latitude) de cada alinhamento.

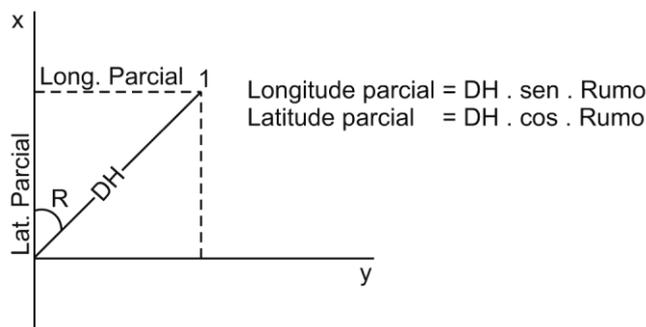


Figura IV.21 – Cálculo da latitude parcial e longitude parcial  
Fonte: Garcia e Piedade (1989)

#### d) Erro Linear de Fechamento

Num levantamento, parte-se de um ponto inicial, percorre-se o perímetro, voltando-se ao ponto inicial. Dessa maneira, a soma algébrica das longitudes parciais leste deve ser igual à soma algébrica das longitudes parciais oeste, o mesmo ocorrendo com a soma das latitudes N e S. Na prática, poderão ocorrer erros acidentais que deverão ser levados em conta. Dentro dos limites de tolerância para o levantamento considerado, o erro será proporcionalmente distribuído pelos comprimentos dos lados do polígono.

#### e) Coordenadas Totais ou Absolutas

Para maior facilidade na confecção da planta por coordenadas, as longitudes e latitudes devem ser medidas a partir de um meridiano de origem, de modo que os demais vértices terão suas coordenadas contadas a partir desse ponto de origem. Assim, as coordenadas totais são obtidas pela soma algébrica das coordenadas parciais, onde, por convenção, têm-se: Leste (+), Oeste (-), Norte (+), e Sul (-). A Figura IV.22 apresenta esquematicamente o resultado obtido para o desenho da planta.

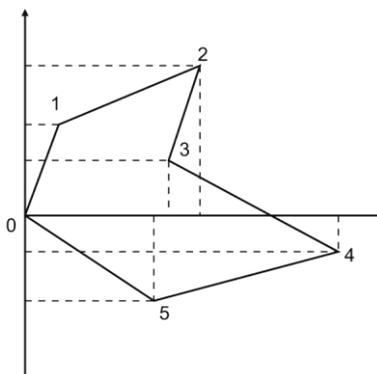


Figura IV.22 – Resultado obtido para o desenho da planta  
Fonte: Garcia e Piedade (1989)

### 6.1.2. Triangulação

A triangulação confere grande precisão em levantamentos de grandes áreas. Neste caso, uma região é coberta por uma cadeia de triângulos, de modo que pelo menos um lado de cada triângulo seja visto pelos lados dos triângulos anterior e

posterior, e assim por diante (Figura IV.23). Para estes triângulos, são calculados os ângulos internos e os comprimentos dos lados. Calculam-se ainda as coordenadas (latitude e longitude) de um dos vértices e, medindo-se o azimute, calculam-se as coordenadas dos demais vértices.

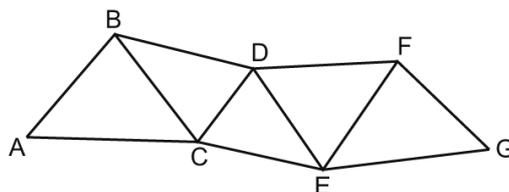


Figura IV.23 – Representação esquemática de uma triangulação topográfica

### 6.1.3. Irradiação

É um levantamento empregado em pequenas áreas, indicado para trechos curvos do perímetro. Tem sua maior aplicação como auxiliar dos levantamentos por caminhamento. É um método simples, de precisão relativamente boa, mas que não permite controle dos erros que possam ocorrer, dependendo, então, da experiência e cuidados do operador.

O método consiste em se escolher um ponto de situação dominante, de onde se avistam todos os pontos que melhor definem as linhas de divisa ou detalhes de interesse. A partir deste ponto medem-se dois lados e o ângulo formado entre eles, pois o método se baseia na decomposição da área em triângulos (Figura IV.24).

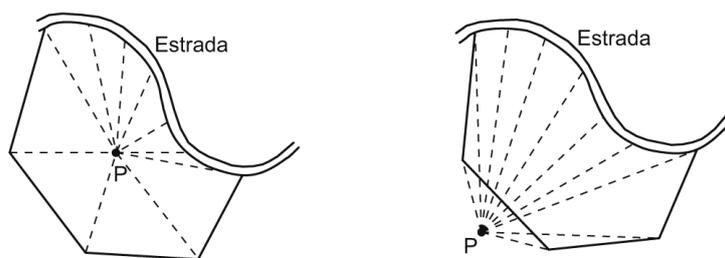


Figura IV.24 – Levantamento por irradiação-Ponto dentro do perímetro à esquerda e ponto fora do perímetro à direita

### 6.1.4. Intersecção

É também um método que pode ser utilizado como um levantamento único ou como auxiliar no levantamento por caminhamento, desde que as áreas não sejam muito grandes, e é o único processo disponível, quando um ou mais vértices do polígono são inacessíveis. Como o método anterior, não há possibilidade de se controlar o erro. O método tem seu princípio de funcionamento baseado na construção de um triângulo em que se conhecem um lado e seus dois ângulos adjacentes. A representação da posição do ponto topográfico é determinada pelos dois ângulos formados (Figura IV.25).

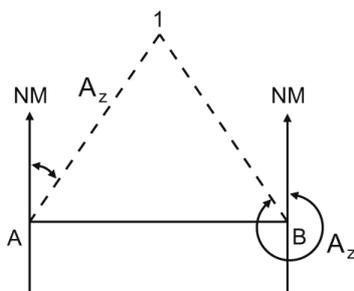


Figura IV.25 – Representação gráfica do levantamento por intersecção

## 6.2. Levantamentos Altimétricos

A Altimetria ou Hipsometria tem por finalidade a medida da diferença de nível (DN) entre dois ou mais pontos no terreno, permitindo, portanto, a caracterização do relevo local. Algumas definições podem ser feitas (Figura IV.26):

a) Referência de Nível (RN) – Uma medida de DN deve ser referenciada a uma superfície de comparação, que pode ser uma superfície arbitrária ou o nível médio do mar;

b) Altitude e Cota - Quando a DN é referida a uma superfície qualquer, é chamada de *cota*, e quando a referência é a superfície média do mar, é denominada de *altitude*;

c) Nível Aparente e Nível Real – O nível é *aparente* quando a RN é uma superfície qualquer e é *real* quando a RN é o nível do mar.

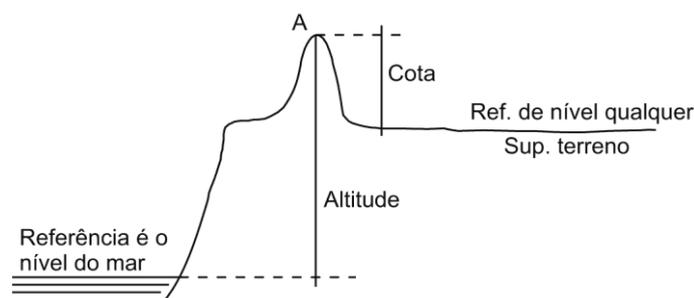


Figura IV.26 – Altitude e cota  
Fonte: Garcia e Piedade (1989)

A classificação dos métodos altimétricos, também chamados de métodos de nivelamento, leva em conta o tipo de RN, ou seja, em relação ao nível verdadeiro ou em relação ao nível aparente.

### a) Nível Verdadeiro

O caso único é o nivelamento barométrico, onde a DN é obtida em função da diferença da pressão atmosférica medida em cada um dos pontos. São usados barômetros de mercúrio e aneróides, sendo o segundo com aplicações topográficas. O barômetro aneróide, também chamado de altímetro, consiste de uma caixa metálica com vácuo parcial. Qualquer variação na pressão é transmitida a uma agulha, possibilitando a leitura local (Figura IV.27a). Já no altímetro digital, a altitude é

determinada por um sensor que distingue as diferenças de pressão atmosférica entre diferentes pontos no terreno (Figura IV.27b).



Figura IV.27a – Altimetro mecânico  
 Fonte: <http://www.trimtecsistemi.it>



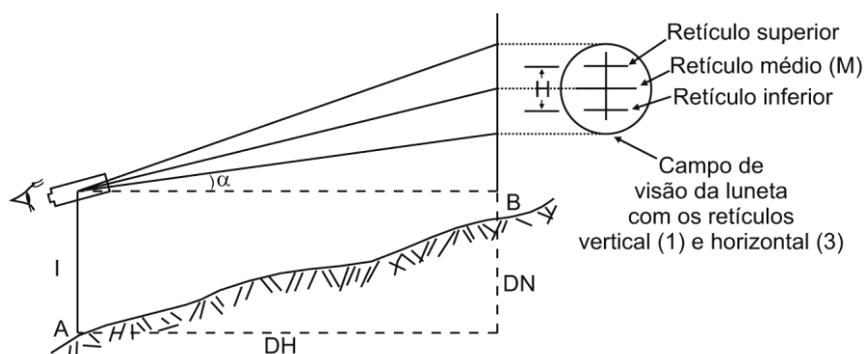
Figura IV.27b – Altimetro digital  
 Fonte: <http://www.mecanicaindustrial.com.br>

b) Nível Aparente

Neste caso, os levantamentos podem ser classificados em *trigonométricos* ou *taqueométricos* e *geométricos*.

**6.2.1. Nivelamento Trigonométrico**

Operando com visadas inclinadas, as diferenças de nível são determinadas pela resolução de triângulos retângulos, conhecendo-se uma base e o ângulo de inclinação. A Figura IV.28 representa esquematicamente o método.



$$DH = 100H \cdot \cos^2 \alpha$$

Figura IV.28 – Representação esquemática do nivelamento trigonométrico  
 Fonte: Garcia e Piedade (1989)

Os cálculos são os seguintes:

$$DH = 100H \cdot \cos^2 \alpha$$

$$DN = 50H \cdot \sin 2\alpha + M - I$$

H = diferença entre retículo superior e inferior

α = Ângulo de inclinação da luneta

M = Leitura do retículo médio

I = Altura da luneta em relação ao terreno

É importante observar com atenção o tipo de visada, para utilizar corretamente a fórmula. Assim:

Visada ascendente:  $DN = 50H. \text{sen}2\alpha - M + I$

Visada descendente:  $DN = 50H. \text{sen}2\alpha + M - I$

### 6.2.2. Nivelamento Geométrico

É aquele executado por meio de direções ou visadas horizontais, sendo utilizado, preferencialmente, o nível de precisão. O nivelamento pode ser *simples* ou *composto*.

#### a) Nivelamento Geométrico Simples

No nivelamento geométrico simples o serviço é realizado com o aparelho numa única posição e, neste caso, pode ser o nivelamento de um *perfil* (Figura IV.29) ou uma *irradiação altimétrica* (Figura IV.30).

$$DN_{\text{Total}} = DN_1 + DN_2 + DN_3 \text{ ou } d_A - d_D$$

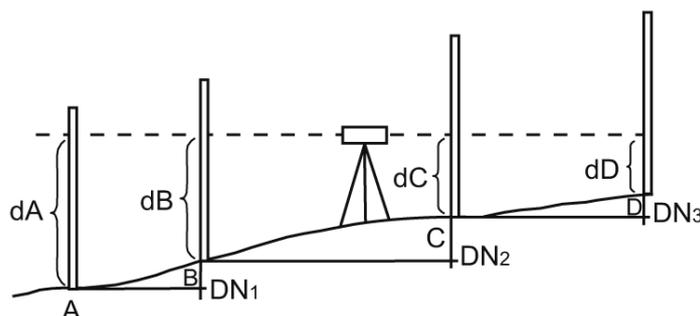


Figura IV.29 – Representação esquemática do nivelamento de um perfil  
Fonte: Garcia e Piedade (1989)

No caso da irradiação altimétrica, um ponto é escolhido de preferência dentro da área, de onde são visados tantos pontos quanto necessários. Sendo o objetivo nivelar o terreno, a um dos pontos é atribuída uma DN igual a zero. Nos pontos onde as leituras forem menores que a leitura desse ponto, deverão ser feitos cortes. Nos pontos onde as leituras forem maiores, deverão ser feitos aterros.

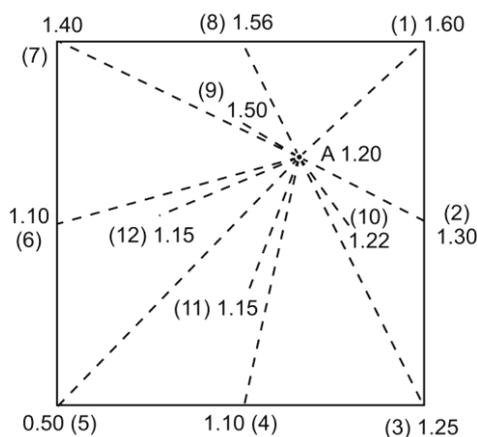


Figura IV.30 – Representação esquemática de uma irradiação altimétrica  
Fonte: Garcia e Piedade (1989)

## b) Nivelamento Geométrico Composto

No estudo de perfis é o levantamento mais utilizado e implica na mudança sistemática do aparelho. Quando não é mais possível visualizar a mira na posição seguinte, é o momento de mudar o aparelho. No levantamento com o terreno em declive, o momento é quando a visada passa por cima da mira, e no terreno em aclave, quando a visada atinge o terreno (Figura IV.31).

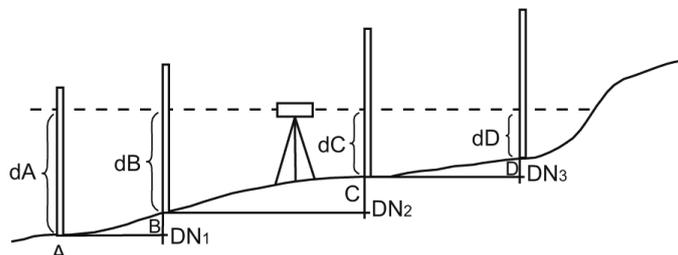


Figura IV.31 – Limite do nivelamento geométrico composto - Aparelho em uma única posição no terreno

Fonte: Garcia e Piedade (1989)

Algumas definições são importantes:

a) Referência de Nível (RN): Para que as leituras tenham significado, é necessário que elas sejam referenciadas a um plano. Se for arbitrário, pode-se atribuir um valor 100, 1.000, etc., de modo que no decorrer do levantamento não ocorram cotas negativas. Quando a RN for o nível do mar, o valor é zero;

b) Visada de Ré (RÉ): Ao se iniciar o levantamento, o nível de precisão é estacionado numa posição conveniente, sobre ou fora da linha a nivelar. A visada (leitura) sobre o primeiro ponto é, por convenção, chamada de visada de ré;

c) Visada de Vante: São todas as visadas feitas a partir da visada de ré. As visadas de vante recebem a denominação de pontos intermediários (PI) e pontos de mudança (PM) e estão sobre os pontos cujas elevações se quer determinar. O ponto de mudança é o último ponto lido de uma determinada posição do aparelho e o primeiro a ser lido com o aparelho numa nova posição (Figura IV.32).

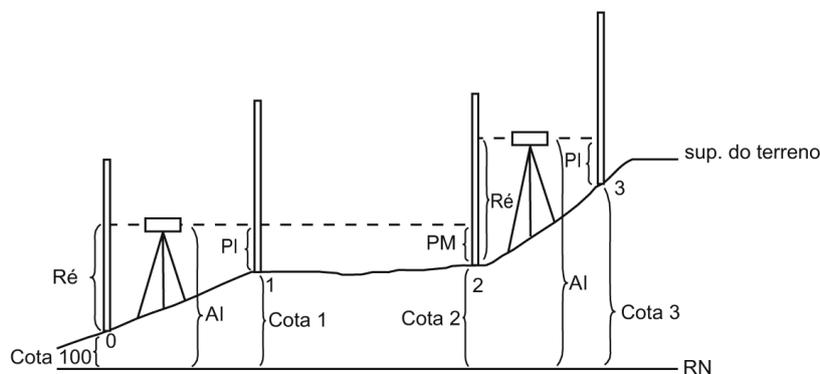


Figura IV.32 – Representação esquemática do nivelamento geométrico composto

Fonte: Garcia e Piedade (1989)

### 6.3. Levantamentos Planialtimétricos

O levantamento planialtimétrico é aplicado em uma área com o propósito de representar o respectivo relevo. Dependendo da precisão requerida, somente esta técnica pode ser utilizada, como é o caso de obras de terraplenagem. Existem vários métodos, cada um adequado a determinadas finalidades. A característica principal do levantamento planialtimétrico é a de ser a reunião de métodos já abordados anteriormente neste texto.

A organização dos métodos apresentados a seguir tem a visão e a experiência pessoal do autor. Mesmo após um cuidadoso planejamento, uma das características do levantamento topográfico é a adoção de soluções práticas no campo, de acordo com as situações locais e os imprevistos que vão aparecendo durante um levantamento.

No desenho da planta planialtimétrica, onde o relevo é representado pelas curvas de nível, uma atenção especial deve ser dada às mesmas, já que é comum a ocorrência de erros de leitura no campo. Tais erros podem gerar inconformidades que são aceitáveis pelo software topográfico, e a planta será desenhada. No entanto, uma simples análise do desenho indicará que uma ou mais curvas não são representativas da área, de acordo com a experiência do técnico. Dessa maneira, é interessante discorrer sobre as características das curvas de nível.

#### 6.3.1. Curvas de Nível

Algumas considerações são importantes na compreensão da importância das curvas de nível no levantamento planialtimétrico e na interpretação dos respectivos mapas (GARCIA e PIEDADE, 1989).

a) Definição – Curvas de nível são linhas sinuosas que ligam pontos de mesma cota no terreno e correspondem a planos horizontais que interceptam o terreno. Tais planos são paralelos e equidistantes, onde a distância entre dois planos é chamada de equidistância vertical. Quanto menor o valor da equidistância vertical, maior é a precisão da planta (Figura IV.33);

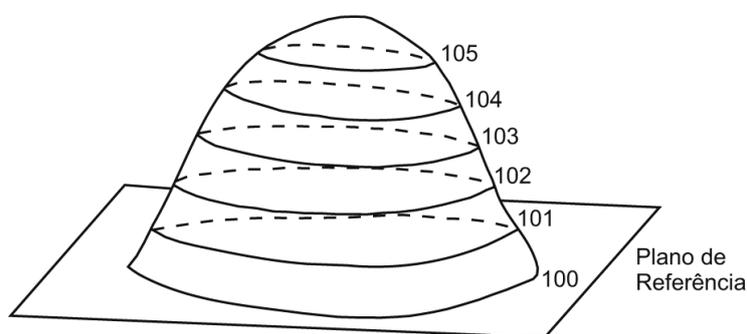


Figura IV.33 – Representação gráfica da curva de nível

b) Características das Curvas de Nível

b.1) Duas curvas de nível jamais se cruzam, já que, nesse caso, haveria um ponto com duas elevações diferentes (Figura IV.34a);

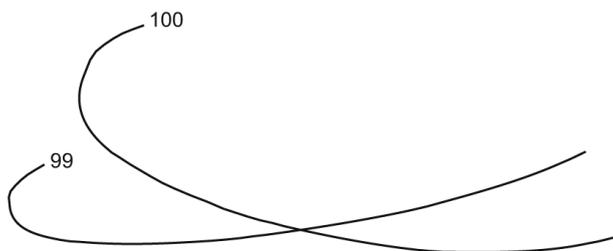


Figura IV.34a – Primeira definição de curva de nível

b.2) Duas curvas de nível não podem se encontrar e continuar numa só, pois, nesse caso, elas estariam superpostas e representando um plano perfeitamente na vertical (Figura IV.34b);

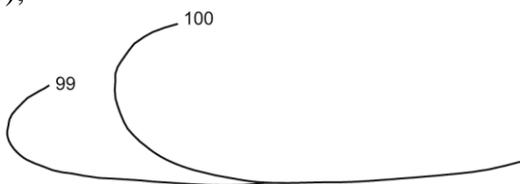


Figura IV.34b – Segunda definição de curva de nível

b.3) Uma curva de nível não pode desaparecer repentinamente (Figura IV.34c);

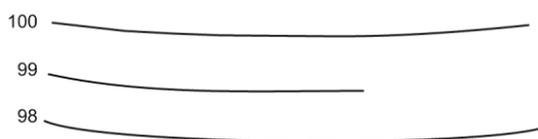


Figura IV.34c – Terceira definição de curva de nível

b.4) Para uma mesma escala, curvas de nível mais afastadas representam terrenos levemente inclinados e, muito próximas, terrenos fortemente inclinados (Figura IV.34d);

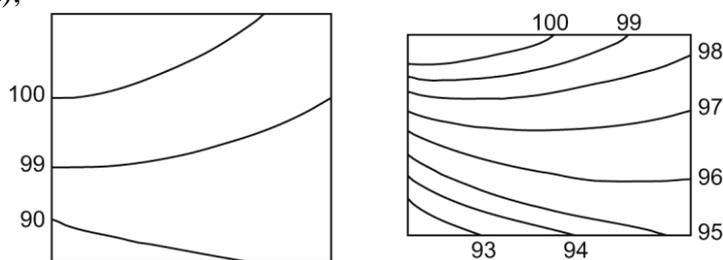


Figura IV.34d – Quarta definição de curva de nível

b.5) Não se pode ter uma linha única compreendida por uma curva de nível (Figura IV.34e);

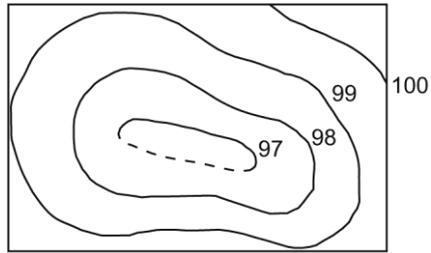


Figura IV.34e – Quinta definição de curva de nível

b.6) O maior declive do terreno ocorre no local onde aparece a menor distância entre duas curvas de nível (Figura IV.34f).

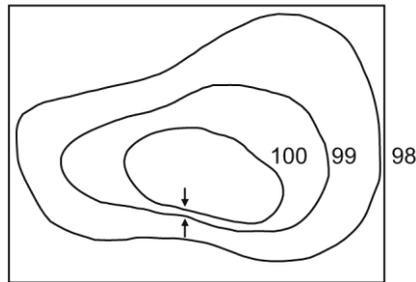
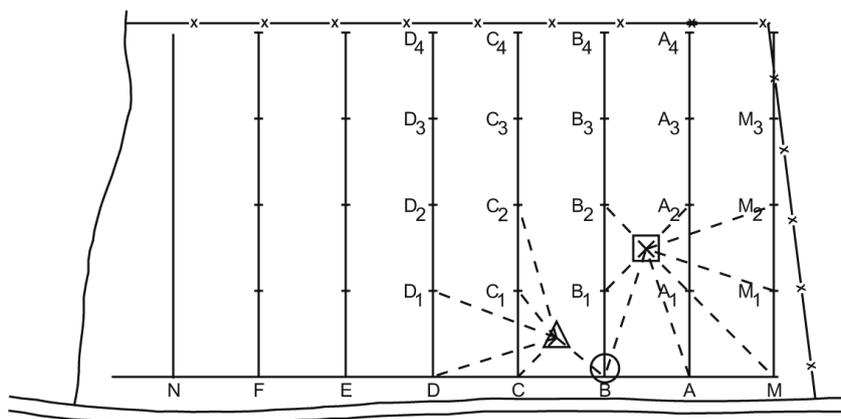


Figura IV.34f – Sexta definição de curva de nível

### 6.3.2. Levantamento pela Quadriculação do Terreno

É o processo mais exato e, portanto, o mais trabalhoso. A partir de uma poligonal aberta AB, são demarcadas tantas transversais quanto a precisão exigir. A partir de um ponto inicial, onde é instalado o nível, é executada uma irradiação altimétrica para todos os pontos possíveis de serem medidos. Medido o último ponto possível, o aparelho é reposicionado para o próximo ponto de irradiação, executando-se uma visada de ré (RÉ) em pelo menos um dos pontos anteriores, para que as novas leituras estejam relacionadas entre si (Figura IV.35). Terminado o levantamento, no escritório é feito o cálculo das cotas inteiras para cada ponto levantado, também em relação a uma referência de nível. Ligando-se os pontos de mesma cota, são obtidas as curvas de nível que representam graficamente o relevo.



- – 1ª posição do aparelho
- △ - 2ª posição do aparelho
- – PM = ponto de mudança

Figura IV.35 – Representação esquemática do levantamento planialtimétrico pela quadriculação do terreno

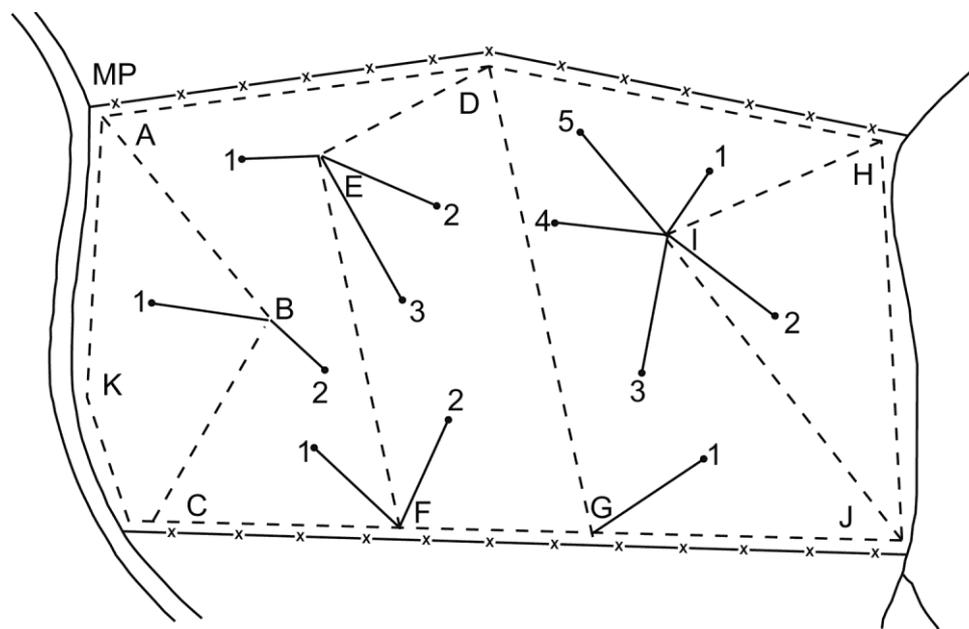
Fonte: Garcia e Piedade (1989)

### 6.3.3. Levantamento Taqueométrico

Levantamento utilizado para áreas extensas e adequado para projetos de conservação de solos, irrigação por sulcos, etc. É um processo conjugado, onde se utiliza na parte planimétrica o levantamento por caminhamento e na parte altimétrica o nivelamento geométrico composto ou o levantamento taqueométrico (trigonométrico).

O trabalho é iniciado com o levantamento do perímetro (poligonal fechada), com o teodolito e o nível de precisão. A partir de determinadas estacas do perímetro, com o teodolito são demarcadas poligonais internas, que são, em seguida, levantadas altimetricamente com o auxílio do nível. Como as poligonais internas têm origem no perímetro já devidamente cotado, todas as cotas dessas poligonais estão inter-relacionadas (Figura IV.36). Neste caso, também são calculadas as cotas inteiras. Caso se necessite de maior detalhamento, são feitas irradiações altimétricas com o teodolito, em determinadas estacas das poligonais, como já comentado no item 6.2.1.

De acordo com a precisão requerida e o tempo disponível, mesmo as poligonais internas podem ser levantadas taqueometricamente.



Poligonais internas ABC, DEF, DG, HIJ  
Irradiação altimétrica nas estacas B, E, F, G, I

Figura IV.36 – Representação esquemática do levantamento planialtimétrico taqueométrico

Fonte: Garcia e Piedade (1989)

### 6.3.4. Levantamento pelas Seções Transversais

É um método rápido e de boa precisão, indicado para projetos que se apresentem como faixas longas e estreitas, como estradas de rodagem, canais de irrigação e drenagem, etc.

O trabalho se inicia com o traçado de uma poligonal aberta (poligonal de base), acompanhando aproximadamente o eixo longitudinal do terreno. Após devidamente estaqueadas as poligonais, normalmente de 20 em 20 metros, é feito o levantamento altimétrico das mesmas, por meio do nivelamento geométrico composto. Na fase seguinte, de cada estaca da poligonal de base, são traçadas perpendiculares que devem ter a extensão da largura da faixa do terreno. Em seguida, as transversais são levantadas altimetricamente, calculando-se, ao final, as cotas inteiras (Figura IV.37). Neste caso, as medidas podem ser obtidas de três maneiras: a) Nivelamento geométrico de cada transversal; b) Irradiação altimétrica - Quando pontos de mais de uma transversal são levantados; c) Obtenção das cotas inteiras diretamente no campo.

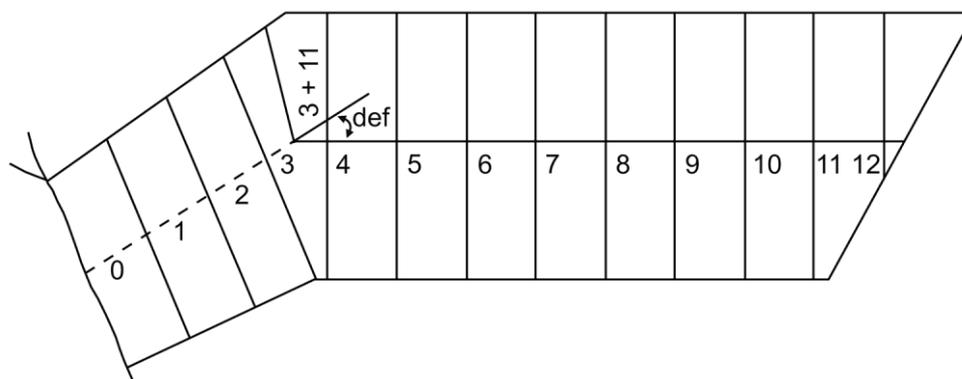


Figura IV.37 – Representação esquemática do levantamento planialtimétrico pelas seções transversais

Fonte: Garcia e Piedade (1989)

## 7. Trabalhos de Escritório

Como já visto neste texto, a Topografia avançou muito nos últimos anos, tanto no que se refere a equipamentos, como no processamento dos dados coletados. No entanto, ainda é possível encontrar equipamentos antigos sendo utilizados, assim como processos semiautomatizados sendo empregados no escritório. Pode-se dizer que a situação dos trabalhos de escritório se apresenta da seguinte maneira:

### 7.1. Trabalhos Totalmente Informatizados

Os dados coletados pelo aparelho no campo são transferidos para o computador e softwares específicos processam os dados, conforme indicado no item 4.4. Tais programas processam, compensam e distribuem os erros, calculam as planilhas, imprimem o desenho e, se necessário, fazem os cálculos de acordo com os objetivos finais do trabalho.

## 7.2. Trabalhos Semi-informatizados

Os dados coletados no campo podem ser armazenados ou não no aparelho e o cálculo da planilha pode ser feito no Excel ou então desenvolver/comprar um programa próprio para calculadoras científicas, como em alguns modelos da HP. O site <http://agrimensuraonline.blogspot.com.br> apresenta regularmente soluções práticas para o profissional independente.

## 7.3. Trabalhos Manuais

Está em desuso, mas pode ser aplicado a qualquer momento pelo técnico com conhecimento da sequência lógica do cálculo topográfico. Calculadoras simples seriam utilizadas neste caso.

## ANEXOS

### Exercícios sobre Aviventação de Rumos – Complemento ao Capítulo III – Cartografia

Na prática, várias situações podem ocorrer, tais como (GARCIA e PIEDADE, 1978):

- a) A planta apresenta rumos magnéticos e deseja-se calcular o rumo verdadeiro sendo que se dispõe da declinação magnética;
- b) A planta apresenta rumos magnéticos em uma data qualquer e, para aviventá-los, dispõe-se de valores de declinação magnética em épocas diferentes;
- c) A planta apresenta rumos magnéticos e deseja-se calcular o rumo verdadeiro, conhecendo-se a declinação magnética em uma data qualquer e a variação anual;
- d) A planta apresenta o rumo verdadeiro e deseja-se aviventar o magnético, conhecendo-se a declinação magnética em determinada data e a variação anual.

Exercício 01 – O rumo magnético do alinhamento 0-1 é  $7^{\circ} 30'$  NE, sabendo-se que a declinação magnética é de  $15^{\circ} 00'$  W. Calcular o azimute verdadeiro e o rumo verdadeiro.

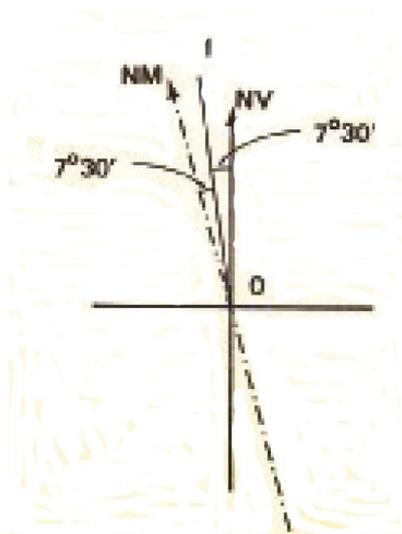
$$RM = 7^{\circ} 30'$$

$$\text{Decl. Mag.} = 15^{\circ} 00' \text{ W}$$

$$AV = RV = ?$$

$$RV = 15^{\circ} 00' - 7^{\circ} 30' = 7^{\circ} 30' \text{ NW}$$

$$AV = 359^{\circ} 60' - 7^{\circ} 30' = 352^{\circ} 30'$$



Exercício 02 – O rumo magnético do alinhamento 1-2 era  $13^{\circ} 40'$  NW em 01/04/1972. Calcular o rumo magnético 1-2 em 01/10/1977, conhecendo-se os seguintes dados: Decl. Mag. da localidade em 1970 era  $13^{\circ} 10'$  W e em 1976 era  $12^{\circ} 28'$  W.

$01/10/1977 - 01/04/1972 = 5,5$  anos

$1976 - 1970 = 06$  anos

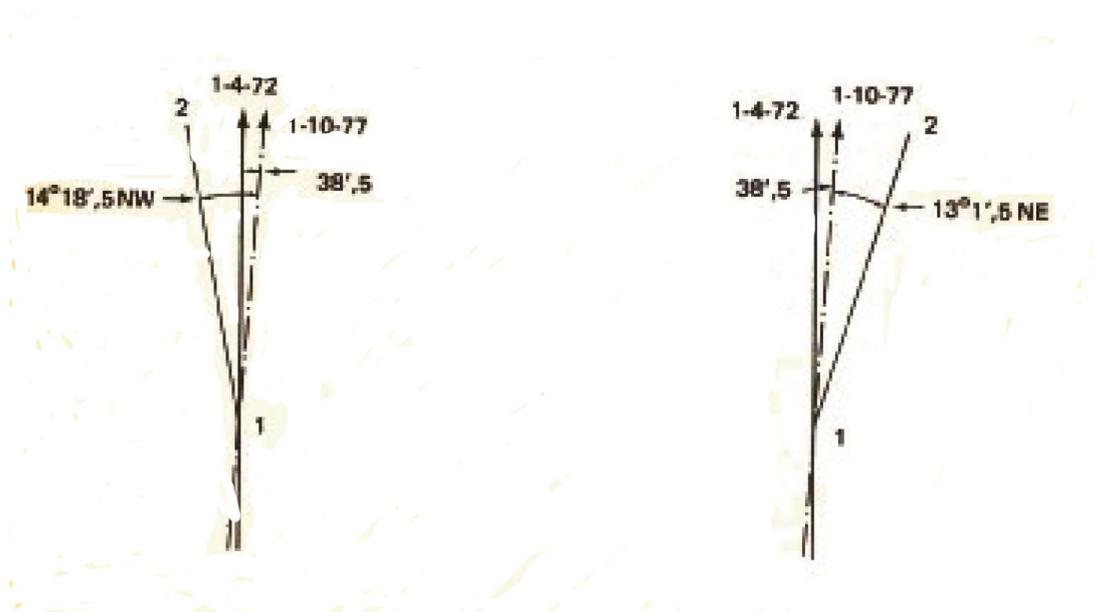
$13^{\circ} 10' \text{ W} - 12^{\circ} 28' \text{ W} = 0^{\circ} 42' \text{ E}$

Varição anual =  $42'/06 = 7' \text{ E}$

Em 5,5 anos  $\times 7' = 38',5 \text{ E}$

$13^{\circ} 40' + 38',5 = 14^{\circ} 18',5 \text{ NW}$

Mudando-se os quadrantes da linha para NE para o exercício:



Exercício 03 – O rumo magnético do alinhamento 1-2 era de  $45^{\circ} 15'$  SE em 01/07/1947. Calcular o rumo verdadeiro. Por um anuário obtiveram-se os seguintes dados:

Dec. Mag. em 01/01/45 era  $1^{\circ} 40'$  E e a variação anual de  $8'$  E.

$01/07/1947 - 01/01/1945 = 2,5$  anos

Variação no período = número de anos x variação anual

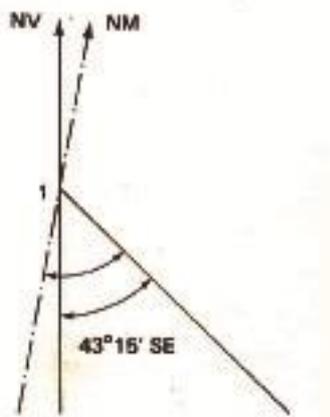
Variação no período =  $2,5 \times 8' = 20'$  E

Decl. Mag. 1947 = decl. mag. 1945 + variação no período

Decl. Mag. 1947 =  $1^{\circ} 40' + 20' = 2^{\circ}$  E

$RV = RM - \text{decl. mag. 1947}$

$RV = 45^{\circ} 15' - 2^{\circ} = 43^{\circ} 15'$  SE



Exercício 04 – O rumo verdadeiro do alinhamento 1-2 é de  $80^{\circ} 15'$  NW. Calcular o rumo magnético em 1977. Pela carta isogônica de 1965 constatou-se que a declinação magnética era de  $13^{\circ} 00'$  W e a variação anual de  $11'$  W.

$1977 - 1965 = 12$  anos

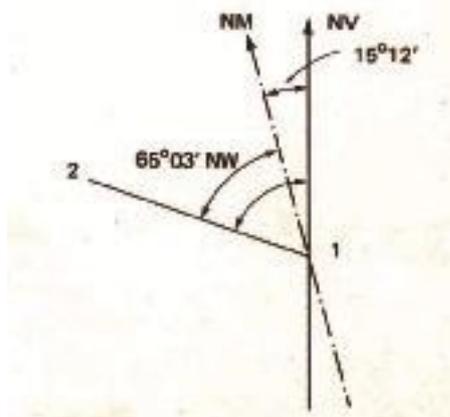
Variação no período = 12 anos x  $11' = 132' = 2^{\circ} 12'$  W

Decl. Mag. 1977 = decl. mag. 1965 + variação no período

Decl. Mag. 1977 =  $13^{\circ} 00' + 2^{\circ} 12' = 15^{\circ} 12'$  W

$RM = RV - \text{decl. mag. 1977}$

$RM = 80^{\circ} 15' - 15^{\circ} 12' = 65^{\circ} 03'$  NW



## REFERÊNCIAS

GARCIA, G. J.; PIEDADE, G. C. R. **Topografia aplicada às ciências agrárias**. São Paulo: Nobel, 1978 – 1ª Ed. ; 1989 – 5ª Ed.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

A evolução histórica e tecnológica do instrumental topográfico. Disponível em: <<http://www.topografia.ufba.br/evolucao%20tecnologicatop.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2013.

BRITISH COLUMBIA LAND SURVEYORS. **Survey Videos /PowerPoint Presentations**. Disponível em: <[http://www.abcls.ca/?page\\_id=232](http://www.abcls.ca/?page_id=232)>. Acesso em: 12 abr. 2013.

BORGES, A. C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. v. 1.

BORGES, A.C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1994. v. 2.

CASACA, J. M.; MATOS, J. L.; DIAS, J. M. B. **Topografia geral**. São Paulo: LTC, 2007.

CUNHA, F. **A evolução da topografia através dos tempos**. Disponível em: <[http://www.planortogonal.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=37:a-evolucao-da-topografia-atraves-dos-tempos&catid=1:topografia&Itemid=41](http://www.planortogonal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=37:a-evolucao-da-topografia-atraves-dos-tempos&catid=1:topografia&Itemid=41)>. Acesso em: 24 mar. 2013.

CULACIATI INSTRUMENTOS TOPOGRAFICOS. **Estaciones totales**. Disponível em: <<http://www.culaciati.cl/itnsEstacionesTotales.php>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

ESPARTEL, L. **Curso de topografia**. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

LAND SURVEYORS UNITED. **Surveying Photos**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/landsurveyorsunited/surveying-photos>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

Levantamentos topográficos. Disponível em: <[http://www.ft.unicamp.br/~mgarrido/Gerais5Levant\\_Top\\_Planimet.ppt](http://www.ft.unicamp.br/~mgarrido/Gerais5Levant_Top_Planimet.ppt)>. Acesso em 10/04/2013.

GONÇALVES, J. A.; MADEIRA, S.; SOUZA, S. **Topografia: conceitos e aplicações**. Lisboa: Lidel, 2012.

McCORMAC, J. **Topografia**. São Paulo: LTC, 2007.

PEREIRA, A. P. **O que é algoritmo?** Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/programacao/2082-o-que-e-algoritmo-.htm#ixzz2UtWaaDZQ>>. Acesso em 20 mar. 2013.

SURVEYING: What's it all about? Disponível em:  
<<http://landsurveyorsunited.com/video/surveying>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

VANT Aibot X6: levantamento topográfico de mina a céu aberto. Disponível em:  
<[http://www.youtube.com/watch?v=SPsUr\\_KA7gg](http://www.youtube.com/watch?v=SPsUr_KA7gg)>. Acesso em: 10 mar. 2013.



# **V – GPS - SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**



## V – GPS - SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL

O GPS, que em inglês quer dizer Global Positioning System é a parte principal do sistema GNSS - Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegação por Satélite) que está sendo desenvolvido com o objetivo de melhorar as medidas de posicionamento em toda Terra. Fazem parte ainda do sistema o GLONASS russo, que ainda não tem cobertura global, o sistema COMPASS da China, em fase de expansão e o sistema GALILEO da União Europeia, em fase de implantação. Informações mais detalhadas sobre o GNSS podem ser obtidas em <http://www.insidegnss.com/>.

### 1. Descrição do Sistema GPS

O GPS é representado por um sistema espacial de navegação que se utiliza de uma rede de, no mínimo, 24 satélites que orbitam a Terra em posições determinadas. Também chamado de NAVSTAR (NAVigation Satellite Time And Ranging) GPS, devido às suas aplicações originais de navegação, foi desenvolvido pelos Estados Unidos com propósitos militares, para fins de navegação e aquisição de localização geográfica e geodésica. Foi liberado para uso público em 1980.

O sistema GPS é a fase atual de um longo processo de desenvolvimento tecnológico liderado pelos Estados Unidos, iniciado na década de 1940. O sistema imediatamente anterior era chamado de TRANSIT e entrou em operação em 1964, sendo liberado para fins civis em 1967. Composto por 7 satélites que operavam em altitudes em torno de 1.100 km, eram necessários, pelo menos, 4 satélites para a funcionalidade do sistema. Em 1996, o sistema foi desativado.

Veja em [http://www.trimble.com/gps\\_tutorial/howgps.aspx](http://www.trimble.com/gps_tutorial/howgps.aspx), tutoriais animados sobre o assunto.

Os satélites GPS orbitam a Terra duas vezes ao dia, transmitindo informações para o terreno, a uma altitude aproximada de 20.200 km (Figura V.01). Os satélites estão posicionados em seis planos orbitais igualmente espaçados em torno da Terra, cada plano com 4 satélites. Este arranjo assegura que pelo menos 4 satélites estarão visíveis ao mesmo tempo, em qualquer ponto terrestre.

Os receptores GPS usam estas informações para, através de triangulação, calcular a posição exata do usuário. Basicamente, o sistema é um relógio de alta precisão, já que o receptor GPS compara o tempo que um sinal é transmitido por um satélite, com o tempo que o sinal é recebido. A diferença de tempo é utilizada para calcular a distância entre satélite e receptor. A posição do usuário é determinada quando medidas de distâncias em relação a outros satélites são calculadas, sendo a mesma, então, visualizada na tela do receptor GPS. Quando pelo menos 3 satélites são utilizados já é possível a obtenção da latitude e da longitude, e com 4 ou mais satélites já é possível também a medida de altitude. Após os cálculos de posicionamento, outras medidas podem ser feitas, como direção, rota, distância da viagem, distância até o destino, velocidade do usuário, etc.

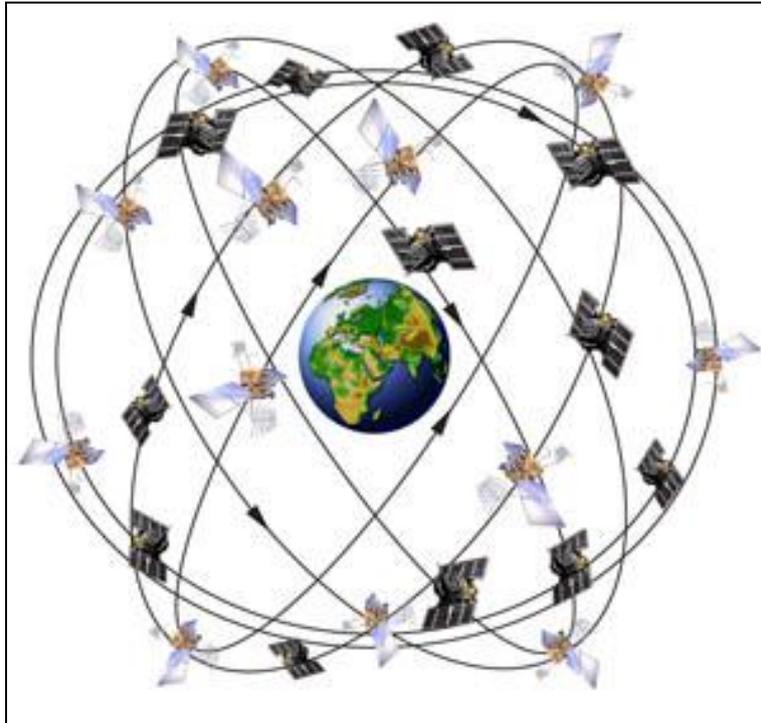


Figura V.01 – Constelação de satélites GPS

Fonte: <http://www.schriever.af.mil/shared/media/ggallery/hires/AFG-100225-014.jpg>

Sob a responsabilidade do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, o sistema é administrativamente dividido em três segmentos.

### **1.1. Segmento Espacial**

A força aérea americana gerencia a constelação de satélites.

### **1.2. Segmento de Controle**

São os centros de controle em terra, compreendendo uma estação principal de controle, 12 antenas de controle e 16 locais de monitoramento, conforme mostrado na Figura V.02. As principais atividades são o monitoramento das órbitas e a sincronia dos satélites, que também estão sob a jurisdição da força aérea americana;



Figura V.02 – Distribuição mundial das estações e antenas do sistema GPS  
 Fonte: Adaptado de <http://www.schriever.af.mil/shared/media/ggallery/hires/AFG-100225-014.jpg>

### 1.3. Segmento Usuário/Aplicações

Corresponde ao aparelho de GPS utilizado pelo usuário, com a respectiva antena. Os sinais enviados pelos satélites são decodificados em diferentes canais, passando ao usuário as informações desejadas. A maioria das licenças para as tecnologias utilizadas em GPSs pertencem a companhias dos Estados Unidos, de modo que cada vez que uma empresa fabrica um aparelho, estadunidense ou não, precisa pagar pela utilização dessas tecnologias. Assim, embora o uso do sistema seja livre, os custos da tecnologia e do software utilizado estão embutidos no preço do aparelho, de modo que o usuário, ao final, acaba pagando pela utilização do sistema.

O sistema GPS permitiu, em pouco tempo, o desenvolvimento de dezenas de aplicações em diferentes setores da sociedade, podendo-se citar, por exemplo, agricultura, aeronáutica, estradas, topografia e mapeamento, recreação, defesa civil, cadastro rural e urbano, etc. Em relação ao assunto tratado neste livro, tem-se que o GPS é particularmente importante na coleta de dados terrestres, no processamento digital de imagens de satélite, no mapeamento e interpretação dos atributos da superfície terrestre e no planejamento ambiental.

## 2. O Sinal GPS

### 2.1. O Que é o Sinal GPS

O sinal GPS é constituído de três tipos de informações:

a) Código Pseudorrandômico – É a identificação de cada satélite, podendo ser visualizado na tela do receptor GPS;

b) Dados de Efemérides – Constantemente distribuídos por cada satélite, contêm informações sobre a funcionalidade do mesmo;

c) Dados do Almanaque – Cada satélite informa a respectiva órbita e as órbitas dos outros satélites no sistema.

A função do segmento espacial é gerar e transmitir os sinais GPS, correspondentes a códigos, portadoras e mensagens de navegação. O sistema utiliza uma frequência de referência interna de 10,23Mhz e todas as demais frequências são múltiplos ou submúltiplos desta. As frequências de comunicação entre os diversos segmentos do sistema são:

a) Entre o Segmento Espacial e o Segmento Usuário

. Ondas Portadoras

L1 (Link 1) = 1.575,42 Mhz (frequência)  $\lambda = 19,0425$  cm (comprimento de onda)

L2 (Link 2) = 1.227,60 Mhz  $\lambda = 24,4379$  cm

Modulados em fase, com as ondas portadoras, são transmitidos os códigos PRN (Pseudo Random Noise Codes), que são sequências de +1 e -1, emitidos nas seguintes frequências:

Código CA (Coarse Acquisition Code) = 1,023Mhz

Código P (Precision Code) = 10,23Mhz

O código civil CA consiste em uma modulação de 1023 bits sobre a portadora L1 e se repete a cada 1 milissegundo. O código P é modulado sobre as portadoras L1 e L2 e consiste em uma sequência de  $10^{14}$  bits a cada 267 dias. Além destes, ainda existe o código Y, similar ao P, sendo gerado, entretanto, a partir de uma equação secreta (*anti-spoofing*).

Os sinais L1 e L2 transmitidos para o usuário contêm informações sobre: As efemérides do satélite; As correções do relógio do satélite; Parâmetros atmosféricos; Parâmetros orbitais de todos os satélites (almanaque); Outros dados.

b) Entre o Segmento Espacial e o Segmento de Controle

. Link de transmissão do satélite para o centro de controle: 2.227,5 MHz (Banda S).

. Link de transmissão do centro de controle para o satélite: 1.783,74 MHz (Banda S).

No Brasil, o apoio terrestre ao sistema é sustentado pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) do IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>), com estações de controle distribuídas por todo território. As coordenadas das estações da RBMC são de alta precisão e constituem-se em componente importante na composição dos resultados finais dos levantamentos a ela referenciados. Um aspecto importante é que todas as suas estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas ([http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/centros\\_apres.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/centros_apres.shtm)), cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de  $\pm 5$  mm, configurando-se como uma rede de alta precisão.

## 2.2. Funcionamento do Sistema

O cálculo das coordenadas dos satélites, no instante da transmissão do sinal, é feito a partir dos dados gerados pelos próprios satélites. A seguir, uma breve descrição

da sequência de eventos que permitem o cálculo do posicionamento de pontos na superfície terrestre.

a) Embora os satélites descrevam órbitas bem definidas, possibilitando o cálculo de suas posições no espaço tridimensional (x, y, z), a qualquer instante, as mesmas estão sujeitas a perturbações que alteram tais órbitas, como, por exemplo, os campos gravitacionais da Terra e da Lua;

b) Para proceder às necessárias correções, as estações do Segmento Controle medem com grande precisão as órbitas dos satélites, quando estão nos seus respectivos campos de visada. Desse modo, calculam e modelam as perturbações orbitais, projetando tais órbitas para as horas seguintes. As órbitas previstas são transmitidas para os satélites pelas efemérides transmitidas (GA);

c) Os satélites que recebem as informações das GAs transmitem também para a Terra, de forma contínua, informações relativas às respectivas órbitas. Transmitem ainda os sinais de navegação relativos aos códigos CA e P (Y);

d) Os receptores terrestres recebem os dados orbitais que permitem o cálculo da posição espacial dos satélites “visíveis” e também os códigos que permitem calcular com alta precisão o tempo ( $\Delta t$ ) entre a emissão pelo satélite e a coleta pelo receptor. Na sequência, a distância satélite-receptor é calculada pela equação  $D = \Delta t \cdot V$ , onde D é a distância entre o satélite e o receptor,  $\Delta t$  é o intervalo de tempo medido e V a velocidade da luz. Quando três satélites estão “visíveis”, três medidas de distâncias podem ser feitas e, por triangulação, é calculada a posição do ponto terrestre;

e) Embora todos os relógios GPS estejam sincronizados, o relógio atômico do satélite é muito mais preciso que o relógio a quartzo do receptor. Assim, as distâncias apresentam erros, de modo que são chamadas de pseudo distâncias. Para eliminar matematicamente tais erros, há a necessidade de se observar mais um satélite, totalizando 4;

f) As coordenadas x, y, z no receptor são calculadas no sistema geocêntrico global WGS84 e, a partir deste, convertidas para um sistema local (topocêntrico). Complementarmente, são convertidas para coordenadas esféricas (Lat., Long., Alt.) ou para coordenadas de um sistema de projeção cartográfica.

### 2.3. Fontes de Erros nos Sinais GPS

Os fatores que degradam o sinal GPS e afetam a precisão das medidas são de vários tipos:

a) Retardamento pelo Efeito da Ionosfera e Troposfera – A velocidade do sinal diminui quando atravessa a atmosfera. O sistema GPS utiliza um modelo computacional pré-existente, que calcula um valor médio de retardamento, para a correção parcial deste tipo de erro;

b) Trajetórias Múltiplas do Sinal (multicaminhamento) – Isto ocorre quando o sinal GPS é refletido por objetos antes que atinjam o receptor. Podem ocorrer devido a prédios altos ou superfícies rochosas e aumentam o tempo de viagem do sinal, causando erros (Figura V.03);

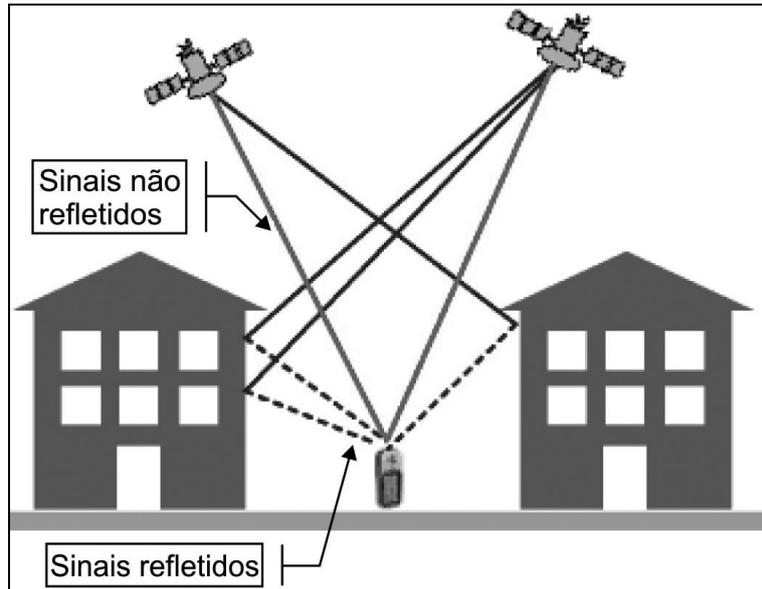


Figura V.03 – Multicaminhamento

Fonte: Adaptado de: <http://www.kowoma.de/en/gps/errors.htm>

c) Erros do Relógio do Receptor – O relógio do receptor não é tão preciso quanto o relógio atômico a bordo dos satélites GPS. Conseqüentemente, erros muito pequenos podem ocorrer;

d) Erros Orbitais – Também conhecidos como erros de efemérides, são imprecisões devido ao posicionamento de satélites;

e) Número de Satélites Visíveis – Quanto mais satélites estiverem “visíveis ao receptor”, melhor será a precisão das medidas. Prédios, relevo do terreno, interferência eletrônica ou até mesmo folhagem densa podem bloquear a recepção dos sinais, ocasionando erros de posicionamento. Unidades de GPS não são operacionais dentro de prédios, sob a água ou em locais subterrâneos;

f) Geometria dos Satélites/Sombreamento – Refere-se à posição relativa dos satélites num determinado momento. A geometria ideal é aquela cujos satélites formam grandes ângulos entre si. A geometria é desfavorável quando os satélites estão localizados em linha ou agrupados muito próximos.

## 2.4. Parâmetros DOP

Parâmetros DOP (Dilution Of Precision) referem-se a uma medida da geometria momentânea dos satélites visíveis e levam em conta a posição relativa de cada satélite em relação aos outros da constelação (FiguraV.04). Um DOP baixo indica uma alta probabilidade da acurácia ser alta, enquanto que um DOP alto indica alta probabilidade de baixa acurácia. Para a cartografia e topografia são importantes:

- . VDOP – Relativo à altimetria;
- . HDOP – Relativo à planimetria ou posicionamento horizontal;
- . PDOP – Relativo ao posicionamento tridimensional;
- . TDOP – Relativo às três coordenadas e ao tempo

Um PDOP de 4 ou menos indica excelente posicionamento, enquanto que entre 5 e 8 é aceitável.

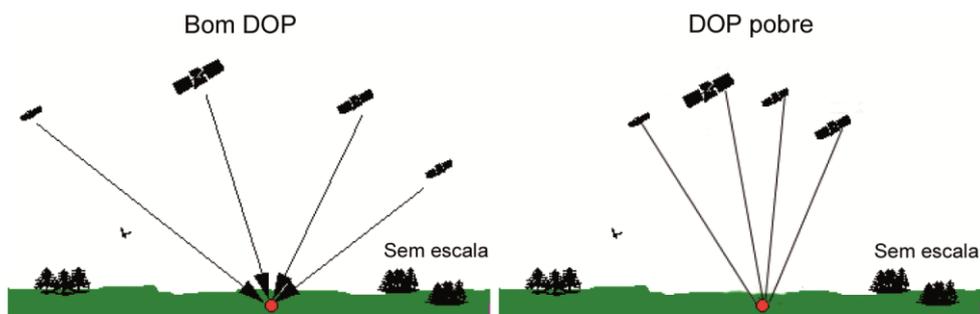


Figura V.04a – DOP com posicionamento adequado de satélites

Figura V.04b – DOP com posicionamento inadequado de satélites

Fonte: <http://www.cmtinc.com/gpsbook/index.htm>

## 2.5. Níveis de Acurácia

São três os tipos de receptores GPS hoje disponíveis, com acurácias e procedimentos diferentes.

a) Receptores de Código CA - Apresentam acurácias entre 1 e 5 metros para uma taxa de ocupação de 1 segundo e são bastante úteis, na maior parte, nas aplicações com SIG;

b) Receptores de Fase - Proporcionam acurácias entre 10 e 30 centímetros para DGPS e são utilizados em projetos que requerem maior precisão. Neste caso, o receptor mede a distância do aparelho até o satélite, contando o número de ondas que carregam o sinal do código CA. Embora mais preciso, o método exige uma taxa de ocupação bem maior;

c) Receptores de Duas Frequências - São capazes de oferecer uma acurácia sub-centimétrica para DGPS e recebem os sinais dos satélites nas portadoras L1 e L2, simultaneamente.

## 3. Tipos de Medidas

Cada projeto, dependendo da precisão desejada, determinará a seleção do método de observação a ser utilizado. É fundamental que o contratante de um serviço explicitamente o nível das medições pretendidas. Cabe ao técnico, ouvido o contratante, o planejamento da missão, as observações de campo, o processamento dos dados, a análise e apresentação dos resultados.

As medições são feitas a partir dos sinais que são emitidos pelos satélites, os quais atravessam a atmosfera terrestre, o que degrada a qualidade dos mesmos, afetando a precisão da localização espacial dos pontos no terreno. Dois aparelhos receptores convenientemente distanciados, medindo os mesmos sinais do mesmo grupo de satélites, permitirão a eliminação dos efeitos da atmosfera. A distância entre os dois aparelhos é chamada de *linha base* e o comprimento varia de acordo com o tipo de projeto.

Quando o posicionamento é realizado tendo como referência um sistema de coordenadas com origem conhecida, é chamado de Posicionamento por Ponto ou Absoluto, considerado de pouca precisão. Quando o posicionamento é efetuado utilizando como referência outro ponto, sendo este a origem de um sistema local de coordenadas, é então chamado de Relativo ou Diferencial.

O posicionamento relativo é conhecido como posicionamento diferencial (DGPS), onde a precisão das medidas é melhorada pela aplicação de correções diferenciais nas observações GPS brutas. Neste caso, a suposição é de que o erro na determinação de um ponto é semelhante para todos os receptores a grandes distâncias. Para executar o procedimento, um receptor GPS é colocado em um ponto georreferenciado, permitindo que se conheça a diferença entre a posição obtida através do receptor GPS base e a posição real do equipamento, possibilitando a correção diferencial do erro. Estas correções podem ser realizadas em tempo real ou após a coleta dos dados. No primeiro caso, o receptor base deve enviar para o receptor móvel, imediatamente, o sinal de correção diferencial. No segundo caso, é necessário um *software* de pós-processamento e registro de dados simultâneos para os dois receptores.

As medidas de posicionamento podem ser classificadas ainda em *estática* e *cinemática*, a segunda para a determinação do posicionamento de alvos móveis. As três categorias principais de posicionamento por GPS são:

### 3.1. Posicionamento por Ponto

Também chamado de Absoluto. As coordenadas são associadas ao geocentro (referencial WGS84), sendo utilizado apenas um receptor. Neste caso, podem ser utilizadas as pseudodistâncias derivadas do código CA e a fase da onda portadora, ou ambas. Nos receptores de navegação são utilizadas principalmente as pseudodistâncias, quando não há necessidade de alta precisão na determinação do posicionamento de um objeto. Os dados coletados a partir de, no mínimo, 4 satélites, permitem não só a obtenção das posições x, y, z do ponto no receptor, mas também a correção do erro para o relógio.

### 3.2. Posicionamento Diferencial ou Relativo

É possível, nesta situação, melhorar as medidas realizadas pelo receptor móvel, a partir de medidas feitas em um receptor de referência posicionado em um ponto de coordenadas conhecidas. Para este caso, a posição do ponto será determinada em relação a outro ponto de coordenadas conhecidas.

Mais recentemente, foram implementados os Sistemas de Controle Ativos (SCA), cujos receptores dedicados rastreiam continuamente os satélites visíveis, de modo que os dados podem ser acessados via sistema de comunicação, mais usualmente a Internet. São exemplos de SCA, no Brasil: Rede de Estações Ativas da Santiago & Cintra, Rede INCRA de Bases Comunitárias do GPS e a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Como o processamento utilizado para melhorar a qualidade dos dados (coordenadas) do receptor móvel é realizado no escritório, a operação é chamada de pós-processada.

### 3.3. Posicionamento com DGPS e RTK

Aqui, dois ou mais receptores são utilizados. Um receptor, denominado de *base*, é estacionado em um ponto de coordenadas conhecidas, enquanto que o receptor móvel (*rover*) realiza o posicionamento dos pontos desejados. Na estação base são calculadas as correções das pseudodistâncias ou as correções posicionais, as quais são

transmitidas para o receptor móvel via rádio.

A diferença entre DGPS (GPS Diferencial) e RTK (Real Time Kinematic ou Posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real) refere-se à observável utilizada. No DGPS é utilizada a pseudodistância e no RTK é utilizada a fase da onda portadora.

Resumidamente, as Figuras V.05, V.06, V.07, V.08 apresentam diagramas das principais técnicas GPS, adaptadas de <http://www.geonad.nrcan.gc.ca/>.

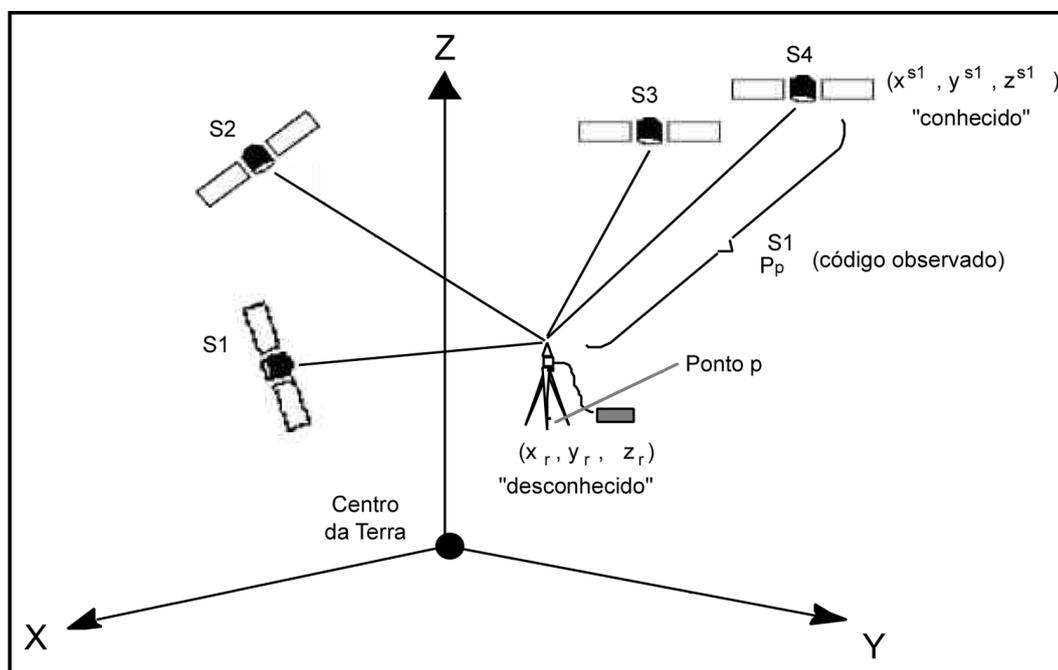


Figura V.05 – Posicionamento por Ponto

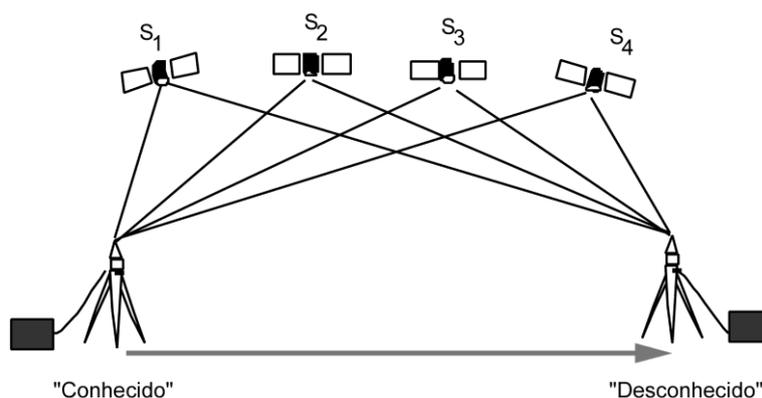


Figura V.06 – Posicionamento Relativo

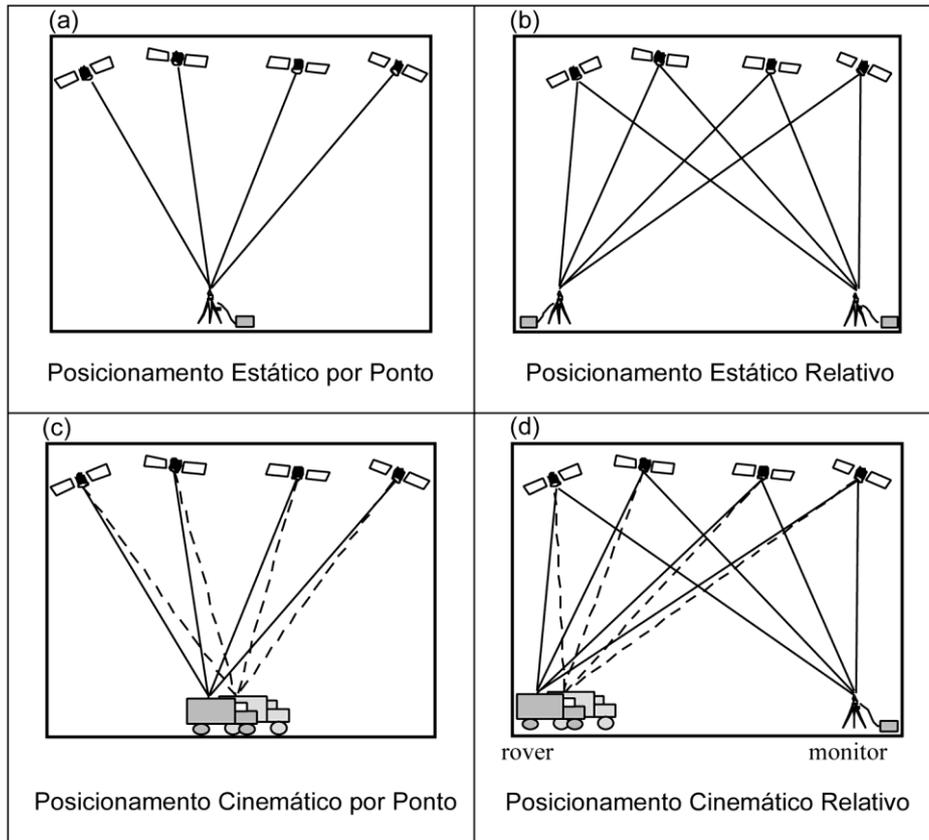


Figura V.07 – Posicionamento Estático e Cinemático

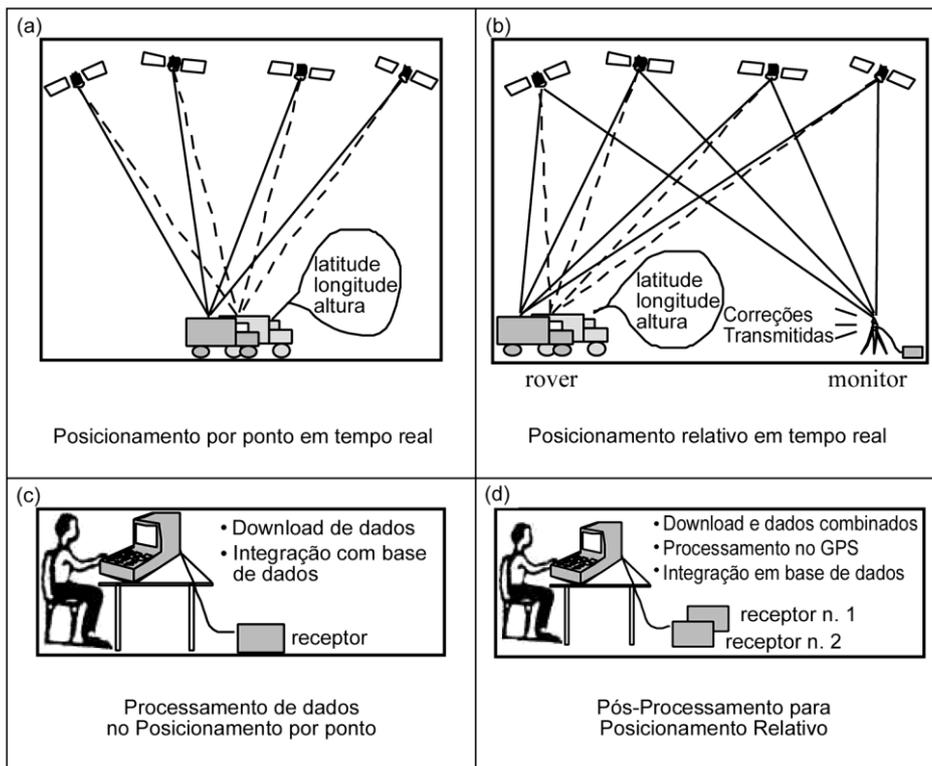


Figura V.08 – Posicionamento em Tempo Real e Pós-processado

## 4. Características dos Outros Sistemas de Posicionamento

### 4.1. GLONASS

O sistema GLONASS compreende uma constelação de 28 satélites, sendo 24 operacionais e é administrado pela Federal Space Agency (Agencia Espacial Federal) da Rússia.

As características principais do sistema são:

- . Altitude – 19.100 Km;
- . Período - 11h e 15''
- . Planos Orbitais – 3 planos, 64,8° c/ Equador; 120° s/Equador
- . Constelação – 24 satélites
- . As portadoras variam entre os satélites no sistema. São quinze frequências centradas em 1.602 Mhz, consideradas como L1, e outras quinze frequências centradas em 1.246 Mhz, ditas L2.
- . Código ST (Standard precision): Código civil com 511 bits de extensão, emitidos em L1 e L2;
- . Código VT: Código secreto;
- . Mensagem de navegação: Todos os satélites emitem os mesmos códigos ST e VT.

O GLONASS utiliza um referencial (sistema de coordenadas), denominado de P2-90, diferente do sistema WGS84 utilizado pelo GPS, dificultando a utilização conjunta do sistema. Informações mais detalhadas sobre o GLONASS podem ser visualizadas em <https://glonass-iac.ru/en/index.php>.

### 4.2. GALILEO

O sistema GALILEO operado pela ESA – European Space Agency (Agência Espacial Europeia) encontra-se na fase de validação do sistema, com alguns satélites em órbita. Quando totalmente operacional haverá 30 satélites numa órbita média de 23.222 Km, com dez satélites ocupando cada um dos três planos orbitais inclinados a 56° do Equador, com um período de 14h. Dois satélites em cada plano são considerados de reserva, para casos de falhas daqueles em operação. Mais informações em [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/The\\_future\\_-\\_Galileo/What\\_is\\_Galileo](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/What_is_Galileo).

### 4.3. COMPASS

O sistema BeiDou – Navigation Satellite System (Sistema de Navegação por Satélite), do governo da China, também chamado de COMPASS, em fase de expansão, está operacional desde 2011 com dez satélites em uso. Quando completo, contará com 5 satélites geoestacionários e 30 não estacionários. Mais informações podem ser obtidas em <http://en.beidou.gov.cn/index.html>.

## 5. Trabalhos de Campo

Várias providências devem ser tomadas durante a coleta e processamento dos dados, em trabalhos de alta precisão, especialmente para o DGPS:

- a) Receptores e Antenas - Podem ser utilizados receptores de diferentes

modelos ou marcas, garantindo-se que as medidas sejam feitas no mesmo intervalo de tempo (taxa de observação). Vários programas de “descarga” dos dados do satélite para o computador são capazes de ler diversas formas de registro das diferentes marcas de receptores e os integram de forma transparente para o usuário.

É recomendável que, na aplicação do DGPS ou RTK, seja utilizado o mesmo tipo de antena para todos os receptores, selecionando um modelo de antena que minimize os erros sistemáticos decorrentes de diferentes centros de fase e do multicaminhamento.

Para levantamentos de alta precisão em longas linhas de base é importante o uso de receptores de duas frequências (L1 e L2).

b) Seleção dos Locais de Posicionamento - Como os sinais GPS podem ser absorvidos, refletidos ou refratados por objetos próximos à antena, é necessário que não haja impedimentos próximos. A recomendação prática é de que o horizonte em torno da antena esteja visível acima de 15°. Devem-se evitar, ainda, locais próximos a antenas de recepção/transmissão de micro-ondas, de rádio ou linhas de transmissão de eletricidade em alta-tensão. Estruturas metálicas e cercas devem estar pelo menos 50 metros distantes.

Complementarmente, o marco do ponto deve estar próximo a estradas ou caminhos, facilitando a mobilidade e a rapidez nos trabalhos. O marco deve ainda ser de material resistente e com boa estabilidade, de acordo com as normas do IBGE;

c) Tempo de Observação - O tempo de observação pode variar de acordo com vários fatores, como precisão requerida, tipo de receptor, comprimento das linhas de base, software utilizado, etc.

d) Taxa de observação - O intervalo de tempo entre observações consecutivas depende do tipo de medição que está sendo utilizado, mas, de modo geral, para o posicionamento estático é de 15 segundos, e uma taxa mais elevada para levantamentos cinemáticos.

d) Processamento - O processamento dos dados deve ser feito logo após as sessões de observação, de modo a se identificarem possíveis problemas que possam ter ocorrido.

## 6. Aplicações

As aplicações do sistema podem ser divididas em cinco categorias principais: Localização – Determinação de posições; Navegação – Obtenção do posicionamento de um objeto de um ponto para outro; Rastreamento – Monitoramento contínuo de um objeto; Mapeamento – Criação de mapas ou suporte ao Sensoriamento remoto; Tempo – Tempo preciso local.

O número de atividades que se beneficiam do GPS é significativo, podendo-se citar: Agricultura, Meio Ambiente, Defesa Civil, Espacial, Ferrovias, Mapeamento, Recreação, Rodovias, Segurança pública, Tempo, Topografia, Tráfego aéreo, Tráfego marítimo. A maioria destas atividades utiliza dados GPS como uma forma de implementar um SIG instalado, já que os dados GPS oferecem um sistema de referência para as respectivas bases de dados, além de permitir o mapeamento direto no campo.

Definido o método de posicionamento a ser aplicado num trabalho, resta definir como será descrito o que existe naquele ponto. Os objetos existentes na superfície do terreno são chamados de feições, sendo descritos pelas respectivas coordenadas de posição e pelos seus atributos.

Os tipos de feições que podem ser mapeadas são pontos, linhas e áreas. Uma

feição ponto é uma única posição GPS que é identificada como um objeto específico. Uma feição linha é uma coleção de posições GPS que são identificadas com o mesmo objeto que, ligados, formam uma linha. Uma feição área é similar à feição linha, exceto que as pontas da linha são unidas para formar uma área.

Dessa maneira, feição é o objeto que será mapeado pelo GPS, e a habilidade de descrever uma feição, no contexto de uma base de dados georreferenciada, é fundamental para a integração GPS e SIG. Por exemplo, é possível mapear a localização de cada casa em um quarteirão e identificá-la simplesmente como casa, utilizando-se das coordenadas de posição. Informações adicionais sobre a casa, como “cor”, “tamanho” e “número de ocupantes”, permitirão classificá-la por categorias, sendo que tais categorias descritivas são chamadas de atributos.

Para cada atributo poderá haver uma ou mais respostas que o qualifiquem, sendo chamadas de valores. No exemplo, um valor apropriado (resposta) para o atributo (pergunta) “tamanho” pode ser “200 m<sup>2</sup>”. Uma base de dados é criada quando se organiza o mesmo tipo de dado para cada casa mapeada. A relação entre bases de dados e informações de posição é o propósito principal de um SIG.

A fase final do processo é a exportação dos dados GPS para o SIG. Durante este processo são criados, no SIG, planos de informações para cada feição mapeada pelo GPS. Por exemplo, o processo de exportação de dados GPS, que contém dados para “casa”, “rua” e “quarteirão”, pode criar um plano de informação “casa”, outro plano “rua” e um plano “quarteirão”, no SIG. Estes planos ou camadas de informações podem, então, ser agregados a outros dados já armazenados no SIG. Uma vez que os dados GPS foram transferidos, o SIG poderá ser utilizado em toda sua capacidade para classificar e avaliar dados.

A utilização do GPS em mapeamentos é uma maneira eficiente de se coletarem dados terrestres, mas vários cuidados devem ser tomados, já que os dados GPS apresentam erros que devem ser previamente corrigidos. Tais erros podem ter origem no uso de técnicas inadequadas para coleta de dados ou nos procedimentos de campo, demandando tempo adicional para as necessárias correções, antes de serem exportados para o SIG. Existem vários programas disponíveis para a conversão de dados GPS para o formato SIG e, de acordo com Segantine (2005), algumas providências devem ser tomadas antes de se iniciar um projeto:

a) Definição da precisão do posicionamento dos pontos a serem medidos, a partir das características do projeto;

b) Identificação dos dados coletados, ou seja, quais dados vieram da estação de referência e quais vieram da antena remota. Este detalhe é importante porque se o técnico estiver se utilizando do pós-processamento DGPS três tipos de arquivos estarão sendo armazenados na coletora:

- . Um arquivo da antena remota;
- . Um arquivo da estação de referência;
- . Um arquivo SIG;

c) Compatibilidade entre os receptores GPS/SIG na coleta dos dados da estação de referência e das estações remotas, tanto no hardware como no software.

Para qualquer projeto, independentemente do propósito, existe uma sequência lógica a ser seguida, como mostra o diagrama da Figura V.09.

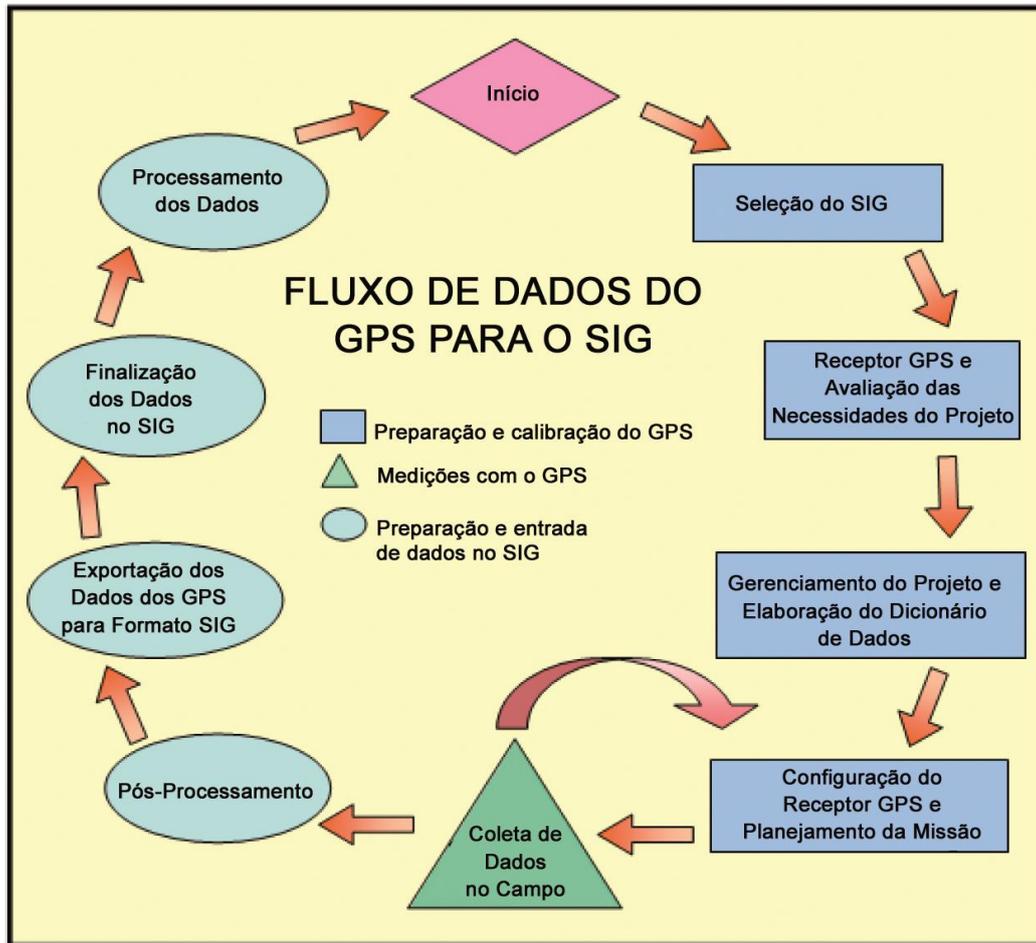


Figura V.09 – Diagrama de fluxo do uso de dados GPS em SIG

Fonte: <http://www.nps.gov/gis/gps/gps4gis/>

Algumas das atividades econômicas que se beneficiam do GPS são discutidas a seguir.

### 6.1. Agricultura

A Agricultura de Precisão (AP) representa um ciclo de ações que tem como objetivos principais o aumento da produtividade e a melhoria da receita financeira do empreendimento. Para tanto, os procedimentos tratam de: Conhecer as características físico-químicas dos solos; Estabelecer a aplicação correta de insumos; Controlar com precisão os parâmetros de plantio e colheita; Determinar a aplicação adequada de pesticidas e herbicidas.

Assim, a AP refere-se ao manejo diferenciado dos solos de uma mesma área, segundo a variação espacial das respectivas propriedades físicas e químicas locais, de acordo com as necessidades da exploração econômica do momento, vegetal ou animal. Por exemplo, até recentemente, uma mesma área de exploração era adubada igualmente, em toda sua extensão, de acordo com as necessidades da cultura a ser semeada. Hoje, com os recursos disponíveis, é possível o mapeamento da fertilidade atual dessa área e, segundo a prescrição, adubar de modo diferenciado, aplicando mais ou menos adubo, de modo que, ao final, toda área terá uma disponibilidade de nutrientes relativamente uniforme para aquela determinada cultura. A Figura V.10

apresenta, simplificada, os ciclos da agricultura tradicional e da agricultura de precisão.



Figura V.10 – Ciclo da Agricultura de Precisão

Fonte: [http://arvus.net.br/publicacoes\\_exibe.html?id=1](http://arvus.net.br/publicacoes_exibe.html?id=1)

As possíveis aplicações do GPS na AP são indicadas a seguir, a partir de [http://www.bae.ncsu.edu/topic/agritourism/docs/GPS\\_Applications\\_in\\_Agriculture.pdf](http://www.bae.ncsu.edu/topic/agritourism/docs/GPS_Applications_in_Agriculture.pdf)

- Direção - Pontual; Espaçamento.
- Controle - Aplicação com Taxa Variada\*; Profundidade variável de aração; Irrigação variável.
- Mapeamento - Propriedades do solo; Aplicações químicas; Mapas de preparo do solo; Mapas de colheita; Mapas de pragas e moléstias; Mapas topográficos; Mapas de plantio.

Um GPS para fins de AP deve ter, no mínimo, 2 metros de acurácia, e, como a variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas dos solos de uma mesma área pode ser significativa, é importante que o equipamento ofereça dados confiáveis e consistentes. Os tipos de GPS para a AP devem ter as seguintes características principais, conforme Tabela 01.

\* Aplicação com taxa variável (VRT – Variable Rate Technology): Insumos são aplicados a uma taxa variável e os equipamentos utilizados podem ser semeadeiras, adubadeiras, pulverizadores e calçadeiras. Os VRT variam na quantidade de material depositado, concentração do insumo ou diferentes materiais em concentrações diferentes e dependem das informações disponíveis do local de trabalho. Tais informações podem estar contidas em mapas georreferenciados (SIG + GPS) ou então o serviço poderá ser executado com o apoio de sensores que não necessitam de georreferenciamento, mas que incluem sistemas de análise da informação em tempo real, para cada avanço do equipamento no terreno ([http://www.arvus.com.br/infos\\_AP.htm](http://www.arvus.com.br/infos_AP.htm)).

Tabela 01 – Tipos de GPS para a Agricultura de Precisão

CONFIGURAÇÃO	ACURÁCIA
GPS	10 m
DGPS	
. USCG Beacon <sup>1</sup>	1 m
. FAA WAAS <sup>2</sup>	2 – 5 m
. Rede Particular <sup>3</sup>	1 m
GPS/2 frequências	5 – 10 cm
GPS RTK	2 – 5 cm
<sup>1</sup> Sistema operado pela Guarda Costeira dos Estados Unidos para dar mais segurança à navegação marítima, sendo de uso livre. Mais informações em <a href="http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=dgpsMain">http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=dgpsMain</a> <sup>2</sup> Wide Area Augmentation System. Serviço mantido pela agência de aviação dos Estados Unidos para melhorar a acurácia e a integridade dos sinais GPS para aeronaves em voo por instrumentos, também de uso livre. ( <a href="http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/tech_ops/navservices/gnss/waas/">http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/tech_ops/navservices/gnss/waas/</a> ) <sup>3</sup> Contrato de uso com redes particulares de satélites	

Fonte: [http://www.bae.ncsu.edu/topic/agritourism/docs/GPS\\_Applications\\_in\\_Agriculture.pdf](http://www.bae.ncsu.edu/topic/agritourism/docs/GPS_Applications_in_Agriculture.pdf)

As acurácias aceitáveis para atividades mais específicas da AP são apresentadas na Tabela 02.

Tabela 02 – Acurácias para algumas atividades na Agricultura de Precisão

ATIVIDADE	ACURÁCIA
Aplicação variável de fertilizante	30 m
Aplicação variável de fertilizante com controle de espaçamento	1 m
Mapeamento da colheita	10 m
Aplicação variável de herbicida	1 m
Controle de superposição da pulverização	10 cm
Plantio em linha	10 cm

(Fonte: [http://www.bae.ncsu.edu/topic/agritourism/docs/GPS\\_Applications\\_in\\_Agriculture.pdf](http://www.bae.ncsu.edu/topic/agritourism/docs/GPS_Applications_in_Agriculture.pdf))

Resumidamente, as principais vantagens que a AP pode oferecer ao agronegócio são: Redução dos custos de produção; Aumento da produtividade; Processo de tomada de decisões, realizado com melhor embasamento e rapidez; Melhor gestão ambiental do negócio, pelo uso racional de pesticidas e herbicidas

## 6.2. Cadastro Municipal

A função básica do cadastro urbano é a regularização das edificações, como parte do banco de dados de informações prediais e territoriais de um município. Igualmente, o cadastro rural é realizado com a função de regularização fundiária de uma propriedade.

No planejamento e gestão municipal, é fundamental o conhecimento da infraestrutura física e o cadastro dos lotes rurais e urbanos. Essas informações devem

fazer parte do sistema de gestão urbana e, de acordo com a capacidade gerencial do gestor municipal, podem ser uma potente ferramenta administrativa, embora se saiba que poucos municípios fazem uso do sistema de gestão de forma adequada e eficiente. De fato, mesmo em municípios com maiores recursos persistem problemas antigos, podendo-se citar:

- a) Base cartográfica inapropriada. É comum a existência de base cartográfica em papel, com *datum* desatualizado, escala incompatível com documentos mais modernos, no formato digital, etc;
- b) Plantas cadastrais desatualizadas, por vezes em escalas diferentes;
- c) Cadastro físico e registro com pouca ou nenhuma integração;
- d) Descontinuidade administrativa, resultando na falta de profissionais especializados e na obsolescência dos equipamentos apropriados.

De qualquer modo, o sistema de gestão municipal é composto de uma base cartográfica e várias camadas de informações sobre os diferentes aspectos do meio físico natural e construído, dos aspectos socioculturais e de uma parte descritiva com informações individualizadas de cada atributo, em cada camada de informação. Modernamente, tais informações fazem parte do banco de dados de um SIG, configurado para atender às características e necessidades do município, como será abordado mais à frente. Todas as informações espaciais no SIG são georreferenciadas e o GPS tem sido determinante no estabelecimento de pontos de controle no terreno, visando o controle das distorções planimétricas.

Tanto na parte rural como urbana, um município apresenta dinâmicas próprias que exigem métodos e técnicas que ofereçam respostas rápidas e confiáveis, de modo que a administração possa atender não só às demandas de curto prazo, mas também à elaboração de planos e prognósticos municipais.

Tradicionalmente, os serviços de cadastramento e atualização cadastral são realizados com o auxílio da Topografia e da Aerofotogrametria. Mais recentemente, com a melhoria dos equipamentos de GPS e a utilização correta da metodologia de coleta de dados, tem aumentado o uso do GPS no cadastro municipal. No entanto, ainda persistem limitações, especialmente em áreas urbanas de grande adensamento, o que bloqueia ou degrada os sinais GPS, com correspondente degradação das medidas. É comum, portanto, a utilização conjunta da topografia, da aerofotogrametria e do GPS na coleta de dados cadastrais municipais. A Tabela 03 apresenta classes de aplicações do GPS (SEEBER, 1993).

Tabela 03 – Classes de aplicações do GPS

CLASSE	PRECISÃO MÉDIA RELATIVA REQUERIDA (ppm)	EXATIDÃO CORRESPONDENTE (m)
Explorações Geofísicas e SIGs	100	1 - 50
Mapas em pequenas escalas; Sistemas de controle de veículos	10	0,2 – 1
Levantamentos cadastrais e levantamentos de engenharia de média precisão	5 - 1	0,01 – 0,05
Geodésia; Controle de levantamentos de alta precisão	1 – 0,5	<0,01 – 0,05
Geodinâmica; Levantamentos de engenharia de alta precisão	0,1	0,001 – 0,02

Vários municípios têm se utilizado do GPS, por intermédio de departamento próprio ou serviço terceirizado, para a execução de sistemas de referência como apoio a levantamentos aerofotogramétricos e topográficos, assim como na execução de projetos de infraestrutura urbana. De acordo com Gilbert (1996), o lançamento e cadastro de redes de água e esgotamento sanitário, coleta de águas pluviais, rede elétrica, etc, têm oferecido resultados de boa qualidade, já que se enquadram perfeitamente nas características de medição do GPS.

### 6.3. Topografia e Mapeamento

A topografia e o mapeamento foram atividades que logo no início se beneficiaram com o desenvolvimento do GPS, especialmente pelo sensível aumento da produtividade, já que requerem menor quantidade de equipamentos e menor tempo de processamento. Um exemplo objetivo e prático no uso do GPS em topografia e mapeamento de fazendas é descrito por Quaresma (2010), resumidamente apresentado à frente:

a) Objetivos - Levantamento da fazenda com suas divisões, aguadas, topografia e vegetação; Avaliar cercas - Dimensão e divisões; Avaliar áreas de pastos, reservas e áreas de preservação permanente (APP); Calcular área com pastagens e grau de infestação por plantas invasoras; Calcular distâncias - Cercas e tubulações de água; Calculo de áreas - Subdivisões e total;

b) 1º Passo - Acompanhamento das divisas, medindo-se os pontos de interesse a partir de uma rota pré-determinada. É altamente recomendável a elaboração de um croqui do trabalho com desenhos e a descrição de cada ponto, como auxílio no momento do processamento dos dados;

c) 2º Passo - Transferência dos dados do GPS para o computador. Como relata o autor, existem vários programas disponíveis, mas como utilizou um GPS GARMIN, utilizou o TrackMacker (ou o AutoCad) e o MapSource. Ambos apresentam funções simplificadas de fácil utilização, após se ter a planta no computador;

d) 3º Passo - Montagem da planta - Pode-se utilizar o TrackMacker, o MapSource ou o AutoCad. Os dois primeiros são de mais fácil utilização, mas mais limitados. O AutoCad oferece melhores resultados, mas demanda mais treinamento.

O uso integrado da metodologia GPS e da Topografia, ao mesmo tempo em que facilitou o trabalho dos técnicos, também criou novos desafios, especialmente na confiabilidade dos resultados

É bastante comum o uso do GPS em aplicações topográficas e, cada vez mais, no levantamento de uma área, os técnicos procuram ocupar o máximo de pontos com este equipamento. Nos casos em que alguns pontos não podem ser observados com o GPS, é estabelecida uma poligonal topográfica aberta que começa e termina em pontos conhecidos demarcados com o GPS. Neste caso, os pontos intermediários são levantados topograficamente a partir de medições de ângulos e distâncias horizontais, normalmente com o uso de Estação Total.

Os pontos levantados com o GPS são determinados em um sistema geocêntrico, vinculados a um sistema de referência geodésica, e os ângulos e distâncias são referidos a um plano topográfico local. Programas computacionais transformam as coordenadas cartesianas (X,Y,Z) dos pontos levantados por GPS para coordenadas no sistema UTM e efetuam os cálculos da poligonal topográfica sem aplicar nenhum tipo de redução nos ângulos e distâncias, não levando em conta as deformações UTM. Dependendo da extensão da poligonal e da precisão requerida, tal

situação é aceitável ou não. O correto seria aplicar metodologias que compatibilizassem os dois tipos de medições com a melhor precisão possível. Os métodos de integração possíveis são ((AZAMBUJA e MATSUOKA, 2007):

a) Transformação das coordenadas dos pontos da poligonal, levantadas com GPS, em um sistema topográfico local (plano local), para que fiquem compatíveis com as medições terrestres de ângulos e distâncias horizontais, transformação que requer a aplicação de grande número de equações;

b) Transformação das coordenadas dos pontos da poligonal, levantados com GPS, em um sistema geodésico topocêntrico, também conhecido como sistema geodésico local; c) Utilização das coordenadas dos pontos levantados com GPS, transformadas em coordenadas UTM, e reduzindo as distâncias e ângulos horizontais para as equivalentes na projeção UTM

#### 6.4. GPS Veicular

O GPS de navegação está sendo comentado neste livro por ser a aplicação mais conhecida do usuário não especialista. Adicionalmente, sua utilização não depende de conhecimentos prévios, senão o de operacionalidade do aparelho. No entanto, é recomendável, por parte dos usuários, um mínimo de conhecimento a respeito de mapas urbanos ou rodoviários, já que, nem sempre, o aparelho oferece a melhor rota ou a rota correta. Isto porque, aqui também os sinais GPS estão sujeitos aos mesmos problemas já comentados, como perda de sinal e multicaminhamento, especialmente em áreas urbanas com edifícios altos, em túneis ou em regiões com relevo acidentado.

Tipicamente, o GPS de navegação calcula a posição instantânea do veículo na via, a partir da base de dados georreferenciados no formato vetorial, armazenada na memória do aparelho. Nomes de ruas e avenidas, número das residências e pontos de interesse estão codificados como coordenadas geográficas, de modo que o usuário pode encontrar o destino desejado pelo endereço. O usuário, ao adquirir um GPS automotivo, compra também a respectiva base de dados da região, podendo visualizar direções a serem seguidas, distância até o destino, tempo estimado de chegada, etc.

No caso de uma viagem a outro país, o usuário pode adquirir por *download* a base de dados daquele país no *site* da empresa responsável pelo GPS. Se o aparelho não tiver uma memória interna com boa capacidade, é provável que o usuário tenha que descarregar e armazenar o mapa existente em local apropriado, para instalar o novo mapa. É recomendável, portanto, a utilização de um aparelho que permita o uso de cartões extras de memória, simplificando o processo de utilização.

#### 6.5. GPS de Uso Geral

É importante salientar que muitas aplicações do GPS não são necessariamente de alta precisão, ou seja, quando são utilizadas escalas de trabalho menores que 1:10.000, em trabalhos que não exijam precisão melhor que 10 metros no terreno. Detalhes sobre GPS para atividades ao ar livre e de lazer podem ser encontrados em <http://www.mochileiros.com/gps-marcas-modelos-e-dicas-t10283.html>. Hardt (2006) faz oportunas considerações sobre o uso do GPS, especialmente recursos e limitações dos aparelhos comuns no mercado.

## REFERÊNCIAS

AZAMBUJA, F. L. F.; MATSUOKA, M. T. Topografia e GPS: conquistas e desafios. In: SEMINÁRIO ANUAL DE PESQUISAS EM GEODÉSIA NA UFRS, 2., 2007, Rio Grande do Sul. **Anais...** Rio Grande do Sul: UFRS, 2007. p. 1-7.

GILBERT, C. Coleta de atributos com GPS: parte 1. **Revista Fator GIS**, Curitiba, n. 14, p. 46-47, 1996.

HARDT, R. O GPS como ferramenta de apoio à análise da informação espacial. In: SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNESP, 6., 2006, [Rio Claro]. **Anais...** [Rio Claro]: UNESP, 2006.

QUARESMA, L. R. A. **Mapeamento em fazendas**: passo a passo. Disponível em: <<http://exagro.com.br/biblioteca/IICT/1-Encontro-Mapeamento-de-fazendas-passo-a-passo.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

SEEBER, G. **Satellite geodesy**: foundations, methods and applications. Berlin: Gruyter, 1993.

SEGANTINE, P. C. L. **GPS**: sistema de posicionamento global. São Carlos: EESC/USP, 2005.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BALASTREIRE, L. A.; ELIAS, I. A.; AMARAL, J. R. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade do milho. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 8, p. 97-111, 1998.

CORVALLIS MICROTECHNOLOGY. **Introduction to the global positioning system for GIS and TRAVERSE**. Corvallis, 2000. Disponível em: <<http://www.cmtinc.com/gpsbook/index.htm>>. Acesso em: 27 jan. 2013.

DANA, P. H. **Global positioning system overview**. 1999. Disponível em: <[http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html)>. Acesso em 5 mar. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **GPS - global positioning system**. [2009]. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/gps.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

GPS GOV. **GPS applications**. Disponível em: <<http://www.gps.gov/applications/>>. Acesso em: 2 mar. 2013.

GPS VISUALIZER. **GPS visualizer**: do-it-yourself mapping. [2002]. Disponível em: <<http://www.gpsvisualizer.com/>>. Acesso em: 3 mar. 2013.

MONICO, J. F. G. **Processamento pelo NAVSTAR – GPS**: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Ed. UNESP, 2000.

NYS OFFICE OF CYBER SECURITY & CRITICAL INFRASTRUCTURE COORDINATION. **Glossary of GPS terminology.** Disponível em: <[http://gis.ny.gov/coordinationprogram/reports/presentations/gps/GPS\\_Glossary.pdf](http://gis.ny.gov/coordinationprogram/reports/presentations/gps/GPS_Glossary.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2013.

SMARTSEC (SEGURANÇA DIGITAL E DA INFORMAÇÃO). **GPS - sistema de posicionamento global – global positioning system.** São Paulo. Disponível em: <<http://www.smartsec.com.br/gps.html>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

NATIONAL ACADEMY COUNCIL. **Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management.** Washington: National Academy Press, 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). **Cadastro técnico e planejamento urbano.** Curitiba, [2013]. Disponível em: <<http://people.ufpr.br/~felipe/CADASTRO11.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

VIRGINIA COOPERATIVE EXTENSION. **Precision, geospatial, & sensor technologies.** [2009]. Disponível em: <<http://pubs.ext.vt.edu/category/precision-geospatial-sensor.html>>. Acesso em: 20 fev. 2013.



## **VI - SENSORIAMENTO REMOTO**



## VI - SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento Remoto (SR) pode ser definido como a técnica de obtenção de informações sobre objetos na superfície terrestre, por intermédio de instrumentos apropriados, sem que haja contato físico. O SR seria então um “reconhecimento à distância” ou uma “teledeteção”, diferindo do “sensoriamento clássico”, onde os instrumentos tocam fisicamente os alvos que estão sendo analisados.

A energia coletada e medida no SR refere-se à radiação eletromagnética (REM), incluindo a luz visível e o infravermelho termal, que são refletidos ou emitidos por todos os objetos naturais ou construídos. Os instrumentos utilizados em SR são chamados de *sensores remotos*, compreendendo máquinas fotográficas, imageadores e sistemas de imageamento por radar. Os dois primeiros sistemas são chamados de *sensores passivos* e simplesmente detectam a energia que é, naturalmente, refletida ou emitida pelos objetos. Já o imageamento por radar é considerado *ativo*, pois produz artificialmente um feixe de radiação que é direcionado a alvos de interesse, detectando o retorno deste feixe com as alterações provocadas pelas características individuais de cada alvo.

O processo do SR é completado pela análise e interpretação dos dados coletados, de modo a produzir informações úteis para aqueles que estudam a superfície terrestre.

Veja animação sobre sensores ativos e passivos em <http://www.seos-project.eu/modules/remotesensing/remotesensing-c02-p02.html>.

### 1. Considerações Básicas

Inicialmente, vale a pena comentar o que são Sensores Passivos e Sensores Ativos. No primeiro caso, tem-se como representante típico a fotografia que se conhece. Neste caso, registra-se a luz do Sol, que é refletida por um objeto ou pessoa. Assim, sensores passivos dependem da luz solar para a coleta das informações, sendo sensivelmente influenciados pelas condições atmosféricas (Figura VI.01). No caso de um sensor ativo, ele produzirá sua própria “iluminação” para registrar um evento e é significativamente menos influenciado pelos fenômenos atmosféricos. Os dois casos são comentados a seguir, começando por discutir as características da radiação eletromagnética.

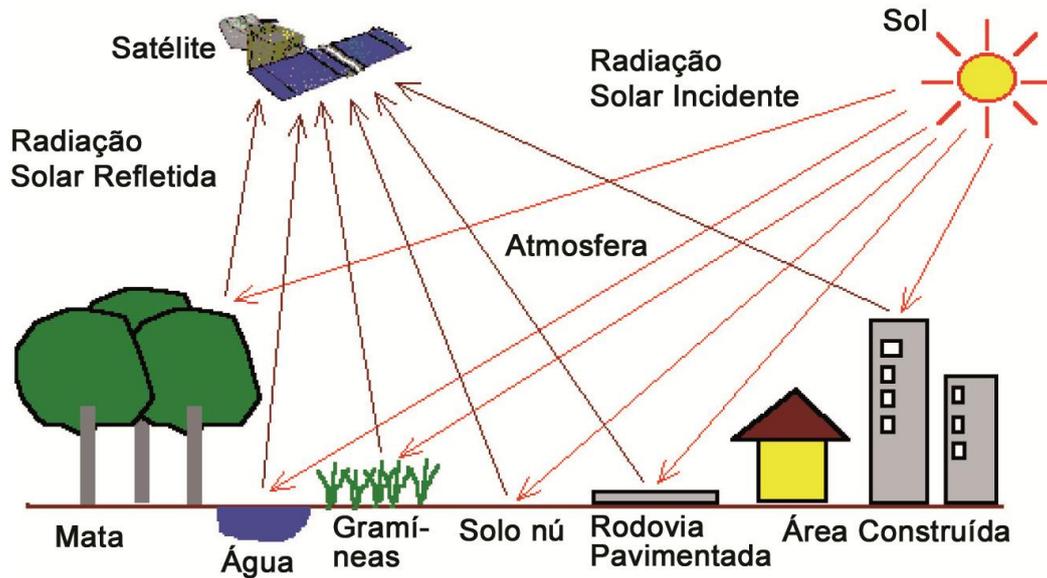


Figura VI.01 – Diagrama esquemático das relações entre REM, superfície terrestre e sensores

Fonte: Adaptado de [www.lib.utexas.edu](http://www.lib.utexas.edu)

### 1.1. A Radiação Eletromagnética (REM)

A energia eletromagnética move-se com a velocidade da luz (300.000 km/s), num padrão harmônico de ondas, ou seja, tais ondas são iguais e repetidamente espaçadas no tempo. Este conceito explica a propagação da REM, mas esta energia é detectada somente em termos de sua interação com a matéria. A REM pode ser descrita em termos de velocidade ( $v$ ), comprimento de onda ( $\lambda$ ) e frequência ( $f$ ), de modo que  $\lambda = v/f$ . Analisando-se esta equação, pode-se verificar que  $\lambda$  é inversamente proporcional a  $f$ , de modo que, quanto maior o comprimento de onda ( $\lambda$ ), menor é a frequência ( $f$ ).

O espectro eletromagnético corresponde a um intervalo contínuo de energia, em comprimentos de onda variando de nanômetros (1 nm = 0,000000001 m) a quilômetros (1 km = 1.000 m). O Sol irradia imensas quantidades de energia através do espectro eletromagnético, com uma concentração máxima de energia no comprimento de onda de 0,5  $\mu$ m (micrômetro ou micron = 0,000001 m), correspondente à luz verde. Outras informações importantes que devem ser comentadas são (GARCIA, 1982):

a) Quanto menor o comprimento de onda, maior a quantidade de energia presente na radiação;

b) Quanto menor o comprimento de onda, mais influência sofre da atmosfera;

c) Assim, quanto mais longo for o comprimento de onda, menor influência sofre da atmosfera;

d) Do total de 100 unidades de energia no topo da atmosfera, apenas 47 atingem a superfície terrestre, sendo ela chamada de radiação global e composta de raios solares diretos e raios solares difusos. A radiação difusa é sempre maior que a radiação direta;

e) Várias interações são possíveis quando a energia eletromagnética encontra com a matéria, quer seja sólida, líquida ou gasosa. Tais interações são seletivas com respeito a diferentes comprimentos de onda e variam de acordo com as propriedades

superficiais e as estruturas atômicas e moleculares das substâncias. Estas relações entre energia e matéria fornecem as bases do Sensoriamento Remoto. As interações a seguir são possíveis:

. **Transmissão** – Quando a radiação atravessa uma substância, mudando a respectiva velocidade. Esta mudança de velocidade é chamada de Índice de Refração ( $n$ ), sendo expressa por  $n = va/vs$ , onde  $va$  é a velocidade no ar e  $vs$  a velocidade na substância;

. **Absorção** – A radiação pode ser absorvida e, não sendo totalmente irradiada, contribuirá para elevar a temperatura da substância;

. **Emissão** – A radiação pode ser emitida por uma substância, em função de sua estrutura e temperatura;

. **Dispersão** – A radiação pode ser dispersa, isto é, refletida em todas as direções, como o que acontece com a dispersão da luz pela atmosfera;

. **Reflexão** – O ângulo da radiação incidente na superfície é igual ao ângulo da radiação refletida. Neste caso, a superfície da substância não altera a radiação.

f) As interações entre energia e matéria podem produzir mudanças na REM incidente e, quando refletidas, são passíveis de registro por intermédio de sistemas sensores;

g) As mudanças sofridas pela REM refletida, detectadas e registradas, são interpretadas para identificar as características dos materiais que produziram tais modificações.

A Figura VI.02 apresenta os principais intervalos de comprimento de onda empregados em Sensoriamento Remoto, enquanto que o Quadro 01 (SABINS, 1977) mostra as respectivas interpretações.

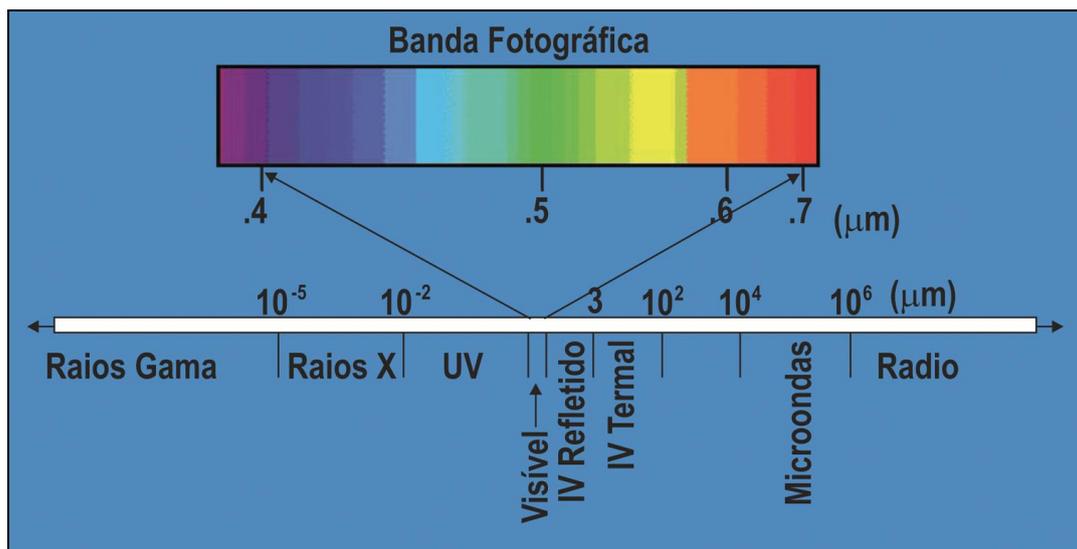


Figura VI.2 – O espectro eletromagnético de energia

Fonte: Adaptado de [www.lib.utexas.edu](http://www.lib.utexas.edu)

Quadro 01 – Bandas Espectrais

BANDA	COMP. DE ONDA	INTERPRETAÇÃO
<b>Raios Gama</b>	< 0,03 nm	Radiação incidente do Sol, completamente absorvida pela atmosfera superior, não sendo utilizável em SR
<b>Raios X</b>	0.03 – 3 nm	Radiação incidente completamente absorvida pela atmosfera e não utilizável em SR
<b>Ultravioleta (UV)</b>	3nm - 0,4 µm	Radiação incidente menor que 0.3 µm, é completamente absorvida pelo Ozônio na atmosfera superior
UV Fotográfico	0,3 – 0,4 µm	Embora a dispersão atmosférica seja significativa, pode ser detectada por filmes fotográficos e fotodetectores
<b>Visível</b>	0,4 – 0,7 µm	Detectável por filmes fotográficos e fotodetectores
<b>Infravermelho (IV)</b>	0,7 – 300 µm	A interação com a matéria varia de acordo com o comprimento de onda
IV Refletido	0,7 – 3 µm	A radiação de 0,7 a 0,9 µm é detectável por filme fotográfico. Esta banda não é sensível às propriedades térmicas de materiais
IV Termal	3 – 5 µm 8 – 14 µm	As imagens nestes intervalos de comprimento de onda são obtidas por equipamentos especiais chamados de imageadores térmicos
<b>Micro-ondas</b>	0,3 – 300 cm	Podem penetrar nuvens e nevoeiros. Constituem as diferentes categorias de sensores ativos
Radar Banda Ka	0,75 – 1,10 cm	Utilizado em comunicações
Radar Banda K	1,10 – 1,67 cm	Comunicações
Radar Banda Ku	1,67 – 2,40 cm	Comunicações e radares de espaço aéreo
Radar Banda X	2,40 – 3,75 cm	Radares de espaço aéreo e Sensoriamento Remoto
Radar Banda C	3,75 – 7,50 cm	Sensoriamento Remoto
Radar Banda S	7,50 – 15,0 cm	Transponder de satélites de comunicação
Radar Banda L	15,0 – 30,0 cm	Sensoriamento Remoto, GPS – Global Positioning System
Radar Banda P	30,0 – 100,0 cm	Sensoriamento Remoto

A Figura VI.03 mostra a REM emitida pelo Sol, as bandas espectrais empregadas em Sensoriamento Remoto e as respectivas “janelas da atmosfera”.

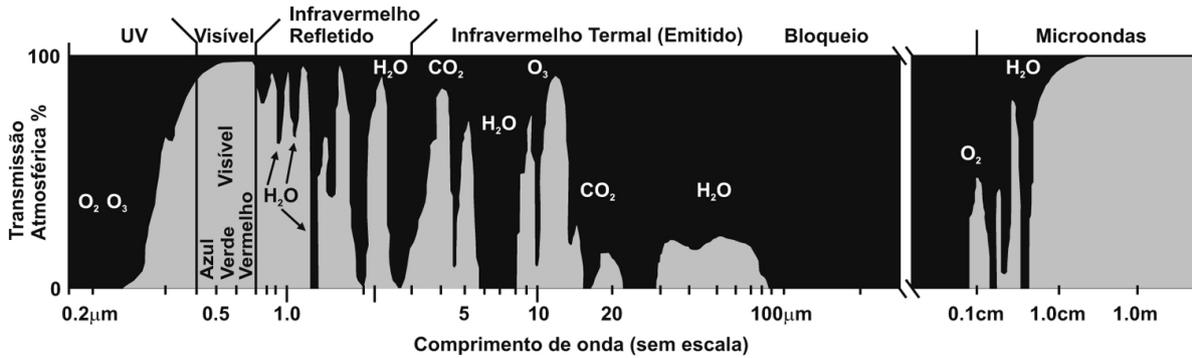


Figura VI.03 – A energia eletromagnética e as “janelas da atmosfera”

Fonte: Adaptado de

[http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote\\_04.php](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_04.php)

Tais “janelas” são intervalos de comprimentos de onda, onde não há interferência de materiais dispersos na atmosfera, e são chamados de bandas de transmissão. Aqueles intervalos de comprimentos de onda que absorvem a radiação são chamados de bandas de absorção. Algumas considerações podem ser feitas a partir da figura e quadro anteriores.

a) Comprimentos de onda menores que  $0,3 \mu\text{m}$  são absorvidos pelo ozônio presente na Estratosfera (até  $\pm 30 \text{ km}$  de altura). O ozônio é responsável pela absorção da radiação UV (ultravioleta), extremamente prejudicial aos tecidos vivos. Comprimentos ainda mais curtos de onda, como Raio X e Gama, são também bloqueados pela atmosfera;

b) Comprimentos de onda mais longos, em torno de  $3,0 \text{ mm}$ , são absorvidos e dispersos pelas nuvens e, neste caso, a água ocorre como aerossol, ao invés de vapor;

c) Os sensores passivos exploram as bandas espectrais que são menos influenciadas pela atmosfera, ou seja, aquelas que atingem a superfície da terra com maior intensidade e, portanto, interagem com maior intensidade com a matéria;

d) Os sensores ativos não dependem das “janelas da atmosfera” e operam em intervalos mais longos de comprimentos de onda;

e) Cada objeto tem sua cor característica devido à reflexão seletiva da luz do Sol, podendo ser percebida pelos olhos ou então fotografada. Um material vermelho aparece como vermelho porque absorve as radiações azul ( $0,4\text{-}0,5 \mu\text{m}$ ) e verde ( $0,5\text{-}0,6 \mu\text{m}$ ), como ilustrado na Figura VI.04a. Uma folhagem verde reflete verde, a maior parte do azul e um pouco do vermelho ( $0,5\text{-}0,6 \mu\text{m}$ ), como aparece na Figura VI.04b (KODAK, 1974).

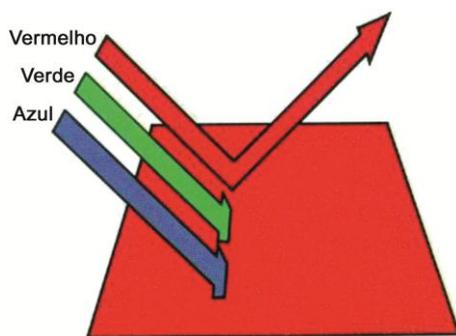


Figura VI.04a – Energia refletida por um objeto vermelho

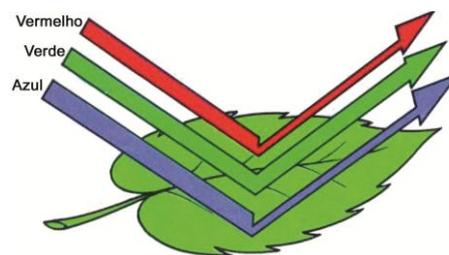


Figura VI.04b – Energia refletida por um objeto verde

Uma flor amarela reflete o vermelho, o verde e pouco do azul. Azul, verde e vermelho são consideradas cores primárias e da combinação das mesmas são produzidas outras cores, como se pode ver na Figura VI.05, a partir de [http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/models/rgbcmy.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/rgbcmy.html).

Vale comentar ainda que a região colorida do espectro não tem limites tão rígidos como os intervalos de cores apresentados anteriormente, como, por exemplo, o azul de 0,4 a 0,5  $\mu\text{m}$ . Na verdade, a mudança de uma cor para outra é gradativa, como mostra a Figura VI.06, como se pode ver em <http://skygamesnettutoriais.blogspot.com.br/>.

Não é coincidência, também, o fato de nossa sensibilidade visual estar na região do azul, verde e vermelho, onde ocorre a melhor “janela da atmosfera”. No período evolutivo, o processo seletivo se incumbiu de dotar os seres vivos, em particular a raça humana, de células sensoras que operavam na faixa espectral de maior oferta de energia, facilitando a coleta de dados, a interpretação e a compreensão dos fenômenos que envolviam os observadores.

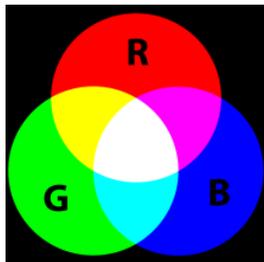


Figura VI.05 – Cores primárias aditivas (B=Azul, G=Verde, R=Vermelho)

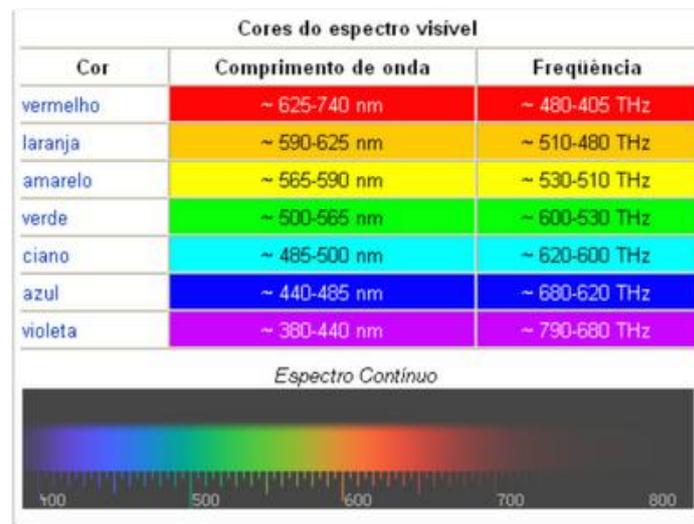


Figura VI.06 – Cores do espectro visível e o espectro contínuo

## 1.2. Características Espectrais de Alvos Naturais

A radiação solar que atinge a superfície terrestre interage de maneira diferenciada, segundo o tipo de objeto, podendo ser refletida, absorvida ou transmitida. Esta diferenciação é controlada, principalmente, pela composição química e a estrutura do material, de modo que cada alvo tem uma *assinatura espectral* exclusiva, que pode ser detectada, registrada e interpretada.

Tanto a energia refletida como a absorvida interessam diretamente ao Sensoriamento Remoto. No primeiro caso, a energia refletida, por ter interagido com um determinado alvo, já foi modificada pelas características do mesmo e carrega consigo informações que podem ser analisadas e interpretadas. No segundo caso, a energia absorvida poderá elevar a temperatura do objeto de acordo com características específicas do mesmo, podendo ser detectada por sensores especiais denominados de termais. Outro fato importante é que a resposta a esta interação também varia segundo o intervalo de comprimento de onda considerado. Compreender como os diferentes

comprimentos de onda da REM interagem com os diferentes alvos é o primeiro passo para interpretar fotografias e imagens. Como se verá mais à frente, outros critérios são utilizados na interpretação, também chamados de *elementos de reconhecimento*.

A interpretação direta de fotografias aéreas e imagens só pode ser feita nos alvos que estão na superfície do terreno. Isto significa que a vegetação e a água são os elementos mais acessíveis, já que o solo pode estar coberto pela vegetação. Rochas e minerais também são dependentes de estarem expostos ou não. Superfícies construídas, representadas principalmente pelo concreto e asfalto, são também facilmente detectáveis.

### 1.2.1. Vegetação

Tanto a irradiância (REM que chega aos alvos) como a radiância (REM refletida pelos alvos) são sensivelmente afetadas pela atmosfera. Os sensores, a bordo de aviões ou satélites, devem ser sensíveis o suficiente para registrar as variações na energia refletida pelos diferentes alvos na superfície do terreno.

Como já comentado, a radiação difusa é sempre maior que a direta. Assim, a maior parte da energia que chega à superfície da Terra é do tipo difusa e atinge uma planta em todas as direções. Esta radiação, ao interagir com o vegetal, pode provocar as seguintes reações:

- . **Absorção (absortância)** – A absorção é realizada pelos pigmentos fotossintéticos. Esta quantidade absorvida, juntamente com CO<sub>2</sub> e água, participa da síntese de carboidratos;

- . **Reflexão (reflectância)** – Quando parte da radiação incidente é refletida;

- . **Transmissão (transmitância)** - A radiação atravessa as folhas de uma planta e as camadas que a compõem, e a mesma é perdida.

Embora a Absorção seja o fenômeno mais importante em termos da biologia vegetal, refletindo-se especialmente na produção vegetal, existem limitações técnicas dos sistemas sensores para atuar neste segmento. Assim, o foco do Sensoriamento Remoto tem sido o registro e interpretação da energia refletida pelas diferentes espécies vegetais. Analisando-se a Figura VI.07, pode-se observar que (BERNARDES, 1987):

- a) No espectro visível, a alta absorção de energia é devida às clorofilas A e B, embora também tenham influência os carotenos, xantofilas e antocianinas;

- b) O padrão espectral de uma folha mostra alta absorção no ultravioleta e azul, absorção reduzida no verde, média absorção no vermelho, e muito baixa absorção no infravermelho próximo, apresentando, neste último caso, alta reflectância;

- c) A absorção no infravermelho distante é muito alta, tendo como responsável a água líquida;

- d) As bandas de absorção dos pigmentos e da água são fisicamente diferentes. No primeiro caso, são causadas pelo movimento de elétrons dentro das moléculas dos pigmentos, enquanto que, no segundo caso, são causadas por movimentos vibracionais e de rotação das moléculas de água. Como o movimento de elétrons requer mais energia que movimentos moleculares, as bandas de absorção por elétrons aparecem nas porções ultravioleta e visível do espectro eletromagnético (mais energético), enquanto que as bandas de absorção devido a movimentos moleculares aparecem no infravermelho distante (menos energético).

- e) A energia absorvida, refletida ou transmitida pelas folhas das plantas pode variar de uma espécie para outra. No entanto, o total de energia incidente será sempre igual às proporções destes três componentes. Variações nesta proporção são devidas a

fatores morfológicos (estrutura da planta/organização espacial das folhas) e fisiológicos (idade da planta, desidratação, tipo e espessura das folhas, deficiência de nutrientes, doenças).

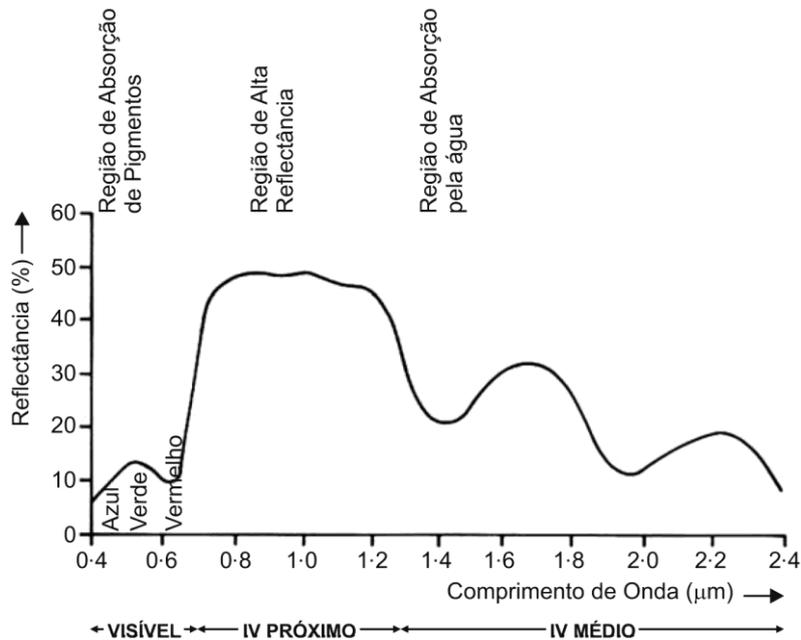


Figura VI.07 – Reflectância de uma folha verde sadia  
Fonte: Adaptado de Curran (1985)

É importante, mais uma vez, enfatizar que cada alvo na superfície do terreno reflete diferentemente a radiação incidente, em função de características próprias e segundo diferentes intervalos de comprimento de onda, o que é chamado de assinatura espectral. Pode-se comentar ainda que:

a) A assinatura espectral de um vegetal é representada por uma curva espectral, ou seja, a radiação que é refletida por um vegetal dentro de um determinado intervalo de comprimento de onda. A Figura VI.08a mostra a curva padrão para vegetação.

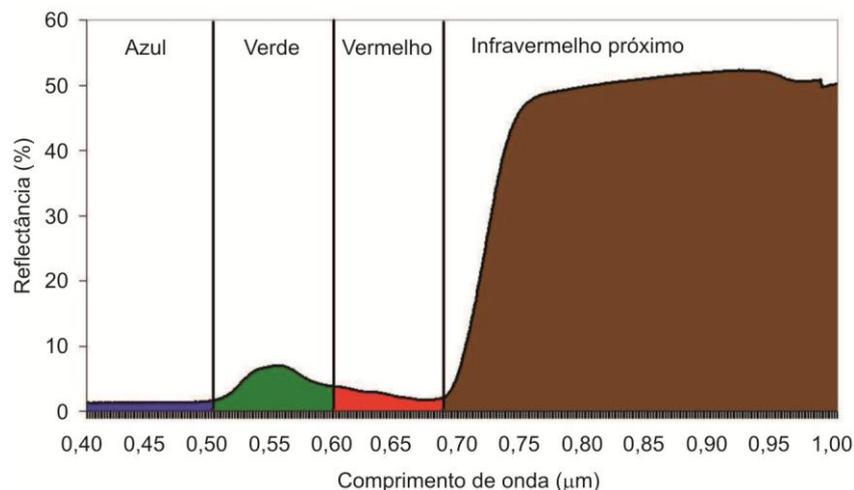


Figura VI.08a – Curva padrão para a reflectância da vegetação  
Fonte: Adaptado de <http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c01-s01.html>

Embora as curvas espectrais para as diferentes culturas apresentem tendências semelhantes, não são iguais, mostrando que em determinados intervalos de comprimento de onda as mesmas exibem diferenças na reflectância, as quais podem ser medidas e interpretadas, conforme exemplifica a Figura VI.08b.

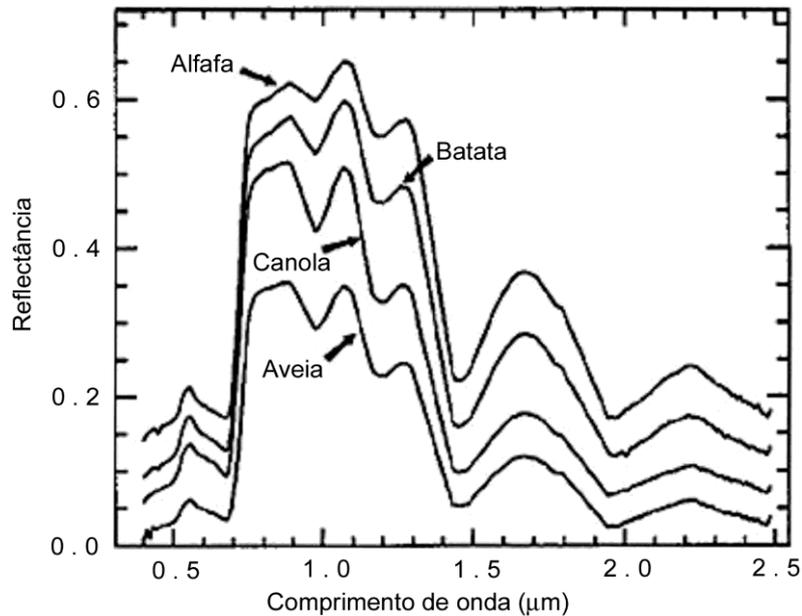


Figura VI.08b – Assinaturas espectrais de algumas culturas

Fonte: Adaptado de [http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect3/Sect3\\_1.html](http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect3/Sect3_1.html)

Culturas com problemas de qualquer natureza apresentarão sintomas que, num primeiro momento, poderão estar visíveis ou não. Na fase inicial dos problemas, embora não visíveis, podem ser detectados por sistemas sensores, já que apresentam diferenças na reflectância (Figura VI.08c).

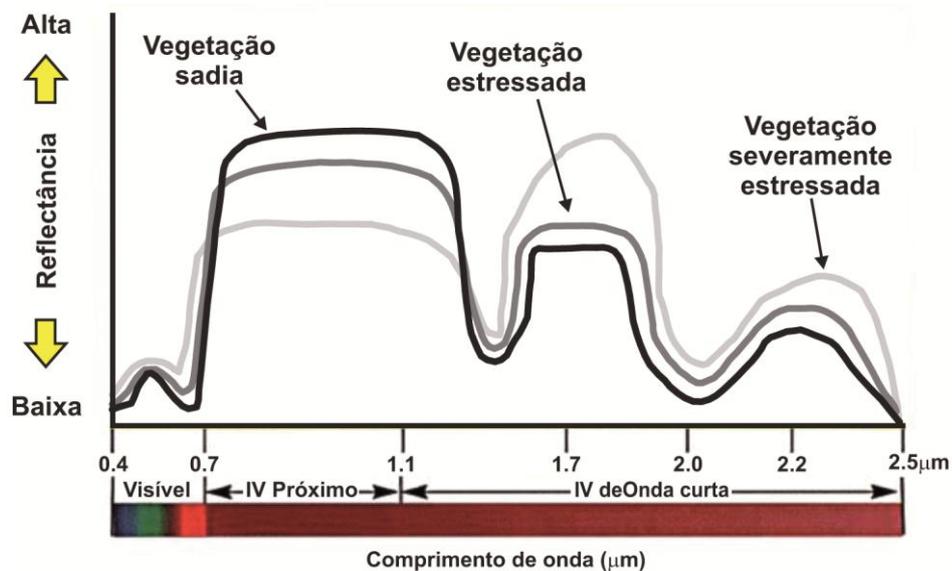


Figura VI.08c – Curvas espectrais para culturas com problemas diversos

Fonte: Adaptado de [http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect3/Sect3\\_1.html](http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect3/Sect3_1.html)

b) É comum que vegetais diferentes apresentem reflectâncias semelhantes em determinados comprimentos de onda. No entanto, estas semelhanças não se mantêm quando se analisam as reflectâncias ao longo de toda a curva espectral;

c) Assim, a melhor interpretação possível compreenderá a utilização de várias imagens de um mesmo alvo, de acordo com diferentes comprimentos de onda, as quais são chamadas de imagens multiespectrais, obtidas por sensores multiespectrais;

e) Os sensores, neste caso, são fotodetectores que, ao serem atingidos pela radiação refletida pelas plantas, transformam esta energia em sinais elétricos proporcionais à intensidade da energia recebida;

f) Os fotodetectores são ligas metálicas variadas, cuja combinação e proporcionalidade dos metais conferem sensibilidades específicas para determinados comprimentos de onda.

### 1.2.2. Solos

No caso dos solos, a radiação incidente interage, igualmente, com os elementos do solo, em especial: teor de umidade, teor de matéria orgânica, textura, estrutura e teor de óxidos de ferro (CURRAN, 1985). Estes fatores estão todos inter-relacionados e a interpretação dos resultados relativos à interação da energia com os diferentes tipos de solo vai depender de um bom conhecimento pedológico.

Por exemplo, um solo argiloso é bem estruturado e, quando arado, apresentará uma superfície bem rugosa, ao mesmo tempo em que pode reter mais umidade. No caso do solo arenoso, normalmente fracamente estruturado, o mesmo apresentará uma superfície menos rugosa quando arado, além de reter pouca umidade. Neste caso, a reflectância do solo argiloso será menor que a do solo arenoso.

O teor de matéria orgânica também afeta a reflectância de um solo, diminuindo à medida que aumenta o teor da mesma.

No caso dos óxidos de ferro, o comprimento de onda no vermelho (0,6-0,7  $\mu\text{m}$ ) é seletivamente refletido e o comprimento de onda no verde (0,5-0,6  $\mu\text{m}$ ) é absorvido.

Vale lembrar, mais uma vez, que a obtenção de dados espectrais de solos vai depender de que os mesmos estejam livres de vegetação, especialmente quando se trata de regiões tropicais. A Figura VI.09a apresenta reflectâncias de acordo com o teor de argila e a Figura VI.09b mostra curvas representativas para cinco tipos de solos, até 0,20 m (EIPHANIO et al, 1992).

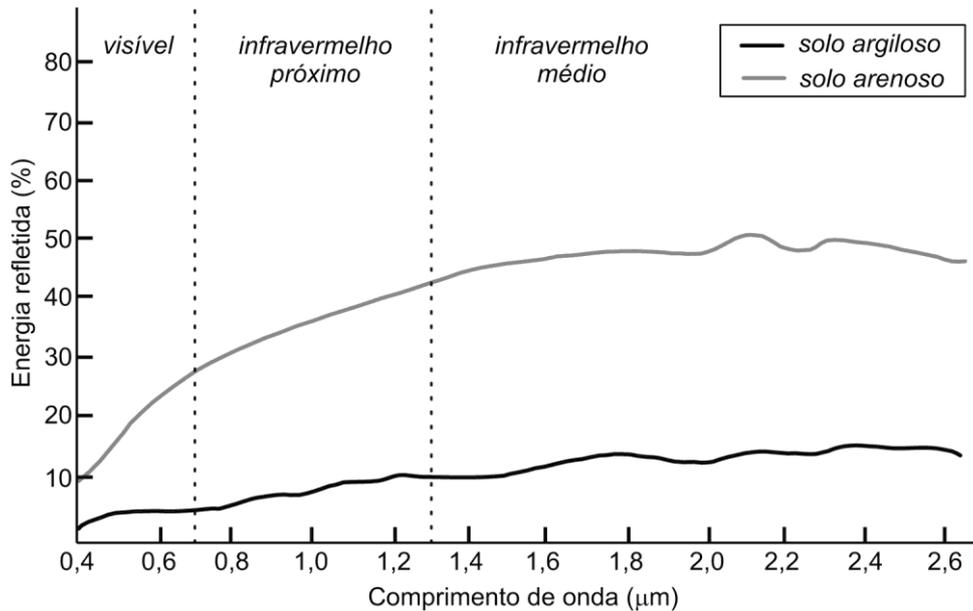


Figura VI.09a – Curvas espectrais segundo o teor de argila

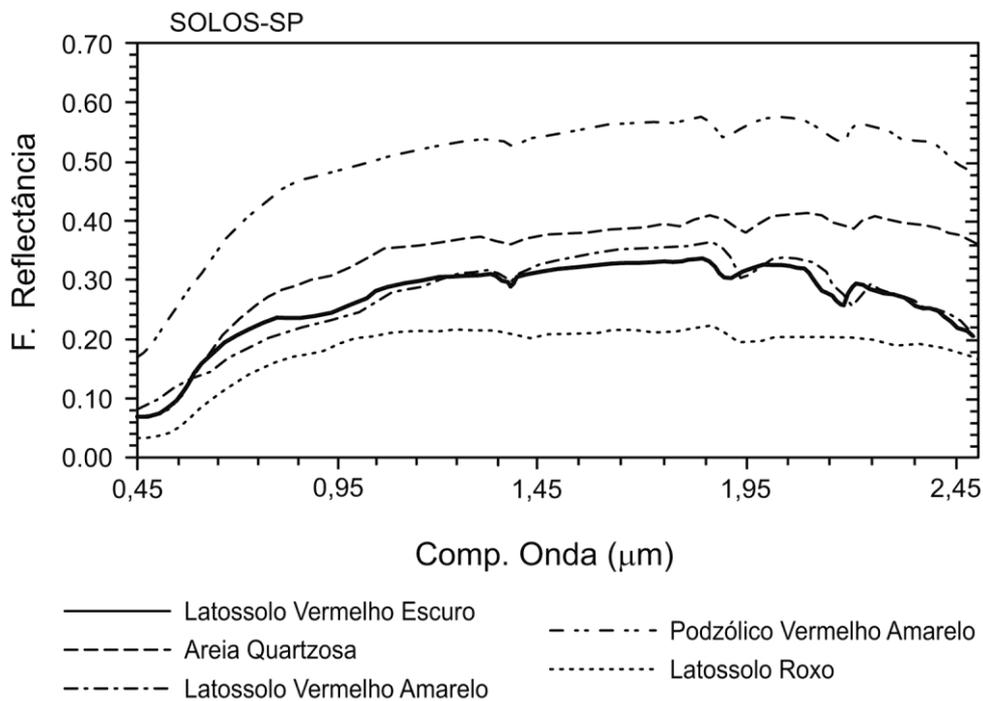


Figura VI.09b – Curvas espectrais para cinco diferentes tipos de solos

Para aqueles interessados em obter mais informações sobre características espectrais de solos, especialmente do Estado de São Paulo, sugere-se consultar: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.19.23.05/doc/publicacao.pdf>.

Numa abordagem mais dinâmica, pode-se citar um banco de dados de curvas espectrais de solos brasileiros, conforme aparece em Bellinaso et al (2010) e, a nível internacional, trabalhos de Brown (2007) e Stevens et al (2013).

### 1.2.3. Água

A água no estado líquido apresenta baixa reflectância, entre 0,38  $\mu\text{m}$  e 0,7  $\mu\text{m}$ , absorvendo toda a REM acima de 0,70  $\mu\text{m}$ . A água como nuvem (vapor d'água) apresenta alta reflectância, entre 0,38  $\mu\text{m}$  e 2,5  $\mu\text{m}$ , mas com significativas bandas de absorção em torno de 1,0  $\mu\text{m}$ , 1,3  $\mu\text{m}$  e 2,0  $\mu\text{m}$ . Na forma de neve (estado sólido), a água apresenta elevada reflectância entre 0,7  $\mu\text{m}$  e 1,2  $\mu\text{m}$ , decrescendo rapidamente em seguida.

Para o Brasil, interessa estudar a água no estado líquido. O sistema aquático é compreendido pela água, substâncias dissolvidas, partículas em suspensão e organismos vivos. De acordo com Jensen (2009), o sensoriamento remoto de ambientes aquáticos trata de estudar a variação espacial e temporal da composição da água. A radiação interage com a água e seus componentes opticamente ativos, fornecendo informações sobre as particularidades da composição da coluna de água.

Como componentes considerados normais nos corpos d'água marinhos e continentais, têm-se:

- . **Fitoplâncton** - Composto principalmente por algas fotossintetizantes. São as principais responsáveis pela captação da radiação solar, produzindo oxigênio no processo;

- . **Sedimentos** - Em suspensão, orgânicos e inorgânicos, sendo os primeiros relacionados com a cor da água.

A Figura VI.10a apresenta as curvas espectrais para água limpa e água com sólidos em suspensão, enquanto que a Figura VI.10b mostra o comportamento espectral das águas de alguns corpos d'água, lembrando que tais curvas foram produzidas localmente com o uso de aparelhos denominados espectroradiômetros (STEFFEN et al, 1996). Mais informações radiométricas podem ser encontradas no mesmo trabalho de Steffen.

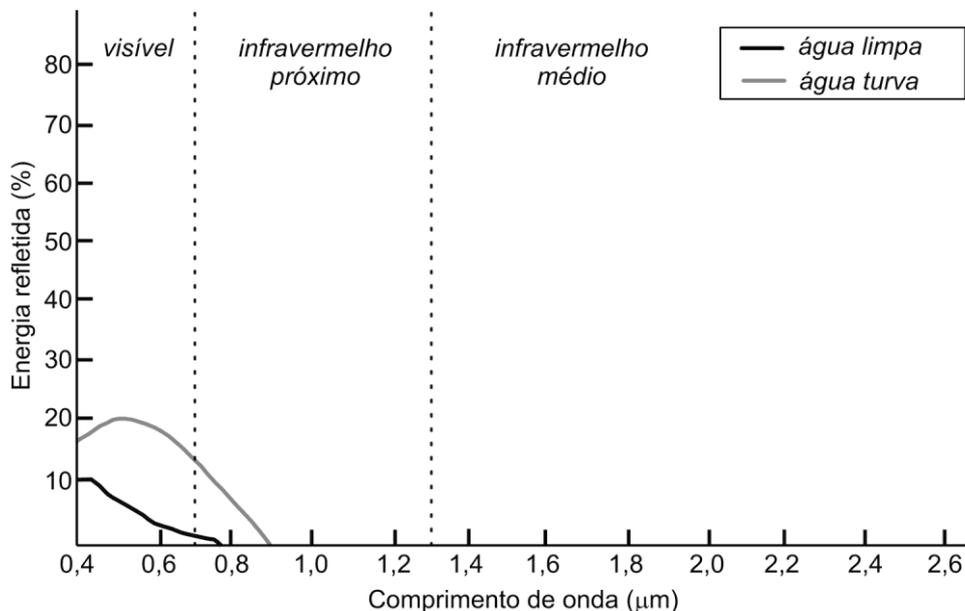


Figura VI.10a – Curvas espectrais para água limpa e com sólidos em suspensão

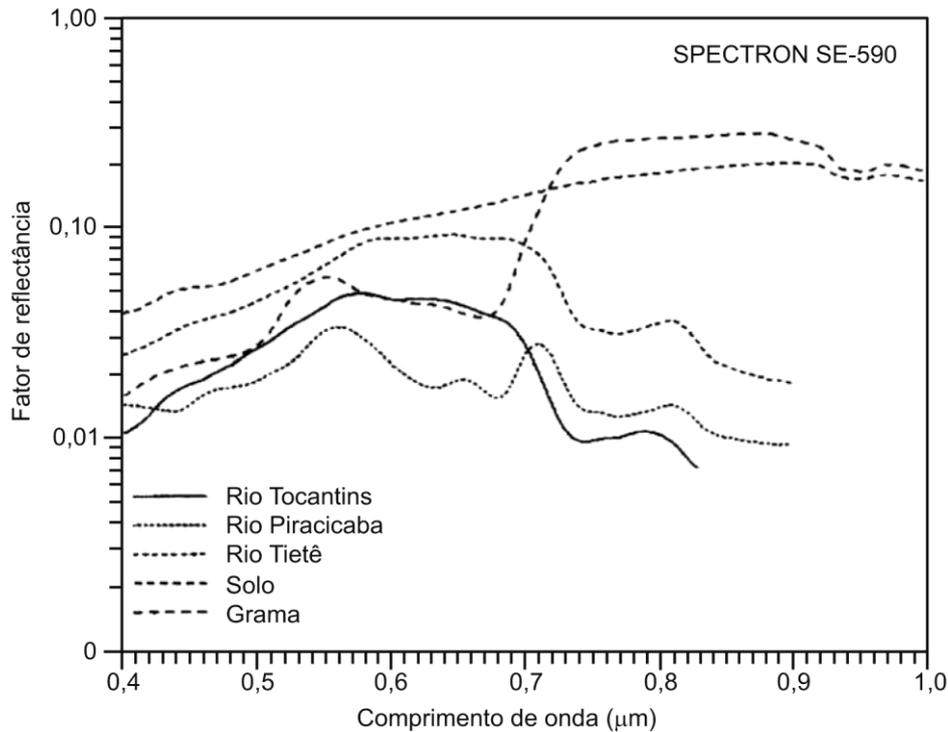


Figura VI.10b – Curvas espectrais de alguns corpos d'água

#### 1.2.4. Rochas e Minerais

Neste caso, também há a necessidade de que os materiais estejam “visíveis” aos sensores. De uma maneira geral, as curvas de reflectância de rochas se assemelham às dos solos, já que estes são originários da decomposição das rochas. A Figura VI.11 mostra curvas de reflectância para alguns materiais, segundo Albaet et al (2012).

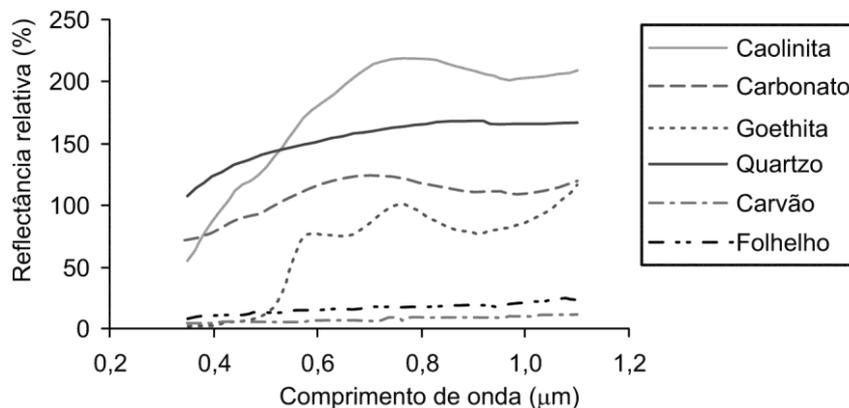


Figura VI.11 – Espectros de reflectância de alguns materiais rochosos

#### 1.3. Infravermelho Termal

No intervalo entre o infravermelho fotográfico e o infravermelho próximo (NIR), na faixa entre 0,7 e 0,9  $\mu\text{m}$ , a energia é refletida, podendo ser detectada por filmes fotográficos.

A radiação no infravermelho termal (TIR) refere-se aos comprimentos de onda entre 3,5 e 20  $\mu\text{m}$  e, para fins de aplicação em SR, o intervalo que vai de 8 a 13  $\mu\text{m}$ . Neste intervalo, mede-se a energia emitida por um corpo. Como a TIR é absorvida pelas lentes dos sistemas óticos convencionais, são utilizados detectores especiais e imageadores ótico-mecânicos para detecção e registro. A maioria dos equipamentos de medição apresenta restrições técnicas e operacionais, sendo as principais:

- a) Os detectores precisam ser mantidos a temperaturas muito baixas durante a operação porque a radiação emitida, a ser medida, é muito fraca;
- b) Grande dificuldade na calibração do aparelho, porque as diferenças de temperatura são muito pequenas e as interações com umidade atmosférica são imprevisíveis;
- c) O processamento dos dados coletados é caro e demorado;
- d) A interpretação de imagens termais é difícil, quando comparada com outros tipos de imageamento.

As imagens termais têm aplicação variada, dependendo da qualidade das informações pretendidas. O satélite Landsat 8 conta com algumas bandas na região do infravermelho, sendo duas na porção termal do espectro:

- . Banda 5 – Infravermelho Próximo (NIR) – 0,85 – 0,88  $\mu\text{m}$
- . Banda 6 - Infravermelho de Ondas Curtas (SWIR 1) - 1,57 a 1,65  $\mu\text{m}$
- . Banda 7 - Infravermelho de Ondas Curtas (SWIR 2) – 2,11 a 2,29  $\mu\text{m}$
- . Banda 10 - Infravermelho Termal (TIRS 1) – 10,60 a 11,19  $\mu\text{m}$
- . Banda 11 – Infravermelho Termal (TIRS 2) – 11,50 a 12,51  $\mu\text{m}$

Informações mais detalhadas sobre o assunto podem ser visualizadas em: [http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)

## 2. Sistemas Sensores

Existem vários tipos de sistemas sensores, com propósitos diferentes e transportados por diferentes meios, também chamados de plataformas. Uma imagem é uma representação bidimensional de atributos de uma cena. A fotografia aérea, forma mais antiga de registro, é exemplo de imagem analógica, enquanto que imagens obtidas por sensores eletrônicos correspondem a imagens digitais.

### 2.1. Analógico ou Digital?

O registro de eventos físicos tem sido tradicionalmente realizado por meio de sistemas analógicos. Nas últimas décadas, com o desenvolvimento da eletrônica e da computação, o registro digital está avançando rapidamente em áreas tradicionalmente analógicas. Hoje, os dois processos são utilizados, mas a expectativa é de que, em pouco tempo, prevaleça apenas o digital. É o caso, por exemplo, da televisão, existindo no momento aparelhos analógicos e digitais, assim como transmissões analógicas e digitais. Neste caso, já há um cronograma de transição do analógico para o digital em andamento.

### 2.1.1. O Sinal Analógico

Um sinal analógico é um registro contínuo de um fenômeno fisicamente gravado em uma superfície, como, por exemplo, as linhas desenhadas no cilindro de um sismógrafo (Figura VI.12). É também o som gravado em uma fita magnética ou o som que é transportado por uma onda eletromagnética para ser ouvido no rádio do carro.

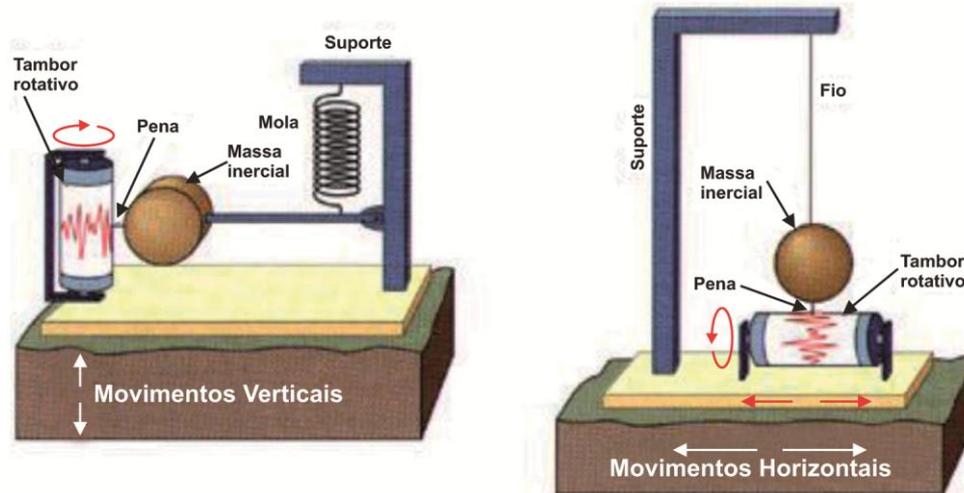


Figura VI.12 – Representação de um sismógrafo

Fonte: [http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA5\\_Sismos/52\\_Sismologia/5205\\_Sismografos.html](http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA5_Sismos/52_Sismologia/5205_Sismografos.html)

### 2.1.2. O Sinal Digital

Por outro lado, o sinal digital corresponde à representação do sinal original convertido numa representação numérica. Os números resultantes podem ser armazenados de várias maneiras e depois utilizados para reproduzir o mesmo sinal, sem ruídos ou distorções.

No caso dos imageadores ótico-mecânicos, o processo de se transformar o sinal analógico em digital começa pelo processo de amostragem. A Figura VI.13 apresenta o sinal analógico de uma linha (perfil ou transecto) atravessando parte de uma imagem de satélite. A Figura VI.14 mostra como a intensidade (eixo X) e a distância (eixo Y) podem ser subdivididas em regiões discretas ou bins. Em seguida, o sinal precisa ser reduzido para um valor único para cada bin (Figura VI.15a e VI.15b), em geral a média do sinal em cada bin. Geralmente, o número de níveis de intensidade é fixo e o intervalo de amostragem conhecido, de modo que o resultado final se apresenta como a Figura VI.15c. Finalmente, o produto final é mostrado na Figura VI.16, representando os sinais digitais para o sinal mostrado na Figura VI.13, conforme adaptação feita a partir de ZHOU (1999).

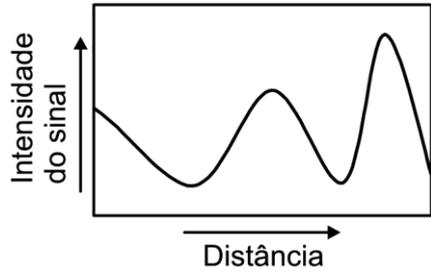
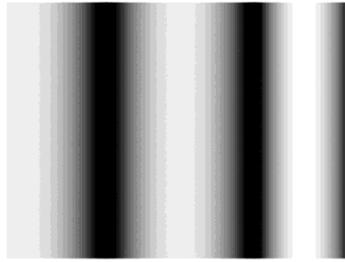


Figura VI.13 – Sinal analógico de uma linha atravessando uma imagem de satélite

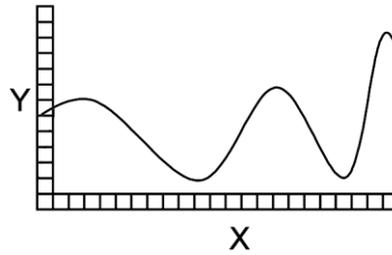


Figura VI.14 – Subdivisão da linha em regiões discretas

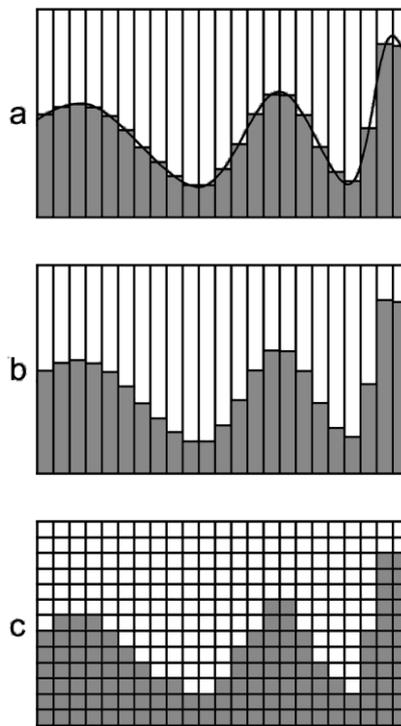


Figura VI.15 – Representação gráfica da transformação de analógico para digital

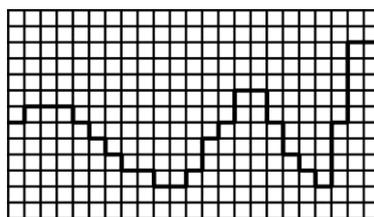


Figura V.16 – Final processo

Quando se trata de imageadores por arranjos lineares e câmaras aéreas digitais, o registro é feito normalmente por intermédio de um circuito integrado do tipo CCD (Charge-Coupled Device) ou Dispositivo de Carga Acoplada. Um CCD compreende um circuito integrado contendo uma matriz de milhares de capacitores acoplados (Picture elements = pixels), arranjos de forma bi-dimensional (Figura VI.17). Quanto maior o número de pixels, maior a resolução da imagem e maior o tamanho do arquivo correspondente. Cada capacitor (pixel) responde proporcionalmente à luz incidente produzindo uma pequena carga elétrica, que pode ser medida e convertida eletronicamente em intensidade radiométrica ou Números Digitais (NDs) no formato de 8 bits [valores de 0 (preto) a 255 (branco)] ou 12 bits [valores de 0 (preto) a 4095 (branco)]. Estes NDs, quando processados, permitem reproduzir a cena fotografada/imageada em tela e/ou impressa em papel, para posterior utilização.

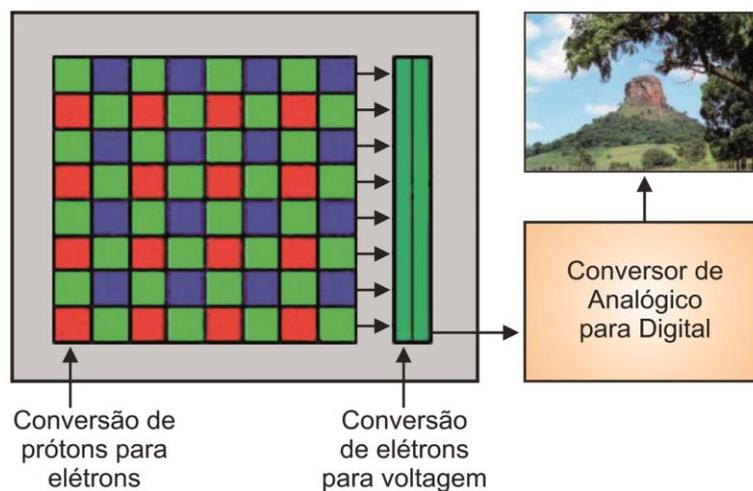


Figura VI.17 – Arranjo esquemático de um chip CCD

Fonte: Adaptado de <http://www.sensorcleaning.com/whatisasensor.php>

## 2.2. Classificação dos Sistemas Sensores

Os sistemas sensores podem ser transportados (plataformas) de diferentes maneiras e, no caso de satélites, podem orbitar a Terra de modo diferenciado, segundo as finalidades do sistema. O Quadro 02 mostra a classificação geral para os sistemas sensores, de modo a esclarecer melhor o leitor. Para este quadro, os sistemas e produtos em *itálico* são aqueles abordados neste livro.

Quadro 02 – Classificação Geral dos Sensores

<b>Tipo de Sensor</b>	<b>Princípio de Funcionamento</b>		<b>Sistema</b>	<b>Produtos</b>
<b>Passivo</b>	Não imageador	Não forma imagem	.Radiômetro Micro-ondas .Sensores Magnéticos .Sensores Gravimétricos .Sensores Termais	.Perfis de energia .Carta de isolinhas*
		Forma imagem	<b>.Câmara Fotográfica</b>	<b><i>Fotografias</i></b> <b><i>.Pancromáticas</i></b> <b><i>.Coloridas</i></b> <b><i>.IV coloridas</i></b>
	Imageador	Forma imagem	.Câmara de TV	.Vídeos
			<b>.Sensores CCD's</b> <b>.Scanner Ótico-mecânico</b> .Radiômetro Micro-ondas	<b><i>.Imagens multiespectrais</i></b> <b><i>.Imagens</i></b>
<b>Ativo</b>	Não imageador	Não forma Imagem	.Radiômetro Micro-ondas .Altímetro Micro-ondas .Laser para Prof. da Água .Laser para Distâncias	.Perfis de energia .Medições
	Imageador	Forma imagem	.Radar de Abertura Real (RAR) <b>.Radar de Abertura Sintética (SAR)</b>	<b><i>Imagens</i></b>

\* Curvas de contorno ou linhas de mesmo valor

Os satélites de sensoriamento remoto produzem, essencialmente, imagens digitais, as quais são representadas por um arranjo de pixels, cada um com sua respectiva reflectância. Quando o sensor é capaz de registrar a reflectância de uma cena terrestre em mais de um intervalo de comprimento de onda ele é chamado de multiespectral. Este assunto será abordado em detalhes mais à frente.

Resumidamente, os alvos naturais que ocorrem na superfície terrestre apresentam as seguintes características com relação à radiação solar:

- a) A reflectância varia segundo os diferentes comprimentos de ondas da radiação solar, caracterizando o que é chamada de assinatura espectral;
- b) Para a vegetação, fatores morfológicos (estrutura da planta/organização espacial das folhas) e fisiológicos (idade da planta, desidratação, tipo e espessura das folhas, deficiência de nutrientes) são determinantes na caracterização espectral;
- c) Nos solos, os teores de umidade, matéria orgânica e de óxidos de ferro, juntamente com o tipo de *textura e estrutura*, determinam o caráter espectral;
- d) Na água, fitoplâncton e sedimentos em suspensão controlam a reflectância;
- e) A atmosfera afeta fortemente a REM;
- f) Dois alvos diferentes podem apresentar a mesma reflectância num determinado comprimento de onda, mas não apresentarão a mesma reflectância por toda curva espectral.

Diante destas considerações, fica claro que vários sensores, dentro de um sistema, são necessários para registrar as particularidades dos diferentes alvos, especialmente no caso dos sensores passivos. Certos eventos, que dependem de análises temporais, como, por exemplo, inundações e derramamento de óleo em

corpos d'água, exigem uma periodicidade adequada dos sistemas sensores orbitais. Quando os eventos são de curtíssima duração, o monitoramento só poderá ser feito por meio de sensores a bordo de aviões ou helicópteros.

Para contornar os problemas decorrentes da influência da atmosfera, é possível o uso de sensores ativos, representados pelo radar, em diferentes comprimentos de onda. Tais sistemas são particularmente úteis em regiões tropicais, devido à presença constante de nuvens.

### 2.3. Plataformas

#### 2.3.1. Plataformas Terrestres

Uma das maneiras de se compreender o comportamento espectral de objetos na superfície terrestre é o uso de sistemas sensores ao nível superficial. Como as leituras são feitas próximas à superfície, praticamente sem interferência da atmosfera, os dados coletados podem ser considerados como padrão, para aqueles alvos. Neste caso, as plataformas seriam pessoas carregando os instrumentos, hastes especiais, ou torres de alturas variadas. A figura VI.18a apresenta um radiômetro e suas diferentes partes e a figura VI.18b um dos arranjos possíveis.

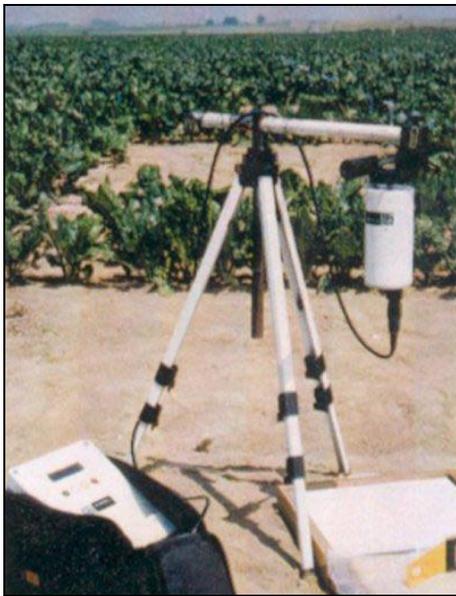


Figura VI.18a – Radiômetro de campo e conjunto de acessórios



Figura VI.18b – Radiômetro instalado em uma haste

#### 2.3.2. Plataformas Aerotransportadas

A forma mais clássica para transporte de sensores é a utilização de aviões a baixa, média ou alta altitude, os quais são adaptados para receber câmaras aerofotogramétricas, imageadores multiespectrais ou sistemas radarmétricos (Figuras VI.19a e VI.19b). Balões estão também enquadrados nesta categoria. O limite de altitude para esta categoria foi estabelecido em 50 km.



Figura VI.19a – Avião para aerolevantamentos e coleção de equipamentos



Figura VI.19b – Avião para aerolevantamentos e abertura de trabalho no assoalho do avião

### 2.3.3. Plataformas Espaciais

Neste caso, as subcategorias seriam: Estação Espacial: 300 – 400 km; Satélites de órbita baixa: 700 – 1.500 km; Satélites de órbita alta: Em torno de 36.000 km.

Os satélites podem ser agrupados em 5 diferentes classes, com base nas aplicações para as quais foram desenvolvidos.

a) Satélites de Comunicação - Utilizados na transmissão de sinais de rádio, televisão e telefone. A maioria dos satélites atuais é geoestacionária, ou seja, os satélites são colocados em uma órbita circular em torno da Terra de modo que sua velocidade de rotação seja a mesma da Terra, conforme mostra a Figura VI.20a, adaptada de [http://cimss.ssec.wisc.edu/satmet/modules/sat\\_basics/geo\\_orbit.html](http://cimss.ssec.wisc.edu/satmet/modules/sat_basics/geo_orbit.html);

b) Satélites Meteorológicos - São posicionados fixos (geoestacionários) na Linha do Equador, sendo usados na previsão do tempo;

c) Satélites de Navegação - São satélites de órbita alta utilizados para localização de posições na Terra. O sistema mais conhecido é o GPS – Global Positioning System;

d) Satélites para Estudos Planetários e Astronômicos - Posicionados distantes da Terra, são utilizados para estudos de planetas e do espaço exterior, sendo o Hubble um exemplo;

e) Satélites de Observação Terrestre - Satélites com órbitas entre 700 e 800 km ou menores. Apresentam órbitas quase polares e destinam-se à coleta de dados da superfície da Terra, ajudando os cientistas a compreenderem melhor a complexidade dos sistemas terrestres, conforme mostra a Figura VI.20b, a partir de <http://www.eumetcal.org/euromet/english/satmet/s3220/s3220315.htm>.

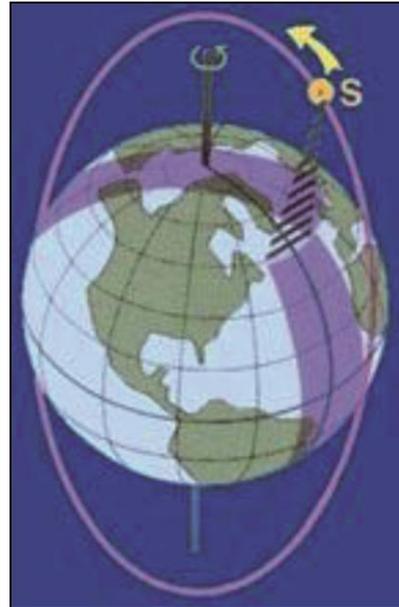
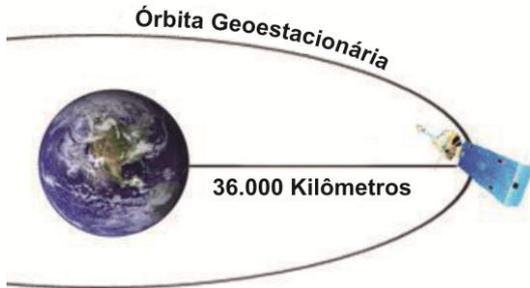


Figura VI.20a – Representação esquemática de um satélite de órbita geoestacionária

Figura VI 20.b - Representação esquemática de um satélite de órbita polar

Este livro tratará, principalmente, dos satélites de observação terrestre e, complementarmente, do sistema GPS. Veja animação das órbitas geoestacionária e polar em <http://www.seos-project.eu/modules/remotesensing/remotesensing-c02-p01.html>.

Um exemplo de satélite de órbita polar sol-síncrona é o SPOT (Figura VI.20c). Neste caso, o ângulo entre o plano de órbita e o Sol permanece constante. No seu caminho de Norte para Sul a órbita é descendente, passando pelo Equador durante o dia. De Sul para o Norte a órbita é ascendente e passa pelo Equador durante a noite.

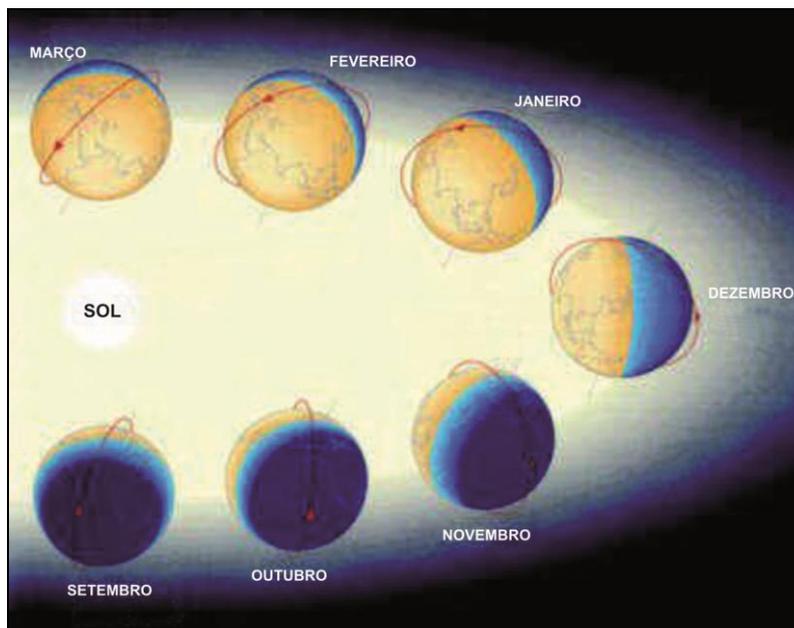


Figura VI.20c – Representação esquemática de uma órbita polar sol-síncrona

Fonte: [http://spot4.cnes.fr/spot4\\_gb/](http://spot4.cnes.fr/spot4_gb/)

Mais informações sobre os diferentes tipos de satélites existentes, nos *sites* seguintes:

[http://spot4.cnes.fr/spot4\\_gb/](http://spot4.cnes.fr/spot4_gb/)

<http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/spacebrn.htm>

[http://cimss.ssec.wisc.edu/satmet/modules/2\\_weather\\_satellites/ws-11.html#tag](http://cimss.ssec.wisc.edu/satmet/modules/2_weather_satellites/ws-11.html#tag)

<http://my.execpc.com/~culp/space/orbit.html>

[http://tornado.sfsu.edu/geosciences/classes/m415\\_715/Monteverdi/Satellite/PolarOrbiter/Polar\\_Orbits.html](http://tornado.sfsu.edu/geosciences/classes/m415_715/Monteverdi/Satellite/PolarOrbiter/Polar_Orbits.html)

## **2.4. Sensores Fotográficos**

São aqueles onde a luz solar, refletida por diferentes objetos, atravessa o conjunto ótico de uma câmara fotográfica e sensibiliza uma emulsão química sensível à luz, depositada numa base plástica.

### **2.4.1. Filmes e Filtros**

O filme mais comum em sensoriamento remoto é o pancromático, com tonalidades que variam do preto ao branco (P/B), cujas vantagens em relação ao colorido são:

- a) Grande latitude de exposição (intervalo em que um filme fotográfico pode ser subexposto ou superexposto, sem deixar de produzir uma imagem aceitável);
- b) Facilidade de manuseio e processamento;
- c) Custo relativamente baixo;
- d) Velocidades mais elevadas;
- e) Menor susceptibilidade a fungos. A desvantagem principal é registrar os objetos apenas em tons de cinza, dificultando a interpretação.

Tanto os filmes P/B como os coloridos podem ser de sensibilidade normal (de 0,35 a 0,72  $\mu\text{m}$ ) e de sensibilidade ao infravermelho próximo (0,35 a 0,92  $\mu\text{m}$ ).

O filme fotográfico consiste de um suporte plástico transparente, sobre a qual é depositada uma camada (emulsão) de sais de prata (haletos: AgCl, AgBr, AgI). Sob o suporte existe ainda uma camada adicional chamada de anti-halo, responsável pela absorção da radiação que atravessa a base plástica, evitando assim que, ao refletir, sensibilize novamente os sais de prata (Figura VI.21).

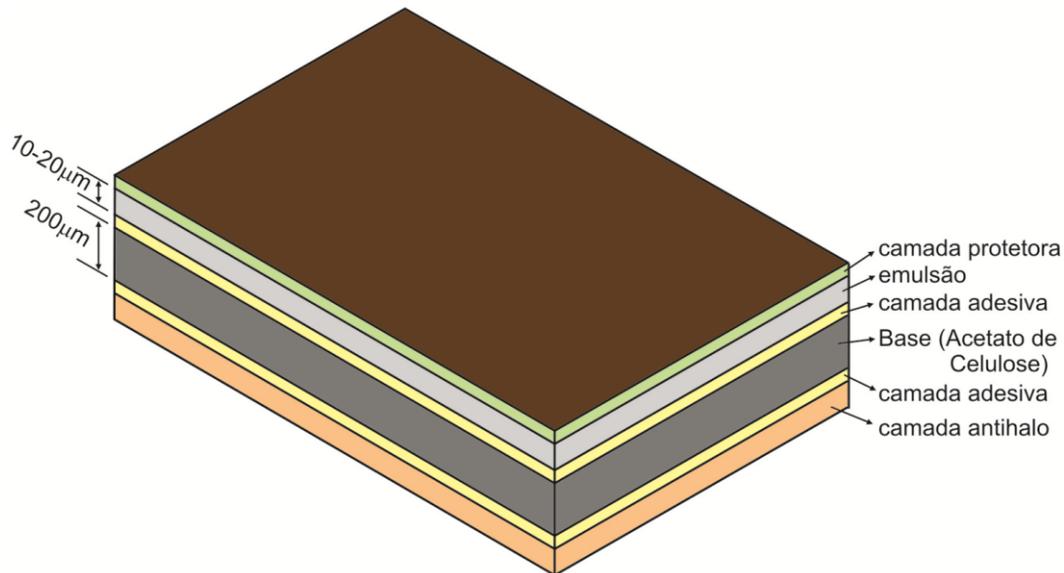


Figura VI.21 – Estrutura do filme P/B

Fonte: Adaptado de <http://cartografia.eng.br/notas-de-aula-aerofoto-e-fotointerpretacao-propriedades-do-filme-aereo/>

Após a emulsão ser depositada sobre a base plástica, os grãos são tratados para aumentar sua sensibilidade à luz. Quando o obturador de uma câmara é acionado, estes grãos fotossensíveis são expostos à luz, e quando um fóton atinge um desses grãos, um elétron da grade cristalina do sal de prata é liberado. Este elétron liberado pode ter vários destinos, mas o importante é que ele pode ser aprisionado em uma imperfeição do grão e o elétron pode então converter um íon de prata em um átomo de prata. Este átomo tem uma vida muito curta, mas se dois elétrons forem liberados num tempo de um segundo, uma combinação de quatro átomos de prata se formará na imperfeição e com estabilidade e tamanho suficientes para desencadear o processo para todo o grão. Neste estágio o filme possui uma imagem latente.

A mudança de imagem latente para imagem real é chamada de processamento fotográfico e consiste basicamente na conversão dos grãos de sais de prata expostos em grãos opacos de sais de prata. O filme é imerso em uma solução aquosa, contendo um agente redutor (revelador) que é incapaz de afetar um grão não exposto, mas para os grãos expostos, com átomos de prata nas imperfeições, o agente inicia a redução química do haleto de prata para prata pura. Após a ação do revelador, o filme é colocado em uma solução que interrompe o processo de revelação. Os grãos não sensibilizados são então removidos por uma solução fixadora, deixando áreas claras na emulsão. O filme resultante é chamado de negativo, porque as formas de objetos brilhantes aparecem escuras e vice-versa. A obtenção correta da cena original é conseguida passando-se luz pelo negativo e sensibilizando uma emulsão igual à do filme, só que com suporte em papel. A impressão obtida é então processada da mesma maneira que o filme. A Figura VI.22 mostra a curva de sensibilidade espectral de um filme pancromático P/B.

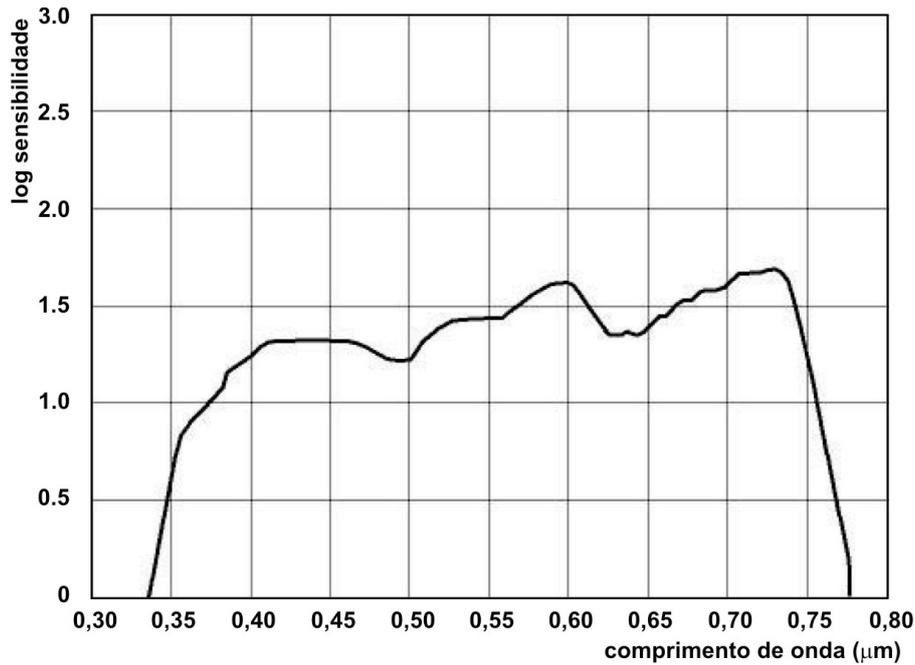


Figura VI.22 – Sensibilidade espectral do filme negativo pancromático AVIPHOT PAN 80 da AGFA

No caso das fotografias coloridas, embora a emulsão consista em sais de prata, o filme utilizado é constituído de três camadas. Cada camada comporta-se individualmente como uma camada do filme P/B, exceto que no conjunto cada camada apresenta uma sensibilidade diferenciada quanto aos diferentes comprimentos de onda. A camada superior é sensível à luz azul, a segunda à luz verde e azul e a inferior ao vermelho e azul. Um filtro para a comprimento de onda azul é colocado entre a primeira e segunda camadas para evitar a sua incidência na segunda e terceira camadas, resultando assim em emulsões sensíveis ao azul, verde e vermelho (Figura VI.23).



Figura VI.23 – Estrutura de um filme colorido

Fonte: Adaptado de [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/lectures/films\\_and\\_filters.html](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/lectures/films_and_filters.html)

O filme colorido é composto de 9 camadas, sendo:

- a) Camada de cobertura em gelatina para proteger a emulsão de riscos;
- b) Camada sensível ao azul;
- c) Filtro amarelo, feito de prata coloidal. Absorve qualquer porção de luz azul que atravesse a camada sensível ao azul;
- d) Camada sensível ao verde;
- e) Camada de gelatina separando a camada sensível ao verde da camada sensível ao vermelho;
- f) Camada sensível ao vermelho;
- g) Camada de gelatina que fixa o conjunto de camadas à base;
- h) Base plástica, forte e flexível;
- i) Camada anti-halo

A exposição e a primeira fase do processo de revelação são semelhantes ao filme P/B, onde os grãos de sais de prata são transformados em grãos opacos de sais de prata. O restante do processo dependerá do tipo de filme, negativo colorido ou colorido reversível (também conhecido como slide ou cromo). No filme negativo colorido, os sais de prata de cada camada são substituídos por agentes formadores de cores, com matizes do amarelo, magenta (azul-avermelhado) e ciano (azul-esverdeado). Os grãos de sais de prata da camada superior, sensíveis ao azul, são substituídos pelo matiz amarelo. A luz amarela é complemento da luz azul, já que é formada pelo verde e vermelho. Os sais de prata da segunda camada (sensível ao verde) são substituídos pelo matiz magenta. O magenta é o complemento da luz verde, sendo composto pelo azul e vermelho. Os sais de prata da terceira camada (sensível ao vermelho) são substituídos pelo matiz ciano. Ciano é o complemento da luz vermelha, sendo composto pelo azul e verde. Dessa forma, onde uma cor sensibiliza o filme, o complemento dessa cor é produzido no negativo. Quando a luz atravessa este negativo e atinge o papel fotográfico colorido, os complementos das respectivas cores são produzidos, tendo como resultado as cores originais da cena fotografada. As cores formadas, neste caso, baseiam-se no processo de cores subtrativas, o qual usa uma cor (amarelo, magenta e ciano) para formar cada cor primária. Na Figura VI.24 é mostrada a curva espectral do filme negativo colorido.

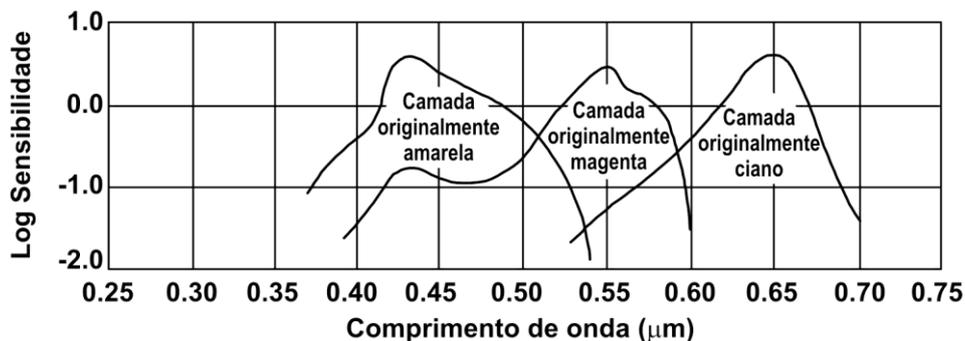


Figura VI.24 – Curva de sensibilidade espectral do filme negativo colorido KODAK Plus X – AeroGraphic 2402

No que se refere ao filme colorido reversível, o filme parcialmente processado é exposto para ativar as camadas complementares, quando então os sais das camadas originalmente sensibilizadas são lavados, restando os complementos das camadas

coloridas. O processo é semelhante ao do filme negativo colorido, apenas que o processamento é feito no filme original, permanecendo as cores desejadas, tendo-se ao final uma transparência nas cores originais.

O processamento de filmes fotográficos coloridos tem por base tanto o processo de cores aditivas, como o processo de cores subtrativas, como mostram as Figuras VI.25 e VI.26, a partir de

[http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/models/rgbcmym.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/rgbcmym.html).

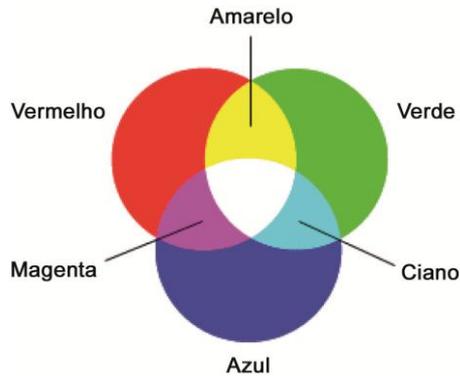


Figura VI.25 – Processo de cores aditivas (mistura de cores)

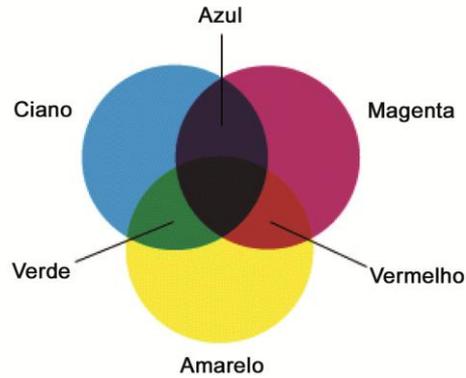


Figura VI.26 – Processo de cores subtrativas (mistura de pigmentos)

O processo de cores aditivas aplica-se à mistura da luz, enquanto que o processo de cores subtrativas é realizado na mistura de tintas (pigmentos) utilizadas na impressão. Para representar as cores sobre uma base, como num filme ou papel fotográfico, é utilizado o processo de cores subtrativas.

O filme infravermelho colorido, ou “falsa cor”, foi desenvolvido com objetivos militares, durante a II Guerra Mundial, para identificar a camuflagem que simulava a vegetação. No final de 1942, quando o produto já estava desenvolvido, foi decidido que a vegetação sadia deveria aparecer em vermelho na fotografia aérea infravermelha colorida. Neste caso, os grãos de sais de prata foram tratados quimicamente para alteração da respectiva sensibilidade. A sensibilidade da primeira camada (originalmente sensível à luz azul) possui então picos nas regiões verde e ultravioleta. A segunda camada (originalmente sensível à luz verde) tem maior sensibilidade na região vermelha do espectro, permanecendo sensível à luz ultravioleta. A terceira camada (originalmente sensível à luz vermelha) teve sua sensibilidade aumentada para reagir com a luz ultravioleta e infravermelha. Dessa maneira, a sensibilidade aumentou de menos de 0,40  $\mu\text{m}$  para mais de 0,90  $\mu\text{m}$ . Como resultado dessa sensibilidade modificada, o objeto que refletir a luz verde aparecerá azul e o vermelho refletido aparecerá verde, razão do nome “falso colorido”. A figura VI.27 mostra a sensibilidade espectral do filme infravermelho colorido, enquanto a figura VI.28 apresenta uma fotografia “falsa cor”, a partir de [http://www.geospectra.net/lewis\\_cl/remote/remote.htm](http://www.geospectra.net/lewis_cl/remote/remote.htm).

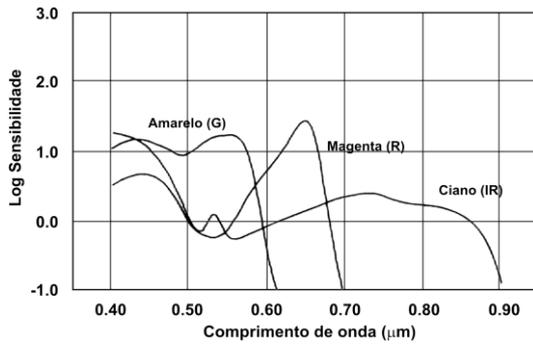


Figura VI.27 – Sensibilidade espectral do filme infravermelho colorido KODAK



Figura VI.28 – Exemplo de uma fotografia infravermelha colorida (Aerochrome III Infrared Film)

Na seleção, amplificação ou eliminação de determinados comprimentos de onda são utilizados filtros que são colocados na frente das objetivas das câmaras fotográficas. A dispersão dos comprimentos de onda na região do ultravioleta aumenta o efeito da névoa nas fotografias coloridas, de modo que a utilização de filtro para o ultravioleta e azul são recomendáveis para uma fotografia colorida com uma combinação aceitável de cores. A figura VI.29 refere-se à curva de transmissão de um filtro Kodak *wratten* n° 4, para bloqueio de comprimentos curtos de onda. Outros números *wratten* aparecem listados na mesma figura.

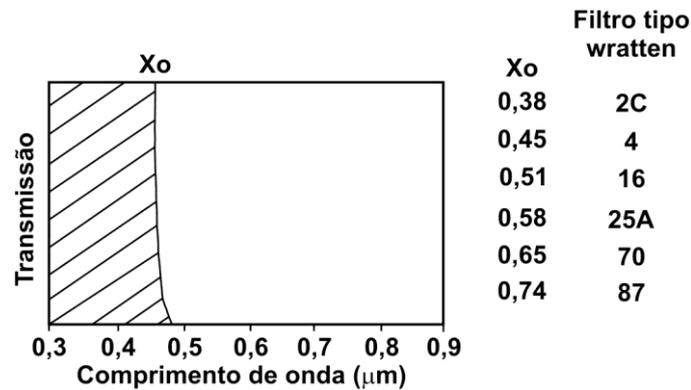


Figura VI.29 – Curva de transmissão do filtro KODAK *wratten* n° 4

### 2.4.2. Câmaras Aéreas

As câmaras aéreas fotogramétricas têm o mesmo princípio de funcionamento de uma câmara pessoal que se utiliza de filmes fotográficos. No entanto, para atender aos requisitos da aerofotogrametria tais instrumentos são grandes e pesados, sendo colocados no assoalho do avião, onde é feita uma abertura. Como referência, um rolo de filme aéreo tem 24 cm de largura por até 152 metros de comprimento. Na grande maioria das vezes tais aeronaves são aviões normais, mas que, ao receberem berços para tais câmaras e outros instrumentos, passam por reforços estruturais importantes, implicando em custos significativos. A Figura VI.30 mostra um diagrama esquemático de uma câmara aerofotogramétrica convencional.

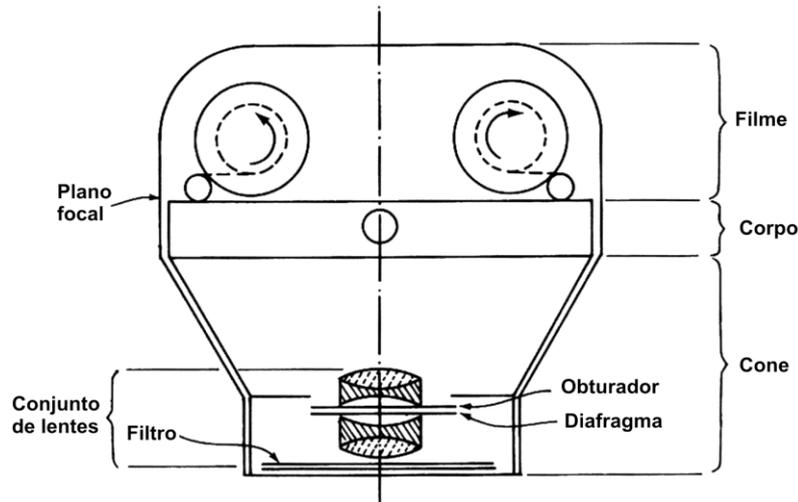


Figura VI.30 – Diagrama esquemático de uma câmera aerofotogramétrica  
 Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

A estrutura de uma câmera aerofotogramétrica, como apresentada na figura anterior, permite as seguintes explicações:

- a) Lentes – De alta qualidade, são classificadas de acordo com padrões de acuidade, características de distorção e distância focal;
- b) Cone da Lente – Contém a lente e o obturador reunidos numa extremidade e na outra está ligado ao corpo da câmera;
- c) Obturador/Diafragma – Com suas várias aberturas e velocidades, o *obturador* controla o tempo de exposição do filme. É a velocidade de disparo. Na Aerofotogrametria, a velocidade de disparo depende da sensibilidade do filme e da altura de voo. No caso do *diafragma*, o mesmo controla a quantidade de luz que chega ao obturador, deixando a passagem maior ou menor, dependendo de sua abertura;
- d) Corpo da Câmera – Protege no seu interior o mecanismo da câmera, o filme e o obturador;
- e) Filme – É alojado no magazine na parte superior do corpo da câmera.

Leia mais sobre o assunto em: <http://www.tecmundo.com.br/8354-fotografia-diafragma-e-obturador-os-olhos-da-camera.htm#ixzz27U5ee86E>.

A Figura VI.31a (<http://www.governmentauctions.org>) mostra uma câmera aérea montada em um avião de pequeno porte. A longa coluna ao lado da câmera aérea, em uma reentrância do assento, é um visor (*view finder*) que também atravessa o assoalho do avião. Este visor, que é telescópico, pode também ser instalado lateralmente, permitindo que o fotógrafo (Figura VI.31b) possa ver a mesma região que está sendo fotografada, podendo realizar ajustes na câmera ou avisar o piloto para mudanças na rota, em sincronia com dados GPS ([http://www.antarctica.ac.uk/bas\\_research/instruments/aerial\\_photography\\_camera.php](http://www.antarctica.ac.uk/bas_research/instruments/aerial_photography_camera.php)).



Figura VI.31a – Câmara aérea Zeiss RMK



Figura VI.31b – Fotógrafo ao lado do *view finder*

As câmaras aéreas podem ser classificadas em três grupos:

- a) Câmaras Métricas (Figura VI.31a) - Estes equipamentos fornecem fotografias de alta qualidade geométrica e são particularmente úteis no mapeamento do uso e ocupação da superfície do terreno e na produção de cartas topográficas;
- b) Câmaras multibandas (Figura VI.32);



Figura VI.32 – Câmara multibanda no arranjo de quatro câmaras individuais de 70mm, da Spectral Data Corporation

Estas câmaras permitem a obtenção de várias fotografias de uma mesma área, simultaneamente, em diferentes intervalos de comprimento de onda (bandas). Por exemplo, uma combinação típica é a obtenção de fotografias aéreas individuais no Azul, no Verde, no Vermelho e no Infravermelho próximo, como mostra a Figura VI.33.

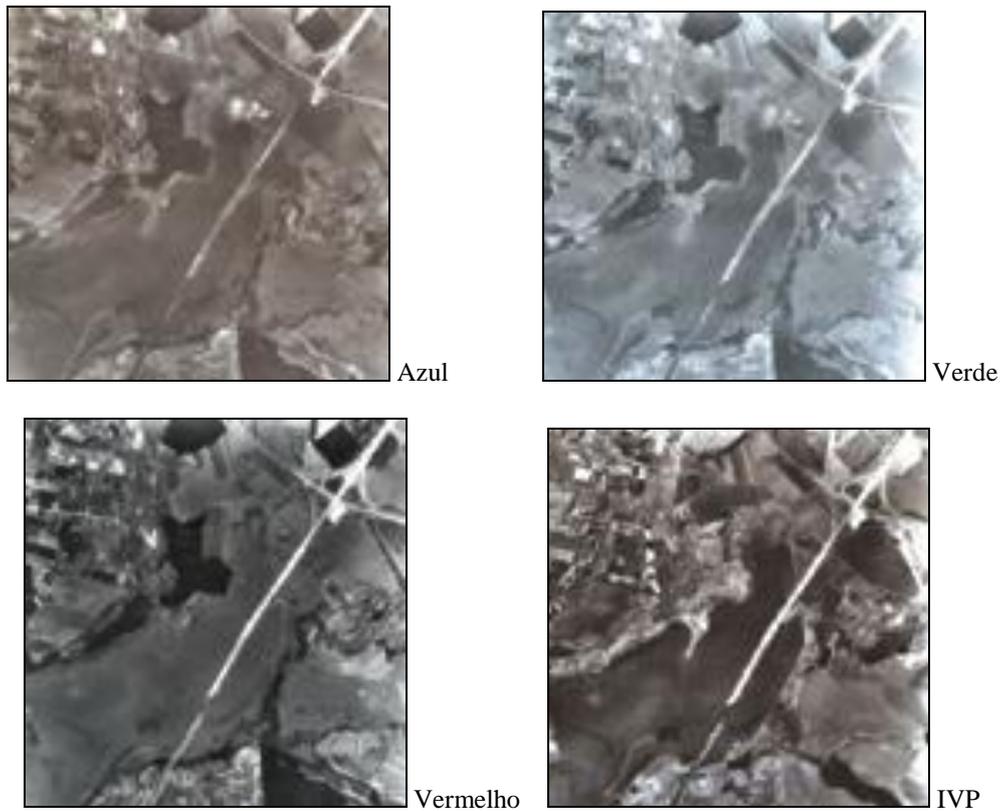


Figura VI.33 – Fotografias obtidas com câmara fotográfica multibanda. Região de Campinas, SP.

c) Câmaras Digitais – Embora sejam estruturalmente semelhantes às câmaras métricas, as câmaras digitais são significativamente diferentes no que refere à captação dos dados terrestres (Figura VI.34), como comentado no item 2.1.2 .



Figura VI.34 – Câmera Aérea DMC Intergraph

### 2.4.3. O Voo Aerofotogramétrico

Selecionada a área a ser mapeada, uma série de providências devem ser tomadas no sentido de se obterem fotografias que não só cubram a área a ser estudada, mas que se relacionem entre si. Como mostra o esquema da Figura VI.35, o voo é planejado de acordo com os objetivos do mapeamento e com as características do equipamento fotográfico. Assim, estabelece-se a quantidade de linhas de voo necessárias para cobrir toda a área.

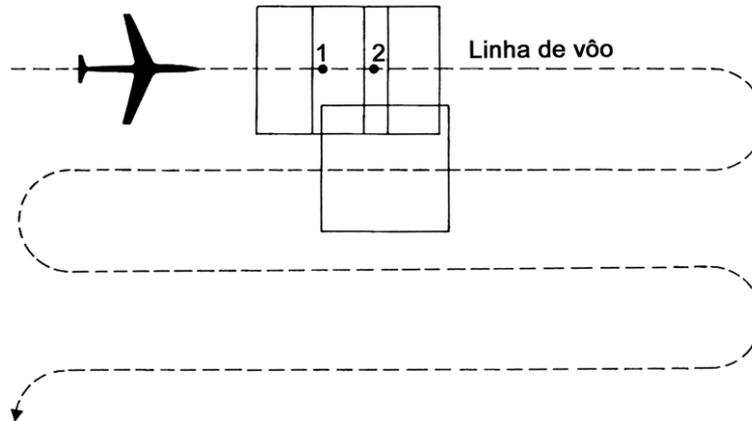


Figura VI.35- Representação esquemática de voo aerofotogramétrico

Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

Recentemente, com a possibilidade de se utilizarem câmaras aéreas digitais, novos parâmetros foram inseridos no planejamento de uma missão aerofotogramétrica. Vale a pena comentar, inicialmente, que escala é uma propriedade fundamental de fotografias aéreas convencionais utilizadas em fotogrametria. Neste caso, a escala da fotografia é calculada utilizando-se a seguinte fórmula:  $E = f/H$ , onde  $E$  é a escala,  $f$  a distância focal da câmara aérea e  $H$  a altura de voo sobre o terreno. Duas distâncias focais comuns são as de 150 mm (grande angular) e de 300 mm (ângulo normal). Outro parâmetro importante no planejamento da missão é a dimensão da área fotografada no filme (sensor), no caso 23 x 23 cm (GARCIA, 1977).

Por outro lado, a imagem digital pode ser vista e impressa em várias escalas diferentes. Dessa maneira, a escala torna-se uma propriedade do dispositivo utilizado para visualizar ou imprimir a imagem e não um atributo intrínseco à própria imagem. Por esta razão, é mais apropriado se falar na GSD – Distância de Amostragem no Terreno (Ground Sample Distance), que é a distância do centro projetado de um pixel no terreno ao centro do pixel vizinho.

Para câmaras digitais não há uma padronização no formato do sensor e a maioria delas proporciona uma imagem retangular, onde a maior dimensão é perpendicular à linha de voo, o que minimiza o número necessário de linhas de voo para cobrir o terreno. O tamanho do sensor é definido pelo número de pixels e o tamanho do pixel depende do fabricante, assim como as distâncias focais disponíveis, de 60 a 120 mm, para as câmaras de grande formato. Por exemplo, a câmara DMC apresenta uma matriz de 7.680 x 13.824 pixels, tamanho do pixel de 12  $\mu\text{m}$  e distância focal de 120 mm. A combinação de distância focal e tamanho do pixel determina o projeto de voo, e os parâmetros da missão são estabelecidos pela GSD requerida, que pode ser calculada pela fórmula seguinte:  $GSD = H/f \times T_p$ , onde GSD é a Ground Sample Distance,  $H$  é altura de voo sobre o terreno,  $f$  é a distância focal da câmara digital e  $T_p$  é o tamanho do pixel (NEUMANN, 2008; JACOBSEN, 2010).

A obtenção de fotografias aéreas com propósitos aerofotogramétricos, com o auxílio de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), é uma técnica que se desenvolve rapidamente. Aqui também a proposta original tinha fins militares. Ainda em desenvolvimento, as fotografias aéreas resultantes são úteis em projetos que não requeiram uma alta precisão geométrica no terreno. Um artigo interessante pode ser visto em: <http://www.aerodreams-uav.com/docs/aerophotosysr00.pdf> ou ainda ver vídeo no YouTube (<http://www.youtube.com/watch?v=GFhLHPsu0gA>)

#### 2.4.4. Características das Fotografias Aéreas

a) Marcas fiduciais e ponto principal - A fotografia aérea, como toda fotografia, é uma perspectiva, com distorções de escala que aumentam do centro para a periferia. Dessa maneira, apenas o centro da fotografia, também chamado de Ponto Principal (PP), não apresenta distorção de escala. O PP é obtido a partir de linhas que são traçadas a partir de marcas fiduciais opostas (Figura VI.36). Na Figura VI.37 o PP é representado pelo avião, cujo reflexo é visto na água, e a distorção de escala representada pelas inclinações dos troncos das árvores.

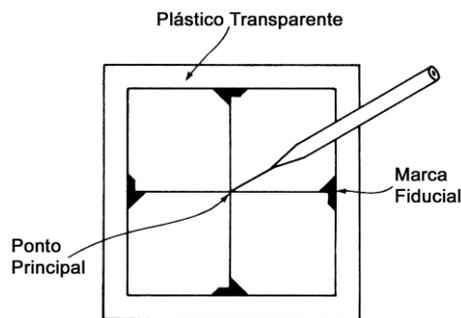


Figura VI.36 – Marcas fiduciais e ponto principal da fotografia  
Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

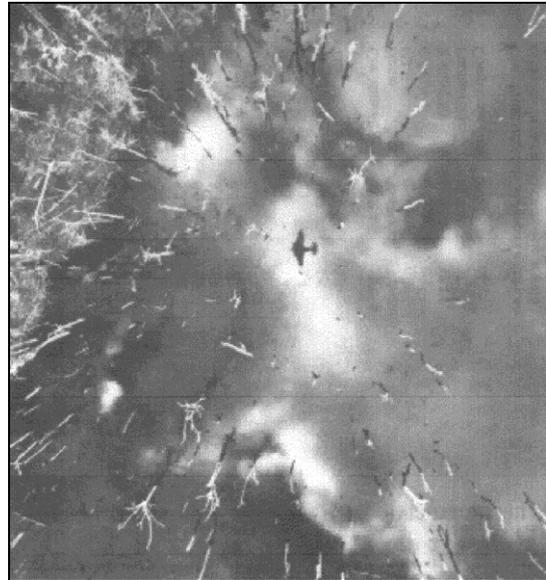


Figura VI.37 – Deslocamento da superfície do terreno em uma fotografia aérea vertical

b) Linha de voo - Como já comentado, para se realizar a cobertura aerofotogramétrica de uma área no terreno o avião deve voar segundo um planejamento prévio, seguindo linhas de voo determinadas, conforme mostra a Figura VI.35. É comum que durante o voo ocorram desvios de rota, de modo que são necessárias correções constantes. Os erros principais são:

- . Deriva (drift) - conforme mostra a Figura VI.38a;

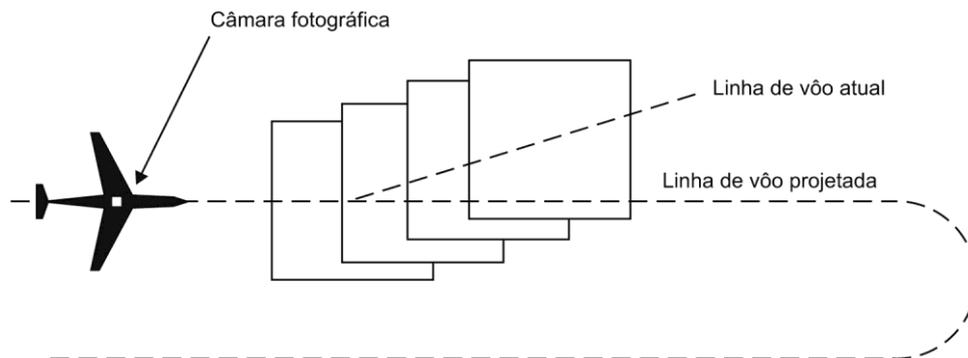


Figura VI.38a – Exemplo de desvio de rota (deriva) em relação à linha de voo  
Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

. Desvio (crab) – Efeito da deriva. Quando é feita a correção do rumo do avião sem correção da posição da câmara fotográfica. É observado na montagem das faixas (Figura VI.38b). A Figura VI.38c mostra o resultado quando é corrigido o rumo do avião e da posição da câmara aerofotogramétrica;

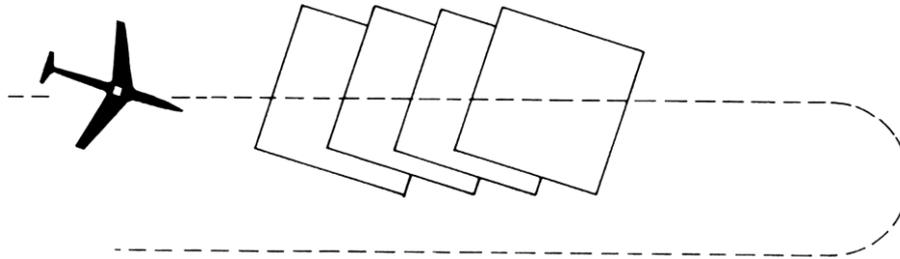


Figura VI.38b – Efeito da deriva. Correção do rumo do avião sem correção da posição da câmara fotográfica

Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

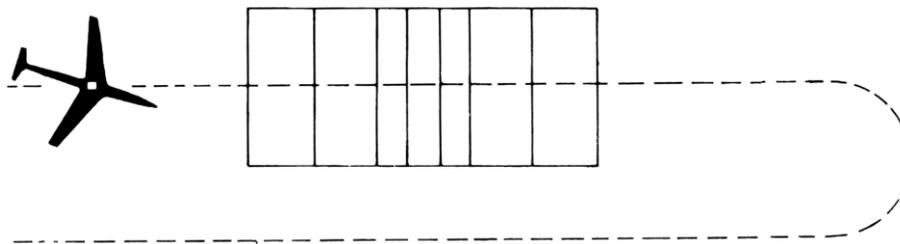


Figura VI.38c - Correção do rumo do avião e da posição da câmara fotográfica

Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

. Inclinação (tilt) – Inclinação da câmara fotográfica no momento da tomada da fotografia (Figura VI.39), devido à inclinação do avião

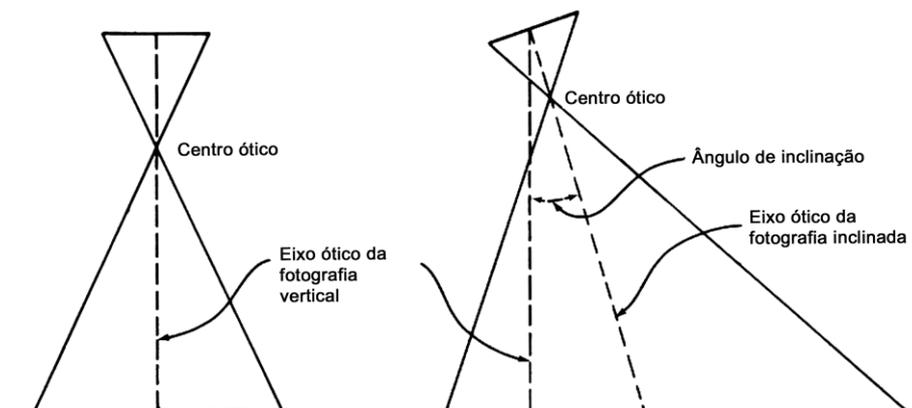


Figura VI.39 – Inclinação da câmara fotográfica

Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

c) Estereoscopia - A estereoscopia está intimamente ligada à Fotogrametria e à Fotointerpretação. A estereoscopia é a ciência que permite a visão estereoscópica ou a sensação da terceira dimensão (3D), e os métodos que tornam possíveis esses efeitos. Quando se observa uma fotografia, é possível examinar a posição, direção, forma,

tamanho e cores dos objetos dentro do campo da visão humana, num único plano. No entanto, não se tem a sensação de profundidade (3D). Para que haja visão estereoscópica, atributo fundamental à fotogrametria e fotointerpretação, é necessário que uma mesma porção do terreno seja fotografada de dois diferentes ângulos de visada. Em geral, num voo fotogramétrico um estereopar possui um recobrimento longitudinal de 60%. Assim, um estereograma pode ser definido como um par estereoscópico de fotografias, corretamente montado e orientado para observação em 3D. Esta habilidade é proporcionada pela distância interpupilar, de modo que um mesmo objeto é visto de ângulos diferentes por cada um de nossos olhos (Figura VI.40).

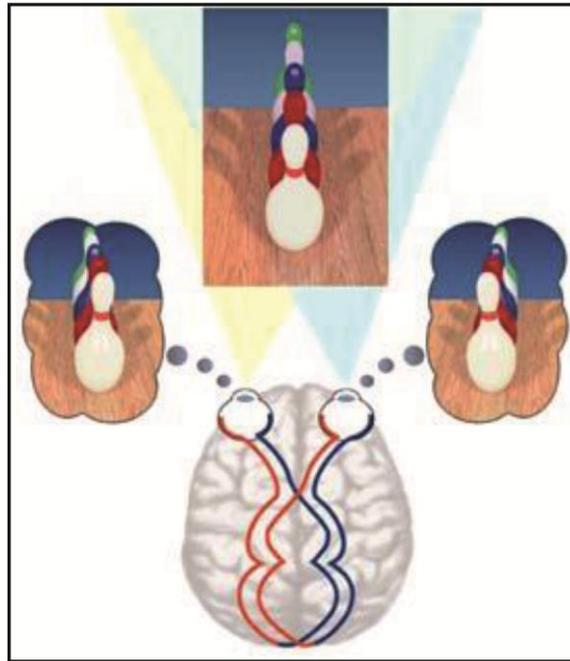


Figura VI.40 – Princípio da visão estereoscópica

Fonte: <http://www.vision3d.com/stereo.html>

Nas últimas décadas a evolução das técnicas estereoscópicas foi significativa, não só na fotogrametria, mas também em outros campos comerciais, como o cinema e a televisão. A habilidade do olho humano em ver imagens 3D, ou seja, uma imagem para o olho esquerdo e outra para o olho direito, é extensivamente usada no mapeamento. Existem quatro métodos principais para visualização de uma cena em três dimensões:

. Imagem estereoscópica ou estereograma - Método mais antigo, que vem sendo usado há décadas. O sistema mais comum é o uso de um estereoscópio de bolso ou de espelhos sobre um par de fotografias aéreas sequenciais e com o correto recobrimento. O sistema ótico do aparelho induzirá o observador a ver a fotografia esquerda com o olho esquerdo e a fotografia da direita com o olho direito, produzindo o efeito 3D. As figuras VI.41 e VI.42 mostram um estereoscópio de bolso e um de espelhos, sendo a maior diferença entre eles o campo de visão, além do uso do segundo ser mais confortável e de maior rendimento.

No caso da restituição fotogramétrica, o sistema ótico é posicionado entre a tela do computador e o operador do aparelho. É um método barato, mas fisicamente

estressante e inadequado, já que os olhos ficam muito próximos da tela;



Figura VI.41 – Estereoscópio de bolso

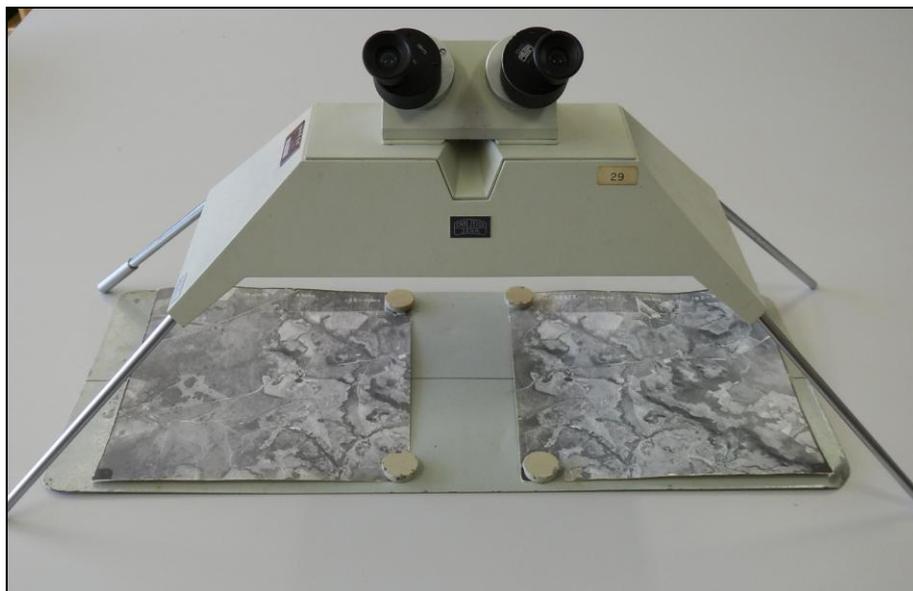


Figura VI.42 – Estereoscópio de espelhos

. Imagem anaglífica (anaglifo) - Neste caso, uma das imagens é projetada em tons de vermelho e a outra em tons de azul. Este método é barato e bastante prático (Figura VI.43). Mais sobre o assunto, inclusive como fazer um óculos 3D de modo rápido e simples, em <http://www.3dblog.com.br/>;



Figura VI.43 – Exemplo de imagem anaglífica

Fonte: [http://proyectomaldejo.blogspot.com.br/2010\\_10\\_01\\_archive.html](http://proyectomaldejo.blogspot.com.br/2010_10_01_archive.html)

. Imagem polarizada - Para a obtenção deste tipo de imagem são feitas duas projeções correspondentes a duas imagens de um par estereoscópico de fotografias. As duas fotografias são projetadas superpostas na mesma tela por intermédio de filtros de polarização ortogonais. O usuário utiliza óculos que contêm um par de filtros de polarização ortogonais com a mesma orientação do projetor. Cada filtro permite a passagem de luz polarizada similar e bloqueia a luz polarizada ortogonal, de modo que cada olho vê somente uma das imagens projetadas, criando o efeito 3D. A polarização é chamada de passiva quando a tela de polarização é montada no monitor. É chamada de ativa quando a tela de polarização é montada nos óculos. Do mesmo modo que o anaglifo, o método é confortável, mas ocasiona perda de luz devido à polarização;

. Imagem 3D temporal - Neste caso não há perda de luz. A imagem da esquerda e a da direita são projetadas na tela, alternadamente, numa frequência de 60 Hz, no caso do Brasil. O operador utiliza um óculos de cristal líquido e, quando a imagem esquerda está na tela, a lente direita do óculos torna-se opaca e vice-versa (Figura VI.44).



Figura VI.44 - Equipamento para fotogrametria digital da Leica

d) Geometria da fotografia aérea – A Figura VI.45 mostra a geometria de uma fotografia aérea perfeitamente na vertical.

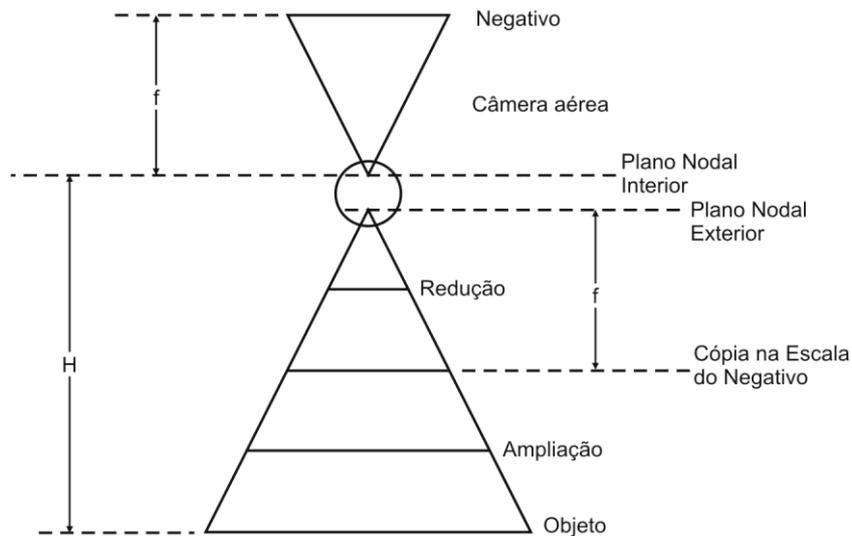


Figura VI.45 – Geometria da fotografia aérea vertical  
Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

A partir dessa figura pode-se definir:

- . Distância focal - Distância perpendicular do ponto nodal interior até o plano da fotografia;
- . Estação de exposição - É a posição de tomada da fotografia;
- . Eixos X e Y - O eixo X coincide com a linha de voo e o Y é perpendicular a este;
- . Altura de voo - Em fotografia aérea, quando o plano de referência é o nível da Terra, essa distância é a Altura de Voo (Figura VI.46);

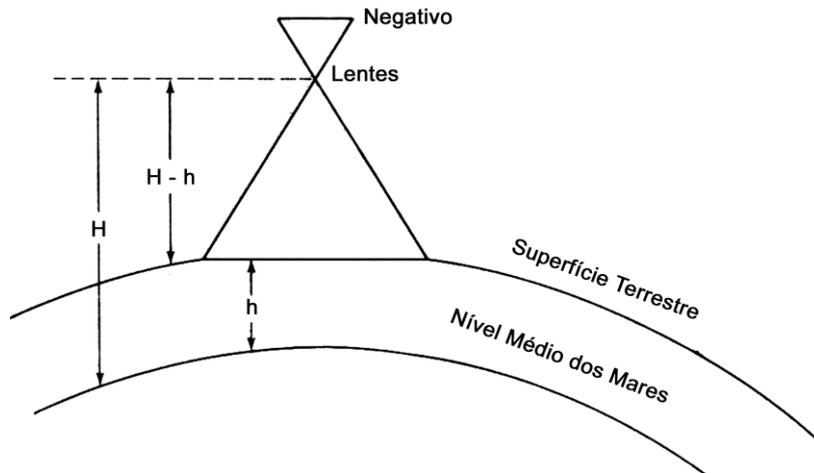


Figura VI.46 – Altura de voo  
Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

. Ponto Nadir - É o ponto no qual a linha vertical, através do centro perspectivo da câmara aérea, corta o plano da fotografia (Figura VI. 47);

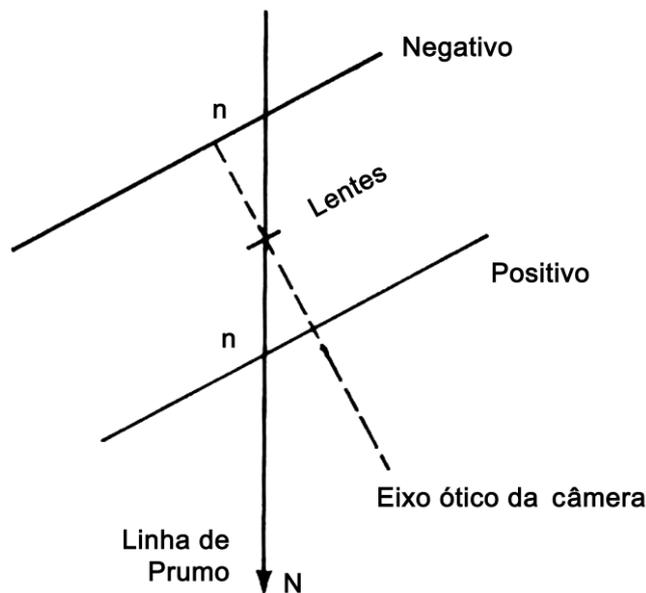


Figura VI.47 – Ponto Nadir  
Fonte: Marchetti e Garcia (1977)

. Escala - Escala pode ser definida como uma relação entre uma distância no mapa ou fotografia e a distância correspondente no terreno. No caso de uma fotografia aérea, a escala varia do centro (Ponto Principal) para a periferia, como já comentado no item 2.4.4.a. No entanto, uma escala aproximada pode ser obtida utilizando-se de relações geométricas, de modo que  $E = f/H$ , onde  $f$  é a distância focal da câmara aerofotogramétrica e  $H$  a altura de voo. Levando-se em conta a média das elevações do terreno ( $hm$ ) na área fotografada, a fórmula terá a seguinte apresentação:  $E = f/H-hm$ , conforme pode ser visto na Figura VI.46;

e) Paralaxe – É o deslocamento aparente da posição de um objeto, causado pela mudança do ponto de observação, tendo como referência uma linha ou ponto, sendo medido ao longo do eixo X das fotografias aéreas. O estudo da paralaxe, suas equações e aplicações, constituem a base para os estudos na área de aerofotogrametria.

Àqueles que tiverem interesse em se aprofundar no assunto, sugere-se consultar o livro de Marchetti e Garcia (1977) e, complementarmente, consultar os seguintes endereços:

<http://people.ufpr.br/~felipe/foto3.pdf> .

[http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/lectures/geometry\\_of\\_aerial\\_photographs\\_notes.html](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/lectures/geometry_of_aerial_photographs_notes.html)

[http://gis-lab.info/docs/books/aerial-mapping/cr1557\\_06.pdf](http://gis-lab.info/docs/books/aerial-mapping/cr1557_06.pdf)

<http://sites.poli.usp.br/ptr/ptr/site-ant/FTP01/fau-usp-2004.pdf>

f) Resolução em fotografias - No caso de fotografias, podem ser considerados três parâmetros básicos:

. Resolução espacial – Embora, por definição, resolução seja a habilidade de se distinguir a menor distância entre dois objetos muito próximos em uma fotografia, na prática costuma-se dizer que resolução é a capacidade de se visualizarem alvos tão pequenos quanto o filme permita. Uma resolução de 0,5 m indica, então, que os menores objetos possíveis de serem interpretados na fotografia teria 0,5 x 0,5 m de dimensão. A resolução está associada ao tamanho dos grãos de sais de prata e um fato importante é que, quanto mais sensíveis forem os filmes (mais rápidos), mais grosseira será a resolução. Filmes rápidos são desejáveis em voos fotogramétricos, tendo em vista que o tempo de exposição poderá ser mais rápido, evitando-se os efeitos prejudiciais que a movimentação da aeronave pode acarretar (arrasto). O balanceamento entre a resolução espacial desejada e a velocidade do filme a ser utilizado é um dos primeiros problemas a ser levado em conta no voo aerofotogramétrico;

. Resolução radiométrica - Relacionada à capacidade de se detectarem as menores variações possíveis de energia incidente sobre o filme. Um filme P/B de alta resolução registrará maiores quantidades de tons de cinza que um P/B de média resolução;

. Resolução espectral - Envolve o número de bandas e o intervalo que cada uma delas abrange em relação ao espectro eletromagnético. O filme pancromático abrange a faixa do visível e o colorido compreende as bandas referentes ao azul, verde e vermelho. Então, a resolução do filme colorido é maior que a do filme pancromático.

#### **2.4.5. Restituição Aerofotogramétrica**

Os processos aerofotogramétricos compreendem duas fases principais: a cobertura e a restituição aerofotogramétrica. A restituição aerofotogramétrica é executada através de instrumentos e técnicas, especialmente com o recurso da estereoscopia. A restituição transforma a projeção cônica da fotografia aérea em uma projeção ortogonal, seja carta ou mapa (Figura VI.48). Na carta ou mapa deverão ser desenhados os detalhes planimétricos do terreno, a partir da transferência de informações dos respectivos fotogramas. Esta transformação pode ser Analógica, Analítica ou Numérica, e Digital. Restituidor é o aparelho utilizado para o

processamento das fotografias.

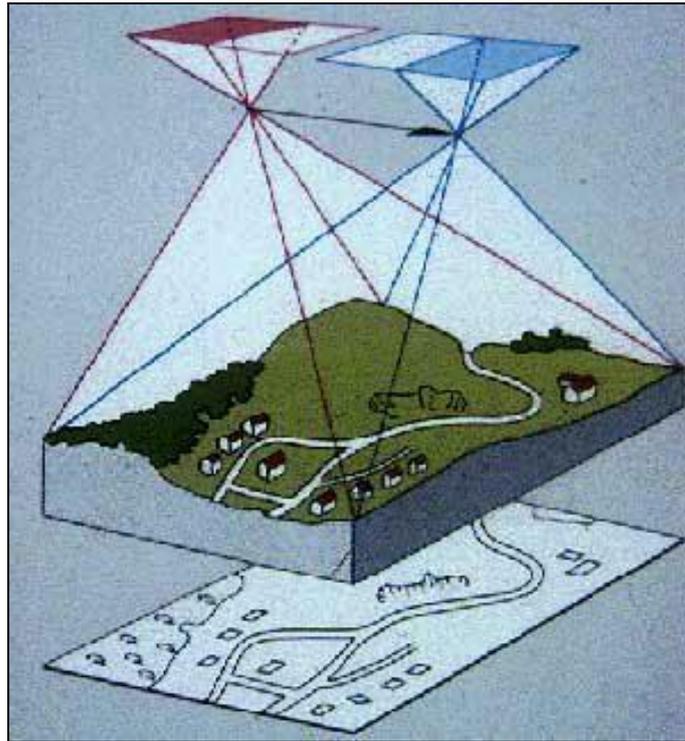


Figura VI.48 - Representação conceitual da restituição ortogonal

Fonte: <http://www.stereoscopy.com/>

O primeiro passo para se efetuar a restituição será a determinação de pontos de controle no terreno, cada um com a respectiva posição planimétrica perfeitamente determinada, ou por método topográfico, ou, modernamente, por GPS. Estes pontos devem ser facilmente identificáveis nas fotografias ou imagens correspondentes.

Embora o uso do GPS tenha oferecido um ganho substancial em tempo e dinheiro, a determinação de pontos de controle no terreno é ainda um processo caro e demorado. A aerotriangulação é um método de laboratório por meio do qual, baseando-se em um número limitado de pontos de controle no terreno, é possível o estabelecimento de um grande número de pontos suplementares de controle. Os pontos de controle servem para orientar as imagens em relação ao sistema de coordenadas utilizado.

Ao longo dos anos, a fotogrametria passou por evolução constante, conforme descrito a seguir:

a) Primeira Geração (1900 a 1960) - Fotogrametria analógica: Uso de câmeras aéreas e aviões; Retificadores analógicos e restituidores estereofotogramétricos; Desenvolvimento da teoria e dos fundamentos matemáticos; Instrumentos ainda sendo utilizados.

A restituição analógica cria um modelo ótico, semelhante ao campo fotografado, utilizando-se da estereoscopia e transformando esse modelo em um desenho correspondente àquele que aparece no fotograma, reproduzindo as posições planimétricas e altimétricas reais do terreno. Neste caso, os restituidores podem ser óticos, ótico-mecânicos e mecânicos. A Figura VI.48 mostra a representação conceitual do método e a Figura VI.49 mostra um desses equipamentos;

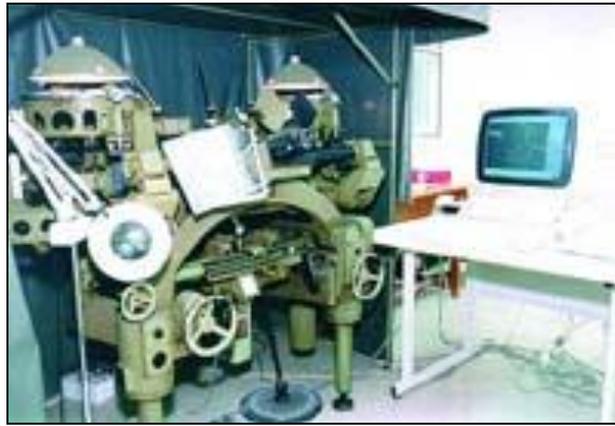


Figura VI.49 - Autógrafo A8 da Wild de 1952

b) Segunda Geração (1960 a 1990) - Fotogrametria analítica: Restituidores analíticos e restituição numérica assistida por computador.

Em 1953, foram apresentados os primeiros estudos para a fotogrametria analítica, quando se vislumbrou a possibilidade de se utilizar o computador no processamento da grande quantidade de cálculos necessários na restituição. Em 1957 foi apresentado o conceito do restituidor analítico, onde as coordenadas das marcas fiduciais dos pontos homólogos das imagens eram medidas mecanicamente (aerotriangulação) e os demais cálculos eram executados por computadores. Em 1976 o primeiro restituidor analítico foi apresentado ao mercado. A Figura VI.50 mostra um restituidor analítico;



Figura VI.50 – Estação Fotogramétrica Analítica “Stereoanagraph” da GeoSystem

As transformações analógicas e analíticas envolvem as seguintes etapas de operação no aparelho restituidor:

. Orientação interior - Quando os pontos principais do fotograma são determinados, através das marcas fiduciais, sendo também realizado o ajuste da

distância focal do projetor, o qual deve ser proporcional à da câmara utilizada;

. Orientação exterior ou relativa - Aqui são determinados os seis principais movimentos que afetaram a fotografia no instante da obtenção. Três são movimentos de translação, e os outros três movimentos de rotação. Nesta fase é eliminada a paralaxe, ou seja, as distorções dos pontos fotografados;

. Orientação absoluta - Quando a escala do modelo estereoscópico (imagem 3D) formado pelas duas imagens projetadas é determinado, sendo estabelecida também a altura deste modelo, segundo o nível de referência pretendido. A figura VI.51 mostra um diagrama de fluxo do processo fotogramétrico tradicional.

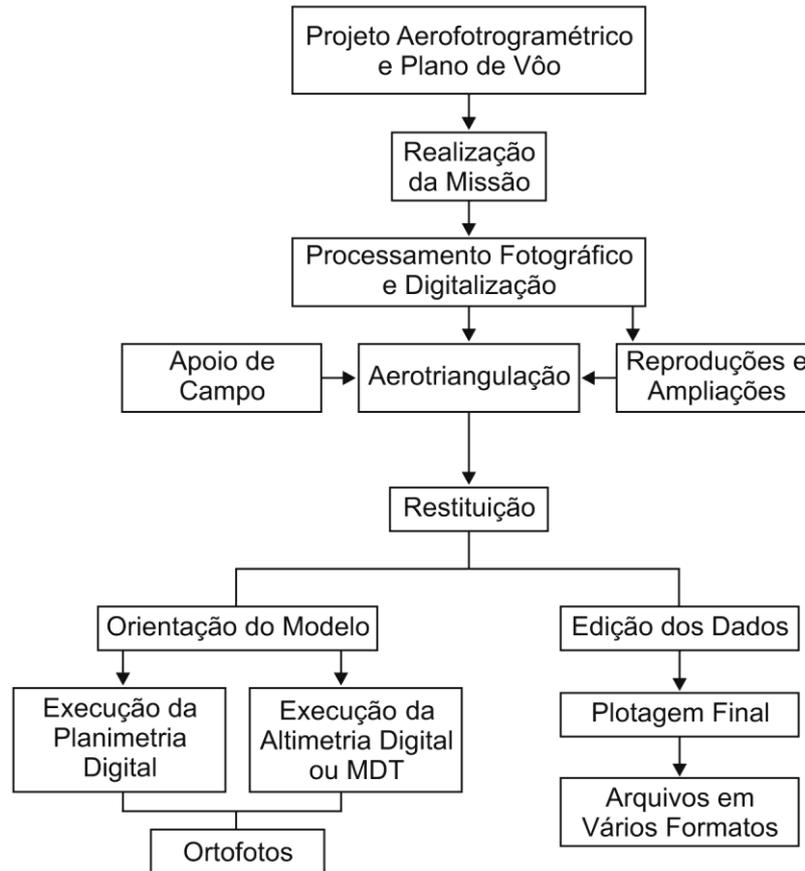


Figura VI.51. Fluxo de trabalhos do processo fotogramétrico tradicional

c) Terceira Geração (1990 →) - Fotogrametria digital: Visão de máquina; Processo totalmente numérico, da coleta à produção de mapas; Avanço constante no desenvolvimento de hardware e software.

A grande diferença, neste caso, é a utilização de imagens digitais em substituição às imagens fotográficas. As imagens digitais podem ser obtidas diretamente por câmaras digitais ou então pela digitalização matricial de imagens analógicas. O restante do processo é feito de modo análogo à fotogrametria analítica, conforme ilustrado pela Figura VI.51. A fotogrametria digital permitiu o desenvolvimento de uma variedade muito grande de equipamentos, desde os mais sofisticados, como as estações de trabalho, até computadores comuns, aos quais foram acrescentados *hardware* e *software* apropriados. Uma das grandes vantagens da fotogrametria digital, além do custo e facilidade de manuseio, é a possibilidade de se executarem todas as operações em um único equipamento. Na fotogrametria

convencional, as fotografias passam de um equipamento para outro de acordo com cada etapa do processo.

Em qualquer dos casos, a sensação da terceira dimensão é fundamental na interpretação dos dados. Relembrando, os quatro métodos principais são: Imagem estereoscópica ou estereograma, Imagem anaglífica (anaglifo), Imagem polarizada e Imagem temporal.

Mais detalhes sobre o assunto podem ser vistos em: [http://www.fag.edu.br/professores/octaviohv/Apostila%20fotogrametria\\_digital.pdf](http://www.fag.edu.br/professores/octaviohv/Apostila%20fotogrametria_digital.pdf).

## 2.5. Sistemas Multiespectrais

O uso de sensores multiespectrais para fins civis a bordo de satélites remonta ao início da década de 1970. Hoje, vários países operam sistemas especializados na coleta de dados terrestres, como os Estados Unidos, Rússia, França, Canadá, Japão, China, Índia e Brasil. Embora a terminologia, aqui, seja semelhante à terminologia para resolução de fotografias aéreas, há diferenças bastante significativas entre elas, de modo que são descritas novamente. Tanto no projeto de desenvolvimento de um sensor, como na seleção de um sensor com finalidades específicas de utilização, as resoluções Espacial, Temporal, Espectral e Radiométrica são básicas. Veja mais informações em <http://www.satimagingcorp.com/characterization-of-satellite-remote-sensing-systems.html>.

### 2.5.1. Resolução de Sistemas Imageadores

a) Resolução Espacial ou Geométrica – Nos sensores passivos em satélites, a resolução espacial refere-se a menor área imageada por um determinado sensor e, no caso do sistema eletrônico, é chamado de IFOV (Instantaneous Field Of View) – Campo de Visada Instantânea. Na imagem, a resolução refere-se ao tamanho do pixel (pixel = picture element). Na maioria dos sistemas de sensoriamento remoto as imagens são compostas de uma matriz de pixels, que são as menores unidades de uma imagem, representando uma determinada área. Quando uma imagem é apresentada com resolução plena, o tamanho do pixel e a resolução são iguais. Quanto melhor a resolução de um sensor, menor será o tamanho do pixel (Figura VI.52);

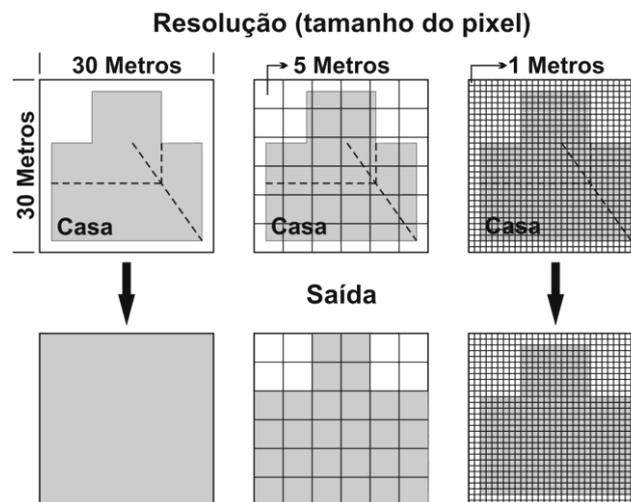


Figura VI.52 - Exemplo de como o tamanho do pixel afeta a qualidade da imagem

Fonte: Adaptado de <http://www.satimagingcorp.com/>

Um sistema é considerado de alta resolução quando tiver de 0,6 a 4,0 metros. São exemplos os sistemas GeoEye-1, WorldView 1 e 2, QuickBird, IKONOS, FORMOSAT-2, ALOS, CARTOSAT-1, SPOT-5. De 4,0 a 30,0 metros o sistema é considerado de média resolução, como o ASTER, LANDSAT 8, CBERS-4. Resoluções baixas são aquelas maiores que 30,0 metros, como o AVHRR –NOAA e MODIS – Terra e Água;

b) Resolução temporal – A resolução temporal é aplicável a sistemas de sensoriamento remoto orbitais e vem a ser o tempo que um satélite demora para passar novamente no mesmo local, ou seja, um ciclo orbital completo. A resolução temporal depende das características orbitais de plataforma e do IFOV. A resolução temporal pode ser bastante flexível. Como sempre existe um recobrimento lateral entre duas faixas de imageamento adjacentes, para latitudes maiores este recobrimento lateral aumenta significativamente, de tal modo que para algumas áreas o imageamento é feito com mais frequência. Alguns satélites são capazes de direcionar seus sensores para imagear uma mesma área de órbitas diferentes, alterando a respectiva resolução temporal. O LANDSAT – 8 tem um ciclo de 16 dias, defasado em 8 dias com o Landsat 7 e o SPOT apresenta um ciclo de 26 dias;

c) Resolução espectral - Tanto para sensores fotográficos como para sensores imageadores, envolve o número de bandas e o intervalo que cada uma delas abrange em relação ao espectro eletromagnético. A resolução espectral descreve a habilidade do sensor em definir intervalos pequenos de comprimento de onda. Quanto melhor a resolução, menor o intervalo de comprimento de onda utilizado, para um canal ou banda. A resolução espectral refere-se também ao número de bandas espectrais disponíveis no sensor, para a coleta de dados de reflectância do terreno. É também fator importante, neste caso, a posição das bandas no espectro eletromagnético. Até 220 bandas o sensor é considerado de alta resolução; de 3 a 15 bandas de média resolução e até 3 bandas de baixa resolução. Muitos dos sensores remotos existentes registram a energia em vários intervalos de comprimentos de onda diferentes e são chamados de sensores multiespectrais. Sensores multiespectrais mais avançados, chamados de hiperspectrais, operam em centenas de muito estreitas bandas espectrais nas porções do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, oferecendo novas oportunidades na discriminação de alvos no terreno;

d) Resolução radiométrica - O arranjo dos pixels descreve a estrutura da imagem e, portanto, a distribuição espacial dos atributos do terreno. As características radiométricas descrevem o conteúdo das informações existentes nesta imagem. Cada vez que uma cena é registrada por um sensor fotográfico ou imageador, as respectivas sensibilidades em relação à REM determinam a resolução radiométrica. Dessa maneira, a resolução radiométrica de um sistema descreve sua habilidade em discriminar pequenas diferenças de energia, de modo que, quanto melhor for a resolução de um sensor, maior sensibilidade terá em detectar pequenas diferenças de energia refletida ou emitida.

As imagens digitais são representadas por números digitais que variam de 0 (preto) a um valor máximo (branco), cuja magnitude dependerá da sensibilidade do sistema. Como os números são codificados no formato binário, um registro de 8 bits é igual a  $2^8 = 256$  números. Como o zero é incluído, o intervalo vai então de 0 a 255 tons de cinza. Outros formatos (resoluções) seriam: 7 bits -  $2^7 = 0$  a 127; 9 bits -  $2^9 = 0$  a 511; 10 bits -  $2^{10} = 0$  a 1023.

### 2.5.2. Tipos de Sistemas

a) Sistema ótico-mecânico (espelho de varredura) - O escâner ótico-mecânico é um radiômetro multiespectral que registra imagens utilizando-se dos recursos do movimento da plataforma e da rotação/oscilação do espelho imageador posicionado perpendicularmente à linha de voo. O aparelho compreende um sistema ótico, um sistema espectrográfico, um sistema imageador, um sistema detector e um sistema de referência. Um único detector imageia e grava mecanicamente os dados de reflectância do terreno, pixel por pixel, de cada linha de varredura, sequencialmente. A Figura VI.53 apresenta o esquema básico de varredura do aparelho. Imageadores deste tipo oferecem boa resolução espectral e baixa resolução geométrica.

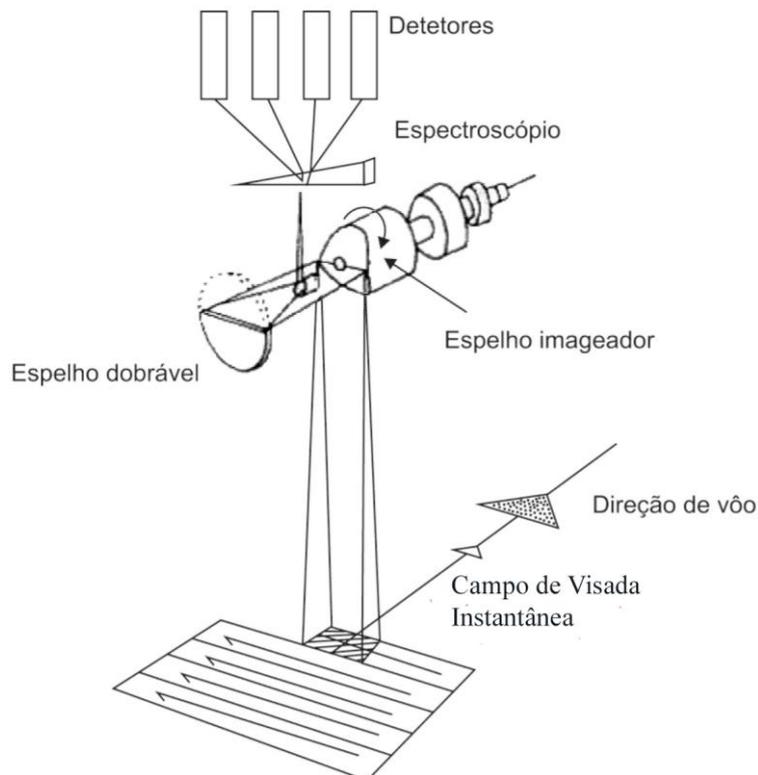


Figura VI.53 – Diagrama esquemático de aquisição de dados por um imageador ótico-mecânico

Fonte: Adaptado de <http://stlab.iis.u-tokyo.ac.jp/~wataru/lecture/rsgis/rsnote/cp2/2-10-2.gif>

Diferentes famílias de satélites levam a bordo variações do sistema, cada um deles conferindo particularidades às imagens no que se refere às resoluções espacial, espectral e radiométrica, podendo-se citar: Landsat Multispectral Scanner – MSS; Landsat Thematic Mapper (TM); Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+); NOAA/GOES - Geostationary Operational Environmental Satellite; NOAA/AVHRR - Advanced Very High Resolution Radiometer; NASA-ORBIMAGE/SeaWiFS - Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor;

b) Imageadores por Arranjos Lineares - O aparelho, neste caso, consiste num arranjo linear de detectores, na maioria das vezes do tipo CCD, permitindo que uma linha de uma imagem seja imageada simultaneamente, como mostra a Figura VI.54.

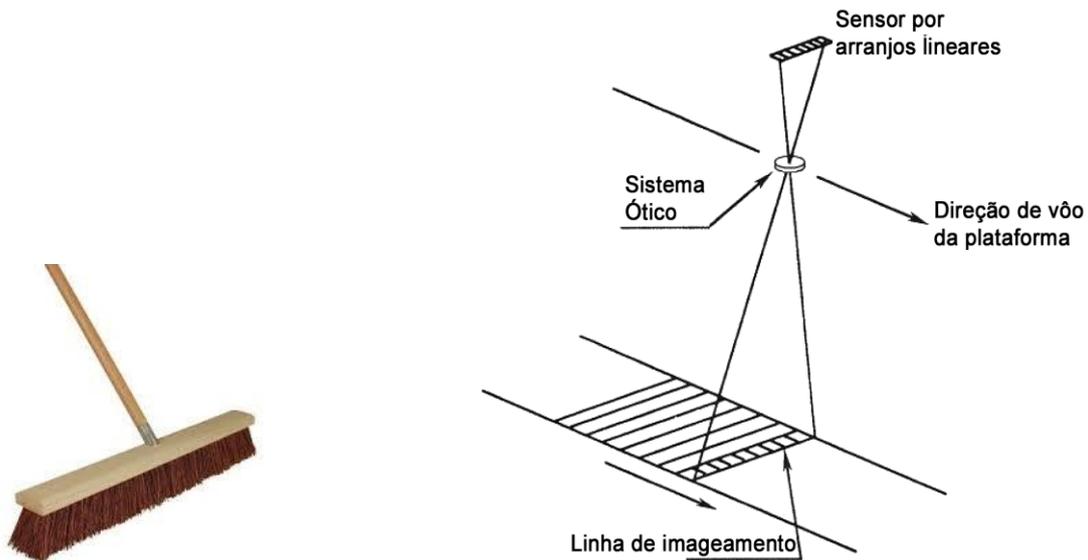


Figura VI.54 – Diagrama esquemático de aquisição de dados de um imageador do tipo *pushbroom* (vassoura de empurrar).

Fonte: Adaptado de <http://www.nln.geos.ed.ac.uk/courses/english/frs/f5300/f5300008.htm>

*Pushbroom*\* é o arranjo mais utilizado, de modo que, para cada subárea imageada no terreno (resolução espacial), há um detector correspondente no sistema. O imageador tem um sistema ótico pelo qual passam as informações coletadas da linha correspondente no terreno, perpendicularmente à linha de voo. O sistema imageia e grava os dados terrestres eletronicamente, linha por linha. Como tais sistemas não apresentam partes móveis, são considerados de alta confiabilidade, além de apresentarem boa precisão geométrica.

Estão nesta categoria os sistemas: HRV – High Resolution Visible dos satélites SPOT 1, 2 e 3 e o HRVIR – High Resolution Visible Infrared dos satélites SPOT 4 e 5; IRS -1C,1D/LISS, III – Indian Remote Sensing System 1C,1D/Linear Imaging Self-scanning Sensor, III; NASA Terra/ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer; NASA Terra/MISR – Multiangle Imaging Spectroradiometer; Quickbird; IKONOS; EROS A1; OrbView 3 e 5. Mais informações em: <http://www.euromap.de/site/index.html>;

c) Espectrômetros imageadores - São caracterizados por um escâner multiespectral desenvolvido para imagear em um grande número de bandas, de modo que o processo tem sido chamado de sensoriamento remoto hiperespectral. Neste caso, o equipamento oferece informações da reflectância do terreno em alta resolução, para cada elemento de cena, no caso o pixel. Com um espectro de imageamento que vai de 0,4 a 2,5  $\mu\text{m}$ , é capaz de registrar dados de reflectância do terreno para bandas muito estreitas, podendo ser utilizado para identificar com mais eficiência alvos superficiais que não são facilmente discrimináveis em imagens de sistemas que operam em bandas mais largas ou de baixa resolução espectral. O sistema opera quase que de modo semelhante a um escâner ótico-mecânico ou do tipo *pushbroom* de arranjos lineares. A Figura VI.55 mostra o diagrama de funcionamento de um espectrômetro imageador de arranjos lineares e de área.

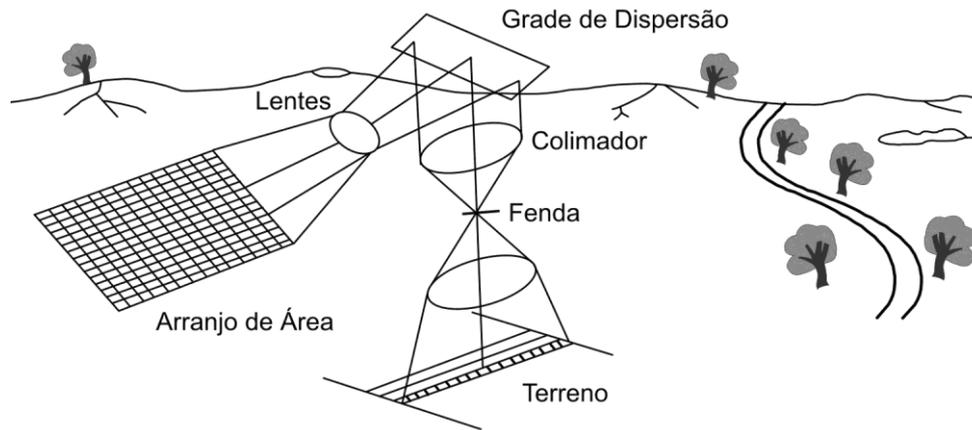


Figura VI.55 – Diagrama esquemático do espectômetro imageador por arranjos lineares e de área

Fonte: Adaptado de <ftp://rescha.colorado.edu/>

Imagens hiperespectrais apresentam grande potencial em aplicações na agricultura, especialmente na discriminação de variedades diferentes de uma mesma cultura agrícola, sanidade vegetal, teor de umidade, grau de amadurecimento, etc. No gerenciamento costeiro poderá ser útil no monitoramento do fitoplâncton e em níveis de poluição. No momento, o imageamento hiperespectral por satélite ainda não está disponível comercialmente, embora alguns sensores a bordo de satélites estejam sendo testados, como o NASA/Hyperion a bordo do satélite EO1 e o ESA/CHRIS a bordo do satélite PRABO. O sistema NASA/MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer a bordo dos satélites TERRA (EOS AM) e AQUA (EOS AM). Com 36 bandas espectrais, é colocado na categoria de imageador superespectral.

Alguns sistemas hiperespectrais aerotransportados operacionais são: NASA/AVIRIS - Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer; ITRES/CASI 1500 - Compact Airborne Spectrographic Imager 1500; ITRES/SASI 600 - Hyperspectral SWIR Infrared System.

Uma imagem hiperespectral, normalmente, compreende mais de 100 bandas espectrais contínuas, formando uma imagem tridimensional, ou seja, duas dimensões espaciais ( $x, y$ ) e uma dimensão espectral ( $\lambda$ ), apresentando-se como um cubo (Figuras VI.56a (<http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/image.htm>) e VI.56b (<http://www.csr.utexas.edu/projects/rs/hrs/hyper.html#background>)). Cada pixel da área estudada está associado ao intervalo espectral operacional do sensor utilizado.

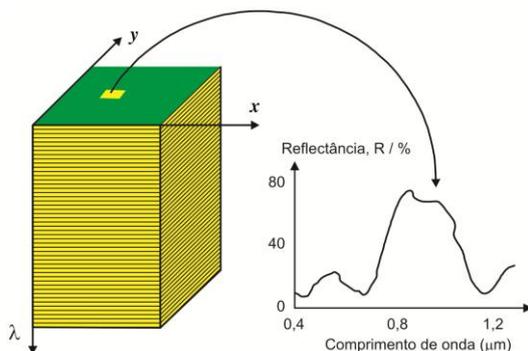


Figura VI.56a – Representação esquemática de um cubo de dados espectrais

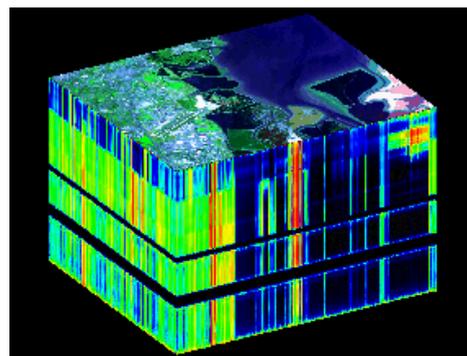


Figura VI.56b – Representação pictórica de um cubo de dados espectrais

## 2.6. Imageamento por RADAR (Radio Detection And Ranging)

O sensor radarmétrico é considerado do tipo ativo. Isto quer dizer que o sistema “ilumina” a cena a ser analisada, ao contrário do sensoriamento passivo, onde a iluminação é proporcionada pela luz do Sol. A “iluminação”, no presente caso, é feita por comprimentos mais longos de onda, de menos de 1 mm a 1,0 metro, produzidas artificialmente. Inicialmente desenvolvido para fins militares, na década de 1940, para detecção de aeronaves, logo ficou clara a importância do sistema para fins de estudos da superfície terrestre, o que foi alcançado na década de 1970. Como a velocidade das ondas eletromagnéticas pode ser considerada constante para finalidades práticas (300.000 km/s), é possível medir o tempo gasto para uma onda ir e voltar, até um objeto distante. Na figura VI.57, a radiação é enviada por um transmissor A e, após certo tempo, o receptor B recebe a energia refletida pelo prédio e, pouco depois, pela árvore. Se a energia detectada pelo receptor B for enviada para um osciloscópio, aparecerá na tela como dois pontos brilhantes, cada vez que a antena fizer uma varredura por eles.

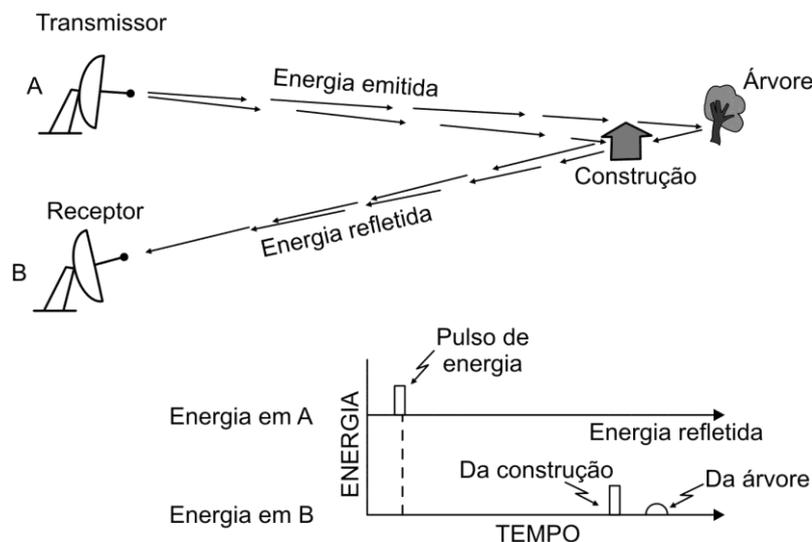


Figura VI.57 – Teoria de operação de um radar básico  
Fonte: Garcia (1982)

Como o intervalo de comprimento de onda utilizado sofre muito pouca influência da atmosfera, o imageamento pode ser feito em áreas com nuvens, névoa, fumaça e chuva, o que torna o imageamento por radar especialmente recomendado para regiões tropicais. De fato, um dos maiores projetos executados até hoje foi o Projeto RADAM, denominado, mais tarde, Projeto RADAMBRASIL. Concebido para ser executado na região amazônica, no início da década de 1970, em seguida foi estendido para todo território brasileiro, compreendendo 8.514.215 Km<sup>2</sup>, tendo sido finalizado em 1985. Todo o acervo técnico do projeto, de enorme valor técnico e científico, encontra-se incorporado ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Para aqueles com interesse em mais informações sobre o Projeto RADAMBRASIL sugere-se acessar:

<http://www.projeto.radam.nom.br/apresentacao.html>.

O mais adequado sistema radarmétrico para o levantamento de recursos

naturais é o Radar de Visada Lateral (RVL), já que o sensor é colocado abaixo e ao lado da fuselagem do avião, de modo que o feixe de radiação tenha uma geometria específica. A Figura VI.58a mostra a geometria do sistema numa visão frontal e a Figura VI.58b numa visão de topo, adaptado de

[http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/radar1.html](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/radar1.html).

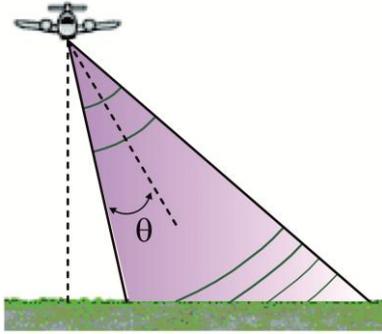


Figura VI.58a – RVL e a geometria feixe de radiação, vista frontal

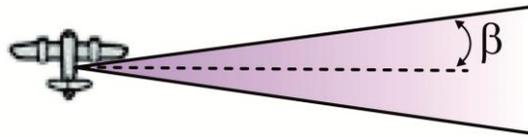


Figura VI.58b – RVL e a geometria do feixe de radiação, vista de topo

### 2.6.1. Retorno dos Sinais de Radar

O retorno da energia emitida pelo radar depende das propriedades da energia emitida e das características de retorno do objeto em estudo. São parâmetros relativos ao sistema radarmétrico:

a) Polarização – Polarização é definida como a direção do vetor do campo elétrico e é determinada pelo tipo de antena;

b) Ângulo de Visada – A direção com que a energia emitida atinge a superfície do terreno é chamada de ângulo de incidência ( $\theta$ ) e corresponde à Figura VI.58a. Embora possa variar de  $0^\circ$  (vertical) a  $90^\circ$  (horizontal), na prática trabalha-se com ângulos incidentes de  $20^\circ$  ou  $30^\circ$  e  $75^\circ$  ou  $80^\circ$ . O ângulo azimutal ( $\beta$ ) pode ser escolhido de qualquer ponto à frente da antena para qualquer ponto à ré do avião, embora se consiga a melhor resolução para visadas estritamente laterais (Figura VI.58b);

c) Comprimento de onda – O comprimento de onda está, principalmente, relacionado ao ângulo de visada e à rugosidade da superfície da área a ser estudada.

São parâmetros relativos ao terreno:

a) Constante dielétrica do complexo superficial ( $\epsilon$ ) – As propriedades dielétricas dos materiais superficiais afetam o retorno dos sinais do radar. A constante dielétrica aumenta com o aumento do teor de água e, quanto maior o valor da constante dielétrica, maior a refletividade da superfície;

b) Rugosidade da superfície – Quanto mais rugosa (acidentada) uma superfície, maior será a retrodispersão, produzindo imagens mais brilhantes, especialmente nos locais mais perpendiculares à direção do feixe de radiação (Figura VI.59).

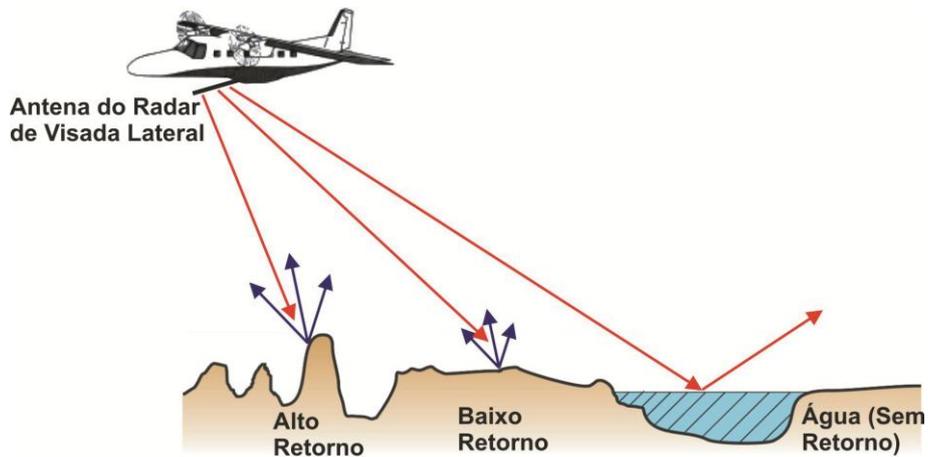


Figura VI.59 – Efeito da rugosidade da superfície no retorno dos sinais do RADAR  
 Fonte: Adaptado de <http://lms.seos-project.eu/>

### 2.6.2. Escolha do Sistema de Radar

A escolha do sistema mais adequado vai depender da resolução desejada, a qual, por sua vez, vai determinar a escolha do comprimento de onda mais adequado e o tamanho da antena a ser utilizada, a qual pode atingir grandes proporções, já que, para uma determinada frequência de onda, quanto mais estreita for a varredura lateral, maior será a antena. O problema é contornado com o uso de sistemas do tipo de abertura sintética, como é o caso das imagens que foram produzidas no Brasil (banda X = 3,12 cm).

Como mostra a Figura VI.60, objetos mais distantes da antena são “iluminados” mais tempo do que um objeto mais próximo. O objeto 2 somente é “iluminado” quando o avião está na posição II, enquanto que o objeto 1 é “iluminado” da posição I até a posição II. À medida que o avião se movimenta com o RVL, as sucessivas posições da antena, relativamente ao objeto 1, são consideradas como elementos individuais de uma longa antena linear. Dessa maneira, enquanto uma antena normal transmite e recebe um sinal de cada vez, a antena do radar do tipo abertura sintética transmite e recebe, para cada alvo, um grande número de sinais que precisam ser armazenados e então combinados como se fossem um único sinal, para simular uma antena normal.

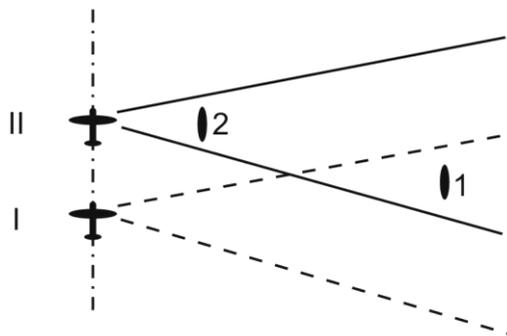


Figura VI.60 – Teoria de operação do Radar de Abertura Sintética  
 Fonte: Adaptado de Schanda (1976)

A resolução das imagens vai depender das finalidades do projeto, mas são parâmetros importantes o comprimento de onda da radiação utilizada, o ângulo de visada e a altura de voo.

Mais recentemente, a ênfase no desenvolvimento e uso destas imagens tem sido por intermédio de sistemas a bordo de satélites. O Quadro 03 relaciona os principais radares de abertura sintética orbitais, conforme aparece em [http://eros.usgs.gov/ceos/satellites\\_midres1.shtml](http://eros.usgs.gov/ceos/satellites_midres1.shtml).

Quadro 03 – Satélites e respectivos sistemas radarmétricos

<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>Satélite</b>	<b>Sensores</b>	<b>Banda (cm)</b>	<b>Polarização</b>
<b>MiD</b>	COSMO-Skymed 1	X 2,4-3,8	VV,HH,HV,VH,HH/HV,VV/VH
<b>Radarsat 1</b>	SAR	C 3,8-7,5	HH
<b>Radarsat 2</b>	SAR	C	HH,VV,HV,VH
<b>TanDEM-X</b>	SAR	X	HH,VV,HV,VH
<b>TerraSAR</b>	SAR	X	HH,VV,HV,VH
<b>ENVISAT</b>	ASAR	C	VV,HH,VV/HH,HV/HH,VH/VV
<b>ALOS</b>	PALSAR	L 15,0-30,0	HH,HH+HV,HH+HV+VH+VV
<b>JERS-1</b>	SAR	L	HH
<b>SAOCOM 1A/1B</b>	SAR	L	HH,HV,VH,VV,HH/HV,VV/VH

### 2.6.3. Características da Imagem

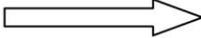
Vários fatores contribuem para a aparência geral das imagens de radar:

a) Brilhos e sombras – A iluminação oblíqua do RVL produz sinais de retorno muito fortes de encostas de morros voltadas para a antena, mas, ao mesmo tempo, este relevo produz sombras na direção de visada, como pode ser visto na Figura VI.61;

b) Direção de visada – Particularmente útil em estudos geológicos. O melhor resultado na detecção de falhas e fraturas será obtido com a direção de visada perpendicular à direção da falha ou fratura;

c) Forma do terreno – Comparando-se imagens de radar com fotografias aéreas verticais de uma área densamente vegetada, nota-se que a forma do terreno é mais aparente nas imagens de radar. O realce da forma do terreno, no caso das imagens do Projeto RADAMBRASIL, é devido à resolução espacial em torno de 25 metros. Dessa maneira, árvores individuais não são detectadas, realçando acidentes superficiais do relevo;

d) Escala – Embora antigas para estudos da cobertura do terreno, as imagens disponíveis no Brasil ainda são úteis em estudos geológicos e pedológicos. As imagens estão disponíveis nas escalas 1:1.000.000 e 1:250.000.

Direção de Visada 

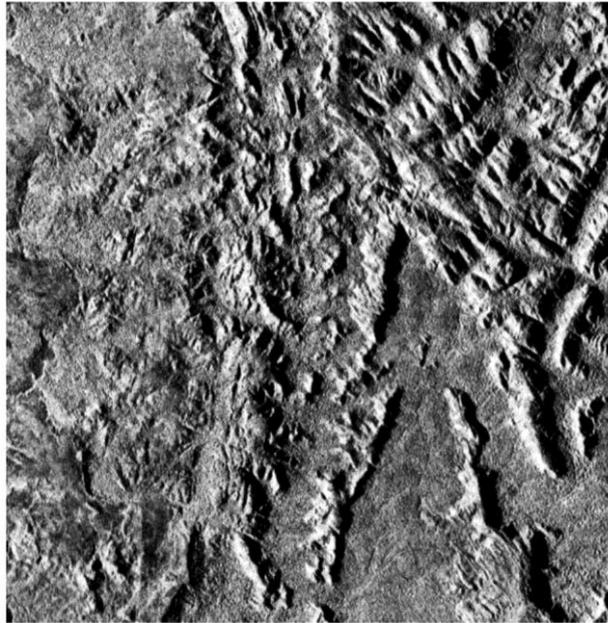


Figura VI.61 – Brilhos e sombras em uma imagem de radar devido à direção de visada

### 3. Histórico do Sensoriamento Remoto

É comum que o histórico de uma área do conhecimento apareça logo no começo de um texto, para posicionar temporalmente o leitor. A colocação do histórico do SR nesta parte do texto procura aproveitar o fato de que, aqui, o leitor já terá acumulado informações suficientes para compreender como a evolução do saber ajudou no desenvolvimento de novas tecnologias aplicáveis ao desenvolvimento econômico e social.

Os primórdios da Aerofotogrametria datam da segunda metade do século 19, concomitantemente com o próprio desenvolvimento da fotografia. De 1857, quando foram obtidas as primeiras fotografias aéreas de balões, até nossos dias, verificou-se um enorme avanço nas técnicas de sensoriamento remoto, como resultado de pesquisas para fins militares.

Até o início da década de 1970, apenas as fotografias aéreas verticais eram disponíveis aos usuários. De alto custo unitário e com baixa periodicidade (muito baixa resolução temporal), tinham uso bastante limitado. Assim, no Brasil, voos aerofotogramétricos eram realizados com muita parcimônia, especialmente em grandes projetos de engenharia, como estradas importantes, projetos hidrelétricos ou programas de desenvolvimento agrário do governo. Nas décadas de 1960 (1962) e 1970 (1972 e 1977), foram muito úteis aos pesquisadores e planejadores as fotografias aéreas pancromáticas financiadas pelo IBC/GERCA – Instituto Brasileiro do Café/Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura. Como o próprio nome diz, o programa era executado, exclusivamente, em áreas cafeeiras.

Com finalidades civis, o grande salto tecnológico foi o lançamento do satélite ERTS – Earth Resources Technology Satellite, em julho de 1972, logo em seguida rebatizado de Landsat 1. Comparativamente ao que se dispõe hoje, as informações

eram bastante grosseiras, mas, sem dúvida, foi um marco fantástico na época, pelo caráter multiespectral e pela periodicidade das imagens. Como comparação, o pixel do Landsat-1 no terreno era de 56 x 79 metros; em 2013 com Landsat 8, o pixel já estava em 30 x 30 metros para as bandas espectrais do OLI (Operational Land Imager) e de 15 metros para a banda pancromática do mesmo sensor e, atualmente, com o Ikonos, o pixel é de aproximadamente 1 x 1 metro.

Vários países, liderados pelos Estados Unidos, administram programas espaciais, como o Brasil em parceria com a China, França, Japão, Índia e Rússia. Mais informações sobre os diversos programas espaciais e respectivos satélites podem ser obtidas em [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_space\\_agencies](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_space_agencies). Em <http://www.satimagingcorp.com/> podem ser vistos detalhes dos satélites mais importantes de uso atual.

Com o lançamento do satélite Landsat, no início da década de 1970, novas perspectivas se abriram para os especialistas que se utilizavam de fotografias aéreas em seus trabalhos. Em virtude da enorme quantidade de dados produzidos pelas diversas bandas, em diferentes intervalos de comprimentos de onda, grande ênfase foi dada ao processamento digital dos dados, não só aquelas relativas às correções, mas também aquelas envolvidas com a interpretação digital.

O Brasil, por intermédio do INPE, passou a contar com imagens de todo o território a partir de 1973. De início, os dados digitais eram disponíveis em carretéis com as fitas magnéticas (Figura VI.62) e em imagens em papel, estas nas escalas 1:1.000.000, 1:500.000 e 1:250.000. No primeiro caso, os computadores eram do tipo *main frame*, com *software* especializado no processamento dos dados dos sensores orbitais e de difícil utilização. O INPE tinha um desses computadores, chamado de IMAGE - 100 ou I - 100, de uso exclusivo de seu pessoal técnico. Em 1974 o I-100 custou um milhão de dólares (Figura VI.63). Numa fase posterior, o INPE começou a comercializar os dados digitais em fitas *streamer* chamadas de *CCT – Computer Compatible Tape* (Figura VI.64), quando então a comunidade científica externa ao INPE teve possibilidades de entrar na área do processamento digital.

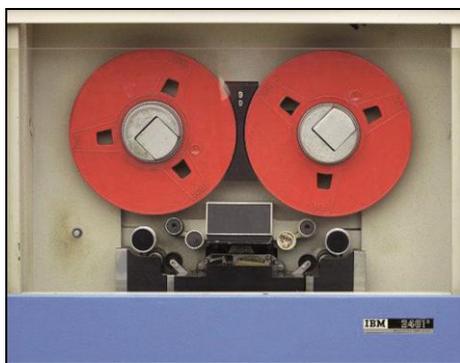


Figura VI.62 – Fita Magnética de Rolo ou carretel



Figura VI.63 – Image -100 do INPE



Figura VI.64 – Fita CCT

Na década de 1970, com exceção do INPE, alguns poucos grupos estavam envolvidos com as novas tecnologias, podendo-se citar o IGCE/UNESP em Rio Claro - SP, o IG/USP em São Paulo - SP e o IGEO/UFRJ na cidade de Rio de Janeiro. Naquele período, tanto o pessoal do INPE como os pesquisadores dos outros centros de pesquisa se dedicavam a estabelecer os parâmetros interpretativos, para as condições brasileiras, do sensor MSS – Multispectral Scanning System, de baixa resolução espacial e que oferecia informações pouco detalhadas.

A década de 1970 pode ser considerada a **primeira fase** do sensoriamento remoto no Brasil e as principais particularidades foram: Pesquisas que procuravam explorar a potencialidade das imagens LANDSAT/MSS; Esforço em desenvolver projetos acadêmicos; Treinamento de corpo técnico; Muito baixo nível de transferência de conhecimentos para usuários externos ao INPE. A **segunda fase**, que corresponde à década de 1980, teve como destaques: Surgimento de novos programas espaciais como o LANDSAT/TM e o SPOT/HRV; Aumento significativo dos grupos de pesquisa por todo o Brasil; Surgimento de empresas privadas de prestação de serviços; Desenvolvimento de *hardware* e *software* nacionais (SITIM/SGI) e acessíveis à comunidade científica brasileira. A **terceira fase**, que corresponde à década de 1990, é de amadurecimento da área, sendo destaques: Grande número de programas diferenciados de sensoriamento remoto (radares orbitais, sensores hiperspectrais e sensores de alta resolução espacial), Novas tecnologias de suporte às atividades de sensoriamento remoto (GPS, SIG). Um histórico da evolução do SR pode ser visto nos *sites* seguintes:

<http://northstargallery.com/aerialphotography/history%20aerial%20photography/history.htm>.

<http://www.oneonta.edu/faculty/baumanpr/geosat2/RS%20History%20II/RS-History-Part-2.html>

#### 4. Interpretação de Fotografias Aéreas, Imagens de Satélite e de Radar

Modernamente, qualquer intervenção na superfície terrestre vai necessitar de algum tipo de documento de SR, quer seja para um Plano Diretor Municipal, para a

construção de uma barragem de grande porte, uma estrada ou no planejamento de uma fazenda. A venda de fotografias aéreas e imagens de satélite é uma atividade comercial em todo mundo e, para um mesmo sensor, os preços variam de país para país. No caso brasileiro, a única exceção são as imagens do CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Naturais, distribuídas gratuitamente pelo INPE (<http://www.cbears.inpe.br/>).

Vale a pena comentar o tão esperado CBERS 3, lançado no final de 2013, cujo resultado foi desastroso. O motor de propulsão do foguete lançador chinês foi desligado 11 segundos antes do previsto, impossibilitando que o equipamento atingisse a velocidade mínima para ser mantido em órbita. Diante disto, os dois governos tomaram a decisão de antecipar o lançamento do CBERS 4 para 2015, o que foi feito com sucesso.

Imagens de outros sensores/plataformas são vendidas a custos variados por empresas que têm a concessão de venda dos produtos de SR no Brasil. Os principais parâmetros de diferenciação no custo referem-se à resolução espacial e à precisão geométrica das imagens. Quanto melhor a resolução espacial e precisão geométrica, maior será o custo do material.

As fotografias aéreas podem ser uma alternativa válida, mesmo que antigas, dependendo da finalidade do trabalho. Para projetos onde as formas do terreno são os parâmetros relevantes, não existem restrições se o material estiver desatualizado. Se informações atualizadas da superfície do terreno forem fundamentais, então será necessário o uso de sensores de alta resolução temporal, como as imagens de satélite, ou então a encomenda de um voo aerofotogramétrico específico.

Pelo custo, uma prática comum é a atualização de mapas antigos a partir de trabalhos de campo. Neste caso, a equipe percorre toda a área, munida de material já existente, quer sejam cartas topográficas, fotografias aéreas ou imagens de satélite. Para cada ponto de interesse procura-se atualizar o mapa existente a partir da identificação da cobertura atual do terreno. As estradas, caminhos, vilas, hidrografia e pontos notáveis servem de referência para a movimentação da equipe. A utilização de pequenos aviões, helicópteros ou mesmo VANTs (Veículos Aéreos não Tripulados), para a tomada de fotografias da superfície ou vídeos, também é considerada uma alternativa válida para a atualização de mapas temáticos, sendo considerada como um recurso complementar. Uma restrição ao processo é a antiguidade do mapa existente e o nível de transformação da área de estudo, que podem inviabilizar a associação entre as classes de cobertura do terreno do mapa antigo e a realidade atual.

#### **4.1. Interpretação Visual**

A análise visual de uma fotografia é a forma mais elementar de se interpretar uma cena. Basta olhar a fotografia de uma viagem realizada e o observador já estará praticando a fotointerpretação. Utilizando-se de várias características da fotografia e da respectiva capacidade cognitiva, o intérprete entenderá o que está vendo. Mesmo que não tenha feito aquela viagem em particular, assim mesmo poderá entender o que existe na fotografia. No caso da interpretação visual de fotografias aéreas e imagens de satélite, são levados em conta os chamados Elementos de Reconhecimento, listados a seguir:

a) Tonalidade e Cor - A REM que é refletida, emitida ou dispersa por um objeto pode, como já visto, ser detectada por sistemas sensores em intervalos de comprimentos de onda específicos. Variações na intensidade da REM, provenientes do terreno, normalmente são registradas como variações tonais em fotografias e

imagens P/B. O termo tonalidade é usado para cada sombra distinta entre o branco e preto, mas o que ocorre, na prática, é que o intérprete desenvolve um conceito mental para os tons de cinza que caracterizam as diferentes áreas de uma cena. Como a capacidade do olho humano é limitada na discriminação de tons de cinza, na prática as possibilidades ficam reduzidas às tonalidades clara, média e escura.

No caso da imagem de radar, a tonalidade é resultado do retroespalhamento da radiação emitida pelo sistema em direção ao terreno. Quanto maior o retorno do sinal, mais clara será a tonalidade, indicando um terreno mais acidentado. Alvos com altos teores de água também oferecem altos retornos.

A cor acrescenta uma nova dimensão ao processo interpretativo, já que o olho humano é capaz de distinguir 2.000 combinações diferentes entre cores, contra 200 tons diferentes de cinza;

b) Textura - A textura é criada pela repetição tonal de grupos de objetos algumas vezes muito pequenos para serem vistos individualmente. Embora com muitas limitações, a textura pode ser definida como grosseira, fina, áspera, aveludada, etc. A menos que cada descrição seja acompanhada de exemplos fotográficos, tal critério é bastante subjetivo;

c) Padrão - É uma característica de objetos feitos pelo homem (padrão cultural) e de algumas ocorrências naturais. No primeiro caso, podem ser citados: Cidades (malha urbana), Estradas, Barragens. Padrões naturais estão relacionados com a geologia de uma área, como, por exemplo, Falhas, Diques, Juntas. No caso de solos, existe uma boa correlação entre tipos de solos e padrões de drenagem;

d) Tamanho - O tamanho de um objeto visto em uma fotografia ou imagem varia de acordo com a respectiva escala. Conhecendo a escala, o intérprete pode selecionar os diferentes objetos presentes na cena;

e) Forma - Pode-se considerar a forma como uma expressão topográfica ou de contornos, sendo tão importante que alguns objetos são identificados apenas por este atributo. O maior problema é que estamos habituados a ver os objetos no terreno apenas pelos seus perfis, ou, quando muito, numa visão oblíqua. Como numa fotografia ou imagem a visão é de topo, muitas vezes incorre-se em erros de interpretação. Ao se adquirir a habilidade de se entender este novo plano de visada, o potencial interpretativo é largamente incrementado;

f) Sombra - Dependendo do material à disposição, as sombras podem ser um empecilho. As nuvens impedem a visão da superfície do terreno e as respectivas sombras também. No período chuvoso, e em especial na região amazônica, a presença de nuvens é uma constante. No entanto, a sombra dos próprios alvos é um recurso importante na interpretação, já que realça a forma dos mesmos. Dependendo da escala, é possível o cálculo da altura dos objetos, através da projeção das sombras, conhecendo-se o ângulo de inclinação do Sol;

g) Local - A localização de certos objetos com respeito à sua posição no relevo é, algumas vezes, importante, já que a posição relativa de cada objeto pode ajudar a conhecer a região como um todo. Torres de retransmissão de celulares, por exemplo, estão sempre nos pontos mais elevados da paisagem, para facilitar a recepção e transmissão de sinais;

h) Associação - Às vezes a interpretação de uma ocorrência só é possível através de uma associação de evidências. Numa fotografia ou imagem em pequena escala, a identificação de uma linha de transmissão de energia elétrica só será possível pela existência de uma faixa livre de vegetação arbórea abaixo, ao lado e ao longo da linha. A presença de cercas pode ser inferida pela ocorrência de uma linha de separação, indicando uso, manejo e vegetação diferentes de cada lado.

A identificação e interpretação dos objetos que ocorrem na superfície terrestre é a atividade mais simples. É a vegetação natural em suas diferentes formas, as culturas anuais e perenes, as cidades e vilas, o sistema viário rodoviário ou ferroviário, as linhas de transmissão de energia, as obras de engenharia e a hidrografia.

Dependendo da escala, o nível de detalhamento pode ir da categoria genérica de “cultura permanente” até a categoria específica de “citrus” e, dependendo do caso, indicar a variedade de citrus plantada. No caso de uma cidade, o nível mais elevado seria a identificação da “mancha urbana”, podendo chegar até ao nível de “lote” e, para fins de cadastro urbano, fornecer inclusive a metragem do lote.

Antes dos trabalhos em laboratório, é fundamental a realização de uma ou mais missões de campo, de modo a ajustar e dar qualidade ao processo interpretativo. De posse de possíveis mapas da região (rodoviário, solos, hidrografia, vegetação, etc), juntamente com as fotografias aéreas e/ou imagens, a equipe percorre a região identificando alvos no terreno, visíveis nas fotografias/imagens. Dessa maneira é feita uma associação mental entre o que se vê no terreno (visão oblíqua) e o que se observa nas fotografias/imagens (visão de topo). A equipe identificará tantos alvos quanto possível, em sintonia com a escala do material de interpretação e com a escala final do mapa pretendido, ou seja, na escala 1:10.000 o nível de detalhamento será muito maior que na escala 1:50.000.

É comum, nesta fase inicial, a confecção de uma chave de identificação, que ajudará o intérprete no reconhecimento dos alvos. A partir de um dado momento, com o treino constante, esta chave acabará sendo dispensada pelo técnico. O Quadro 04 apresenta uma chave de identificação do tipo seleção, para um mapeamento na região de Campinas, SP, com a utilização de fotografias pancromáticas, coloridas e infravermelhas coloridas.

Quadro 04 – Chave de identificação para alguns tipos de vegetação na região de Campinas, SP, para fotografias aéreas na escala 1:10.000 (Adaptado de GARCIA & MARCHETTI, 1976).

<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
Mata	Forma irregular; Sombras irregularmente distribuídas pelo dossel, provenientes das espécies dominantes; Porte alto; Textura grosseira, devido às espécies dominantes; Tonalidade escura para o filme pancromático; Cor verde escura para o filme colorido; Cor vermelha para o filme infravermelho colorido
Cerrado	Forma irregular; Presença de sombras, porém em menor número e tamanho; Porte médio; Textura média; Tonalidade escura para o filme pancromático; Cor verde escura para o filme colorido; Cor vermelha para o filme infravermelho colorido
Campo Limpo	Forma irregular; Ausência de sombras provenientes de vegetação arbórea; Textura fina; Tonalidade intermediária para o filme pancromático; Cor verde-amarelada para o filme colorido; Cor rósea para o filme infravermelho colorido
Campo Sujo	Forma irregular; Presença de sombras provenientes de vegetação arbustiva esparsa; Textura fina; Tonalidade intermediária para o filme pancromático; Cor verde-amarelada para o filme colorido; Cor rósea para o filme infravermelho colorido

Continua

Continuação

Cana-de-Açúcar	Formas regulares e variadas determinadas pelos talhões; Presença de sombras apenas para canaviais mais velhos, nos carregadores; Textura aveludada, Plantio com conservação de solo (em nível); Tonalidade intermediária para o filme pancromático; Cor verde clara para o filme colorido; Cor rósea para o filme infravermelho colorido
Pomar Cítrico	Formas regulares; Espaçamentos característicos; Copas pequenas, arredondadas e regulares; Presença de sombras; Porte alto; Textura das árvores imperceptível; Tonalidade escura para o filme pancromático; Cor verde clara para o filme colorido; Cor vermelha para o filme infravermelho colorido

Outros atributos da superfície e subsuperfície terrestres, como aspectos geológicos (geologia), solos (pedologia) e relevo (geomorfologia), são também estudados por sensoriamento remoto. Especialmente nestes casos, o interprete necessitará de outros conhecimentos para desenvolver os trabalhos de interpretação, realizando também, complementarmente, trabalhos de campo.

. Geologia - Inclui conhecimentos sobre estratigrafia, litologia, geologia estrutural, geomorfologia, tectônica, hidrogeologia e todos os ramos da geologia que admitam, para seu estudo, uma escala macroscópica. Aqui também é fundamental a experiência e a prática do intérprete, especialmente visão de conjunto. São analisados: Relevo, Padrões de drenagem, Vegetação, Tonalidade/Cor;

. Pedologia - A fotografia aérea é um importante recurso no mapeamento de solos, mas a classificação dos mesmos só será possível com trabalhos de campo e análises de laboratório. É importante enfatizar que o intérprete não estará identificando solos, mas feições da paisagem, as quais representam as condições do solo e ambiente, já que o solo é um corpo tridimensional. Assim, as observações das características da superfície do terreno permitem inferir sobre as condições de subsuperfície. Os principais elementos na análise de fotografias aéreas/imagens são: Relevo, Rede de drenagem, Aspectos erosivos, Vegetação, Uso atual e Tonalidade/Cor;

. Geomorfologia - A geomorfologia tem por objetivo analisar e entender as formas do relevo, levando em conta a compreensão das atividades tectônicas locais e os mecanismos morfoclimáticos, responsáveis pelas formas resultantes. A análise geomorfológica de uma área implica no conhecimento da evolução do relevo ao longo do tempo, o que é possível estudando-se as formas e as sucessivas deposições de material preservado, resultantes dos diferentes processos morfogenéticos a que foi submetido. A compartimentação morfológica de uma região tem significado importante no processo de ocupação, ao definir diferentes graus de risco. Assim, o estudo da geomorfologia local auxiliará no levantamento de informações importantes para a caracterização da área, tais como: Interpretação das unidades morfoestruturais e morfoesculturais; Análise de propriedades morfológicas (formações superficiais, geometria de vertentes e topos, padrão de drenagem) e morfométricas (desnivelamento, declividade, densidade de drenagem) do relevo.

Em qualquer dos casos, a interpretação do material disponível será facilitada com o recurso da estereoscopia. A estereoscopia é um recurso inerente às fotografias aéreas, mas alguns sensores orbitais apresentam esta possibilidade, como é o caso das imagens do SPOT.

## 4.2. Processamento e Análise de Imagens

### 4.2.1. Estrutura da Imagem Digital

Atualmente, os dados coletados por sistemas sensores orbitais estão registrados no formato digital e quase todo o processo de interpretação e análise de imagens envolve operações de processamento digital. O processamento digital compreende vários procedimentos, começando pelo armazenamento dos dados em uma mídia compatível com o sistema computacional, além de ser fundamental a existência de um software apropriado de processamento. O processamento digital de imagens envolve métodos estatísticos bastante simples, como média, mediana, moda e desvio padrão. No entanto, o que torna importante tais procedimentos é a enorme quantidade de dados a serem trabalhados, exigindo equipamentos com bom desempenho computacional.

Uma típica imagem de sensoriamento remoto é composta de pixels localizados na intersecção de cada linha e coluna em cada uma das bandas do sensor (Figura VI.65).

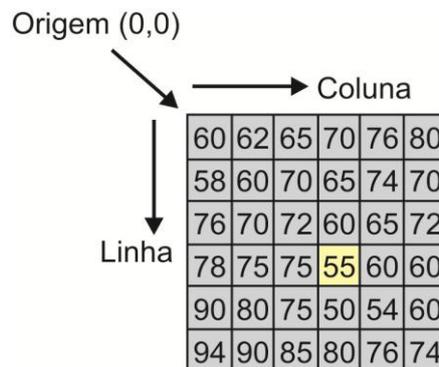


Figura VI.65 – Representação de uma matriz de pixels e o sistema de referência

Fonte: Adaptado de <http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/image.htm>

Cada pixel apresenta um ND específico, associado a cada uma das bandas presentes, correspondendo à radiância média da área do terreno representada pelo pixel. Um número pequeno indica uma baixa radiância média e um número grande corresponde a uma alta radiância da área correspondente. O tamanho da área do pixel afeta a quantidade de detalhes de uma cena, de modo que quanto menor o pixel, mais informações estarão representadas numa imagem. A Figura VI.66 mostra uma matriz de pixels representada pelos tons de cinza e pelos respectivos NDs. No caso, a linha 12 x coluna 01 apresenta ND = 82, significando uma tonalidade escura. A linha 12 x coluna 14 mostra um ND = 255, ou branco absoluto.

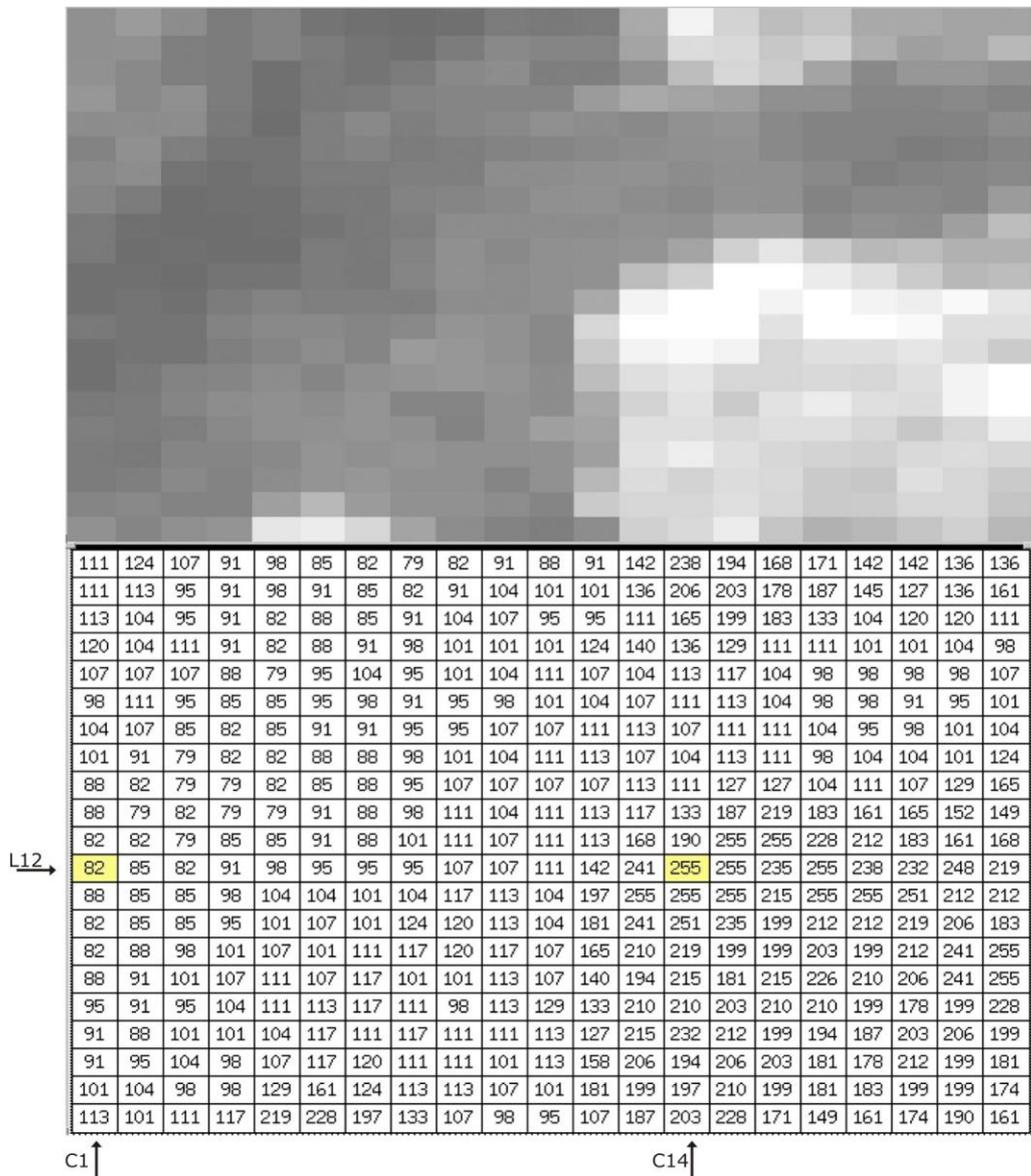


Figura VI.66 - Matriz de pixels de uma cena em tons de cinza e respectivos NDs para a banda 3 do Landsat TM.

Fonte: <http://www.geo.mtu.edu/rs/back/digital/>

Quando um sensor é capaz de registrar a reflectância de uma cena terrestre em mais de um intervalo de comprimento de onda ele é chamado de multiespectral. A Figura VI.67 representa um arranjo de pixels para uma mesma cena, de modo que para a área correspondente a um pixel várias medidas de reflectância são obtidas, de acordo com o intervalo de comprimento de onda considerado.

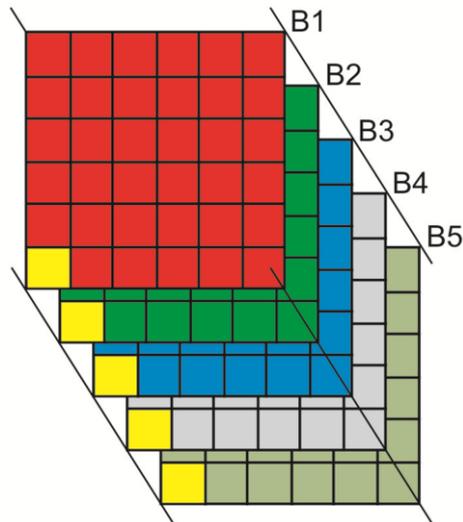


Figura VI.67 – Representação esquemática de uma imagem multiespectral.  
 Fonte: Adaptado de <http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/image.htm>

Enfatizando mais uma vez, existem muitos sistemas de SR e um grande número de técnicas de processamento e análise de imagens. A escolha dos sensores e das técnicas como suporte para a execução de um projeto no meio terrestre vai depender do que se pretende realizar com os resultados obtidos, já que, como comentado, o SR para os planejadores é meio e não fim.

Imagens de satélite de reconhecimento não são fotografias, mas representações pictóricas de dados coletados da superfície do terreno. Como os satélites coletam dados em diferentes comprimentos de onda, é possível combinar essas bandas espectrais e com isso melhorar a discriminação entre os diferentes alvos. Atribuindo-se cada uma das cores primárias para três diferentes bandas de uma imagem de satélite tem-se uma composição colorida. Por exemplo, uma combinação das bandas 3, 2 e 1 do satélite Landsat 7 com as cores vermelho, verde e azul resultará numa composição colorida de cores reais. Esta composição pode ser indicada simplesmente como 3R2G1B ou 1B2G3R.

Outras combinações podem ser feitas e, neste caso, são chamadas de composições coloridas “falsa cor”. Aqui, uma combinação considerada padrão é aquela onde as cores vermelho, verde e azul são atribuídas às bandas infravermelho próximo, vermelho e verde. Nesta combinação, a vegetação sadia aparecerá em vermelho vivo porque a vegetação absorve a maior parte do verde e vermelho, refletindo aproximadamente metade da energia no infravermelho próximo. Áreas urbanas refletem igualmente infravermelho próximo, vermelho e verde, apresentando-se em tons de cinza na imagem. Como a água absorve a maior parte do infravermelho próximo incidente, os corpos d’água aparecem em tons bem escuros.

Já para o Landsat 8, o conjunto de bandas é o seguinte: Pancromático P&B – Banda 8; Multiespectral – Bandas 1 a 7 e 9; Termal – Bandas 10 e 11. Levando em conta a existência de bandas espectrais adicionais, comparativamente ao Landsat 7, a montagem de composições coloridas em RGB são diferentes, como aparece no Quadro 05.

Quadro 05 – Correspondências para composições RGB, Landsat 7 e 8

COMPOSIÇÃO	LANDSAT 7	LANDSAT 8
IV Falsa Cor	4,3,2	5,4,3
Cores Naturais	3,2,1	4,3,2
Cores Naturais Simuladas	5,4,3	6,5,4
Cores Naturais Simuladas	7,5,3	7,6,4
Cores Naturais Simuladas	7,4,2	7,5,3

Vale a pena enfatizar que os dados coletados do terreno, em cada banda espectral, são representados em tons de cinza, no caso os NDs. Quanto mais energia refletida ou emitida, mais clara é a tonalidade, e quanto menos energia, mais escura é a tonalidade. Dessa maneira, a intensidade das cores atribuídas às composições coloridas será proporcional aos valores numéricos da matriz de NDs.

Recebidos os dados brutos, são necessárias operações de pré-processamento nos mesmos, de modo a corrigir distorções devido às características do sistema de imageamento e das condições de obtenção das imagens. Normalmente, correções padronizadas são executadas pelo fornecedor do material, a pedido do usuário. As mais comuns são a Correção radiométrica e a Correção geométrica. Para apresentar, de forma didática, as funções mais comuns de processamento digital, pode-se dividi-las em três categorias funcionais.

#### 4.2.2. Restauração da Imagem

É feita a compensação de erros, ruídos e distorções introduzidas durante as operações de imageamento, gravação e reprodução dos dados coletados.

a) Correções Radiométricas - Os valores originais dos pixels numa imagem são dependentes de um conjunto de variáveis, especialmente atmosfera, relevo, banda espectral da imagem, posição do sensor e características biofísicas da superfície. Correções radiométricas seriam aquelas técnicas que procuram aproximar os valores dos NDs originais das imagens daqueles que estariam presentes caso a recepção dos dados fosse perfeita. São correções:

- . Restauração de Linhas ou Pixels perdidos - Estimam-se os NDs perdidos a partir dos NDs das linhas vizinhas, podendo a restauração ser realizada de várias maneiras: Substituição dos NDs da linha perdida por aqueles da linha anterior; Substituição dos NDs da linha perdida por aqueles da linha posterior; Substituição dos NDs da linha perdida pela média dos valores das linhas anterior e posterior; Utilização de uma banda altamente correlacionada com aquela que apresenta o problema;

- . Eliminação de Ruídos Sistemáticos - Aparecem principalmente em áreas de baixa radiância (lâminas de água), podendo afetar toda a imagem, sendo resultado da perda de calibração entre detectores que compõem o sensor. O ajuste é feito assumindo-se que se os detectores estivessem bem calibrados apresentariam histogramas semelhantes;

- . Cálculo de Refletividades - Refletividade é a relação entre energia incidente e energia refletida por um alvo e é condicionada pelas características físicas e químicas do mesmo, pelas condições de observação e a banda espectral selecionada para um determinado trabalho. A medida da radiância espectral é representada pelos NDs de cada pixel, de acordo com a calibração de cada sensor. Conhecendo-se os coeficientes

de calibração de cada sensor, pode-se realizar o processo inverso e obter os valores de radiância espectral a partir dos NDs;

. Correções Atmosféricas - A REM que atinge a superfície terrestre não é a mesma do topo da atmosfera, sendo então necessárias correções para eliminar os efeitos da atmosfera que alteram os valores dos NDs coletados da superfície. Os métodos existentes são: A partir de medidas locais das condições atmosféricas; A partir de imagens de outros sensores que permitam estimar o estado da atmosfera; Através de modelos físicos de transparência da atmosfera; Dados da própria imagem, estimando-se a contribuição da atmosfera de alvos que deveriam apresentar reflectância nula, como corpos d'água no infravermelho próximo e sombras (mais comum). Na prática, o histograma dos NDs de imagens sempre apresenta um valor mínimo superior a zero, que é devido à dispersão atmosférica;

. Correção das Sombras Topográficas - Áreas com relevo acidentado apresentam grande número de sombras, o que vai influir no processo de interpretação e análise de imagens. Dessa maneira, um mesmo alvo poderá apresentar refletividades diferentes por conta do efeito do relevo. Vários métodos matemáticos são disponíveis e a primeira fase é o cálculo do ângulo de incidência de uma vertente, que depende dos ângulos solares e da declividade;

. Correção do Efeito Bidirecional (BRF) - Efeito dos ângulos de observação e iluminação sobre a refletividade detectada pelo sensor. Quando as observações são efetuadas com ângulos (solares e do sensor) diferentes, os resultados não são perfeitamente comparáveis, particularmente quando se trata de multitemporais. Para corrigir estes problemas são utilizadas as funções de distribuição de refletividade bidirecional (BRDF - Bidirectional Reflectance Distribution Factor).

b) Correções Geométricas – Distorções geométricas são erros de posicionamento de um ou mais pixels, relativamente a outros pixels numa cena, em decorrência de erros inerentes ao movimento do satélite e à curvatura da Terra. A maior parte dos erros é eliminada pelo fornecedor das imagens, antes da venda ao usuário. A retificação geométrica é aplicada aos dados brutos quando ocorrem variações significativas na altitude do satélite e o método mais simples utiliza coordenadas reais de pontos conhecidos no terreno. O usuário marca quatro pontos nos cantos da área de estudo e o sistema ajusta todos os pixels da cena, a partir desses quatro pontos de coordenadas conhecidas. Feita a retificação é executado o procedimento de registro da imagem, quando a geometria original de uma imagem passa a ser planimétrica, de acordo com outras imagens ou mapa. Isto pode ser feito com o auxílio de cartas topográficas ou dados de GPS. O número de pontos utilizados no registro varia de acordo com o nível de correção pretendido.

### 4.2.3. Realçamento da Imagem

O realçamento melhora a qualidade de uma imagem, facilitando a sua compreensão. As técnicas disponíveis não procuram obter uma imagem ideal, mas conseguir a melhor qualidade de imagem para os propósitos de um projeto específico. Existem vários métodos e os principais são:

a) Realçamento de Contraste - O contraste, de um modo geral, refere-se aos níveis de tons de cinza em uma imagem e pode ser definido como a razão entre a intensidade máxima e mínima na imagem. Quanto maior for a razão, mais facilmente será interpretada a imagem. Este método expande o intervalo de valores de brilho na imagem aumentando o contraste e facilitando a interpretação. Neste caso, duas das

técnicas mais comuns são:

. Realçamento Linear de Contraste - Neste algoritmo, os tons de cinza da imagem original e da imagem modificada apresentam uma relação linear. Um valor próximo ao preto é designado para a extremidade mais próxima do histograma e um valor próximo ao branco é designado para a porção mais distante do histograma, de modo que os valores dos pixels restantes são linearmente distribuídos entre os extremos. A Figura VI.68, foi adaptada de <http://cdioinstitute.org/papers/Day2/basic%20image%20processing.pdf>;

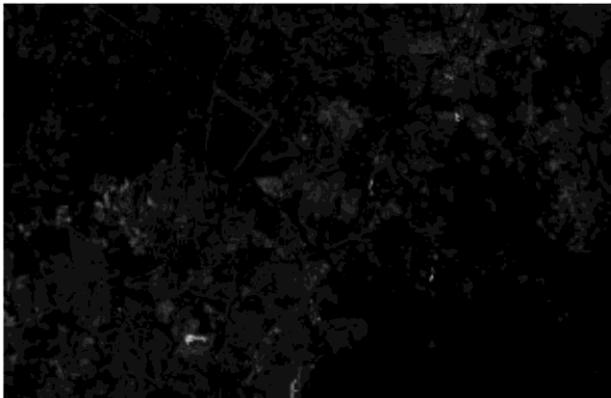


Figura VI.68a - Cena original

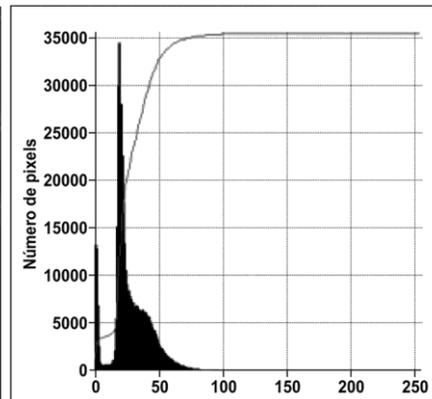


Figura VI.68b – Histograma da cena Original



Figura VI.68c - Cena com contraste realçado

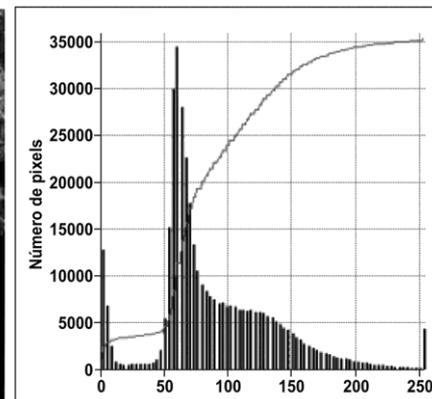


Figura VI.68d - Histograma da cena realçada

. Realçamento não linear de contraste - Nesta técnica, a entrada e a saída dos dados seguem uma transformação não linear, do tipo  $y = f(x)$ , onde  $x$  é o valor do ND de entrada e  $y$  o valor do ND de saída;

b) Fatiamento – Técnica normalmente aplicada em uma única banda para aumentar a distinção entre áreas que se apresentam com tonalidades uniformes na imagem, mas que são diferentes na realidade. Os valores da escala de tons de cinza (0-255) dos NDs são convertidos em intervalos (fatias), cada um representado por uma cor diferente. A figura VI.69 representa esquematicamente o método;

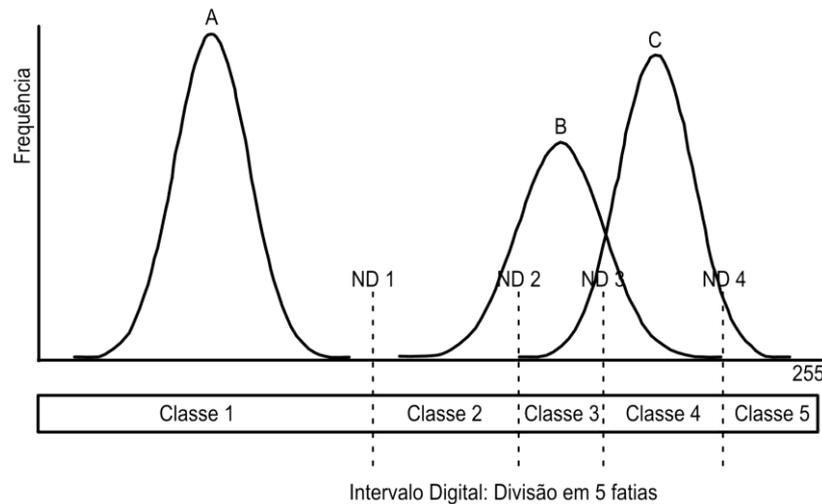


Figura VI.69 – Representação esquemática do método do fatiamento

Fonte: Adaptado de <http://cdioinstitute.org/papers/Day2/basic%20image%20processing.pdf>

c) Realçamento Espacial ou Filtragem Espacial - Uma característica das imagens de sensoriamento remoto é o parâmetro chamado de frequência espacial, definido como o número de variações nos NDs de uma determinada área de uma imagem. Se numa área os NDs apresentarem poucas variações, este local será considerado de baixa frequência e, ao contrário, se os NDs variarem bastante, a área será considerada de alta frequência. A filtragem espacial enfatiza certas feições presentes na imagem, facilitando a interpretação. Os três tipos de filtros utilizados em imagens orbitais são:

- . Filtro passa-baixa - Bloqueia detalhes de alta frequência na imagem, realçando os de baixa frequência ;
- . Filtro passa-alta - Remove componentes de baixa frequência, realçando os elementos de alta frequência. Neste caso os filtros podem ser ainda direcionais (enfatizam direções pré-determinadas) e não-direcionais;

d) Transformação IHS - A transformação IHS é um método comum de realçamento, melhorando os limites (bordas) dos alvos terrestres. Neste caso, os dados de uma imagem colorida são transferidos do espaço RGB (Red,Green,Blue) para o espaço IHS (Intensity,Hue,Saturation). O método é utilizado na análise de imagens e na fusão de conjunto de dados de diferentes sensores a bordo de plataformas orbitais.

A fusão de imagens, que pode ser considerada um método de realçamento, é um recurso importante nos projetos envolvendo imagens da superfície terrestre. A fusão tem sido estudada com maior ênfase em anos recentes, porque muitos dos satélites modernos, como SPOT, LANDSAT 8, IRS, IKONOS e QUICKBIRD, produzem imagens pancromáticas com alta resolução espacial e imagens multiespectrais com baixa resolução espacial. A fusão então aumentaria as aplicações potenciais destas imagens, já que muitos projetos ambientais requerem imagens com alta resolução espacial e alta resolução espectral.

#### 4.2.4. Operações Matemáticas/Transformação de Imagens

Conceitualmente, são operações similares às de realçamento. No entanto, as operações de realçamento são aplicadas em uma única banda de cada vez e, neste

caso, os dados processados referem-se a várias bandas espectrais. Operações aritméticas como subtração, adição, multiplicação e divisão são aplicadas para combinar e transformar as bandas originais em novas imagens, com uma melhor apresentação, ou para ressaltar certas feições da superfície do terreno. Dos vários métodos, os mais comuns seriam:

a) Razão entre Bandas – É comum que materiais semelhantes no terreno apresentem NDs diferentes, em decorrência da topografia da área, sombras ou variações sazonais no ângulo de inclinação do sol, e intensidade. O uso de razões entre bandas não só pode reduzir os efeitos de tais problemas, mas também melhorar a qualidade da interpretação. A expressão matemática para a função razão é então:

$$R = \text{NDa}/\text{NDb}$$

onde:

R = Resultado da divisão entre bandas a e b;

NDa = Número Digital para a banda a, para um pixel específico;

NDb = Número Digital para a banda b, para o mesmo pixel.

Dessa maneira, para um mesmo tipo de material, localizado em várias posições no relevo, tanto na sombra como a pleno sol, a divisão entre bandas apresentará resultados semelhantes, ajudando a diminuir as dúvidas e facilitando a interpretação. Existem outras possibilidades, como a razão Vo/IVP para distinguir solo nu (com alto valor de ND) de vegetação verde (com baixos NDs). Algumas outras razões seriam:

. Para distinção entre argilas - TM5/TM7

. Hidróxidos de ferro - Vo/Ve

. Estresse em plantas (falta de água ou doenças) - TM5/TM7 ou TM3/TM5

Onde:

Vo – Banda no vermelho; Ve – Banda no verde; IVP – Banda no infravermelho próximo; TM3 – Banda 3 do satélite Landsat TM; TM5 – Idem banda 5; TM7 – Idem banda 7.

. Índices de Vegetação - Os índices de vegetação são muito interessantes e úteis ao usuário de imagens de satélite. Como já comentado, a vegetação pode ser separada de outros tipos de cobertura do terreno, por suas características de absorção nos comprimentos de onda visíveis e pela alta reflectância no infravermelho próximo.

Existem vários índices de vegetação e a maioria deles se baseia na relação entre bandas no vermelho e no infravermelho próximo. O índice mais comum seria:

$$\text{DVI} = \text{IVP} - \text{Vo}$$

onde:

DVI = Índice de Vegetação diferencial

IVP = Infravermelho próximo

Vo = Banda no vermelho

O mais comum dos índices de vegetação utilizados no momento é o chamado Índice de Vegetação Diferença Normalizada, expresso como:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IVP} - \text{Vo}}{\text{IVP} + \text{Vo}}$$

onde:

NDVI = Índice de Vegetação Diferença Normalizada

IVP = Infravermelho próximo

Vo = Banda no vermelho

O NDVI é fundamentalmente baseado nas bandas do infravermelho próximo e do vermelho, mas normaliza os valores de saída para o intervalo de -1 a 1, o que permite não só reduzir os problemas relativos às diferenças de iluminação devido à

topografia do terreno, mas também torna mais fácil a interpretação. Quando o usuário encontrar  $NDVI \leq 0$  é quase certo que aquele pixel não é vegetação, e quanto maior for o valor do NDVI, maior será a massa verde de uma cobertura vegetal.

b) Rotação Espectral - Os dados de imagens multiespectrais são, normalmente, altamente correlacionados entre uma banda e outra. As técnicas de rotação espectral realizam transformações lineares nas imagens, combinando as informações espectrais coletadas nas várias bandas, gerando novas imagens com informações mais contrastadas. Os dois tipos de transformação existentes são a análise canônica e os componentes principais, sendo a segunda a mais utilizada.

A análise por componentes principais condensa as informações espectrais dos alvos, nas diferentes bandas, num menor número de bandas, sem perda de informações. Esta análise, que cria novas imagens, é feita pela rotação e translação do sistema original de coordenadas, descrevendo os dados de modo mais eficiente que os dados de reflectância originais. Por exemplo, aplicando-se o método às 7 bandas refletivas do Landsat 7 ETM+, chega-se a 3 imagens por componentes principais, que pode reunir até 98% do total das informações originais.

#### 4.2.5. Classificação e Análise de Imagens

A classificação de imagens é o processo usado para se produzir um mapa temático digital, a partir de um conjunto de dados de uma imagem digital.

Por intermédio do computador e software apropriados, os pixels são classificados de acordo com suas assinaturas espectrais. A classificação é normalmente feita num conjunto multibanda de dados e, neste processo, cada pixel na imagem é designado para uma classe ou tema específico, com base nos valores dos respectivos NDs. Existem vários métodos de classificação digital, podendo ser agrupados em classificação não supervisionada e classificação supervisionada.

O objetivo da classificação é agrupar os pixels de uma imagem, representados pelos seus NDs, em classes de cobertura do terreno. Ou seja, os diferentes tipos de cobertura do terreno podem ser representados por diferentes combinações de NDs, os quais representam as respectivas reflectâncias espectrais de cada pixel. Existem vários “classificadores” ou programas computacionais que podem ser usados nesta tarefa e o uso de um tipo específico dependerá dos objetivos do projeto. Embora alguns programas sejam mais populares, é importante que se tenha conhecimento das alternativas disponíveis. Os métodos são divididos em não supervisionados e supervisionados e a Figura VI.70 apresenta um diagrama com as fases para cada um dos métodos.

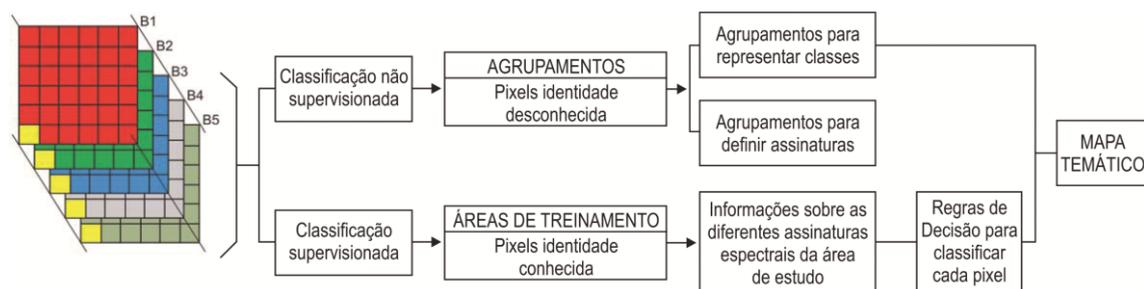


Figura VI.70 – Diagrama de fluxo para a produção de um mapa temático (imagem classificada)

a) Classificação não Supervisionada - Também chamada de análise de agrupamentos, parte do pressuposto de que pixels podem ser estatisticamente agrupados de acordo com suas características espectrais. O método é indicado para áreas complexas, com alta variabilidade espectral entre classes de cobertura do terreno, onde o analista não tem uma boa compreensão das classes de cobertura do terreno ocorrentes na área.

Na classificação não supervisionada, o usuário primeiro determina as separabilidades espectrais das classes e depois a utilidade das informações obtidas, enquanto que na classificação supervisionada o analista define primeiro as classes mais importantes e depois examina as respectivas separabilidades espectrais,

A maior parte dos classificadores tem como regra de decisão a distância mínima entre o valor do ND de cada pixel a ser classificado e o valor médio dos NDs de cada classe espectral representada na cena, como mostra a Figura VI.71. Os classificadores mais comuns são o K-Médias e o ISODATA (<http://www.gis.usu.edu/manuals/labbook/erdas/manuals/FieldGuide.pdf>). Embora similares, o primeiro requer que o número de classes espectrais seja definido no início do processo e, no segundo caso, não é necessária a determinação preliminar do número de classes. Os parâmetros de entrada para o processo são:

- . Número de classes (ou não) - Agrupamentos prováveis na área;
- . Número máximo de interações - Número de vezes que o programa deve repetir o processo para selecionar a quase totalidade dos pixels em cada classe;
- . Limiar de convergência - Diferença mínima de ND para que um pixel seja colocado numa classe ou outra.

Nesta categoria insere-se o ISOSEG, um dos classificadores do sistema SPRING do INPE, que não requer nenhum parâmetro inicial. Para mais informações sobre o ISOSEG consultar os endereços seguinte;

ISOSEG - <http://www.dpi.inpe.br/~tkorting/projects/isoseg/material.pdf>

SPRING - <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>

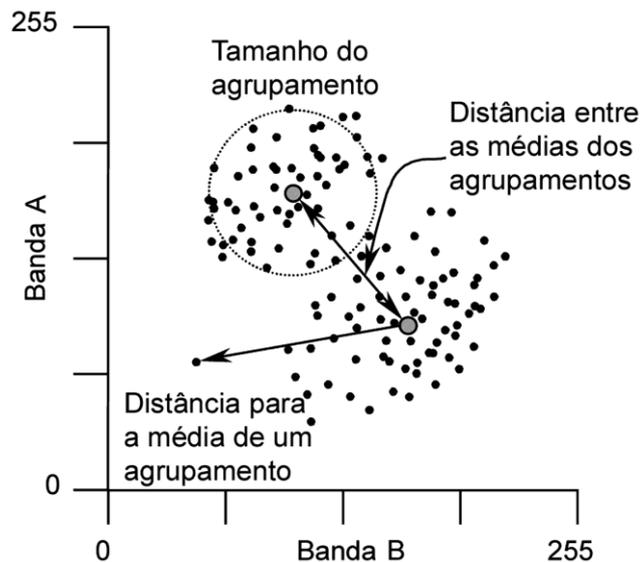


Figura VI.71 – Representação esquemática do método da distância mínima  
 Fonte: Adaptado de [http://geology.wlu.edu/harbor/geol260/lecture\\_notes/Notes\\_rs\\_class3.html](http://geology.wlu.edu/harbor/geol260/lecture_notes/Notes_rs_class3.html)

b) Classificação Supervisionada - A classificação supervisionada pode ser definida como o processo de amostrar superfícies conhecidas para classificar pixels de identidade desconhecida. Na classificação supervisionada o analista especifica ao programa classificador descritores numéricos dos vários tipos de cobertura do terreno existentes na cena. Para tanto, amostras representativas de coberturas conhecidas do terreno, chamadas de áreas de treinamento, são usadas para montar uma chave de interpretação numérica que descreve os atributos espaciais de cada classe de cobertura selecionada. Cada pixel do conjunto de dados é então comparado numericamente a cada categoria da chave de interpretação e identificado com a categoria ao qual ele mais se assemelha ([http://geology.wlu.edu/harbor/geol260/lecture\\_notes/Notes\\_rs\\_supervised.html](http://geology.wlu.edu/harbor/geol260/lecture_notes/Notes_rs_supervised.html)).

Em áreas complexas em termos de cobertura do terreno, a classificação não supervisionada pode ser mais adequada que a supervisionada. Nesses casos, o analista pode ter dificuldades em selecionar as áreas de treinamento devido à variabilidade das respostas espectrais de cada classe, fazendo com que os trabalhos de campo para a caracterização de tais classes sejam demorados e caros. No entanto, quando a caracterização das áreas de treinamento é factível e as informações estatísticas de cada classe apresentam boa correlação, então a classificação supervisionada será superior à não supervisionada.

Assim, na classificação supervisionada o analista fornece o “treinamento” ao algoritmo classificador de modo que ele possa reconhecer os diferentes tipos de cobertura do terreno. Normalmente são três as fases para a execução da tarefa:

- . Treinamento - Nesta fase são obtidas assinaturas espectrais das classes de cobertura do terreno de interesse. O analista identifica áreas de treinamento representativas e desenvolve um descritor numérico dos atributos espectrais de cada classe selecionada;

- . Classificação - Na fase de classificação, cada pixel da imagem é analisado segundo suas características espectrais, procurando colocá-lo em uma das classes representativas pré-selecionadas. Se um pixel não se enquadrar em nenhuma das classes de cobertura do terreno (temas), então ele é identificado como “desconhecido”. Ao final do processo tem-se a imagem classificada, podendo ser considerada uma imagem temática;

- . Saída – Aqui, os resultados são apresentados na forma de mapas temáticos, tabelas estatísticas das várias classes de cobertura do terreno e arquivos de dados digitais em formatos compatíveis para utilização em SIGs. Se necessário, os mapas temáticos devem ser espacialmente corrigidos para serem geometricamente compatíveis com os outros mapas e cartas da Base de Dados. Este assunto será abordado no capítulo VIII, à frente.

Existem várias abordagens para avaliar a caracterização de um pixel em relação às classes de cobertura do terreno e os classificadores se baseiam no reconhecimento de padrões espectrais. Apenas para facilitar a compreensão, o processo de classificação será apresentado com a utilização de duas bandas espectrais, o que raramente acontece na prática.

Para duas bandas espectrais, os valores dos NDs dos pixels de uma cena podem ser plotados em um diagrama de dispersão, para classes de cobertura do terreno conhecidas, como mostra a Figura VI.72. Pixels com NDs em cada uma das bandas analisadas vão ser naturalmente agrupados, representando as diferentes classes. Podem ser citados como classificadores mais comuns:

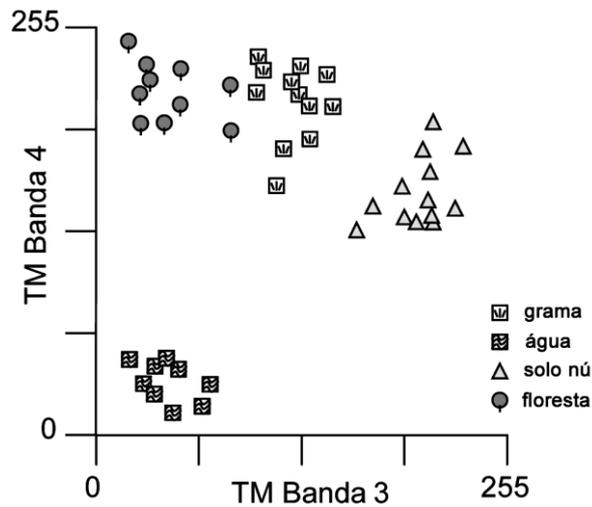


Figura VI.72 – Diagrama de dispersão para uma imagem com 4 classes de cobertura do terreno

Fonte: Adaptado de [http://geology.wlu.edu/harbor/geol260/lecture\\_notes/Notes\\_rs\\_class3.html](http://geology.wlu.edu/harbor/geol260/lecture_notes/Notes_rs_class3.html)

**.Paralelepípedo** – Considera o intervalo de variação dos valores dos NDs para cada classe das respectivas áreas de treinamento. Este intervalo pode ser definido pelos valores mais altos e mais baixos dos NDs em cada banda, aparecendo como uma área retangular no diagrama de dispersão bidimensional, como mostra a Figura VI.73a. A Figura VI.73b apresenta a mesma técnica num modelo tridimensional, a partir de <http://www.ijser.org/paper/Comparison-of-Various-Classification-Techniques-for-Satellite-Data.html>.

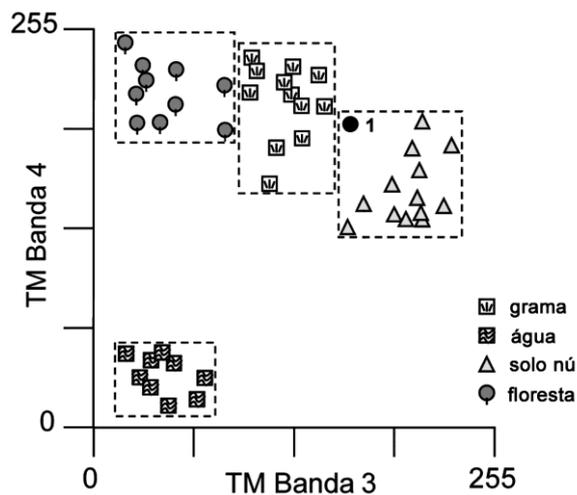


Figura VI.73a – Método de paralelepípedo – Visão bidimensional

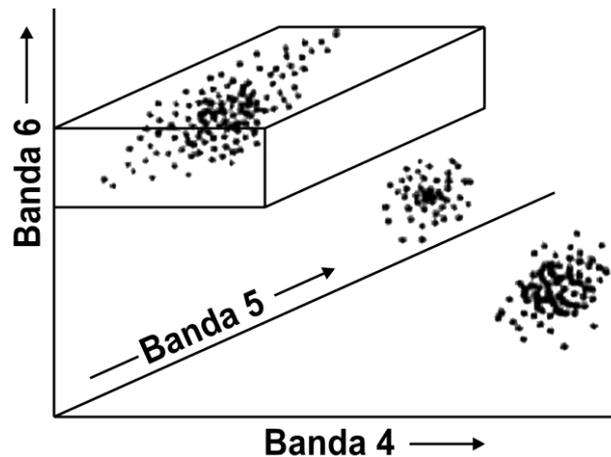


Figura VI.73b – Método do paralelepípedo – Visão tridimensional

Quando um pixel se enquadra num dos retângulos, então ele é classificado na classe correspondente. Por outro lado, se um pixel não se encaixa em nenhuma das regiões, então ele é classificado como desconhecido. É comum que ocorra superposição entre dois retângulos, de modo que um pixel a ser classificado satisfaça mais de uma classe, devido ao fato de que os padrões de resposta espectral das classes de cobertura do terreno podem exibir alta correlação ou covariância. Nestes casos, o pixel é classificado para a classe em que ele atenda a todos os critérios. Outra possibilidade é aplicar ao caso o método da distância mínima.

. **Distância Mínima** – Inicialmente é calculada a média dos NDs para cada banda em cada classe, representada na Figura VI.74 pela letra *M*. Em seguida, as distâncias entre os NDs de cada pixel da cena são computadas em relação à média de cada classe, de modo que cada pixel é designado para a classe mais próxima. Embora também tenha limitações, este método é simples e resolve o problema de superposição de retângulos do método do paralelepípedo.

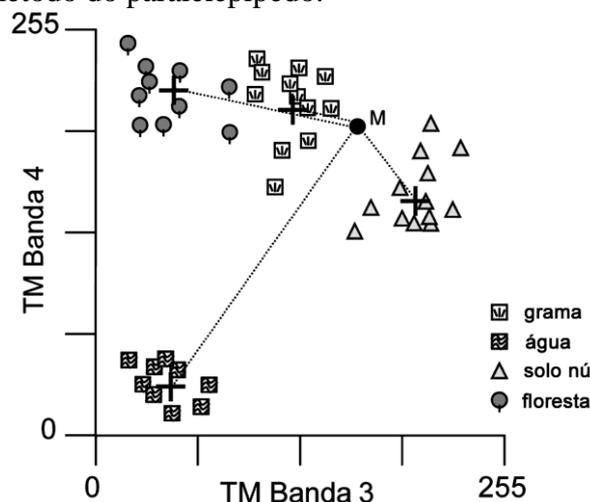


Figura VI.74 – Método da distância mínima

Fonte: Adaptado de [http://geology.wlu.edu/harbor/geol260/lecture\\_notes/Notes\\_rs\\_class3.html](http://geology.wlu.edu/harbor/geol260/lecture_notes/Notes_rs_class3.html)

. **Máxima Verossimilhança – MAXVER** – Este classificador avalia tanto a variância como a covariância dos padrões de resposta espectral na classificação dos pixels de uma cena. Na aplicação do método assume-se que o cluster espectral de

pixels apresenta uma distribuição normal ou gaussiana. O classificador calcula, então, a probabilidade estatística do valor de um dado pixel pertencer a uma dada classe de cobertura do terreno, aplicando uma função de densidade de probabilidade ([http://www.mat.ufrgs.br/~viali/sociais/mat02214/material/laminaspi/Probabi\\_3.pdf](http://www.mat.ufrgs.br/~viali/sociais/mat02214/material/laminaspi/Probabi_3.pdf)) para cada classe, obtida dos dados de treinamento. A Figura VI.75 mostra o diagrama correspondente ao método, onde as linhas de contorno (elipsóides) estão associadas com a probabilidade de um pixel pertencer a uma das classes existentes.

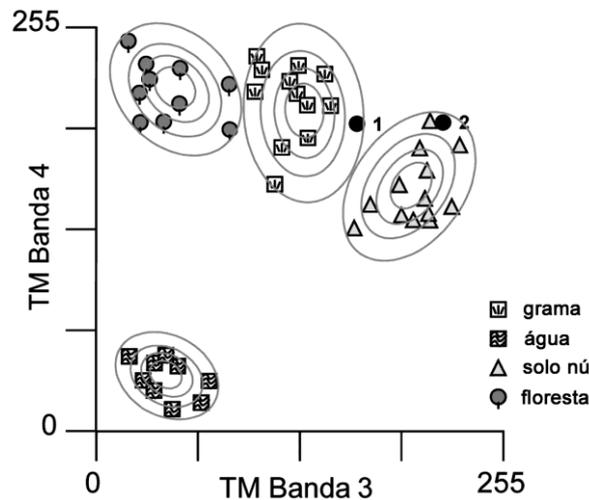


Figura VI.75 – Curvas de probabilidade definidas pelo classificador MAXVER

#### 4.2.6. Avaliação da Acurácia da Classificação

A avaliação é feita comparando-se o mapa temático final com um mapa considerado verdadeiro, este último produzido a partir de trabalhos de campo ou então de documentos de sensoriamento remoto em escala grande.

A maneira mais simples de avaliar a precisão é por meio de uma matriz de erros ou de confusão. O objetivo da matriz de confusão é mostrar o número de previsões corretas em relação às esperadas em cada classe (BARANAUKAS & MONARD, 2012). Tal matriz apresenta número de colunas e linhas iguais ao número de categorias sob análise e compara a relação entre os dados conhecidos (verdades terrestres) e os resultados correspondentes à imagem classificada.

Os erros ocorrentes são considerados de omissão ou inclusão. No primeiro caso, refere-se àqueles pixels pertencentes a uma determinada classe que o classificador não conseguiu nomear. No segundo caso, são pixels de outras classes que o classificador nomeou para a classe de interesse. Na avaliação global da acurácia da classificação pode-se utilizar da análise Kappa, uma técnica multivariada discreta.

## REFERÊNCIAS

- ALBA, J. F. et al. **Caracterização espectral radiométrica de minerais e rochas sedimentares.** Pelotas, 2006. Disponível em: <[http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento\\_172.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_172.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2012.
- BARANAUSKAS, J. A; MONARD, M. C. **Reviewing some machine learning concepts and methods.** São Carlos/USP: Technical Report. N. 102, 2000.
- BELLINASSO, H; Demattê, J. A. M. e Araújo, S. R. Spectral library and its use in soil classification. **Brazilian Journal of Soil Science.** 34: 861-870, 2010.
- BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. **Ecologia da produção agrícola.** Piracicaba: Potafos, 1987.
- BROWN, D. J. Using a global VNIR soil-spectral library for local soil characterization and landscape modeling in a 2nd-order Uganda watershed. **Geoderma.** 140: 444-453, 2007.
- CURRAN, P. J. **Principles of remote sensing.** New York: Longman, 1985.
- EPIPHANIO, J. C. et al. **Comportamento espectral de solos do estado de São Paulo.** Brasília: MCT, 1992.
- GARCIA, G. G. **Sensoriamento remoto: princípios e interpretação de imagens.** São Paulo: Nobel, 1982.
- GARCIA, G. J.; MARCHETTI, D. A. B. Chave de classificação para identificação de vegetação em fotografias pancromáticas, coloridas e infravermelhas coloridas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.** Piracicaba, v. 33, p. 429-440, 1976.
- JACOBSEN, K. **Development of digital aerial cameras.** Hanover: IPG, 2010.
- JENSEN, J. R. Biophysical remote sensing. **Annals of the Association of American Geographers.** Columbia, v. 73, p. 111-132, 1983.
- JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment.** India: Pearson Education, 2009.
- KODAK. **Filters for black and white and color pictures.** Rochester: Kodak Publication. n. AB-1, 1974.
- MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação.** São Paulo: Nobel, 1977.
- NEUMANN, K. J. Trends for digital aerial mapping cameras. **The international Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.** Beijing, v. 37, part. B1, p. 551-554, 2008.

SABINS, F. F. **Remote sensing: principles and interpretation**. San Francisco: W. H. Freeman, 1978.

SCHANDA, S. **Remote sensing for environmental sciences**. New York: Springer Verlag, 1976.

STEFFEN, C. A. Técnicas radiométricas com o spectron SE-590. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., Salvador, 1996. **Anais...** Salvador: INPE, 1996, p. 969-975.

STEVENS, A; NOCITA, M; TOTH, G; MONTANARELLA, L. e VAN WESEMAEL, B. Prediction of Soil Organic Carbon at the European Scale by Visible and Near InfraRed Reflectance Spectroscopy. **Plos One**. 8 (6), 2013.

ZHOU, Q. **Digital image processing and interpretation**. Hong Kong: Baptist University, 1999.

#### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

BLASCHKE, T. B.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores, métodos inovadores**. Tradução Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BOWKER, D. E. et al. Spectral reflectance of natural targets for use in remote sensing studies. **NASA Reference Publication 1139**. Washington: NASA, 1985.

CROSTA, A. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

HENDERSON, F. M.; LEWIS, A. J. **Principles and applications of imaging radar: manual of remote sensing**. New York: John Wiley, 1998.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphânio. São Paulo: Parêntese, 2009.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley, 1979.

MEMARSADEGHI, N. et al. **A fast implementation of the ISODATA clustering algorithm**. 2005. Disponível em: <<https://www.cs.umd.edu/~mount/Projects/ISODATA>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Ed. Autor, 2001.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

## SITES SUGERIDOS E/OU CONSULTADOS

AL-RASHID, Y. **Active phased array radar systems.** 2009. Disponível em: <[http://www.ofcm.gov/mpar-symposium/2009/presentations/workshop/W2\\_Al-Rashid%20Architecture.pdf](http://www.ofcm.gov/mpar-symposium/2009/presentations/workshop/W2_Al-Rashid%20Architecture.pdf)>. Acesso em: 10/09/2014.

CEPSRM (CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA). **Página dinâmica para aprendizado do sensoriamento remoto.** Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/rem.html>>. Acesso em: 10/09/2014.

CRISP (CENTER FOR REMOTE IMAGING, SENSING & PROCESSING). **Spaceborne remote sensing.** 2001. Disponível em: <<http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/spacebrn.htm#satellites>>. Acesso em: 12/09/2014.

DPI (DIVISÃO DE PROCESSAMENTOS DE IMAGENS). **Processamento de cores.** Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/cursos/pdi/pdi4-cores\\_arquivos/frame.htm](http://www.dpi.inpe.br/cursos/pdi/pdi4-cores_arquivos/frame.htm)>. Acesso em: 05/08/2014.

ERDAS. **Erdas field guide.** Atlanta, 1999. Disponível em: <<http://www.gis.usu.edu/manuals/labbook/erdas/manuals/FieldGuide.pdf>>. Acesso em: 23/10/2014.

ESTES, J. E.; HEMPHILL, J. Introduction to photo interpretation and photogrammetry. In: THE INTERNATIONAL CENTER FOR REMOTE SENSING EDUCATION. **Remote sensing core curriculum: volume 1.** Disponível em: <<http://rscc.umn.edu/rscc/v1.html>>. Acesso em: 13/09/2014

JAPAN ASSOCIATION OF REMOTE SENSING. Film for remote sensing. 1996. In: \_\_\_\_\_. **Remote sensing note.** 1999. Disponível em: <<http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/~wataru/lecture/rsgis/rsnote/cp2/cp2-9.htm>>. Acesso em: 22/09/2014.

NASA. **Landsat science.** Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/references/glossary.html>>. Acesso em: 02/10/2014.

OBSOLETE COMPUTER MUSEUM. **Welcome to the obsolete computer museum.** Disponível em: <<http://www.obsoletecomputermuseum.org>>. Acesso em: 13/09/2014

OLD-COMPUTERS.COM. **Museum.** [2001]. Disponível em: <<http://www.old-computers.com/museum/default.asp>>. Acesso em: 22/09/2014

RED hat enterprise Linux test page. Disponível em: <<http://webapp1.dlib.indiana.edu>>. Acesso em: 04/09/2014

SEOS (SCIENCE EDUCATION THROUGH EARTH OBSERVATION FOR HIGH SCHOOLS). Supplement: vegetation spectral signature. In: \_\_\_\_\_. **Remote sensing and GIS in agriculture.** Disponível em: <<http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c01-s01.html>>. Acesso em: 23/10/2014

ZHOU, Q. **Digital image processing and interpretation.** Hong Kong, 1999. Disponível em: <[http://geog.hkbu.edu.hk/geog3610/Image\\_Processing.pdf](http://geog.hkbu.edu.hk/geog3610/Image_Processing.pdf)>. Acesso em: 26/08/2014



## **VII - ANÁLISE AMBIENTAL**



## VII - ANÁLISE AMBIENTAL

### 1. Introdução

Na análise ambiental, os dados do meio físico e do meio socioeconômico de uma área são identificados e coletados, permitindo, após o processamento e interpretação apropriados, chegar-se ao Diagnóstico Ambiental. Um diagnóstico ambiental adequado permitirá que, na execução de um empreendimento, medidas apropriadas de exploração dos recursos naturais sejam tomadas com foco na minimização dos impactos ambientais e das possíveis compensações ambientais.

A análise ambiental de uma área compreende a decomposição, em partes menores, de algo que é naturalmente estruturado, com o objetivo de aprofundar o conhecimento local. Este método, dito Analítico, é bastante eficiente no estudo da paisagem, embora, ao longo do estudo, sejam perdidas importantes relações de interdependência entre as partes. O método Analítico, posto que quantitativo, vem sendo utilizado desde a década de 1970, pois permite, de modo rápido, um diagnóstico simplificado.

O método dito Integrativo, por sua vez, estabelece que, embora estruturalmente todo sistema seja constituído de partes menores, estas não podem ser subdivididas, já que haveria perda ou mau funcionamento das funções de interdependência. Esta visão, ou abordagem sistêmica, apresenta-se como a única com coerência para interpretar e compreender as inter-relações da natureza, e, mais importante, as ações do homem sobre o meio ambiente (BRANCO, 1989). Este método procura relacionar os resultados obtidos pelo método analítico a uma ou mais partes da paisagem. Assim, a Análise Ambiental Integrada é o conhecimento das partes menores de uma porção da paisagem e suas respectivas inter-relações. Procura-se entender, ainda, o efeito de determinadas ações antrópicas sobre partes deste sistema.

Na análise ambiental integrada de um sistema natural deve-se levar em conta que um sistema é uma organização complexa, estratificada e aberta e, por mais que se tente compreender um sistema ambiental, haverá sempre variáveis não identificadas ou parcialmente compreendidas. Outro fator importante é entender que um sistema natural se desenvolve naturalmente, embora esteja sujeito a interferências decorrentes da ação humana, as quais, quase sempre, são negativas. A análise ambiental integrada é aplicada em projetos ambientais e objetiva caracterizar a área que estará sob a influência dos mesmos, a partir da compreensão das relações entre os diferentes componentes que compõem o quadro ambiental local. Busca-se ainda identificar as fragilidades e as restrições atuais, como ponto de partida para as possíveis influências, positivas ou negativas, decorrentes deste projeto. Para conhecer a situação de cada componente do sistema local e entender as interdependências entre os mesmos, são utilizados dados ambientais variados. Os dados ambientais podem ser de origem abiótica (geológicos, pedológicos, hidrológicos e climáticos), bióticos (fauna e flora) e socioeconômicos.

Dependendo do tamanho da área, as amostras para análise são estatisticamente coletadas para cada componente, por exemplo, amostras de solo e água. Se a área for extensa, é recomendável a identificação e delimitação de compartimentos regionais, com base no conceito de paisagem, entendida como representativa da dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos, para, em seguida, coletar as amostras. A Análise Ambiental Integrada é executada em todos os componentes que

compreendem um determinado sistema, com ênfase nos objetivos do projeto. Por exemplo, se o objetivo principal for a construção de um porto marítimo, os estudos serão focados na área do entorno do porto, em especial manguezais e praias. Levarão em conta também as correntes marinhas e as marés, além de considerar a necessidade de um sistema viário compatível com o complexo. Neste caso, a construção do sistema viário poderá ser altamente impactante ao complexo vegetal da região, necessitando de estudos específicos. A fauna terrestre e aquática também será analisada, assim como as cidades e vilas sujeitas à interferência do empreendimento. Na análise de cada componente do ecossistema, são utilizados indicadores específicos, que são variáveis quantificáveis, o que facilita a interpretação e a compreensão dos processos que estão agindo localmente.

Um sistema ambiental envolve os subsistemas Natural, Social e Econômico, assim como suas relações, de modo que entender a dinâmica das partes é fundamental para entender o sistema natural local. Dessa maneira, na análise ambiental procura-se estudar os diferentes subsistemas envolvidos e, em cada subsistema, os respectivos componentes. Os subsistemas seriam (SALATI & COTTAS, 2003):

- a) Econômico - Entidades produtivas de bens e serviços, sendo de competência das Ciências Econômicas;
- b) Político - Representado por instituições organizadas dentro e fora do aparelho do Estado, regulamentado por legislação apropriada e atribuição das Ciências Políticas e do Direito;
- c) Comportamental - Compreende os valores, as crenças e as atitudes locais, tanto individuais como coletivas, a cargo da Psicologia e da Antropologia;
- d) Social - Representado por grupos, classes e organizações, com grande interatividade entre si. Estudado pelas Ciências Sociais;
- e) Físico-territorial - Subsistema representado pela infraestrutura física existente e a organização do espaço construído. As áreas das Engenharias e de Arquitetura/Urbanismo tratam deste tópico;
- f) Meio Abiótico e Biótico - Compreende a superfície e subsuperfície terrestre, a atmosfera, a fauna e a flora, e corresponde a um sistema altamente complexo e interdependente. É campo das Engenharias, Geologia, Geografia, Biologia, Climatologia, etc.

Da leitura anterior fica evidente que o estudo do ambiente, para fins de planejamento, não é tarefa de um único técnico. De fato, um projeto ambiental exige a colaboração de inúmeros profissionais, cada um com sua especialidade, liderados por um técnico com muita experiência e visão de conjunto.

A análise ambiental é a primeira fase para a Avaliação Ambiental, em especial para a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). Para melhorar a qualidade dos projetos de gestão sustentável foram desenvolvidos os conceitos de Avaliação Ambiental Integrada (AAI) e Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), conforme relata Therivel (2008). Resumidamente, os objetivos de cada estudo seriam:

- a) AAI – No contexto de políticas públicas, procura identificar, analisar e avaliar as interações relevantes entre meio ambiente e meio antrópico, tanto para a situação atual como numa perspectiva futura, facilitando a tomada de decisões ao nível de governo;
- b) AIA - Avalia os impactos econômicos, sociais e ambientais de um empreendimento e propõe diretrizes e metas para a implantação do mesmo;
- c) A AAE, instrumento de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), pode ser considerada, de forma abrangente, como o conjunto de atividades estratégicas

conduzidas por órgãos públicos por meio de políticas, planos e programas, com o objetivo de prever possíveis impactos, permitindo o direcionamento dos empreendimentos possíveis, com foco no desenvolvimento sustentável. A AAE deve ser pública e participativa, nos moldes do EIA/RIMA – Estudos de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental.

## 2. Coleta de Dados Ambientais

O meio ambiente possui dois aspectos indissociáveis:

a) Qualitativo – Descreve as características básicas de um objeto, sem aferi-lo em termos dimensionais;

b) Quantitativo – Realiza medições. A geração de dados ambientais e seu posterior processamento são, sem dúvida, a parte mais delicada de qualquer projeto, já que tais dados devem atender a vários requisitos, destacando-se a confiabilidade.

Como já visto, os dados ambientais podem ser abióticos, bióticos e socioeconômicos, ficando evidente que são variados e numerosos. A utilização dos dados adequados para um determinado projeto, tanto na quantidade como na qualidade, vai definir a sensibilidade das propostas executivas do empreendimento.

### 2.1. Escalas de Mensuração

Em qualquer situação, é importante destacar as escalas de mensuração possíveis, lembrando que mensurar é atribuir um identificador, quantificável ou não, a um determinado objeto. O Quadro 01 apresenta os tipos de medidas e algumas aplicações na área ambiental. São elas:

a) Nominal – É a mais simples, já que se limita a enumerar e discriminar os atributos. Ex: 1 - Masculino; 2 - Feminino;

b) Ordinal – Aqui também não se quantificam as categorias de um atributo, mas estes são relacionados entre si em termos hierárquicos. Ex: Gosta de novela? Resposta: 1 - Não gosta; 2 - Gosta um pouco; 3 - Gosta muito.

c) Intervalo – Hierarquização de categorias, atribuindo-se um valor numérico preciso, a partir de um ponto de referência. Ex: Temperatura em °C, a partir de um ponto zero arbitrário.

d) Razão – É a mais poderosa, permitindo extrair maior número de informações. Discrimina, hierarquiza e mede, mantendo o relacionamento entre os valores do atributo. Ex: toneladas por hectare (t/ha), metros por segundo (m/s).

Quadro 01 – Tipos de medidas na área ambiental

Nível	Operações Básicas	Exemplos
Nominal	Determinação da igualdade entre classes; Contagem	Classificação de objetos; Categorias de Uso da Terra
Ordinal	Determinação de maior, menor, ou de igualdade; Contagem de itens numa classe	Classificação da capacidade de uso das terras; Ranqueamento de cidades
Intervalo	Determinação de igualdade ou de diferenças entre intervalos; Adição; Subtração	Temperatura em °C
Razão	Determinação de igualdade ou diferenças de razão; Adição; Subtração; Divisão	Distância; Massa; Precipitação

Como a fase de coleta é um processo dispendioso, é importante que sejam tomadas providências preliminares antes dos trabalhos de campo, ou seja:

a) Revisão bibliográfica – Identificação do material existente: Cartas topográficas, Mapas temáticos, Relatórios, Planos, etc. Mesmo hoje, com as facilidades da Internet, muito material ainda se encontra armazenado em institutos de pesquisa, universidades e órgãos de governo. É sempre importante levar em conta que certos dados não “envelhecem”, e, se passíveis de utilização, resultarão em economia de tempo e dinheiro;

b) Identificação dos dados mais adequados para o trabalho – A partir dos objetivos do projeto, a equipe deve definir quais os dados relevantes para o projeto, a quantidade necessária e, se forem dados climáticos e/ou hidrográficos, a série histórica. Embora existam critérios para cumprir, esta fase é bastante dependente da experiência prática da equipe. É muito comum que, sem um estudo prévio detalhado, dados desnecessários sejam coletados ou, então, que certas lacunas de dados apareçam quando do processamento, obrigando que parte da equipe retorne ao campo, gerando custos adicionais.

Para uma equipe interdisciplinar de trabalho, as grandes questões são: Seleção dos dados mais apropriados a serem coletados; Amostragem estatística, Método de coleta, Armazenamento, Processamento (Estatística e Modelagem), Interpretação.

## 2.2. Características dos Dados Ambientais

Diante da diversidade do meio ambiente, os dados ambientais são numerosos e diversificados. Como também variam no tempo e no espaço, a escolha dos dados ambientais mais adequados e a respectiva coleta acrescentam dificuldades adicionais às equipes, já que os mesmos podem ser produzidos continuamente.

É importante esclarecer, também, o que é dado e o que é informação. Dado é a base do conhecimento, mas é também o registro simples de um evento, podendo ser representado por números, caracteres ou símbolos, como, por exemplo, a quantidade de chuva (mm/m<sup>2</sup>) em um determinado local, num determinado dia. Já a informação é o resultado do manuseio de dados, com uma finalidade específica. No exemplo, a soma de todas as chuvas do mês já é uma informação, considerando-se que este total poderia ser comparado com uma série temporal. Existem normas para a caracterização de cada recurso natural, de acordo com parâmetros específicos.

Na análise ambiental, os diferentes componentes da paisagem são caracterizados por intermédio de dados (parâmetros) que são coletados por instrumentos e metodologia apropriados. Tais dados, quando convenientemente processados, dão origem a informações úteis na compreensão de um recurso natural, por exemplo, solos agricultáveis de uma região. Além de parâmetros, são utilizados indicadores e índices, cujas conceituações são as seguintes:

### 2.2.1. Parâmetro

Uma propriedade que é medida ou observada, cuja variação pode alterar a interpretação do fenômeno que representa. Alguns exemplos são citados a seguir.

- a) Água - Para a água, os parâmetros de qualidade são:
- . Físicos - Cor, Turbidez, Sabor, Odor, Temperatura;
  - . Químicos – pH (acidez/alcalinidade), Dureza, Metais (ferro e manganês),

Cloretos, Nitrogênio (nutriente), Fósforo (nutriente), Oxigênio dissolvido, Matéria orgânica, Poluentes orgânicos e inorgânicos (metais pesados: zinco, cromo, cádmio, mercúrio);

. Biológicos – Organismos indicadores, algas e bactérias. Mais informações no site do DAEE:

[http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=104%3Aagua&catid=52%3Aagua&Itemid=55](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=104%3Aagua&catid=52%3Aagua&Itemid=55)

Veja no Anexo deste capítulo, relatório de qualidade de água de uma prefeitura municipal, como exemplo de transparência administrativa.

b) Solos - No caso dos solos, são parâmetros importantes:

. Físicos – Textura, Estrutura, Densidade, Porosidade, Permeabilidade, Fluxo de água;

. Químicos - pH, Teor de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Condutividade elétrica, Matéria orgânica.

Mais informações no site do IAC:

<http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/solos.php>, especialmente no Boletim Técnico IAC 106, disponível para *download*.

c) Clima - No que se referem aos parâmetros climáticos, as estações climatológicas medem: Pressão Atmosférica, Temperatura (máxima, mínima), Chuvas, Umidade Relativa, Radiação solar e Direção e velocidade do vento. Mais informações no site do INMET:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>.

d) Socioeconomia - No caso de estudos socioeconômicos, existem dados muitos importantes abordando diferentes aspectos do ambiente antrópico, que são utilizados de maneira seletiva, de acordo com os objetivos do projeto, conforme podem ser visualizados no site do IBGE:

<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Tais informações estão disponíveis em nível municipal.

Veja também no Anexo, um exercício de coleta e interpretação de dados socioeconômicos em nível municipal (Diagnóstico Socioeconômico), a partir de dados do IBGE.

### 2.2.2. Indicador

Um parâmetro ou valor derivado de um parâmetro, descrevendo o estado atual de um atributo no ambiente, cuja importância vai além do valor diretamente associado a ele. Os indicadores podem ser ambientais, econômicos e sociais. Quando se incorpora a dimensão político-institucional aos três primeiros, chega-se aos indicadores de desenvolvimento sustentável, metodologia aplicada na AAI.

Indicadores compreendem conjunto de informações sobre fenômenos diversos, cuja função principal é facilitar a compreensão de situações complexas, contribuindo para a tomada de decisões. O indicador é um valor derivado de um parâmetro que, por sua vez, é uma propriedade medida ou observada. As duas principais funções dos indicadores são:

a) Reduzir o número de medidas que normalmente são necessárias para representar uma situação;

b) Simplificar o processo de comunicação pelo qual os resultados das medidas são colocados à disposição dos usuários. Em outras palavras, permitir que informações complexas possam ser compreendidas por especialistas de diferentes áreas científicas, tomadores de decisões, e pelas partes interessadas no processo (BOSSSEL,1999).

Na caracterização do meio físico e do meio socioeconômico, a utilização de indicadores é orientada para:

- a) Identificação das diversidades espaciais, seus potenciais e limitações;
- b) Avaliação da fragilidade-vulnerabilidade da área estudada;
- c) Balanço entre potencialidades e limitações ecológicas e socioeconômicas das unidades ambientais que possibilitam a avaliação da capacidade de suporte (HURTADO & ACUNÃ, 1980).

Os indicadores podem ser aplicados em diferentes componentes da paisagem:

- a) Geologia - Natureza e composição mineralógica das rochas; Zonas de fraquezas estruturais; Inclinação e espessura das camadas; Tipos e graus de alteração das rochas; Condições geoquímicas de formação de couraças e crostas ferruginosas e lateríticas; Ocorrências minerais e de materiais de construção;
- b) Clima-Hidrologia – Pluviosidade; Amplitudes térmicas; Insolação; Umidade do ar; Balanço hídrico; Velocidade e direção dos ventos; Regime hídrico das coberturas pedológicas; Regime hídrico superficial, subsuperficial e subterrâneo; Disponibilidade e qualidade das águas subterrâneas; Enchentes e secas; Influência da pluviosidade na vegetação natural e culturas; Formas e técnicas de uso da água;
- c) Geomorfologia - Morfologia e morfometria de bacias hidrográficas e respectivas redes de drenagem; Idades relativas das formas do relevo; Morfogênese-Paleoformas; Processos atuantes e manifestações morfodinâmicas; Tipos de formações superficiais;
- d) Pedologia – Textura; Estrutura; Profundidade dos perfis dos solos; Água no perfil do solo; Processos pedogenéticos atuantes; Gênese dos solos e paleossolos;
- e) Biologia (Fauna e Flora): Descrição taxonômica – estrutura e distribuição; Abundância e frequência; Identificação de comunidades;
- f) Socioeconomia: População; Comércio; Indústria; Agronegócio; Serviços.

Uma grande variedade de indicadores é utilizada, atualmente, representando o estado do ambiente e monitorando o progresso de políticas públicas ambientais estabelecidas em diferentes níveis decisórios. Como os indicadores são empregados com diferentes propósitos, há a necessidade de se definirem critérios de seleção. De acordo com Smeets & Wetering (1999), os principais seriam:

- a) Relevância utilitária para os usuários - Oferecer um quadro adequado das condições ambientais locais e as interações com a sociedade; Simplicidade, facilidade de compreensão e habilidade de revelar tendências temporais; Ser aplicável tanto para temas regionais como nacionais; Permitir comparações com banco de dados internacionais; Deve ser sensível a mudanças no ambiente e na sociedade relacionada;
- b) Critérios relacionados aos processos de agregação - Todos os componentes do índice devem ter o mesmo nível categórico; As variáveis a serem agregadas devem ser independentes; Todos os componentes do índice devem estar relacionados com o problema; As variáveis a serem agregadas devem estar no mesmo nível hierárquico; Um índice deve ter a flexibilidade necessária para as possíveis inconsistências resultantes da agregação;

c) Divulgação científica - Apresentar fundamentação teórica em termos técnicos e científicos; O indicador deve se basear em padrões internacionais e tecnicamente validados; Deve se adequar a modelos econômicos de previsão e de sistemas de informação;

d) Critérios relacionados ao uso pretendido - Ausência de ambiguidade; Robustez/independência de suposições; Imparcialidade nos resultados;

e) Mensurabilidade - Rápida disponibilidade ou obtidos a partir de uma relação custo-benefício desejável; Adequadamente documentados e de qualidade reconhecida; Atualizados regularmente.

Uma abordagem diferenciada para caracterizar tipologicamente os indicadores seria perguntando o que se necessita:

**TIPO A** – O que está acontecendo com o ambiente? São os Indicadores Descritivos

A metodologia DPSIR, proposta pela OECD (2003), é bastante apropriada para representar o desenvolvimento sustentado e avaliar a qualidade ambiental de maneira integrada, como mostra a Figura VII.01. Esta metodologia pressupõe uma relação intrínseca entre o meio ambiente (suporte de vida), atividades humanas (geradoras de impacto) e qualidade de vida da população (afetada pela degradação ambiental).

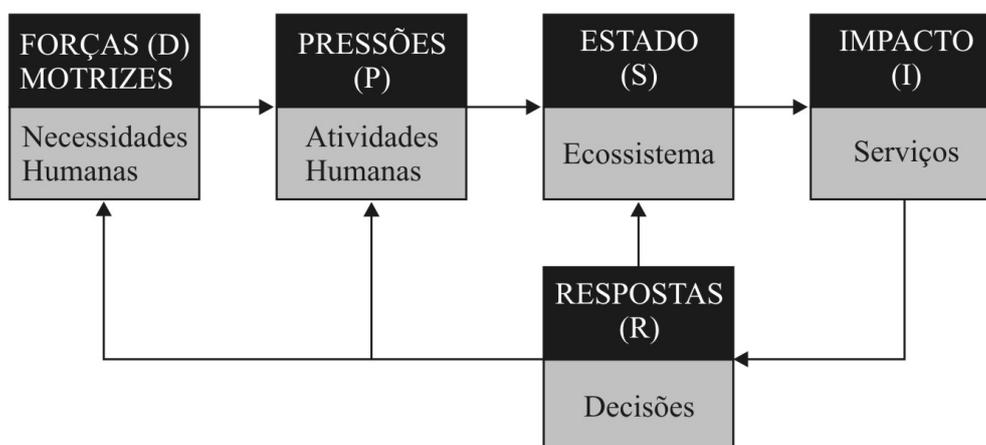


Figura VII.01 – O modelo conceitual DPSIR

De acordo com esta proposta, as Forças Motrizes (D= Drivers) do desenvolvimento socioeconômico exercem Pressões (P = Pressure) no meio ambiente e, como consequência, mudam o Estado do ambiente (S = State). Isto leva a Impactos (I = Impact) na saúde humana, nos recursos e nos ecossistemas, que induzem Respostas (R = Response) da sociedade em direção às Forças Motrizes (D= Drivers).

Mais detalhadamente pode-se comentar que:

a) Indicadores de Forças Motrizes (D) - Descrevem o desenvolvimento social e econômico de sociedades e as respectivas mudanças no estilo de vida, níveis de consumo e padrão de produção. A força motriz mais elementar é o crescimento populacional, o qual induz a mudanças nos níveis de produção de bens que, por sua vez, exercem pressão (P) sobre o ambiente;

b) Indicadores de Pressão (P): Descrevem a liberação de substâncias físicas e biológicas no ambiente, o uso de recursos naturais e o uso da terra. As pressões exercidas pela sociedade resultam em processos variados que afetam o meio

ambiente. Emissões de gases para a atmosfera, extração de argila cerâmica, são exemplos para este caso;

c) Indicadores de Estado (S): Descrevem a quantidade e a qualidade de fenômenos físicos, químicos e biológicos, numa determinada área. Por exemplo, qualidade da água e concentração de CO<sub>2</sub> no ar;

d) Indicadores de Impacto (I): Descrevem os impactos decorrentes das mudanças ambientais nas funções sociais e econômicas no ambiente, devidos a pressões (P) aplicadas. É o caso de fertilizantes aplicados na agricultura, que são carregados para reservatórios de hidroelétricas, provocando o crescimento anormal de macrófitas, plantas aquáticas que entopem as grades de proteção das turbinas, diminuindo o fluxo de água para a produção de energia elétrica. A remoção dessas plantas é um custo adicional na manutenção do sistema;

e) Indicadores de Resposta (R): Referem-se à resposta da sociedade, na prevenção, compensação, mitigação ou adaptação às mudanças no estado do ambiente. Normas estabelecendo o nível máximo de contaminantes atmosféricos emitidos por carros são um exemplo para este caso.

#### **TIPO B – Isto é importante? São os Indicadores de Desempenho**

Enquanto que os indicadores anteriores descrevem uma situação existente, os indicadores de desempenho comparam a situação atual com uma situação de referência. Eles medem a distância entre a situação ambiental atual e a situação desejada. Mais detalhes sobre o assunto em: <http://www.globalreporting.org>.

#### **TIPO C – Está melhorando? São os Indicadores de Eficiência**

Os indicadores mais importantes para os tomadores de decisões são aqueles que relacionam pressões ambientais devido a atividades humanas, já que oferecem uma percepção clara sobre a eficiência de produtos e processos. A eficiência estaria então relacionada a recursos naturais utilizados, emissões e resíduos produzidos por unidade de referência. Por exemplo, a eficiência energética dos carros pode ser descrita pela quantidade de combustível (gasolina/álcool) utilizado por pessoa, por quilômetro rodado.

#### **TIPO D – Estamos numa situação melhor? São os Indicadores de Bem-Estar**

O IDH – Índice de Desenvolvimento Humano se utiliza de indicadores relacionados com Educação, Longevidade e Renda. O IDH varia de 0 a 1 e, quanto mais próximo de 1, melhor é a situação.

O IDH brasileiro passou de 0,752 em 2013 para 0,755 em 2014, ocupando o 75º lugar entre 188 países. A Noruega é a primeira colocada, nos últimos cinco anos, com um IDH de 0,955.

Evidentemente, o mundo real é muito mais complexo do que os modelos que tentam expressar relações de causa-efeito em sistemas antropizados, principalmente porque muitas das relações entre sistemas humanos e sistemas ambientais ainda não foram suficientemente compreendidas.

### **2.2.3. Índice**

Um conjunto agregado de parâmetros ou indicadores, relativizados por pesos. Um exemplo já comentado é o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano, que leva em conta dados relativos à educação, longevidade e renda de um município, por exemplo.

A agregação de indicadores para a obtenção de índices é feita devido à enorme quantidade de dados que podem ser coletados de uma área, dificultando o processo de tomada de decisões.

Como agregar dados pode implicar na perda de informações, os métodos de agregação devem ser cuidadosamente selecionados. A agregação tem início com os dados brutos, os quais são submetidos a processos estatísticos e modelagens, resultando em índices para cada uma das áreas e interesse do projeto ambiental.

### 2.3. Amostragem

A análise ambiental de uma área depende dos dados ambientais coletados. A partir da integração e interpretação dos mesmos, pode-se chegar ao diagnóstico ambiental. Existem várias questões a serem consideradas na amostragem de uma área, com o propósito de estimar suas propriedades. As mais importantes são:

a) Planejamento - Decisões a serem tomadas como resultado do trabalho, a partir da identificação das necessidades dos usuários dos dados. Desenvolvimento do modelo conceitual do projeto e especificação dos objetivos da amostragem;

b) Identificação dos usos e necessidades - Este estágio especifica os dados necessários para atender aos objetivos da primeira fase, selecionando ainda o plano de amostragem e a abordagem analítica mais adequada. Incluem-se aqui: Identificação dos dados necessários, quantidade e usos; Considerações sobre as opções de amostragem; Definição da precisão necessária; Representatividade, suficiência e comparabilidade dos dados. Uma vez que os dados são identificados, é feita a priorização de acordo com a demanda prevista, levando em conta os limites estatísticos da qualidade pretendida;

c) Estruturação do plano de coleta - Discriminação dos trabalhos a serem realizados, compreendendo o plano de amostragem e análises e os trabalhos de campo a serem realizados. Identificação das possíveis fontes de dados existentes, levando em conta que a coleta de dados é um item significativamente dispendioso;

d) Seleção dos locais de amostragem - Existem três abordagens básicas na seleção de locais para amostragem, quando se trata do meio físico (GERARDI & SILVA, 1981):

d.1) Amostragem direcionada – Para locais conhecidos;

d.2) Amostragem sistemática – Este método envolve a coleta de amostras de locais predeterminados, estabelecidos em um esquema prévio de amostragem, tal como linha ou grade.

d.3) Amostragem aleatória – Para áreas onde o objeto de análise é altamente variável no ambiente. Neste caso, a amostragem pode ser: Em linha - Aleatória simples; Aleatória sistemática; Aleatória estratificada; Em área - Aleatória simples; Por coordenadas X e Y; Aleatória sistemática; Aleatória estratificada proporcional.

e) Tipos de amostras

O tamanho da amostra depende da realização de uma revisão bibliográfica sobre o assunto e da experiência da equipe de trabalho, o mesmo ocorrendo com a definição do intervalo de classes.

e.1) Simples – É uma amostra individual retirada de um ponto específico,

predeterminado, para estudos de sedimentos, solos, água livre e água subterrânea;

e.2) Composta – É uma amostra resultante da homogeneização de amostras individuais coletadas numa área. Ela apresenta como resultado a concentração média do elemento em estudo;

e.3) Integrada – Normalmente formada por uma amostra contínua de amostras simples, para descrever um fenômeno onde um ou mais parâmetros variam com o tempo.

## **2.4. Técnicas de Coletas de Amostras**

Existem várias técnicas de coleta, para diferentes propósitos, e a bibliografia é extensa. O ponto mais importante na seleção da técnica de coleta é considerar que cada uma tem particularidades que a tornam mais adequada segundo características específicas do objeto a ser analisado. Uma visão geral sobre o assunto é dada a seguir.

### **2.4.1. Técnicas de Superfície**

São aquelas que avaliam as condições superficiais e subsuperficiais do terreno, com dois grupos principais.

a) Sensoriamento Remoto – Método já abordado anteriormente, também chamado de método radiométrico. É importante enfatizar que aqueles que pretendem se utilizar de fotografias aéreas e imagens de satélite devem ter um bom conhecimento das propriedades espectrais dos alvos estudados, bem como experiência de campo;

b) Geofísica de Superfície – Depende da composição do solo e do substrato rochoso, do teor de umidade e da profundidade requerida. Merecem destaque:

b.1) Magnetométrico - A magnetometria mede as variações do campo magnético da Terra. Quando o campo magnético apresenta medidas fora do padrão, estas estão associadas às variações na susceptibilidade magnética das rochas ou às associações entre os minerais que as compõem, apresentando então as chamadas anomalias magnéticas, o que permite individualizar corpos rochosos ou estruturas associadas às mineralizações, principalmente minerais ferrosos;

b.2) Geoelétrico- A prospecção geoelétrica procura identificar as condições de subsuperfície pela condução de corrente elétrica nas rochas e solos. A resistividade elétrica das formações geológicas depende dos minerais presentes e, principalmente, da quantidade e tipo dos fluidos que preenchem os espaços existentes. Conhecendo-se a variação espacial da resistividade elétrica é possível identificar as zonas de concentração de materiais condutores, zonas de circulação e de armazenamento de água, especialmente no caso do monitoramento de áreas poluídas. Os métodos principais são: Sondagens elétricas verticais; Sondagens geoelétricas multipolares; Potencial espontâneo;

b.3) Sísmico - Baseia-se na emissão de ondas sísmicas em subsuperfície ou no mar, geradas por explosivos, ar comprimido, queda de peso ou vibradores. Captando os respectivos ecos, depois que tais ondas percorreram o interior da crosta terrestre, sendo refletidas e refratadas por descontinuidades e retornando à superfície, é possível identificar inúmeras feições em subsuperfícies a grandes profundidades;

b.4) Radar de penetração - O georadar (GPR – Ground Penetrating Radar) fornece informações bastante detalhadas até aproximadamente 20 metros, utilizando-se da reflexão das ondas eletromagnéticas no contato entre as diferentes camadas que

integram o subsolo, produzindo seções verticais contínuas que permitem visualizar as descontinuidades presentes. É um método bastante flexível, que permite a visualização de alvos variados, como materiais metálicos, cavidades, infiltração de líquidos, etc;

b.5) Gravimétrico – Mede as variações do campo gravitacional na crosta terrestre, provocadas por diferentes corpos rochosos de diferentes densidades. Quanto maior a densidade, maior a influência.

#### **2.4.2. Técnicas de Subsuperfície – Sondagem**

Neste caso, e ao contrário das técnicas de superfície, a obtenção dos dados é feita por meio da coleta de amostras físicas obtidas por meio de perfuração do terreno ou coleta da água superficial. Definido o plano de coleta, é fundamental a consulta às agências ou empresas que gerenciam o transporte de produtos ou prestam serviços por meio de tubulações subterrâneas, como água, petróleo, combustíveis, gases, energia elétrica, telefone, fibra ótica, etc. O dano a tubulações devido a perfurações mal planejadas é bem mais comum do que se pensa. A sondagem pode ser aplicada para:

a) Rochas – Objetiva avaliar rochas em profundidades, podendo ser por percussão ou rotativa. Os objetivos principais são a prospecção mineral e testes de penetração para a construção civil, em especial a estabilidade de fundações;

b) Gases no solo – Normalmente utilizados quando a contaminação inclui compostos orgânicos voláteis. São coletadas amostras a profundidades e espaçamentos variados, para posterior análise;

c) Solos – As amostras podem ser coletadas a profundidades variadas, de acordo com as finalidades, podendo ser simples ou compostas. No caso da classificação de solos, as mesmas são coletadas nos horizontes diagnósticos, (Horizonte diagnóstico corresponde a uma seção do perfil do solo que apresenta determinadas características físicas e químicas), para posterior análise. O mesmo vale para determinação da fertilidade dos solos para fins de adubação, segundo a cultura a ser plantada;

d) Sedimentos – O objetivo é determinar se existe contaminação em corpos d'água, pesquisando-se os sedimentos presentes em rios, canais de drenagem, represas, lagos e bacias de retenção. Em rios e canais de drenagem é possível uma rápida identificação da migração dos contaminantes e os pontos onde os emissores poderão estar expostos. Lagos, barragens e bacias de retenção não dão indicação da migração de contaminantes, mas dão indicação de possíveis pontos de emissão, mudando, no entanto, o método de amostragem;

e) Água superficial – É importante caracterizar a água superficial em canais, rios, lagos e represas, já que estas informações permitem entender os caminhos da poluição até os receptores, num determinado espaço de tempo. No caso de rios ou canais de drenagem, os locais de amostragem acompanham o curso da corrente, com mais pontos de coleta a jusante da suposta contaminação, para o rio/canal principal e tributários;

f) Água subterrânea – Quando um contaminante é identificado no solo, existe a possibilidade de contaminação do lençol freático. Esta migração é possível pela percolação da água através do solo, onde a taxa de migração é controlada pelas propriedades físicas e geoquímicas do solo e pelo teor de matéria orgânica. Uma vez que os contaminantes atingem o lençol freático eles se dispersam, de acordo com suas propriedades físico-químicas. Benzeno, tolueno e xileno se concentram na parte superior, e na parte inferior concentram-se compostos vinílicos. Compostos orgânicos

voláteis e petróleo ficam dispersos no meio.

## 2.5. Estatística

Os trabalhos de campo para a coleta de dados ambientais são caros e demorados. Assim, a coleta de material é feita por intermédio de amostragens e posterior tratamento estatístico, o que permite reduzir o número de amostras e validar os dados coletados.

Na área ambiental, a probabilidade de ocorrência de um evento raramente segue a lei das probabilidades, e séries históricas (passado) são ferramentas importantes para estudar eventos futuros. Alguns testes estatísticos são aplicáveis na área ambiental.

a) Medidas de tendência central - Média aritmética; Mediana – Valor que define uma posição, a qual divide uma série estatística em duas partes; Moda – Um valor que ocorre com mais frequência numa sequência numérica;

b) Medidas de dispersão (mais importante) – Amplitude: Intervalo entre valores extremos de um conjunto de dados; Desvio padrão: É uma medida de dispersão usada juntamente com a média, medindo a variabilidade dos valores obtidos em torno da mesma. O valor mínimo do desvio padrão é 0, indicando que não há variabilidade, ou seja, que todos os valores são iguais à média; Coeficiente de variação (CV): Indica o grau de heterogeneidade dos dados;

c) Assimetria e curtose - Servem para indicar o quanto um conjunto de dados está próximo da normalidade em relação à Curva de Gauss, sendo uma pré-condição para o uso de diversas técnicas de análise estatística.

Para dados ambientais a distribuição normal ideal não existe. Quando a distribuição é próxima da normalidade, pode-se realizar a normalização dos dados, quando então é possível a aplicação de métodos paramétricos. Para todos os outros casos a estatística será não paramétrica.

## 2.6. Gerenciamento de Dados Ambientais

Refere-se ao planejamento e acompanhamento do fluxo de dados ambientais coletados. O objetivo do gerenciamento é transformar dados disponíveis em utilizáveis, o que implica na seleção, armazenamento e processamento. O processo deve levar em conta que os dados podem ser de dois tipos: Tabulares – Ex: Dados socioeconômicos; Mapeáveis – Ex: Caracterização do meio físico.

Ainda como parte do planejamento, alguns critérios devem ser observados no início dos trabalhos:

a) Definição dos aspectos de interesse da pesquisa e identificação das áreas do conhecimento envolvidas;

b) Definição das escalas de trabalho, da resolução desejada e da estrutura da base de dados;

c) Identificação e seleção das fontes de dados;

d) Análise custo/benefício em relação aos dados.

Os dados podem ser de origem primária, quando são gerados pela equipe de trabalho, e secundária, quando gerados por outras equipes ou instituições. No caso do aproveitamento de dados existentes, vários problemas podem ser encontrados.

De imediato, os mapas ou cartas existentes podem estar no formato analógico ou digital. No primeiro caso, certamente os mapas estarão desenhados numa base de papel ou plástica, sugerindo a existência de grandes deformações da base cartográfica e do respectivo mapa temático. Alguns programas computacionais atuais contam com rotinas que permitem a correção geométrica do problema, sempre com custos adicionais, já que para a execução da operação o mapa precisa ser previamente digitalizado. Se digitais, os dados poderão estar no formato vetorial ou raster, e, por serem antigos, podem apresentar baixa precisão, comparativamente às precisões requeridas pelos modernos programas de geoprocessamento.

Um mapa antigo pode ainda: Exibir um *datum* de referência já em desuso; Utilizar somente coordenadas geográficas em detrimento de coordenadas UTM; Apresentar, por exemplo, pouco detalhamento para um mapa de vegetação, ou seja, abaixo das necessidades do projeto ou em relação a mapas mais recentes da mesma área (série temporal); Apresentar, para uma mesma área, legenda diferente para os mesmos alvos.

É importante lembrar que a coleta de dados é um processo caro e demorado, e, ainda hoje, com o avanço da tecnologia, é interessante analisar a possibilidade do aproveitamento de material existente, mesmo que sensivelmente defasado no tempo e na qualidade da informação. Os recursos tecnológicos hoje disponíveis permitem melhorar significativamente os dados preexistentes, colocando-os em condições de serem reaproveitados.

### 3. Integração de Dados Ambientais

A análise ambiental é direcionada de acordo com os objetivos do projeto, utilizando-se de indicadores apropriados, desde uma proposta mais simples, para determinar o risco de erosão dos solos de uma pequena bacia hidrográfica, até um amplo e detalhado projeto de desenvolvimento territorial. A análise integrada pode ainda ser executada para atender diferentes categorias de estudos:

- a) Prognósticos – Degradação ambiental; Poluição atmosférica;
- b) Avaliação do estado do meio ambiente – Metodologia DPSIR, que avalia impactos socioeconômicos;
- c) Avaliação de respostas às políticas públicas – Vegetação natural; Biodiversidade; Recursos hídricos.

A integração de dados pode ser feita em vários níveis hierárquicos, de acordo com as necessidades ou fases de um projeto ambiental. Uma das alternativas mais utilizadas é a espacialização do fenômeno estudado. Na fase inicial de um projeto, pode ser um simples mapa da distribuição espacial das chuvas de uma região em mm, como pode ser visto em [http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/mapa\\_distrchuva.php](http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/mapa_distrchuva.php), para a bacia hidrográfica do rio Corumbataí, no estado de São Paulo.

Numa fase intermediária, pode ser um mapa de risco de erosão dos solos dessa mesma região. Neste caso, além do mapa da distribuição de chuvas, serão utilizados: o mapa de solos, o mapa de declividades, o mapa de uso e ocupação das terras, cujo resultado pode ser visto em <http://ceapla.rc.unesp.br/atlas/erosao/viewer.htm>.

Avançando um pouco mais no tratamento das informações, pode-se chegar ao mapa de vulnerabilidade ambiental, apresentado em [http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/plan\\_vulambiental03.php](http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/plan_vulambiental03.php), para, finalmente, executar-se o zoneamento ambiental, visualizado em [http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/plan\\_zoneecologico02.php](http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/plan_zoneecologico02.php), para a mesma região.

Os zoneamentos, em geral, têm como objetivo principal o ordenamento do território em áreas ou zonas homogêneas, com características e potencialidades similares. No caso do Zoneamento Ambiental, esse ordenamento objetiva a delimitação de zonas com características e potencialidades ambientais semelhantes.

Mais recentemente, surgiu uma modalidade de zoneamento ambiental mais ampla, o Zoneamento Ecológico-Econômico, um instrumento para a racionalização da ocupação dos espaços e o redirecionamento de atividades. Ele deve subsidiar estratégias e ações para a elaboração e execução de planos regionais em busca do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2006).

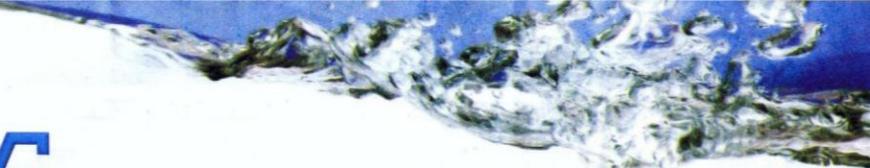
A quantidade de informações a serem processadas é muito grande, especialmente nos estudos mais detalhados, exigindo equipamentos e softwares especializados, operados por pessoal competente. Mais detalhes sobre a integração de informações ambientais no capítulo seguinte.

## ANEXOS

## Anexo ao item 2.2.1. Parâmetro

## a) Água – Relatório de qualidade de água

## Página de Rosto

**RELATÓRIO ANUAL DE QUALIDADE DE ÁGUA 2.013**

<p>Em atendimento ao disposto no <i>Decreto Federal nº. 5.440/05</i> que estabelece os procedimentos para a divulgação de informações ao consumidor sobre qualidade da água para consumo humano e, em consonância com a <i>Portaria do Ministério da Saúde nº.2914/11</i>, que estabelece o padrão de potabilidade da água. Segue-se o <i>Relatório Anual</i> referente a 2.013.</p>	<p><b>Denominação do responsável pelo abastecimento de água:</b> Departamento Autônomo de Água e Esgoto.</p>	<p>como fonte de íons fluoreto (flúor) a ser adicionado à água; <b>cal hidratada:</b> utilizada como auxiliar na coagulação e para promover a correção final do PH da água tratada; <b>cloro:</b> produto utilizado para a clarificação da água; <b>cloro:</b> produto utilizado para a desinfecção da água; <b>ortopolifosfato de sódio:</b> tem como finalidade principal a inibição da formação de incrustações em rede de distribuição.</p>
<p><b>Transcrição do Artigo 6º, inciso III da Lei nº. 8.078 de 1.990:</b></p>	<p><i>Secretaria de Saúde - Unidade de Vigilância Sanitária.</i> Endereço: AV 01 nº 759 Centro. Telefone: (19) 3533-1275.</p>	<p>a) <b>Assistência:</b> captada e bombeada diretamente do poço para os consumidores, recebendo somente a cloração; b) <b>Ferraz:</b> captada e bombeada do poço; em seguida a água recebe o cloro e flúor, sendo conduzida ao reservatório existente para distribuição.</p>
<p>São direitos básicos do consumidor: III – a informação adequada e clara sobre os diferentes produtos e serviços, com especificação correta de quantidade, características, composição, qualidade e preço, bem como sobre os riscos que apresentarem;</p>	<p><b>Locais de divulgação dos resultados e informações complementares sobre a qualidade da água:</b> Sede DAAE: AV: 8A nº 360 – Cidade Nova Internet: www.daaerioclaro.sp.gov.br</p>	<p><b>Significado dos parâmetros com relação a tabela</b></p>
<p><b>Transcrição do Artigo 31º da Lei nº. 8.078 de 1.990:</b></p>	<p><b>Identificação dos mananciais de abastecimento</b> De acordo com o Decreto nº 10.755/77 e Resolução CONAMA 357/05, os rios Ribeirão Claro e Corumbataí são corpos d'água classe 2 (águas destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional).</p>	<p>• <b>Cor, turbidez, ferro e manganês:</b> são parâmetros relacionados a efeitos diversos de caráter estético que, em consequência, causam repulsa ao consumo da água; • <b>pH:</b> pode ser neutro (pH = 7), ácido (pH &lt; 7) ou básico (pH &gt; 7). • <b>Cloro:</b> serve para a desinfecção (eliminação de microrganismos patogênicos na água) e oxidação de metais (ferro e manganês). • <b>Flúor:</b> causa cárie dentária se ausente e fluorose se em excesso. • <b>Cloretos:</b> teores elevados de cloretos podem interferir nos processos de tratamentos e conferir sabor salino à água.</p>
<p>A oferta e apresentação de produtos ou serviços devem assegurar informações corretas, claras, precisas, ostensivas e em língua portuguesa sobre suas características, qualidades, quantidade, composição, preço, garantia, prazos de validade e origem, entre outros dados, bem como sobre os riscos que apresentam à saúde e segurança dos consumidores.</p>	<p>Pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. O Ribeirão Claro nasce entre as Fazendas Carangola e Casa Grande no bairro Navio Grande, próximo ao Distrito de Ajapí. O Rio Corumbataí nasce no município de Analândia, junto ao Morro do Camelo, na Fazenda São Jorge. O Órgão responsável pelo monitoramento da qualidade da água é a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e os gestores dos recursos hídricos federais e estaduais são, respectivamente: Agência Nacional das Águas (ANA) e o Departamento Estadual de Água e Energia Elétrica (DAAE).</p>	<p><b>Significado de parâmetros biológicos:</b></p>
<p><b>Transcrição da Seção IV da Portaria do Ministério da Saúde 2914 de 12 de dezembro de 2011. Do Responsável pelo Sistema ou Solução Alternativa Coletiva de abastecimento de Água para Consumo Humano.</b></p>	<p>O Distrito de Assistência possui poço profundo, de 450 metros, e litologicamente pertence ao Grupo Tubarão.</p>	<p>• <b>Coliformes:</b> representa um grupo de bactérias que vive no intestino de animais de sangue quente; também, alguns tipos são encontrados no meio ambiente. É uma análise utilizada como indicação de contaminação microbiológica; • <b>Bactérias heterotróficas:</b> a contagem é efetuada, também, como indicador de contaminação microbiológica e está relacionada à presença de matéria orgânica.</p>
<p><b>Art 13º .Compete ao responsável pelo sistema</b> ou –solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano:</p>	<p>O Distrito de Ferraz possui poço raso tubular, com profundidade de 58 metros.</p>	<p><b>Resultados das análises da qualidade da água distribuída:</b></p>
<p>I- Exercer o controle da qualidade da água; II- garantir a operação e a manutenção das instalações destinadas ao abastecimento de água potável em conformidade com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e das demais normas pertinentes; III- manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, nos termos desta Portaria.</p>	<p><b>Descrição simplificada do sistema de abastecimento de água:</b> <b>Sistema Produtor: Rios, Ribeirão Claro e Corumbataí</b></p>	<p>Um resumo das análises da qualidade da água distribuída segue na tabela anexa.</p>
<p>V- encaminhar à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios relatórios das análises dos parâmetros mensais, trimestrais e semestrais com informações sobre o controle da qualidade da água, conforme o modelo estabelecido pela referida autoridade; X- proporcionar mecanismos para recebimento de reclamações e manter registros atualizados sobre a qualidade da água distribuída, sistematizando-os de forma compreensível aos consumidores e disponibilizando-os para pronto acesso e consulta pública, em atendimento às legislações específicas de defesa do consumidor;</p>	<p>A água é captada e bombeada por meio das estações elevatórias e adutoras de água bruta até as estações de tratamento, nas quais há processo físico-químico (adsorção, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação) capaz de promover o tratamento necessário à potabilização da água, de acordo com a legislação vigente. Os produtos químicos utilizados no tratamento são: <b>ácido fluossilícico:</b> utilizado</p>	<p style="text-align: center;"><b>IMPORTANTE!</b></p> <p>Quando as amostras da rede de distribuição apresentam resultados fora dos padrões estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, são tomadas ações corretivas imediatas para o restabelecimento do padrão de qualidade, o que inclui a realização de novas análises</p>

VII - ANÁLISE AMBIENTAL

Verso

RESULTADOS ANALISES ETA I 2013														
PARAMETRO	UNIDADE	VMP(1)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
		PORTARIA 2914/2011												
Cor Aparente	mg Pt-Co/l	15,0	3,5	2,8	3,4	2,9	4,1	4,1	3,1	3,1	3,4	3,7	4,6	4,9
Cloro Livre	mg/l	0,2-2,0	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,1	1,1	1,0	1,2	1,0	1,0
Cloreto	mg/l	250	43,78	35,42	36,77	37,06	25,23	32,66	27,63	22,64	23,92	33,47	37,5	32,42
Fluor	mg/l	0,6-0,8 1,5	0,64	0,61	0,61	0,69	0,70	0,63	0,64	0,61	0,65	0,67	0,67	0,63
Ferro	mg/l	0,3	0,07	0,06	0,09	0,05	0,09	0,08	0,08	0,05	0,05	0,06	0,06	0,03
Manganês	mg/l	0,1	0,010	0,010	0,016	0,004	0,012	0,012	0,001	0,004	0,005	0,015	0,014	0,025
pH	-	6,0-9,5	7,3	7,3	7,4	7,0	7,5	7,4	7,4	7,3	7,4	7,4	7,1	7,2
Turbidez	unt	5,0	0,47	0,45	0,57	0,39	0,57	0,46	0,33	0,38	0,39	0,34	0,38	0,37
Coliformes totais	nmp/100 ml	Ausência(3)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Termotolerantes	nmp/100 ml	Ausência(4)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bactérias heterotrófica	Colonia/ml	500	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

RESULTADOS ANALISES ETA II 2013														
PARAMETRO	UNIDADE	VMP(1)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
		PORTARIA 2914/2011												
Cor Aparente	mg Pt-Co/l	15,0	5,4	4,8	4,8	4,9	4,5	4,3	3,6	4,3	3,7	4,2	4,5	6,6
Cloro Livre	mg/l	0,2-2,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,7
Cloreto	mg/l	250	42,67	32,89	32,73	34,16	25,60	26,91	24,33	21,33	20,08	30,92	33,98	31,55
Fluor	mg/l	0,6-0,8 1,5(2)	0,70	0,69	0,72	0,69	0,72	0,63	0,64	0,68	0,66	0,64	0,66	0,65
Ferro	mg/l	0,3	0,09	0,10	0,15	0,12	0,14	0,12	0,12	0,10	0,07	0,09	0,12	0,12
Manganês	mg/l	0,1	0,014	0,017	0,009	0,011	0,011	0,007	0,003	0,008	0,002	0,009	0,014	0,017
pH	-	6,0-9,5	7,2	7,2	7,4	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,1	7,3
Turbidez	unt	5,0	0,77	0,70	0,76	0,70	0,63	0,71	0,46	0,51	0,41	0,40	0,59	0,86
Coliformes totais	nmp/100 ml	Ausência(3)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Termotolerantes	nmp/100 ml	Ausência(4)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bactérias heterotrófica	Colonia/ml	500	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

COLETA ETA I	827	(1) VALOR MÁXIMO PERMITIDO
COLETA ETA II	1091	(2) RESOLUÇÃO ESTADUAL SS-250
TOTAL DE COLETAS	1918	(3) AUSÊNCIA EM 95% DAS AMOSTRAS
N° DE EXAMES	12998	(4) AUSÊNCIA EM 100% DAS AMOSTRAS
N° ANÔMALOS	8	

RESULTADOS ANALISES ASSISTÊNCIA 2013														
PARAMETRO	UNIDADE	VMP(1)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
		PORTARIA 2914/2011												
Cor Aparente	mg Pt-Co/l	15,0	2,7	1,8	2,0	2,8	1,1	2,4	2,6	1,6	2,9	2,7	2,3	2,3
Cloro Livre	mg/l	0,2-2,0	0,7	0,5	0,8	0,8	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,90	0,66
Cloreto	mg/l	250	16,84	15,57	16,26	18,04	12,13	13,2	10,3	9,55	14,24	9,72	11,72	10,74
Fluor	mg/l	0,6-0,8(2) 1,5	1,28	1,32	1,32	1,33	1,28	1,24	1,31	1,30	1,24	1,19	1,10	1,15
Ferro	mg/l	0,3	0,01	0,05	0,03	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,03
Manganês	mg/l	0,1	0,002	0,002	0,001	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,006	0,011
pH	-	6,0-9,5	9,5	9,4	9,5	9,5	9,6	9,7	9,6	9,5	9,7	9,7	9,4	9,5
Turbidez	unt	5,0	0,16	0,23	0,18	0,31	0,39	0,24	0,31	0,33	0,31	0,23	0,39	0,30
Coliformes totais	nmp/100 ml	Ausência(3)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Termotolerantes	nmp/100 ml	Ausência(4)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bactérias heterotrófica	Colonia/ml	500	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

RESULTADOS ANALISES FERRAZ 2013														
PARAMETRO	UNIDADE	VMP(1)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
		PORTARIA 2914/2011												
Cor Aparente	mg Pt-Co/l	15,0	4,2	3,4	3,0	2,5	2,8	1,7	2,4	1,2	2,7	3,0	1,1	3,2
Cloro Livre	mg/l	0,2-2,0	0,7	0,7	1,0	1,1	1,1	1,2	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0
Cloreto	mg/l	250	15,76	15,82	20,43	18,72	13,06	14,89	11,25	8,21	13,85	9,74	10,36	8,72
Fluor	mg/l	0,6-0,8 1,5(2)	0,72	1,67	0,64	0,68	0,67	0,62	0,64	0,67	0,66	0,63	0,64	0,63
Ferro	mg/l	0,3	0,03	0,05	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,03	0,01	0,04
Manganês	mg/l	0,1	0,007	0,003	0,001	0,003	0,006	0,001	0,006	0,008	0,005	0,007	0,009	0,004
pH	-	6,0-9,5	7,0	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	6,9	6,9
Turbidez	unt	5,0	0,91	0,55	0,57	0,38	0,31	0,38	0,29	0,21	0,16	0,33	0,77	0,59
Coliformes totais	nmp/100 ml	Ausência(3)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Termotolerantes	nmp/100 ml	Ausência(4)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bactérias heterotrófica	Colonia/ml	500	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

ASSISTÊNCIA	FERRAZ	
COLETA	124	126
N° EXAMES	894	912
N° ANÔMALOS	124	3

(1) VALOR MÁXIMO PERMITIDO
(2) RESOLUÇÃO ESTADUAL SS-250
(3) AUSÊNCIA EM 95% DAS AMOSTRAS COLETADAS
(4) AUSÊNCIA EM 100% DAS AMOSTRAS COLETADAS

d) Socioeconomia – Exercício de coleta e interpretação de dados do site do IBGE  
 OBS: Exercício integrante do curso à distância “Análise de Dados Socioambientais”, oferecido pelo CECEMCA – Centro de Educação Continuada em Educação Matemática, Científica e Ambiental (<http://igce.rc.unesp.br/#!/unidade-auxiliar/ceapla/educacao-continuada/cecemca/>)

## DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

**ALUNO:**

**MUNICÍPIO:**

**ESTADO:**

**OBJETIVOS DO TRABALHO:** Treinamento na busca, seleção, coleta, manipulação e interpretação de dados socioambientais municipais.

**METODOLOGIA:** a) Consulta via INTERNET, ao Banco de Dados do IBGE, de outras agências federais e das agências normativas/reguladoras nos respectivos estados; b) Em certos casos, na falta de dados mais específicos, buscar alternativas para gerar dados aproximados, através de consultas às prefeituras e à população; c) Existindo Plano Diretor Municipal (PDM), comparar o diagnóstico realizado com as propostas apresentadas no respectivo PDM.

**PERFIL MUNICIPAL - UMA VISÃO RÁPIDA E GERAL DO SEU MUNICÍPIO**

### EXERCÍCIO 01

#### ROTEIRO QUANDO UTILIZA O ATLAS DO IDH

1. Acesse o site: [www.pnud.org.br/atlas/](http://www.pnud.org.br/atlas/) e leia os itens: a) “O que é o Atlas do Desenvolvimento Humano”; b) “Textos Analíticos”; c) Tabelas de ranking do IDH-M (Índice de Desenvolvimento Humano-Municipal). Em seguida faça o download do ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO para ao seu computador.

2. Consulta ao ATLAS: Abrir o ATLAS>O que deseja fazer>Perfil>Sua cidade. Aqui você terá à disposição informações consolidadas do seu município.

Embora existam limites que indicam como os índices do seu município se apresentam em comparação às médias brasileiras, talvez seja mais importante você comparar os resultados com alguns municípios que você conhece, na região. Alguns índices do seu município poderão estar melhores e outros piores. Pensando naqueles que são piores, você poderia especular sobre as possíveis razões que determinam tal situação e de que maneira seria possível reverter o problema. Por exemplo, a situação da Educação. Como está a escolaridade por faixa etária? Boa ou ruim? Nesta faixa, a competência é Municipal ou Estadual? O que fazer em cada caso?

Na verdade, um dos objetivos deste exercício é desenvolver ou fortalecer sua competência analítica, a partir de fatos reais.

#### 3. Execução do Exercício

Depois que você tiver avaliado os índices do seu município, coisa que seus colegas de curso também terão feito para os seus respectivos municípios, será possível fazer uma comparação entre eles, ou seja, o que cada um tem de melhor ou de pior. Se as coisas estão melhores em um determinado município, procure saber a razão. Como tais índices estão intimamente relacionados com as políticas públicas locais, alguém é mais competente por lá.

#### Como de calcula o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM

O IDH foi criado originalmente para medir o nível de desenvolvimento humano dos países a partir de indicadores de **educação** (alfabetização e taxa de matrícula), **longevidade** (esperança de vida ao nascer) e **renda** (PIB per capita). O índice varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). Países

com IDH até 0,499 tem desenvolvimento humano considerado baixo; os países com índices entre 0,500 e 0,799 são considerados de médio desenvolvimento; países com IDH maior que 0,800 tem desenvolvimento considerado alto.

No caso do índice municipal ( IDHM) as dimensões são as mesmas, mas alguns dos indicadores são diferentes, já que mais adequados para núcleos sociais menores. São eles:

**Dimensão Educação** - Dois indicadores: a) Taxa de Alfabetização (TA) de pessoas acima de 15 anos, ou seja percentual de pessoas com mais de 15 anos alfabetizados, pela população total na mesma faixa (peso 2); b) Taxa Bruta de Frequência (TBF), ou seja o somatório de pessoas (independentemente de idade) que freqüentam os cursos fundamental, médio e superior pela faixa etária de 7 a 22 anos da localidade (peso 1).

$$\text{EDUCAÇÃO} = [\text{TBF} + (2 \times \text{TA})]/3$$

**Dimensão Longevidade** – Número médio de anos que uma pessoa nascida na localidade no ano de referencia deve viver. Este indicador sintetiza as condições de saúde e salubridade do local.

**Dimensão Renda** – O critério utilizado é a renda municipal per capita, ou seja, a renda média de cada residente no município = somatório da renda de todos os residentes, dividido pelo número de pessoas que moram no município (inclusive crianças ou pessoas com renda igual a zero). O cálculo da renda municipal per capita é feito a partir das respostas ao questionário expandido do censo do IBGE.

$$\text{IDH-M} = (\text{IDHM-E} + \text{IDHM-L} + \text{IDHM-R})/3$$

## EXERCÍCIO 2

### ROTEIRO DE ACESSO ÀS INFORMAÇÕES MUNICIPAIS APRESENTADAS PELO IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

1. Entrar em <http://www.ibge.gov.br>;
2. Na página aberta, selecionar no menu “Canais”, o item “Banco de Dados” e clique;
3. Ao clicar em “Banco de Dados”, vai aparecer uma série de opções. Clicar em “Cidades@”;
4. Na página aberta selecionar o estado no menu superior à direita, pela respectiva sigla. Clicar na sigla do seu estado, por exemplo “SP”, para São Paulo;
5. Na página que se segue, aparecerá à direita uma barra de rolagem com todos os municípios do Estado de São Paulo. Procurar e clicar no município desejado.

**Observação:** Cada aluno fará a consulta no município onde mora. Para efeito de exemplo, onde está sendo considerado o município de Adamantina em São Paulo, a sequência completa ficaria assim: <http://www.ibge.gov.br>>Banco de Dados>Cidades@>Unidades da Federação (SP)>Cidade (Adamantina) >Informações Estatísticas

6. Na sequência, aparecerão os títulos das informações disponíveis para o município de interesse. Para visualizar o conteúdo de cada uma delas basta clicar no respectivo título.

#### Perfil Econômico

Um município tem que gerar receita para fazer frente às necessidades dos moradores em grande número de quesitos, podendo-se citar: Transporte, Saneamento Básico, Segurança, Saúde, Educação, Assistência Social, Habitação, Cultura, Esporte, Lazer. A principal fonte de receita são os impostos, como o IPTU e aqueles que incidem sobre as atividades produtivas: Comércio, Indústria, Agropecuária e Serviços.

Além das receitas anteriores, um município recebe ainda recursos do Governo Federal pelo FPM – Fundo de Participação dos Municípios (mais informações em [http://www.tesouro.fazenda.gov.br/estados\\_municipios/transferencias\\_constitucionais.asp](http://www.tesouro.fazenda.gov.br/estados_municipios/transferencias_constitucionais.asp)).

**Exercício 2.1. Perfil Agropecuário Municipal**

Na sequência de acesso apresentada no item 6, anterior, clicar em >Censo Agropecuário (Adamantina, no exemplo) :

<u>Utilização das Terras</u>	<u>Num. de Estabelecimentos</u>	<u>Área (ha)</u>
Lav. Permanentes	230	1.127
Lav. Temporárias	182	30.611
Lav. Forrageiras	239	170
Lav. Cult. Flores	02	-
Pastagens Naturais	148	2.751
Past. Plant. Degradadas	42	712
Past. Plant. Boas Condições	424	14.746
Matas/Florestas	79	377 (Reserva Legal)
Matas/Florestas	38	5.334
Reflorestamento	7	62
Sistemas Agroflorestais	7	26
Tanques, Lagos e Açudes	10	40
Construções/Benfeitorias	254	400
Terras Degradadas	3	49
Terras Inaproveitáveis	10	1.001

**CONSIDERAÇÕES:** O município, na questão agropecuária, tem seu forte nas lavouras temporárias, permanentes e na pecuária. Há um número maior de propriedades com lavouras permanentes, embora ocupando área menor. Isto se explica pelo fato de que as lavouras permanentes ocupam áreas menores, mas com maior valor agregado. Matas e florestas, juntamente com terras inaproveitáveis (provavelmente áreas com declividades limitantes) correspondem a 16,3% do total.

Sistema de Preparo do SoloNum. de Estabelecimentos

+ Técnica

. Plantio Direto	4
. Cultivo Mínimo	96
. Convencional (aração+gradagem)	119



**CONSIDERAÇÕES:** Comparando-se o número de propriedades com lavouras temporárias (e a área), com o sistema de preparo do solo, verifica-se a maioria pratica o modo convencional, o que pode indicar um nível de manejo médio.

<u>Utilização das Terras</u>	<u>Num. de Estabelecimentos</u>	<u>Num. Cabeças</u>
Bovinos	440	28.651
Bubalinos	3	539
Equinos	294	824
Asisinos	2	50
Caprinos	7	104
Ovinos	57	2.092
Suinos	137	1.356
Aves	241	24.687

<u>Num. Estabelecimentos/Leite</u>	<u>Vacas ordenhadas</u>	<u>Litros/ano</u>
118	1.182	1.709.000

<u>Num. Estabelecimentos/Ovos</u>	<u>Ovos/Ano (Dz)</u>
84	300.000

<u>Produtos da Lavoura</u>	<u>Num. Estabelecimentos</u>	<u>Produção (ton)</u>
Banana	11	25
Café	111	1.000
Cana-de-açúcar	53	2.383.444
Feijão	7	40
Mandioca	28	547
Milho	46	626

**CONSIDERAÇÕES:** O número de vacas ordenhadas é pequeno em relação ao plantel, de modo que a região tipicamente é de pecuária de corte. O leite seria então um subproduto da atividade principal. O número de aves não é significativo, tanto para corte como para produção de ovos. Assim, leite, aves para carne, suínos e ovos são produtos de consumo local. A cana-de-açúcar é sem dúvida a principal atividade. Na região, esta cultura vem avançando sobre as áreas de pastagens, especialmente as degradadas.

**Faça uma análise crítica da agropecuária do seu município a partir dos dados do IBGE e de informações locais, se for possível. Considere ainda a qualidade do apoio técnico oficial, disponível. Qual a qualidade da agropecuária local? Quais medidas seriam necessárias para melhorar o nível tecnológico das propriedades e, como resultado, a melhoria da renda no campo?**

## 2.2. Perfil Econômico Municipal – PIB

Ainda na mesma página do IBGE, para Adamantina (33.843 habitantes), clicar em Produto Interno Bruto dos Municípios chegando-se aos seguintes valores (2012):

		<u>%</u>
. PIB a preços correntes	R\$ 641.663.000,00	100,00
. PIB per capita = R\$ 18.960,00		
. Valor adicionado agropecuária -	R\$ 30.276.000,00	4,72
. Valor adicionado indústria -	R\$ 113.660.000,00	17,71
. Valor adicionado serviços -	R\$ 444.517.000,00	69,28
. Impostos -	R\$ 53.210.000,00	8,29

**CONSIDERAÇÕES:** Na economia municipal é clara a importância do setor de serviços sobre as outras atividades. Embora a cultura da cana-de-açúcar seja significativa, isto não se reflete no PIB (Valor adicionado da agropecuária). Uma situação bastante comum é a produção estar localizada num município e o processamento (e correspondente faturamento) ser feito em outro município. Aparentemente é o caso de Adamantina.

Do ponto de vista de receita, a indústria é a atividade que mais arrecada (ICMS), aumentando a renda municipal e a capacidade de investimento da prefeitura.

Para efeito de comparação, os dados para Araras – SP (118.843 habitantes), são os

seguintes:

- . Agropecuária: 2,42 %
- . Indústria: 18,49 %
- . Serviços: 65,90 %
- . Impostos: 13,90 %
- . PIB per capita: R\$ 24.676,42

Aqui, a indústria tem uma participação maior, o que se reflete numa maior arrecadação de impostos.

No entanto, quando se analisa os IDHMs dos dois municípios nota-se que o de Adamantina é de 0,790, o de Araras é de 0,781. Ou seja, embora Araras tenha mais recursos para investimentos, Adamantina apresenta melhores resultados, evidenciando que os recursos disponíveis, per capita, estão sendo melhor aplicados nesta cidade

**Para o seu município, realize os mesmos cálculos e discuta a situação atual. Quais medidas seriam indicadas para aumentar a arrecadação municipal em cada um dos setores produtivos?**

### 2.3. Saúde

Na mesma página ainda, clicar em Saúde e analisar os dados fornecidos. Uma informação importante é o número de leitos por 1.000 habitantes. Embora seja um critério bastante controverso, já que não discrimina as especialidades, tem sido utilizado para caracterizar a infraestrutura municipal de saúde. Algumas agências indicam que este número deve variar entre 2 e 4 leitos/1.000 habitantes. No caso do nosso exemplo são 280 leitos para 34.424 habitantes, o que resulta em 8,1 leitos/1.000 habitantes. É um número relativo, mas que pode ser comparado com outros municípios. Por exemplo, no caso de Araras-SP, o índice é de 9,56 leitos/1.000 habitantes.

Outra informação importante no quesito Saúde é a qualidade, a quantidade e a variedade de equipamentos de diagnóstico e tratamento médico. Quando o município não tem recursos suficientes, passa a depender de municípios vizinhos, mais “ricos” e, portanto, mais equipados. Neste caso, o equipamento mais importante é a ambulância que leva e traz os pacientes para os centros mais desenvolvidos.

**Calcule para o seu município a quantidade de leitos/1.000 habitantes e avalie a situação do atendimento hospitalar no que referente ao instrumental disponível, a partir dos dados do IBGE e se for o caso, de informações locais.**

### 2.4. Morbidades Hospitalares

Ainda para Adamantina, os seguintes números são disponíveis, em relação à quantidade de mortos (227) em 2011:

		<u>%</u>
. Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas -	37	16,3
. Doenças do aparelho circulatório -	41	18,1
. Doenças do aparelho respiratório -	82	36,1
. Doenças do aparelho digestivo -	18	7,9
. Doenças do aparelho genitourinário -	21	9,3
. Outras Doenças	28	12,3

**CONSIDERAÇÕES:** Os valores podem variar, especialmente em função dos perfis produtivos dos municípios, no caso de Adamantina pouco industrializado, além de se estar analisando apenas um ano, quando o desejável são séries históricas. Por exemplo, regiões altamente industrializadas podem gerar grande quantidade de

poluentes aéreos, ocasionando doenças do aparelho respiratório, o que é evidenciado pelas estatísticas.

Compare tais porcentagens com os resultados de outros municípios e verifique se existem diferenças significativas. No caso de diferenças significativas, quais seriam as razões para tais diferenças? Caso queira avançar um pouco mais na análise consulte: <http://tabnet.datasus.gov.br> para comparar os resultados municipais com médias regionais de morbidade.

## 2.5. Índice de GINI

Utilizado para calcular a desigualdade na distribuição da renda, oscilando entre 0 e 1:

0 = Todos tem a mesma renda (completa igualdade de renda)

1 = Completa desigualdade (1 pessoa tem toda a renda e as demais nada tem)

O Índice de Gini para Adamantina foi de 0,45 em 2003, enquanto que Araras apresentou um valor de 0,41.

**CONSIDERAÇÕES:** Como quanto mais próximo de 1 estiver o índice, pior é a distribuição da renda. No caso, Araras tem uma distribuição de renda pouco melhor que Adamantina.

## REFERÊNCIAS

BOSSEL, H. **Indicators for sustainable development: theory, method, applications.** Cornish: Balaton Group (International Institute for Sustainable Development), 1999.

BRANCO, S. M. **Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente.** São Paulo: Edgard Blucher, 1989.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes metodológicas para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil.** Brasília, 2006. 1 CD-ROM.

GERARDI, L. H. O; SILVA, B. C. N. **Quantificação em geografia.** São Paulo: DIFEL, 1981.

HURTADO, A. G.; ACUNÃ, E. C. **Estilos de desarrollo y médio ambiente em America Latina.** Mexico: FEE, 1980.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. **OECD environmental indicators: development, measurement and use.** Paris, 2003. Disponível em: <<http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/24993546.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2013.

SALATI FILHO, E.; COTTAS, L. R. Condicionantes do desenvolvimento sustentável do Litoral Norte Paulista: o exemplo da bacia do Córrego da Lagoinha, Ubatuba, SP. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 15-32, 2003.

SMEETS, E.; WETERINGS R. **Environmental indicators: typology and overview.** Copenhagen: European Environment Agency, 1999. (Technical report, 25).

THERIVEL, R. **Strategic environmental assessment in action**. London: Earthscan, 2008.

## **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

BOLFANARI, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Investigação confirmatória 6000**. 1999. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/anexos/download/6000.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/anexos/download/6000.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2013.

GARCIA, G. J. (Coord.). **Atlas ambiental da bacia do rio Corumbataí**. Rio Claro: CEAPLA/IGCE/Unesp, 2011. Disponível em: <<http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas>>. Acesso em: 8 out. 2013.

GEOANALISYS CONSULTORIA GEOFÍSICA. **Geoanalysis**: pesquisando solos. 2013. Disponível em: <<http://geoanalysys.com.br/index.php>>. Acesso em: 8 out. 2013.

IEA – Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. **Home**: IEA – USP. 2013. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br>>. Acesso em: 8 out. 2013.

IISD – International Institute for Sustainable Development. International Institute for Sustainable Development. 2013. Disponível em: <<http://www.iisd.org>>. Acesso em: 8 out. 2013.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Portal IFRN**. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br>>. Acesso em: 8 out. 2013.

LACEN –PA. **Manual de orientações técnicas para coleta de amostras ambientais e produtos para análise**. Disponível em <<http://www.lacen.pa.gov.br/?q=node/430>>. Acesso em: 23/03/2013.

MITCHELL, B. **Geography and resources analysis**. New York: Longman, 1989.

O'BRIEN, L. **Introducing quantitative geography**. London: Routledge, 1992.

RHAMA CONSULTORIA AMBIENTAL. **Rhama consultoria, pesquisa e treinamento ambiental**. 2013. Disponível em: <<http://www.rhama.net>>. Acesso em: 8 out. 2013.

SANTOS, R. F. S. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

TECGEO TECNOLOGIA EM SONDAGENS GEOFÍSICAS. **Tecgeofisica**. 2013. Disponível em: <<http://www.tecgeofisica.com.br>>. Acesso em: 8 out. 2013.



## **VIII – PROCESSAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS**



## VIII – PROCESSAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS

### 1. Introdução

As sociedades organizadas necessitam de enorme quantidade de informações, nas mais diferentes áreas do conhecimento, pois somente assim podem oferecer os serviços que a população necessita para o próprio bem-estar. A área ambiental é uma destas áreas sensíveis e, cada vez mais, é motivo de preocupação dos administradores públicos. Para cumprir suas funções de planejamento e gestão, o governo estabelece normas para a utilização dos recursos naturais e a implantação de empreendimentos que podem afetar o meio ambiente, o que implica na necessidade do uso de dados ambientais.

A coleta de dados ambientais, como se sabe, é um processo oneroso e demorado. Coletados os dados ambientais, na forma, quantidade e qualidade desejadas, é chegado o momento de processá-los. Os métodos e técnicas de coleta e processamento dos dados são variados, o que dificulta, às vezes, a escolha da abordagem mais adequada. Até meados da década de 1970 os dados eram trabalhados a partir de documentos e mapas em papel, significando que as análises e combinações de dados espaciais eram limitadas a poucas camadas de informações. A partir de então, com o desenvolvimento simultâneo da tecnologia da informação e das técnicas de coletas de dados, tornou-se possível armazenar, processar e recuperar, seletivamente, informações em ambiente computacional.

O processamento é usado em várias situações, podendo-se agrupá-las em três conjuntos principais:

- a) Planejamento e gestão de projetos - Projetos fundiários; Reordenação territorial; Projetos de infraestruturas, etc;
- b) Levantamentos cadastrais – Topográficos; GPS; Cadastro urbano, etc;
- c) Análises e prognósticos - Análises hidrológicas; Avaliação de impactos ambientais; Vulnerabilidade ambiental de áreas sensíveis, etc.

A ferramenta adequadamente desenvolvida para o processamento digital de dados ambientais é chamada de SIG – Sistema de Informação Geográfica. O SIG foi desenvolvido a partir dos sistemas do tipo CAD – (Computer Aided Design) e de banco de dados. No início da década de 1990, vários SIGs já estavam testados, validados e disponíveis aos usuários, sendo hoje de uso generalizado nas mais diferentes áreas do conhecimento. Um SIG permite armazenar, processar e recuperar dados espaciais geograficamente referenciados, assim como dados não espaciais. A Figura VIII.01 apresenta o diagrama esquemático de um SIG, enquanto que a Figura VIII.02 mostra o respectivo ciclo de trabalho.

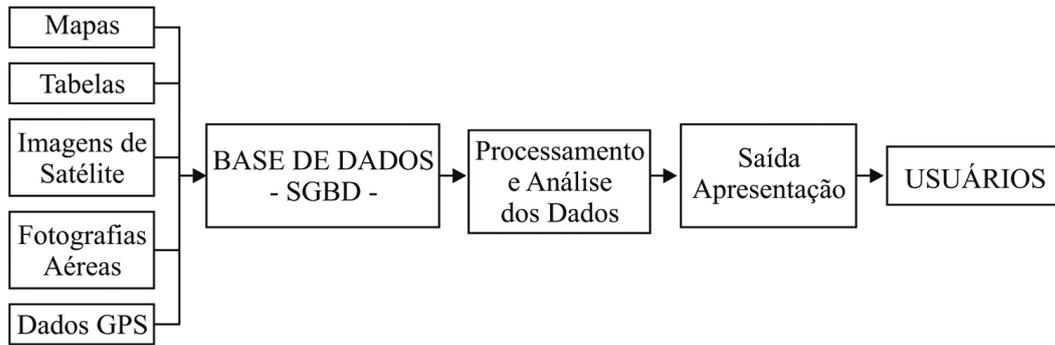


Figura VIII.01 – Diagrama esquemático de um SIG



Figura VIII.02 – Ciclo de trabalho utilizando um SIG

## 2. Elementos de um SIG

### 2.1. Dados Espaciais e Alfanuméricos

Os mapas temáticos, qualquer que seja o assunto, são formados por áreas, linhas e pontos, que precisam ser colocados no ambiente computacional. Informações alfanuméricas, igualmente, também devem fazer parte do sistema. Os dados podem ser de dois tipos:

a) Dados Espaciais - São aqueles que podem ser representados na forma gráfica;

b) Tabulares ou Alfanuméricos - São aqueles dados relacionados em tabelas. Os dados tabulares podem estar relacionados aos dados gráficos, com a função de descrever com mais detalhes os elementos geográficos.

Os dados gráficos podem ter uma estrutura vetorial (linhas, pontos e polígonos) ou matricial e a Figura VIII.03 indica como a informação geográfica é

representada. As Figuras de VIII.04 a VIII.08 descrevem com mais detalhes as duas formas de representação.

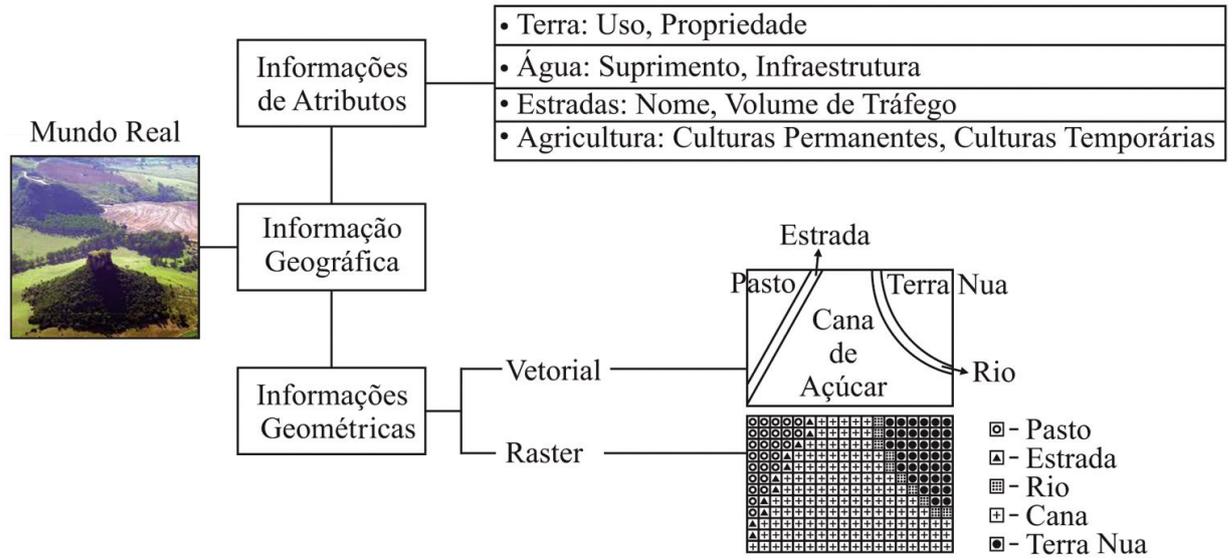


Figura VIII.03 - Representação da informação geográfica em um SIG

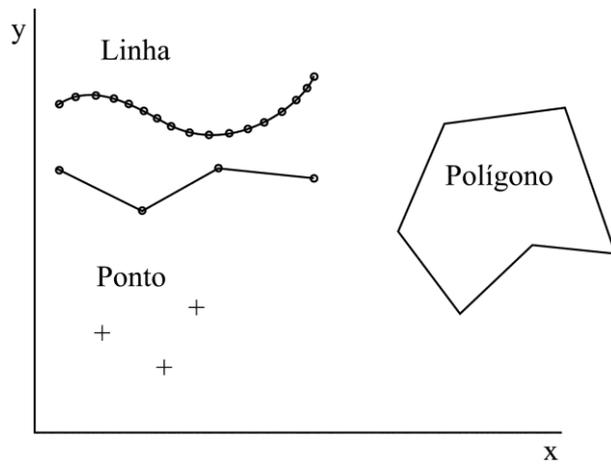


Figura VIII.04 - Representação vetorial

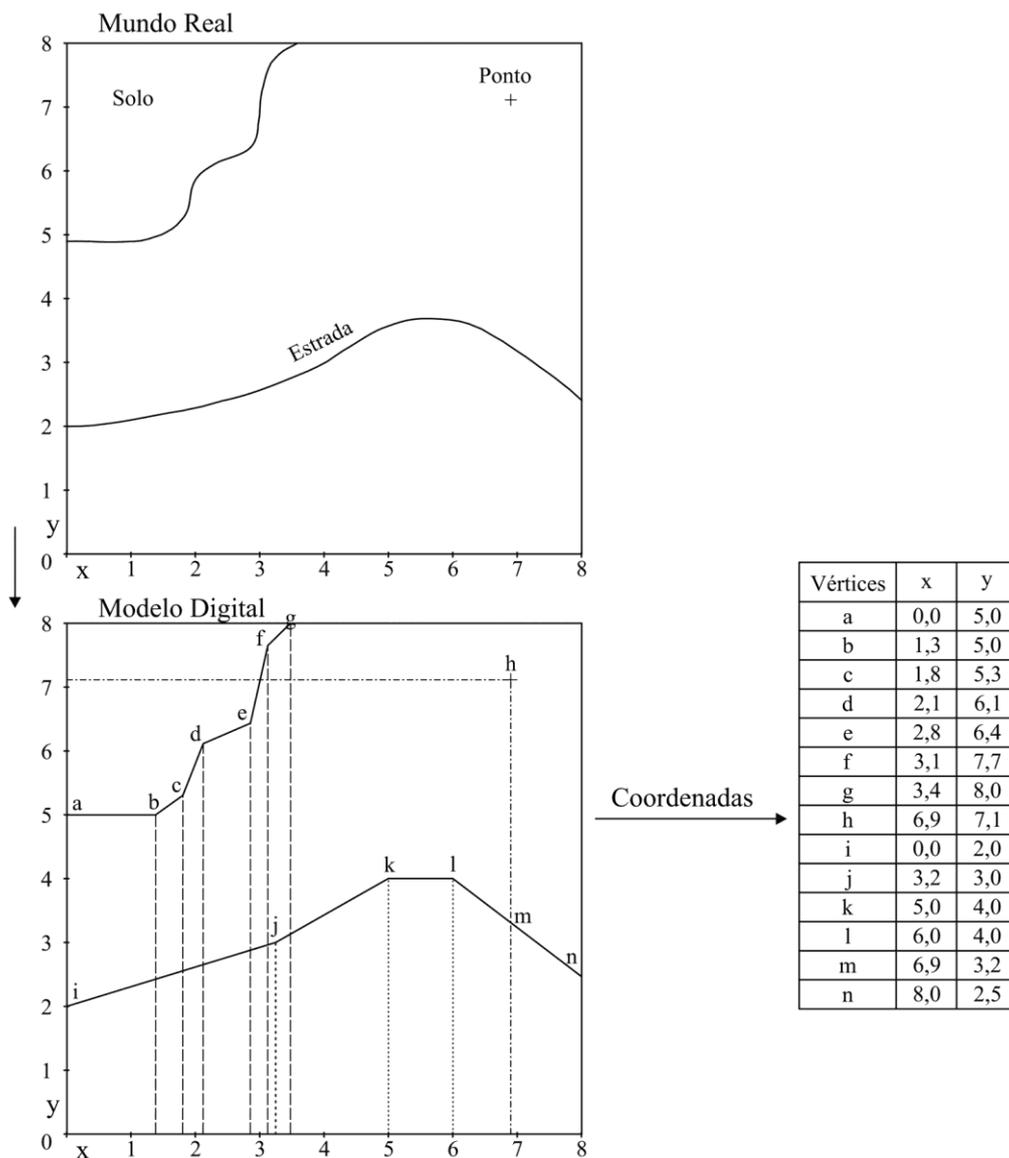


Figura VIII.05 – Estrutura da representação vetorial

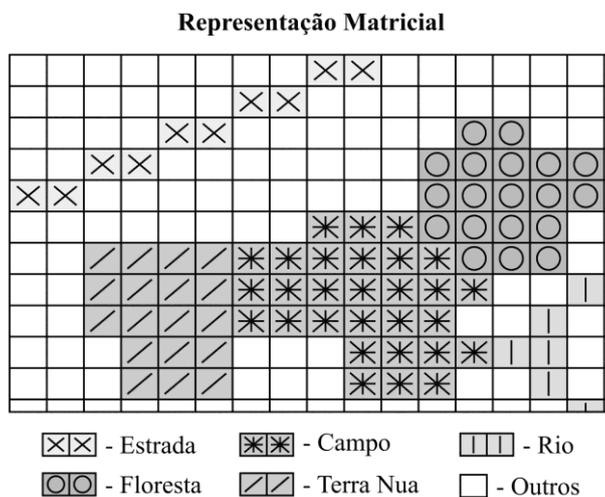


Figura VIII.06 - Representação matricial (raster)

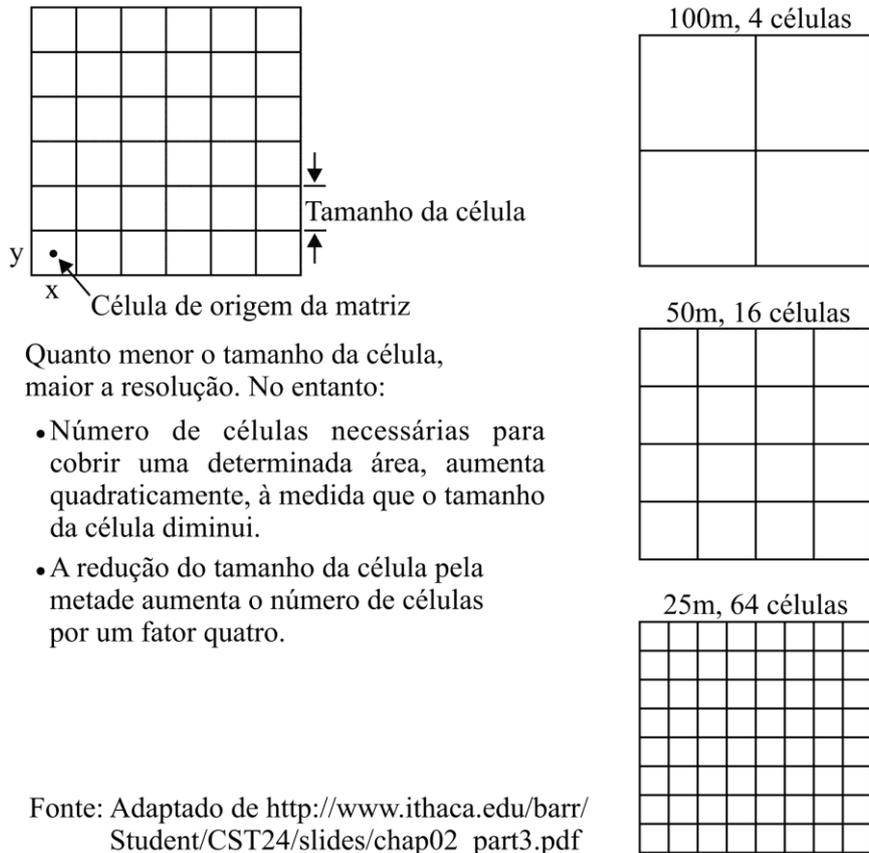


Figura VIII.07 - Estrutura da apresentação matricial (raster)

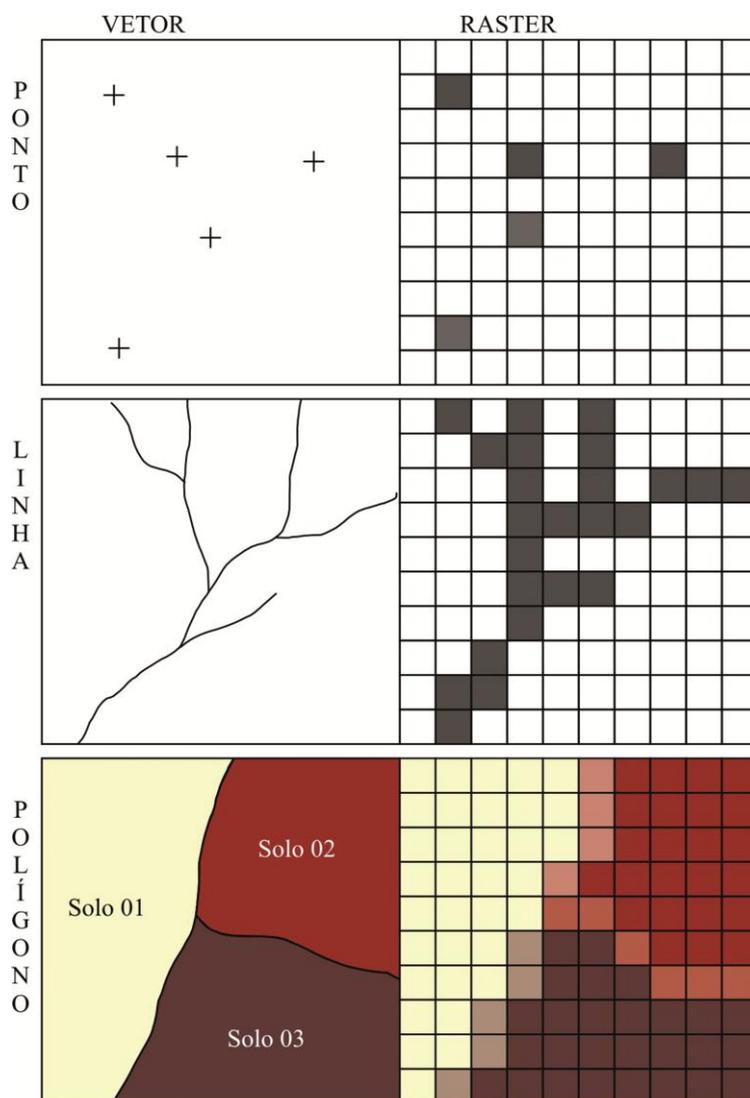


Figura VIII.08 - Relação entre vetores e matrizes

O Quadro 01 mostra o formato dos dados de acordo com a fonte. Já o Quadro 02 relaciona as principais características de cada estrutura a partir de <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>.

Quadro 01 – Formato dos dados gráficos digitais de acordo com a fonte

FONTE	FORMATO	APLICAÇÕES
<b>Sensoriamento Remoto</b> .Fotografias aéreas (aerofotogrametria) .Imagens de satélite	Vetorial Raster	Mapa digital e base gráfica em SIG Mapeamentos temáticos/superfície terrestre
<b>Topografia</b>	Vetorial	Cartas topográficas de escalas maiores que 1:5000, com grande detalhamento
<b>GPS</b>	Vetorial	Mapeamento digital e atualização de mapas
<b>Mapas em papel</b>	Vetor/Raster	Transformação de mapas analógicos para formato digital

Quadro 02 - Principais características dos formatos *raster* e vetorial

<b>RASTER</b>	<b>VETORIAL</b>
São imagens digitais na forma matricial, obtidas por sensoriamento remoto ou por digitalização de documentos analógicos	São imagens representadas por vetores, compostas por pontos, linhas e polígonos
A resolução digital é proporcional à quantidade de <i>pixels</i> da imagem	A resolução digital é definida pela quantidade de vetores demarcados para formar a imagem do objeto
Os limites dos objetos (imagens) são descontínuos	Os limites dos objetos (imagens) são contínuos
A vinculação entre dados espaciais e não espaciais é mais complicada, pois é feita <i>pixel a pixel</i>	O vínculo é mais fácil, pois é feito com as imagens dos objetos (pontos, linhas e polígonos)
Execução das operações entre as diferentes <i>layers</i> é fácil e rápida	Execução das operações entre as diferentes <i>layers</i> é complexa e demorada

É importante salientar que os arquivos na forma *raster* são do mesmo tamanho dos arquivos originais, enquanto que no formato vetorial os arquivos são maiores, dependendo do nível de detalhes do material trabalhado. Adicionalmente, como no formato *raster* o processamento é feito quadrícula por quadrícula, o trabalho pode ser conferido durante o processamento.

Durante o processo de captura, processamento e saída, vários equipamentos são utilizados, como mostrados a seguir:

### 2.1.1. Captura e Entrada (*input*)

Teodolito/Estação total (Figura VIII.09); Dados digitais de Sensoriamento Remoto (fotografias aéreas e imagens de satélite, GPS (Figura VIII.10); Mesa digitalizadora (Figura VIII.11); Escaner (Figura VIII.12); Computador (Figura VIII.13).



Figura VIII.09a - Teodolito Topcon DT-200  
Topcon



Figura VIII.09b – Estação total  
GTS -100N



Figura VIII.10a – GPS Trimble XT 6000 para mapeamento e SIG



Figura VIII.10b – GPS Ashtech Mapper 100 para mapeamento e SIG



Figura VIII.11a – Mesa digitalizadora Wacom Calcomp de grande formato



Figura VIII.11b- Mesa digitalizadora de pequeno formato



Figura VIII.12a – Escaner de grande formato CONTEX HD 4250



Figura VIII.12b – Escaner de pequeno formato HP Scanjet G 2710



Figura VIII.13 – Computador (entrada de dados via teclado, HD externo, bancos de dados externos e armazenamento em nuvem).

### 2.1.2. Armazenamento e Processamento

DVD (Figura VIII.14), HD externo (Figura VIII.13), Computador/HD interno (Figura VIII.15), Nuvem (*cloud storage*)

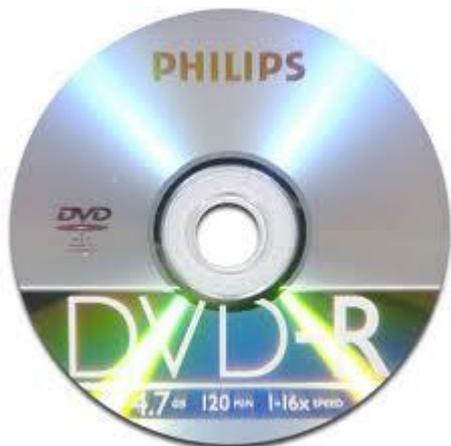


Figura VIII.14 – Exemplo de DVD



Figura VIII.15 – HD interno

**Armazenamento em nuvem (*cloud storage*):** É realizado por empresas de hospedagem que operam grandes *data centers*, em ambiente estável, com recursos que atendem aos requisitos e demandas dos clientes, inclusive de autogestão.

Tem como vantagens: Paga-se apenas pelo armazenamento utilizado, sendo desnecessária a existência de armazenamento físico de dados na empresa. Questões importantes: Certeza de confiabilidade da empresa hospedeira; O desempenho pode ser menor que o armazenamento local.

A seguir, algumas empresas de armazenamento de dados em nuvem:

- . Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) - <http://aws.amazon.com/pt/s3/>
- . Dropbox - <https://www.dropbox.com>
- . EMC Atmos - <http://brazil.emc.com/storage/atmos/atmos.htm>
- . FilesAnywhere - <https://www.filesanywhere.com/>
- . Google Cloud Storage - <http://drive.google.com>
- . Huawei OceanStor CSE (Cloud Storage Engine) - <http://www.huawei.com/en/products/storage/index.htm>
- . iCloud pela Apple <http://www.apple.com/br/icloud/>
- . Microsoft - <http://www.skydrive.com>
- . UOL - <http://www.uolhost.com.br/uol-cloud-computing.html#rmcl>

### 2.1.3. Saída

Plotadora (Figura VIII.16), Impressora (Figura VIII.17)



Figura VIII.16 – Plotadora jato de tinta HP Designjet 800 ps



Figura VIII. 17 - Impressora HP Deskjet 2546

## 2.2. Computador e Periféricos

Com o avanço da tecnologia informática, o computador deixou de ser um problema para as equipes de trabalho. Hoje, computadores do tipo *desktop* com grande capacidade de memória e processadores rápidos são vendidos a preços bastante razoáveis. O mesmo não pode ser dito de mesas digitalizadoras e escaners, especialmente no formato A0, já que são todos importados. A terceirização de tais serviços é uma questão relevante a ser considerada na execução de um projeto.

### 2.3. Programas Computacionais (*software*)

Existem vários SIGs disponíveis no mercado, tanto comerciais como de uso livre, alguns mais complexos outros mais simples. O melhor SIG é aquele de uso imediato, embora, eventualmente, não atenda às expectativas do usuário. É importante também esclarecer o que é *software* livre e *software* gratuito. *Software* livre é aquele que o usuário tem liberdade de utilizar, copiar, modificar e desenvolver, já que tem acesso ao código-fonte. Pode ser diferente de *software* gratuito, já que este pode não ser pago, mas não permite acesso ao código fonte, sendo então restrito.

A lista de SIGs de uso livre é grande e alguns endereços para informações e download aparecem a seguir:

- . AGIS: Em <http://www.agismap.com/>
- . DIVA-GIS: Em <http://www.diva-gis.org/>
- . Easy GIS .NET Desktop: Em <http://www.easygisdotnet.com/Products.aspx>
- . FGIS: Em <http://www.digitalgrove.net/fgis.htm>
- . FWTools: Em <http://fwtools.maptools.org/>
- . GIS Cloud: Em <http://www.giscloud.com/>
- . GIS Knoppix: Em <http://www.sourcepole.com/sources/software/gis-knoppix/>
- . GRASS: Em <http://grass.ibiblio.org/index.html>
- . gvSIG: Em <http://www.gvsig.org/web>
- . JUMP: Em <http://www.jump-project.org/>
- . Kosmo: Em <http://www.opengis.es/>
- . MapServer for Windows (MS4W): Em <http://www.maptools.org/ms4w/index.phtml>
- . Open EV: Em <http://openev.sourceforge.net/>
- . Quantum GIS (QGIS): Em <http://www.qgis.org/>
- . SPRING – Em <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>
- . Thuban: Em <http://thuban.intevation.org/>
- . UDig: Em <http://udig.refrains.net/>

É interessante comentar três SIGs, cada um por suas particularidades:

. **SPRING** - Projeto brasileiro desenvolvido pelo INPE/DPI com a participação da EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura), IBM Brasil (Centro Latino-Americano de Soluções para Ensino Superior e Pesquisa), TECGRAF/PUC Rio (Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC-Rio), PETROBRAS (Cenpes – Centro de Pesquisas “Leopoldo Miguez”). É um *software* gratuito que oferece bons resultados, cujo uso é facilitado pelos tutoriais distribuídos pelo próprio INPE e pela grande comunidade de usuários, permitindo a troca de informações. É também oferecido em código aberto.

. **IDRISI** - Embora comercial, o IDRISI, desenvolvido no Departamento de Geografia da CLARK UNIVERSITY – EUA, vem treinando gerações de estudantes, especialmente na área de geociências, desde 1987, quando foi lançado. Constantemente atualizado, é vendido a preços subsidiados quando para finalidades acadêmicas. No Brasil é comercializado pela SulSoft: <http://www.idrisi.com.br/>

. **ArcGIS** - O ArcGIS é considerado pela comunidade de usuários como o *software* comercial com melhor desempenho e resultados. Mais informações em <http://www.esri.com/>.

## 2.4. Recursos Humanos

O pessoal envolvido na área varia na formação técnica, no nível de conhecimento e no nível de atribuições.

a) Núcleo de Processamento de Dados - Formado por especialistas da área de computação, especialmente analistas de sistemas/programadores. São profissionais que, com formação computacional, possuem conhecimentos para entender as particularidades das áreas de geociências, ciências agrárias, engenharia cartográfica, biologia, arquitetura, etc. Estão preparados para avaliar e absorver novas tecnologias, realizar análises complexas, desenvolver aplicativos e dar treinamento para potenciais usuários.

b) Núcleo de Analistas Temáticos - Neste caso, os analistas gerenciam temas de suas especialidades, apresentando bons conhecimentos de processamento de dados, pelo que elaboram e testam novas metodologias de processamento. O número de analistas não é fixo como o grupo anterior e nem enxuto, pois se agregam a projetos à medida que estes começam a ser desenvolvidos no laboratório. No caso de universidades ou institutos de pesquisa, são os professores/pesquisadores que propõem projetos de pesquisa ou são convidados a participar de um. Empresas prestadoras de serviços contratam, normalmente, os serviços de especialistas autônomos para atender a este quesito.

c) Núcleo de Usuários Gerais - São aqueles profissionais que se utilizam de informações espaciais na tomada de decisões, não precisando ter, necessariamente, conhecimentos de geoprocessamento. Geralmente os mapas utilizados por tal categoria fazem ou farão parte de relatórios técnicos.

## 2.5. Métodos ou Procedimentos

Os métodos são aqueles necessários para resolver um problema, ou seja, uma aplicação do SIG.

## 3. Funções de um SIG

Sendo resultado da procura de uma solução, para o processamento de enormes quantidades de dados obtidos pelas modernas tecnologias de coleta, especialmente de sensoriamento remoto, o SIG é uma reunião de sistemas, os quais são interligados por programas a outros módulos. As funções de um SIG estão vinculadas à estrutura do sistema, podendo realizar operações gerais ou então apresentar uma estrutura específica. O SPRING é um SIG que pode ser adaptado para finalidades diversas, o mesmo ocorrendo com o IDRISI e o ArcGIS.

Apesar de apresentarem características diferentes, alguns módulos são comuns na maioria dos SIGs:

- . Sistema de aquisição e conversão de dados;
- . Banco de dados espaciais e de atributos;
- . Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD);
- . Sistema de análise geográfica;
- . Sistema de processamento de imagens;
- . Sistema de Modelagem Digital do Terreno (MDT);
- . Sistema de análises estatísticas;
- . Sistema de apresentação cartográfica.

### 3.1. Aquisição de Dados

A entrada de dados refere-se ao procedimento de automação dos dados e à conversão dos mesmos em formatos que podem ser armazenados e analisados em computadores. O critério para escolher o modo de entrada leva em conta o tipo de fonte de dados, o modelo da base de dados do SIG e a densidade dos dados.

Existem vários equipamentos para a coleta de dados, como visto anteriormente. É importante salientar que:

- . Dados espaciais ou alfanuméricos, em meio digital, podem ser introduzidos diretamente no sistema (*input*);

- . Dados de planilhas podem ser digitados diretamente;
- . Dados de GPS podem ser introduzidos a partir do equipamento de posicionamento;
- . Dados podem ser rasterizados ou vetorizados (digitalização).

### 3.2. Validação e Edição de Dados

A edição e a atualização de dados num sistema de armazenamento e recuperação são funções básicas, sendo elas:

- . Edição interativa dos dados espaciais;
- . Edição interativa dos dados de atributo;
- . Habilidade de adicionar, manipular, modificar e apagar feições espaciais e atributos, juntos ou independentemente;
- . Habilidade para editar feições em lotes (batch processing)

Tais recursos são também particularmente úteis na atualização de informações espaciais, já que muitas informações temáticas têm uma vida útil muito curta, necessitando de revisões constantes, como é o caso de um mapa temático de Uso e Ocupação de Terras. Um mapa que na prática pouco se modifica é o Geológico, assim como o Geomorfológico.

Vários erros podem ocorrer na codificação dos dados espaciais e não espaciais. A edição dos dados espaciais é demorada e deve ser feita com o cuidado necessário para não prejudicar os resultados pretendidos. São considerados erros: Dados espaciais incompletos; Erros de posicionamento de dados espaciais; Distorção do dado espacial; Relacionamento incorreto entre dado espacial e respectivo atributo; Os dados de atributo estão errados ou incompletos. Mais detalhadamente tem-se:

#### a) Erros nos Dados Espaciais

Na matemática, a topologia estuda as propriedades das configurações geométricas de figuras que não são alteradas por transformações ou deformações. Em outras palavras, uma propriedade é dita topológica quando ela sobrevive ao estiramento e à distorção do espaço. Assim, a topologia define os relacionamentos espaciais entre elementos ([http://linfiniti.com/dla/worksheets/6\\_Topology.pdf](http://linfiniti.com/dla/worksheets/6_Topology.pdf)):

- a.1) Conectividade – Permite que arcos sejam ligados entre si por nós;
- a.2) Contiguidade – Permite que arcos possuam direção e lados, como esquerdo e direito;
- a.3) Circunscividade – Arcos circunscrevendo uma área;
- a.4) Orientação – Permite a orientação do fluxo de identificação dos atributos, como de nó para nó.

A topologia é utilizada para garantir a integridade dos dados. Vários erros podem ocorrer na conversão dos dados em uma estrutura topológica: Interrupção e falhas em linhas de trabalho; Linhas mortas; Linhas entrelaçadas.

Alguns SIGs identificam claramente a localização espacial do erro e indicam a natureza do problema, facilitando a edição. Outros simplesmente identificam o tipo e as coordenadas do erro. Como o processo de correção é demorado, os usuários devem considerar os recursos de correção de erros do SIG pretendido, para determinado projeto.

#### b) Erros em Dados de Atributo

A identificação deste tipo de erro não é tão simples como no caso anterior, especialmente se estes erros forem relacionados à qualidade e confiabilidade dos

dados. Tais erros não aparecem no SIG até o final do processamento e não existem soluções definitivas para resolver um problema.

c) Verificação dos Dados

São considerados seis procedimentos na edição e verificação dos dados espaciais:

- . Revisão visual;
- . Limpeza de linhas e junções;
- . Eliminação do excesso de coordenadas (vértices redundantes);
- . Correção para distorção e empenamento;
- . Construção de polígonos;
- . Aplicação de identificadores únicos

### 3.3. Estruturação e Armazenamento da Informação

#### 3.3.1. Base Cartográfica

Recordando, o planejamento ambiental necessita de mapas temáticos para a sua realização, que sejam apoiados em bases cartográficas confiáveis. Os mapas temáticos devem estar referenciados entre si, e estes referenciados à base cartográfica, que, por sua vez, deve estar referenciada a um sistema universal de referência. Alguns tópicos já abordados merecem novamente comentários:

a) Sistema Geodésico de Referência - O SGB – Sistema Geodésico Brasileiro compreende redes de planimetria, altimetria e gravimetria.

. Na altimetria, o referencial está relacionado com o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina.

. SAD 69 - No caso da planimetria, a origem e orientação do sistema de coordenadas é, por enquanto, fornecida pelo SAD -69, oficialmente adotado no Brasil em 1979;

. SAD 69 - Realização 1996. Em 1996 foi concluído pelo IBGE o reajustamento da rede geodésica brasileira, utilizando-se das novas técnicas de posicionamento por satélites GPS. É um sistema topocêntrico;

. WGS84 - Quarta versão do sistema de referência geodésico global estabelecido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, com o objetivo de fornecer posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo. Ele é o sistema de referência das efemérides operacionais do sistema GPS. Este sistema é geocêntrico;

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul. Seguindo uma tendência atual, tendo em vista as potencialidades do GPS e as facilidades para os usuários, pois, com esse sistema geocêntrico as coordenadas obtidas com GPS, relativamente a esta rede, podem ser aplicadas diretamente aos levantamentos cartográficos, evitando a necessidade de transformações e integração entre os dois referenciais (DALAZOANA e FREITAS, 2000). Foi oficialmente adotado como Referencial Geodésico Brasileiro em 2005, estando atualmente em um período de transição de 10 anos, quando o SAD69 ainda poderá ser utilizado pela comunidade, com a recomendação de que novos trabalhos sejam feitos já no novo sistema.

b) Coordenadas Geográficas - Um ponto da superfície terrestre é definido no mapa pela latitude e longitude, em graus, minutos e segundos, acompanhado da

indicação do hemisfério correspondente: N ou S para a latitude, L (E) ou O (W) para a longitude;

c) Coordenadas UTM - O sistema tem como origem o cruzamento do Equador com um Meridiano Central (MC), e para os valores das coordenadas foi estabelecido um valor de dez milhões de metros sobre o Equador e de quinhentos mil metros sobre o MC. A partir do eixo N-S de referência, as coordenadas vão se reduzindo no sentido sul do eixo, a partir do equador. As coordenadas do eixo L-O apresentam valores crescentes no sentido leste e decrescentes no sentido oeste, a partir do MC;

d) Sistemas de Projeção - O uso do SIG pressupõe que o usuário tenha compreensão das características dos sistemas de projeção, já que os pontos da superfície terrestre, selecionados num trabalho, devem ser transportados para o mapa a ser elaborado. Como a forma da Terra é irregular, utiliza-se da figura do elipsoide como fase intermediária entre a superfície real e o mapa, por intermédio de um sistema de projeção cartográfica;

e) Escala - É a relação entre uma unidade no mapa e a mesma unidade no terreno. Ela pode ser numérica ou gráfica. Embora um mapa possa apresentar as duas formas, a escala gráfica é a preferida em trabalhos com SIG porque a relação será sempre a mesma, qualquer que seja o tamanho de apresentação do mapa. A escala de trabalho varia de acordo com o tipo de projeto. De um modo geral, pode-se estabelecer a seguinte divisão:

- . Mapas cadastrais: 1:1.000 a 1:10.000
- . Mapas topográficos: 1:25.000 a 1:250.000
- . Mapas regionais: 1:500.000 a 1:1.000.000
- . Mapas geográficos: Menor que 1:1.000.000

Na prática, são comuns escalas de 1:2.000 a 1:5.000 para cadastro imobiliário e de 1:50.000 a 1:100.000 para projetos em nível de bacia hidrográfica. Quanto maior a escala, maior o custo de produção do respectivo mapa, de modo que é aceitável a utilização de mais de uma escala no mesmo projeto. Por exemplo, num projeto de planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica entre 1.000 e 5.000 Km<sup>2</sup> é possível utilizar as seguintes escalas:

- . 1:50.000 para os mapas temáticos gerais: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Uso e ocupação das terras, Hidrografia, Clima;
- . Escala 1:10.000 para o sistema viário de áreas urbanas;
- . Escala 1: 5.000 para o cadastro imobiliário em áreas urbanas;
- . Escala 1:2.000 para a rede de água e esgoto em áreas urbanas

### 3.3.2. Banco de Dados

No processo de desenvolvimento dos SIGs surgiu a necessidade de padronização dos dados, de modo que os resultados produzidos pelos diferentes sistemas fossem compatíveis. Isto foi possível com a introdução do conceito de Banco de Dados Geográficos, onde as geometrias e as descrições das feições da superfície terrestre são armazenadas e gerenciadas num ambiente único, chamado de Sistema Gerenciador de Banco de Dados. Muitos sistemas de bancos de dados especializados (orientados a objeto, espacial, multimídia, etc) ainda são utilizados na área científica e nas engenharias, mas os sistemas relacionais dominam a tecnologia de banco de dados nas empresas.

Na maioria dos SIGs, os dados são organizados em temas ou camadas (*layers*), todas elas georreferenciadas, o que permite sobreposições de acordo com as necessidades da análise pretendida. Cada projeto vai necessitar de determinadas camadas temáticas e é fundamental que sejam definidas antes do início do projeto. Normalmente as camadas de informações são inseridas no SIG, uma a uma, após terem passado por uma conversão gráfica, edição, construção topológica, conversão de atributos, relacionamento e verificação. A Figura VIII.19 mostra algumas camadas temáticas, evidenciando que, à medida que aumenta o nível de detalhamento, o formato dos dados pode passar de *raster* para vetor, melhorando a precisão.

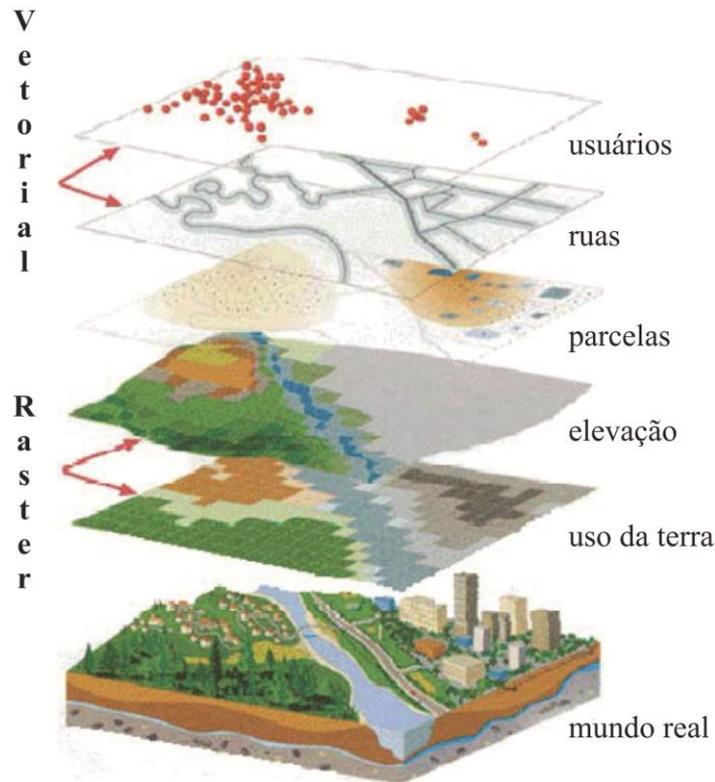


Figura VII.19 – Estruturação das informações em um SIG

Fonte: Adaptado de <http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c03-s01.html>

Um banco de dados georreferenciado a um sistema de coordenadas conhecido é implícito à utilização de um SIG. A manipulação destes dados é feita pelo SGDB – Sistema Gerenciador de Banco de Dados, onde os dados espaciais estão vinculados aos dados alfanuméricos, como mostra a Figura VIII.20, onde aparecem os diferentes níveis de informações em uma base de dados geográficos, cada nível com os respectivos dados espaciais e atributos, ligados por um identificador. Deste modo, um banco de dados é um conjunto de bases de dados, e estas, um conjunto de dados inter-relacionados, podendo tratar de um assunto específico, sendo organizados de modo a permitir a recuperação da informação. Mais informações em <http://erinaldosn.files.wordpress.com/2012/02/aula1-banco-de-dados-relacional1.pdf>.



Figura VIII.20 – Modelo de base de dados – Exemplo para solos

Os SIGs atuais permitem a conversão, a importação e a exportação de diferentes formatos de arquivos, o que é desejável, levando em conta a grande quantidade de sistemas disponíveis no mercado, gerando arquivos de dados em diferentes formatos, muitos com particularidades específicas.

São formatos de arquivos raster ou matriciais (Bitmaps):

. Formato BMP - Arquivos BMP usam um formato bitmap, ou mapa de bits do Windows. Embora apresente imagens de ótima qualidade, gera arquivos de grande tamanho, pois não se utiliza de recursos de compressão de imagem. A extensão dos arquivos BMP é .bmp;

. Formato TIFF (Tagged Image File Format) - É um formato padrão de armazenamento e transferência de dados entre ambientes operacionais na área de aplicações. Este formato permite a compressão dos dados sem perda de qualidade e a maioria dos softwares de geoprocessamento trabalha com arquivos com extensão .tif;

. Formato JPGE ( Joint Photographers Expert Group) - Foi desenvolvido para comprimir imagens naturais do mundo real, tanto coloridas como em tons de cinza. Esse formato permite a transferência de arquivos através de uma grande variedade de plataformas, proporcionando altas taxas de compressão, embora haja perda de informações, de modo que, após a compressão, a imagem resultante não é exatamente a mesma original. A extensão dos arquivos JPGE é .jpge;

. Formato GIF (Graphics Interchange Formats) - Este formato foi desenvolvido, principalmente, para redes de computadores com baixa largura de banda, tendo sido essencial no início da Internet, devido à baixa velocidade do sistema. Foi o primeiro formato de imagem escolhido para a Web. A extensão dos arquivos no formato GIF é . gif;

. Formato PNG (Portable Network Graphics) - Surgiu como resposta às limitações técnicas e às restrições legais derivadas dos direitos de propriedade do formato GIF. Apresenta uma forma de compactação eficiente, que reduz bastante o tamanho dos arquivos. A extensão deste formato é .png.

São arquivos vetoriais comuns em geoprocessamento:

. Formato DWG (DraWinG) - Formato dos arquivos gerados pelo software de desenho técnico AutoCAD da AutoDesk Inc. A extensão é .dwg;

. Formato DXF (Drawing eXchange Format) - Formato de exportação dos arquivos do programa de tratamento vetorial AutoCAD, com extensão .dxf;

. Formato DGN (DesiGN) - Formato dos arquivos provenientes do software MicroStation Geographics, com extensão .dgn;

. Formato SHAPEFILE - Formato dos arquivos provenientes do software ArcGIS, compreendendo arquivos com feições vetoriais (formatos .shp, .shx, .sbx e .sbn) e suas tabelas associadas em formato Dbase (.dbf).

### 3.4. Análise Geográfica dos Dados

Em um SIG, a base de dados é um modelo do mundo real, de acordo com a visão da equipe de trabalho, o que facilita a extração de informações e a obtenção de respostas que satisfaçam os objetivos do projeto e facilitem a tomada de decisões. O processo de análise compreende recuperar, relacionar, medir, reclassificar, sobrepor e conectar dados gráficos e respectivos atributos. A partir de informações existentes, a análise espacial é usada na produção de informações geográficas adicionais ou para realçar relações entre informações geográficas. São consideradas funções de análise espacial (ARONOFF, 1989):

#### 3.4.1. Consulta à Base de Dados (*database query*)

A consulta à base de dados permite a recuperação dos dados de atributo sem alterá-los. A função pode ser executada simplesmente clicando na feição ou, para consultas mais complicadas, por meio de afirmações condicionantes, utilizando-se de operadores específicos:

a) Operadores (lógicos) Booleanos – AND (e), OR (ou), NOT (não), XOR (exclusão do “ou”). A Figura VIII.21 mostra exemplos para combinar mais de duas condições.

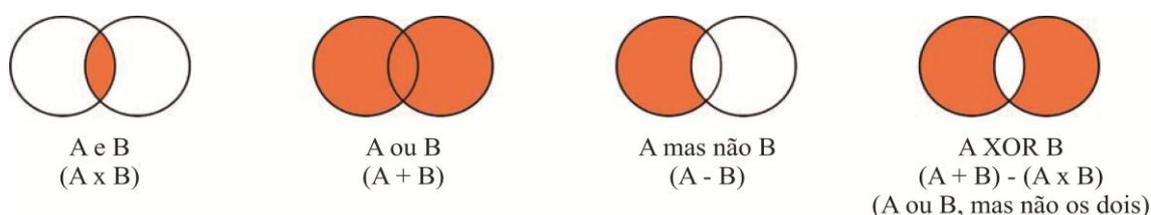


Figura VIII.21 – Exemplo de consulta à base de dados – Exemplos de combinações com mais de duas condições

Fonte: Adaptado de [http://www.gitta.info/Suitability/en/html/BoolOverlay\\_learningObject2.html](http://www.gitta.info/Suitability/en/html/BoolOverlay_learningObject2.html)

b) Operadores (condicionantes) Relacionais - =, >, <, <> (não igual a)

#### 3.4.2. – Recuperação e Reclassificação

A recuperação pode ser feita tanto nos dados espaciais como nos dados de atributo e refere-se à busca seletiva, manipulação e representação de dados, sem modificar a localização geográfica dos mesmos. Já a reclassificação envolve a seleção e apresentação de camadas selecionadas de dados, com base em classes ou valores de um atributo específico, de modo que o mapa original é alterado com a criação de novas categorias.

#### 3.4.3. Sobreposição

A sobreposição (*overlay*) é considerada a operação mais importante na análise espacial em um SIG, pela possibilidade de combinar diferentes camadas geográficas para gerar novos elementos espaciais. A Figura VIII.22, ilustra o conceito de

sobreposição tanto para dados vetoriais como dados *raster*.

a) Sobreposição com Dados Vetoriais

Durante a sobreposição, mapas de feições e os atributos associados são integrados para gerar um novo mapa. A sobreposição pode ser feita em qualquer feição (polígono em polígono, linha em polígono, ponto em polígono) e regras lógicas podem ser aplicadas para conduzir à combinação dos mapas. Em arquivos vetoriais são mantidos os vínculos do arquivo-imagem com os dados alfanuméricos (Figura VIII.22 à esquerda).

b) Sobreposição de Dados *Raster*

A Figura VIII.22 ilustra o conceito de sobreposição tanto para dados vetoriais como dados *raster*, para um hipotético estudo de “risco à erosão de solos”, com dois parâmetros (tipo de solo x declividade).

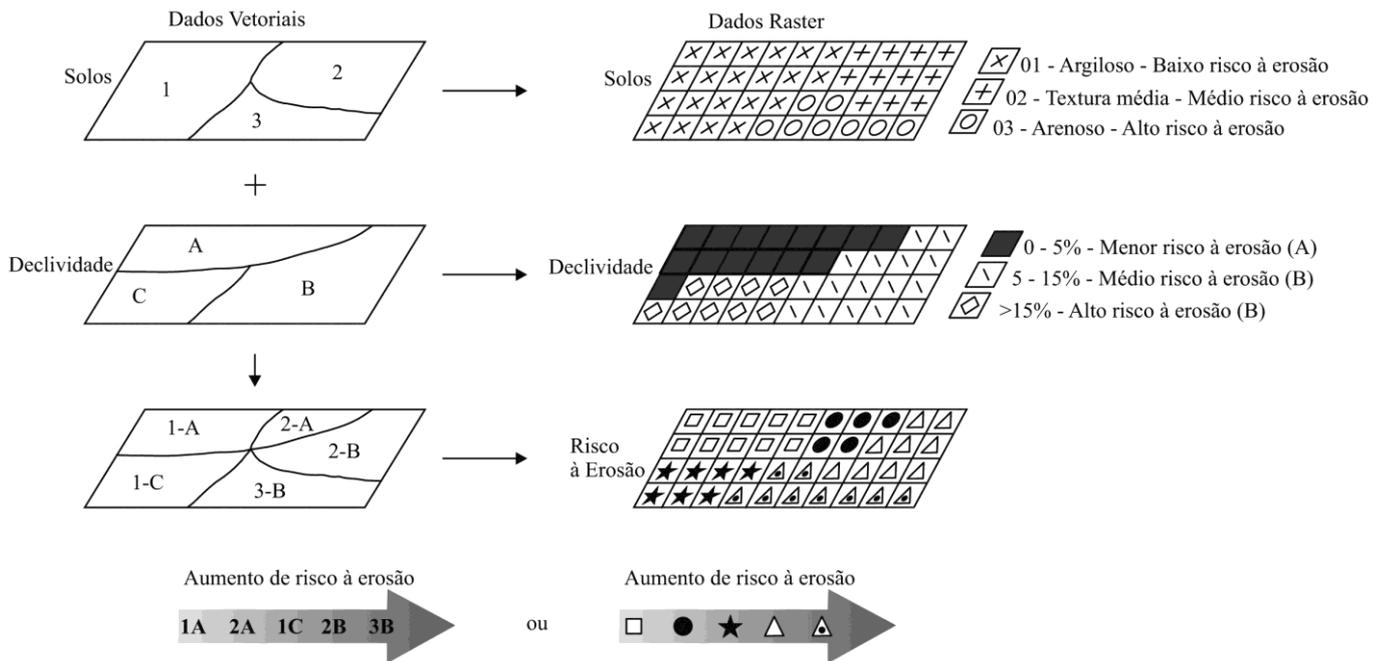
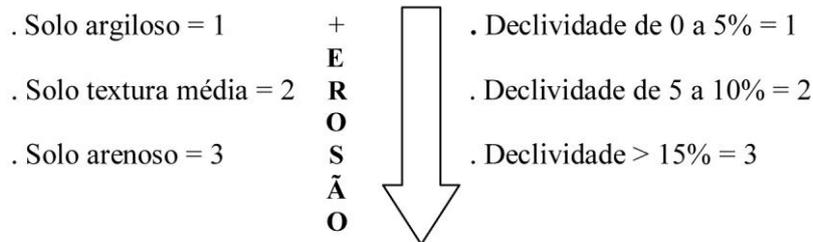


Figura VIII.22 - O conceito de sobreposição (*overlay*) para dados vetoriais e raster

Neste caso, os pixels ou os valores das células em cada mapa são combinados utilizando-se de operadores aritméticos e booleanos para dar origem a um novo mapa composto, ou seja, o formato *raster* permite processar camadas de dados matematicamente. O exemplo da Figura VIII.22 é do tipo soma, onde:



Dessa maneira, quanto maior a soma em cada quadrícula, maior é o risco à erosão. De acordo com as normas de representação cartográfica, atribuem-se cores ou tonalidades diferentes à medida que o risco à erosão aumenta, das mais suaves às mais fortes.

Um exemplo prático para o caso de soma de pesos, para cada quadrícula em cada camada de informações, pode ser visto na Figura VIII.23 (GARCIA et al, 2003).

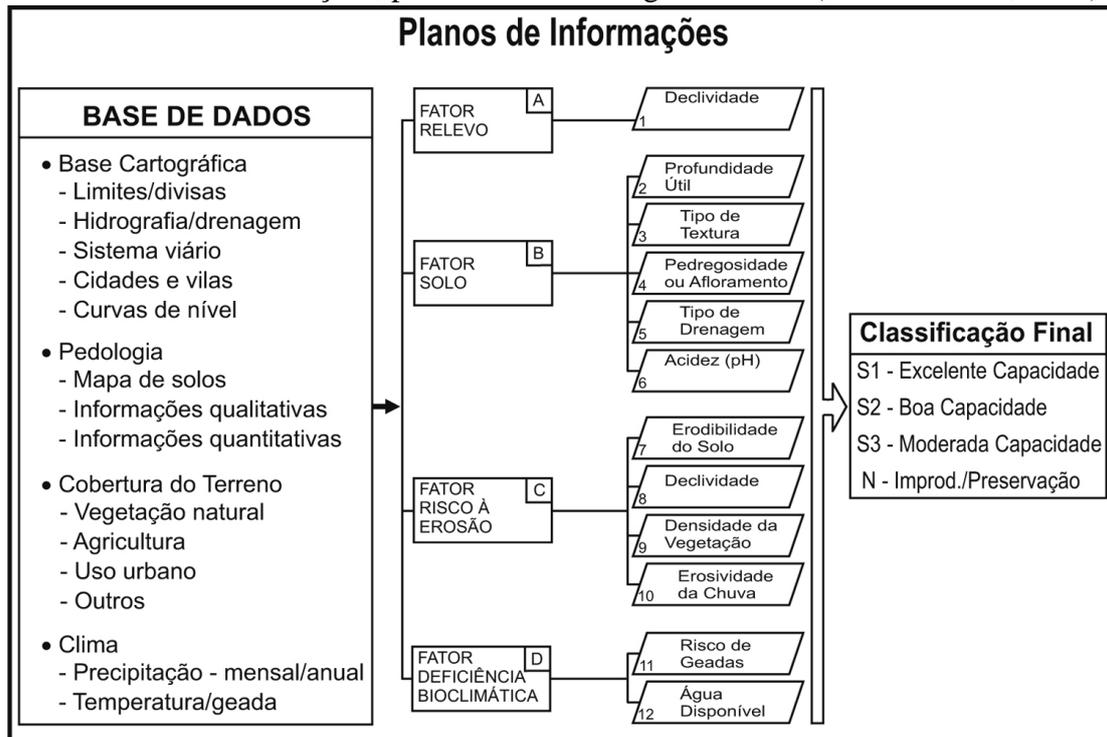


Figura VII.23- Articulação das informações no SIAT – Sistema de Avaliação de Terras

#### 3.4.4. Operações de Vizinhança

As operações de vizinhança avaliam as características de uma área de entorno, em relação a uma determinada posição, e um SIG pode realizar várias funções deste tipo. A análise de feições topográficas como, por exemplo, o relevo, envolve várias técnicas de interpolação, utilizando principalmente dados de elevação do terreno. Neste caso, os dados de elevação (pontos cotados) podem se apresentar irregular ou regularmente espaçados:

. Pontos irregularmente espaçados - Dados irregularmente espaçados são armazenados em uma Rede Triangular Irregular (*Triangular Irregular Network - TIN*). Uma TIN é uma rede topológica vetorial de facetas triangulares, gerada pela união, com linhas retas, dos pontos no terreno (Figura VIII.24);

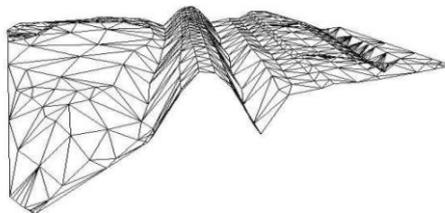


Figura VIII.24 - Modelo TIN

(Fonte: <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/pap306/p306.htm>)

. Pontos regularmente espaçados - O Modelo Digital de Elevação (*Digital Elevation Model - DEM*) normalmente se refere a pontos regularmente espaçados no terreno, no formato raster (Figura VIII.25).

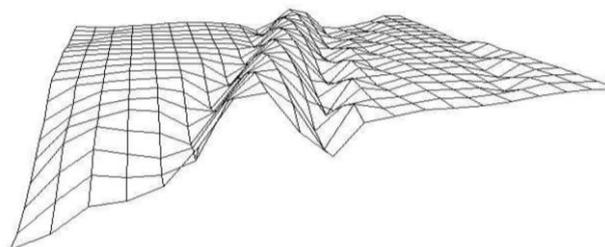


Figura VIII.25 - Grade DEM

(Fonte: <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/pap306/p306.htm>)

A função *buffer*, que poderia ser traduzida por zona tampão, é bastante comum nesta categoria e refere-se à criação de limites em torno de feições selecionadas. Por exemplo, de acordo com a legislação ambiental, só é permitido o desmatamento ao longo de cursos d'água a partir de uma certa distância das margens, de acordo com a largura dos mesmos. A Figura VIII.26 mostra alguns exemplos, destacando-se a VII.26b, para o caso de um *buffer* para um rio.

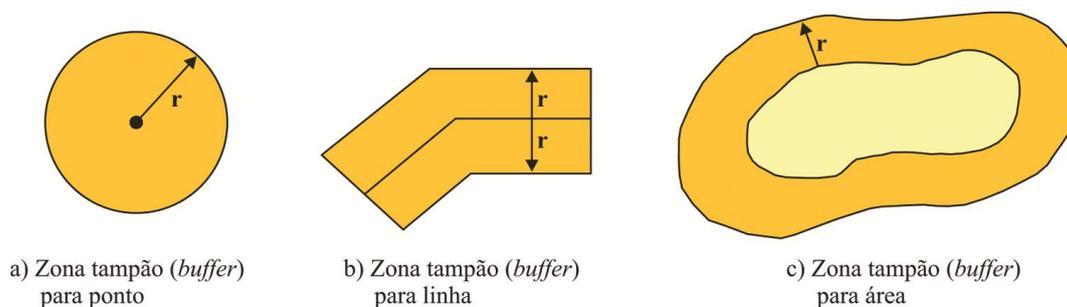


Figura VIII.26 - Exemplos de zonas tampão (*buffers*)

(Fonte: <http://geoportal.icimod.org/TrainingandEducation/GISforBeginners/p1ch7/>)

Já as análises de conectividade utilizam funções que acumulam valores pela área que está sendo transversalmente analisada, podendo-se destacar:

a) **Análise de Proximidade** - Basicamente avalia a proximidade de uma feição em relação a uma feição de referência, com base na localização, valor ou uma distância específica. Pode ser utilizada tanto em estudos ambientais como em análises urbanas. No primeiro caso poderia ser, por exemplo, a identificação de toda mata natural existente ao longo de um trecho de estrada, até 200 metros de distância. No segundo caso, poderia ser utilizada no estudo da influência do sistema viário e da infraestrutura urbana na agregação de valor em áreas destinadas ao desenvolvimento imobiliário (residencial, logística, comercial, etc);

b) **Análise de Redes** - O uso principal, neste caso, leva em conta as feições das redes, as quais são quase que totalmente relacionadas a estruturas lineares, como redes hidrográficas e de transportes. Um exemplo é a determinação do caminho mais curto entre dois pontos, também chamada de otimização ou seleção de rota, que pode ser aplicada em vários casos: Entrega de mercadorias; Serviços de ambulância; Corpo de bombeiros, etc;

c) Análise Tridimensional - A maioria dos SIGs oferece o recurso 3D e, neste caso, o uso mais comum é a geração de superfícies perspectivas, com funções que permitem: Exagero vertical, visão azimutal e ângulo de elevação; Visualização de áreas sombreadas; Geração de modelos sombreados do terreno, simulando iluminação; Geração de seções transversais; Perspectiva de visão a partir de determinados pontos de vista. As Figuras de VIII.27 a VIII.31, a partir de <http://utsa.edu/lrsg/Teaching/EES6513/08-3D.pdf>, mostram alguns exemplos.

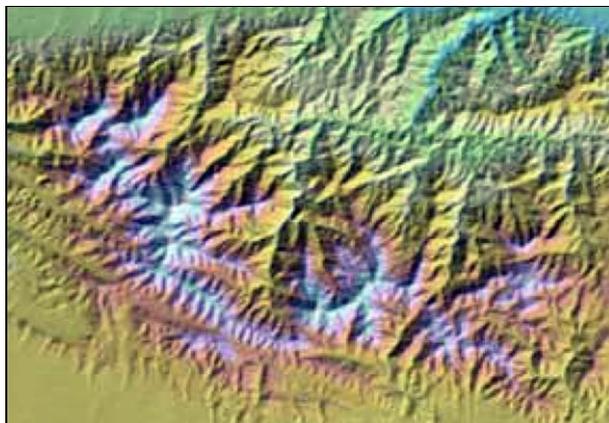


Figura VIII.27 - Sombreamento

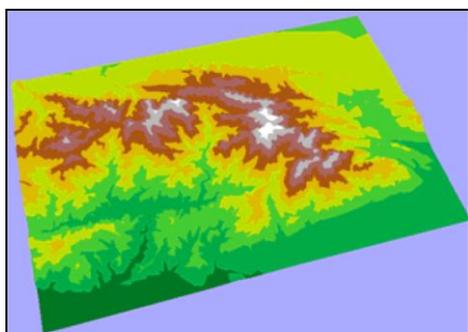


Figura VIII.28a - Imagem normal

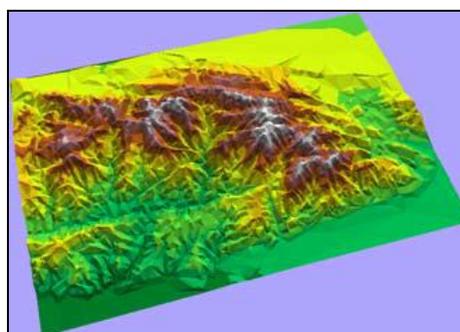
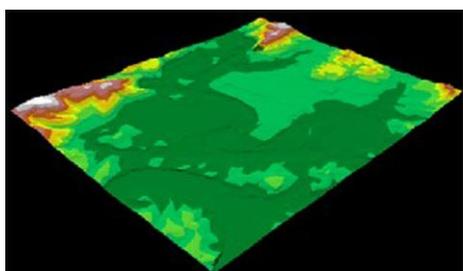
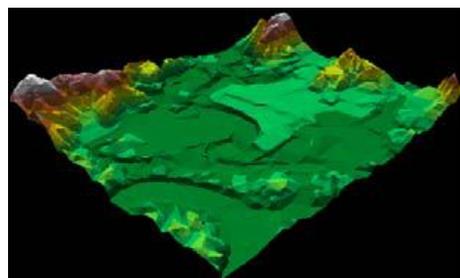
Figura VIII.28b – Imagem com  
iluminação

Figura VIII.29a - Relevo normal

Figura VIII.29b - Exagero vertical de 5  
vezes

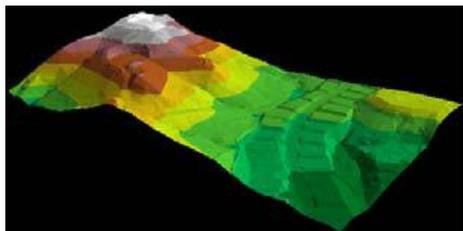


Figura VIII.30a – Posição do Sol  
Azimute nordeste

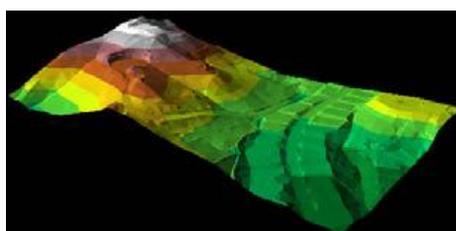


Figura VIII. 30b - Posição do Sol  
Azimute sudoeste

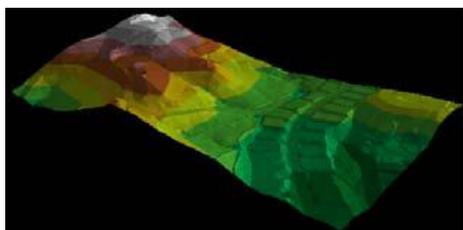


Figura VIII.31c – Posição do Sol  
baixa

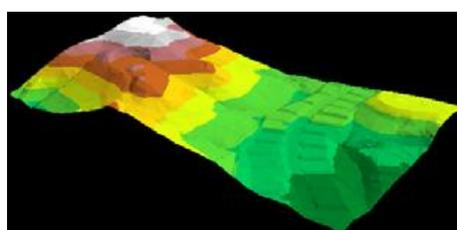


Figura VIII.31d – Posição do Sol  
alta

### 3.5. Apresentação dos Dados (Saída)

As apresentações tradicionais, por meio de tabelas e gráficos, são complementadas por mapas e imagens tridimensionais. De fato, a comunicação visual é um dos mais importantes recursos da tecnologia SIG, facilitando o trabalho do usuário, já que a informação é visualizada de novas maneiras, revelando relações, padrões e tendências não visíveis.

### REFERÊNCIAS

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989.

DALAZOANA, R.; FREITAS, S. R. C. Efeitos da cartografia devido a evolução do Sistema Geodésico Brasileiro e adoção de um referencial geocêntrico. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 54, p. 66-76, 2000.

GARCIA, G. J. et al. SIAT – sistema de avaliação de terras. **Científica**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 19-25, 2003.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

CARTOGRAFIA. **Conceitos básicos de geoprocessamento**. [2001]. Disponível em: <<http://www.cartografia.eng.br/artigos/gis03.php>>. Acesso em: 9 out. 2013.

ESRI. **An overview of geodatabase design**. Disponível em: <[http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3.1/java/index.htm#geodatabases/an\\_over-776141322.htm](http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3.1/java/index.htm#geodatabases/an_over-776141322.htm)>. Acesso em: 9 out. 2013.

ESRI. **GIS dictionary**. Disponível em: <<http://support.esri.com/en/knowledgebase/Gisdictionary/browse>>. Acesso em: 9 out. 2013.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GEO EARTH MAPPING. Disponível em: <<http://www.gembc.ca>>. Acesso em: 10 out. 2013.

ICIMOD. **Spatial analysis**. [2012]. Disponível em: <<http://geoportal.icimod.org/TrainingandEducation/GISforBeginners/p1ch7>>. Acesso em: 9 out. 2013.

MILLER, H. J.; SHAW, S. **Geographic information systems for transportation: principles and applications**. New York: Oxford University Press, 2001.

SATELLITE IMAGING CORPORATION. **Welcome to satellite imaging corporation**. [2012]. Disponível em: <<http://www.satimagingcorp.com>>. Acesso em: 9 out. 2013.

SEOS - SCIENCE EDUCATION THROUGH EARTH OBSERVATION FOR HIGH SCHOOLS. Supplement: geographic information systems (GIS). In: \_\_\_\_\_. **Remote sensing and GIS in agriculture**, [2012?]. Disponível em: <<http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c03-s01.html>>. Acesso em: 9 out. 2013.

SMITH, M.; LONGLEY, P.; GOODCHILD, M. **Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools**. [2013]. Disponível em: <<http://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html>>. Acesso em: 9 out. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. **Estudo dirigido em SIG**. [2010] Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/SIG.htm>>. Acesso em: 9 out. 2013.

# **IX – PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL**



## IX – PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

### 1. Introdução

Relembrando, este livro objetiva abordar, de modo integrado, os métodos e as técnicas disponíveis para o Planejamento e Gestão Ambiental de áreas antropizadas ou não antropizadas, ou seja, o estudo das relações entre natureza e sociedade de consumo. Recapitulando, o primeiro passo do processo é a Análise e o Diagnóstico Ambiental do meio ambiente local, possível de serem realizados com a coleta de dados do meio natural e do meio socioeconômico. No primeiro caso, são úteis: Topografia, GPS e Sensoriamento Remoto. No segundo caso, são utilizados levantamentos socioeconômicos locais e consultas a bancos de dados socioeconômicos mantidos por órgãos de governo, nos diferentes níveis institucionais. Para que tais dados sejam úteis, eles precisam passar por uma fase de processamento digital, de modo que tenham um significado prático e compreensível para os usuários.

Tanto na fase de pré-processamento como de pós-processamento, a Cartografia é a técnica utilizada para a representação das informações. De posse da documentação cartográfica necessária para um projeto, e com a metodologia adequada, é possível, então, a execução do Planejamento e do Gerenciamento Ambiental. A visão geral do processo é apresentada na Figura IX.01 e as particularidades na Figura IX.02.

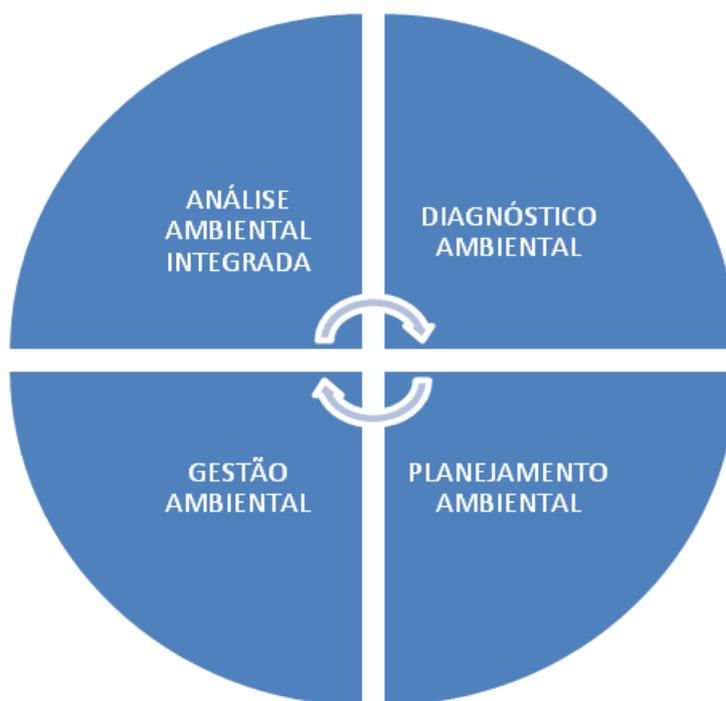


Figura IX.01- Articulação das ações para a Gestão Ambiental

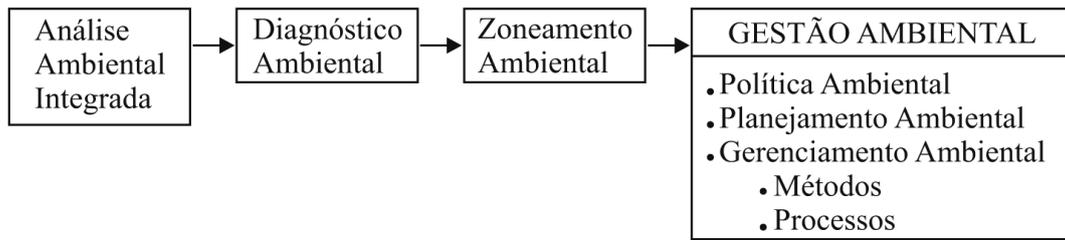


Figura IX.02 - Sequência metodológica para o exercício da gestão ambiental

Na montagem de um projeto ambiental, alguns quesitos são básicos, independentemente dos objetivos do mesmo (<http://www.ambiente.sp.gov.br/o-que-fazemos/fontes-de-cooperacao/roteiro-para-elaboracao-de-projeto/>):

- a) Descrição do Evento - Preocupa-se com “o que”, “onde” e “quando”. É o nível mais básico e o Mapeamento do Uso da Terra é um exemplo;
- b) Explicação - Aqui as perguntas são “como” e “por que”. A compreensão da influência de variáveis climáticas, do solo e do relevo é um exemplo;
- c) Prognóstico - A equipe procura evidenciar o que acontecerá no futuro sob determinadas condições. Por exemplo, a situação do solo (erosão) sob determinadas condições de uso (agricultura tecnificada ou não);
- d) Medidas Mitigadoras - O que deve ser feito para alterar ou preservar uma situação.

Um projeto pode ter origem num órgão governamental ou então originar-se na iniciativa privada, a partir de normas estabelecidas por agências de governo de diferentes níveis institucionais. Normalmente, agências governamentais demandam por projetos de amplitude regional, enquanto que empresas e/ou prefeituras municipais necessitam de projetos mais setorializados. O Plano Diretor de um eixo de desenvolvimento regional é um exemplo típico de um projeto complexo de grande porte. Um EIA - Estudo de Impacto Ambiental para a localização de um aterro sanitário municipal já seria um projeto mais localizado, de menor porte e, portanto, mais simples.

A sociedade, ao planejar para explorar e evoluir, deve levar em conta o que se entende por Crescimento e Desenvolvimento:

- . Crescimento - Existe quando há um aumento do produto global e o conseqüente aumento da renda *per capita*;
- . Desenvolvimento - Está associado à combinação de mudanças sociais e mentais da população, criando condições para fazer crescer cumulativamente e de forma durável seu produto real global;
- . Desenvolvimento Sustentado - Garantia de condições dignas de existência para as gerações futuras, através da gestão racional equilibrada do ambiente.

Um projeto enfatizando o desenvolvimento sustentado deve atender a três princípios básicos:

- a) Sustentabilidade Ecológica - Quando é alcançada a manutenção da produtividade primária do ecossistema e também a manutenção da diversidade biológica;
- b) Sustentabilidade Econômica - Quando a rentabilidade do empreendimento é de tal ordem que podem ser cumpridos os compromissos econômicos de amortização do capital e os lucros permitem novos investimentos;

c) Sustentabilidade Social - Quando o modelo de desenvolvimento adotado corrige as distorções sociais existentes, permitindo uma melhoria no estilo e na qualidade de vida das populações atingidas, com melhor distribuição da riqueza.

A Gestão Ambiental é o processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço, com o objetivo de garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos naturais. Isto torna a Gestão Ambiental uma atividade voltada à formulação de princípios e diretrizes, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões, e tem como objetivo final a promoção de forma coordenada, o inventário, uso, controle, proteção e conservação do ambiente, visando atingir o objetivo estratégico de Desenvolvimento Sustentável. Fazem parte da Gestão Ambiental:

a) A Política Ambiental – Conjunto de princípios doutrinários que representam as aspirações sociais e/ou governamentais quanto à regulamentação ou modificação no uso, controle, proteção e conservação do ambiente;

b) O Planejamento Ambiental – Estudo prospectivo que visa à adequação do uso, controle e proteção do ambiente; às aspirações sociais e/ou governamentais expressas formal ou informalmente em uma Política Ambiental, através da coordenação, compatibilização, articulação e implementação de projetos de intervenções estruturais e não estruturais;

c) O Gerenciamento Ambiental – Conjunto de ações destinadas a regular na prática operacional o uso, controle e conservação do ambiente;

d) O Método de Gerenciamento Ambiental – Estabelece o referencial teórico que orienta os procedimentos, os papéis e as participações dos diferentes agentes sociais envolvidos. O método mais usado é aquele que adota a bacia hidrográfica como unidade de gestão territorial;

e) O Processo de Gerenciamento Ambiental – Conjunto de organismos, agências e instalações governamentais e privadas, estabelecido com o objetivo de executar a Política Ambiental, através do Método de Gerenciamento Ambiental adotado, e tendo como instrumento o Planejamento Ambiental.

## **2. Gerenciamento de Projetos Ambientais**

Um projeto, na área ambiental ou não, é um conjunto de atividades temporárias realizadas em equipe, com a finalidade de criar um produto ou serviço único. Sendo único, envolve atividades não rotineiras que objetivam alcançar objetivos particulares (PMI, 2012).

Como mostra a Figura IX.03, um projeto ambiental, como outros tipos de projetos, apresenta uma sequência lógica de desenvolvimento, que pode ser representada graficamente. Na fase de coleta de dados é fundamental que sejam identificados e interpretados os FCD – Fatores Condicionantes ao Desenvolvimento da região em estudo, quais sejam: Naturais, Tecnológicos, Econômicos, Sociais, Educacionais, Institucionais. A compreensão dos mesmos será de grande auxílio nas tomadas de decisões, já que um FCD pode se apresentar positivo ou negativo, de acordo com os objetivos do projeto (SOUZA FILHO, 1999; SALATI FILHO & COTTAS, 2003).

## PROJETO AMBIENTAL

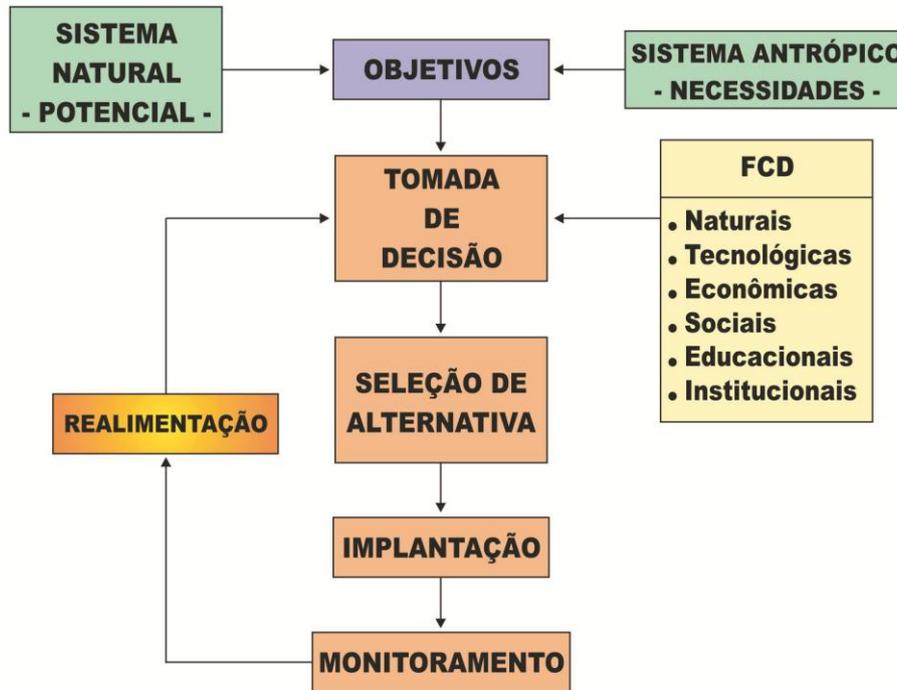


Figura IX.03 – Fluxo de atividades em um projeto ambiental  
Fonte: Adaptado de Andrade et al (2000)

Pelas particularidades, a equipe técnica inclui especialistas de várias áreas do conhecimento, trabalhando em torno de objetivos comuns. Para atingir tais objetivos, o gerente executivo precisa ter um conhecimento abrangente do assunto, recursos técnicos e habilidade para que a equipe, heterogênea por natureza, possa realizar as múltiplas tarefas, próprias do projeto em particular.

### 2.1. Componentes de um Projeto

Projetos podem ser os mais variados possíveis: Construção de um prédio; Desenvolvimento de um serviço de vendas pela Internet; O EIA-RIMA (Estudo de Impacto Ambiental – Relatório de Impacto Ambiental) de uma barragem, etc. Independentemente da natureza do projeto, ambiental, industrial ou comercial, todos apresentam aspectos comuns, que são as etapas e componentes do projeto (CONSALTER, 2007):

- a) Introdução – Apresentação geral do projeto e o que se espera dele;
- b) Diagnóstico - O diagnóstico é a análise crítica da situação atual, permitindo que se tenha noção da realidade, da qual ele faz parte. A partir do diagnóstico é possível estabelecer o prognóstico, ou seja, os objetivos a serem alcançados;
- c) Objetivos – Um projeto só se inicia no momento em que os objetivos estiverem bem claros para todos os indivíduos envolvidos (*stakeholders*), conforme mostra a Figura IX.04. Tais agentes não estão no mesmo nível hierárquico e para a equipe técnica é importante conhecer a capacidade dos níveis superiores em influenciar e interferir na elaboração do projeto, procurando agir preventiva e reativamente às suas ações, minimizando possíveis danos;

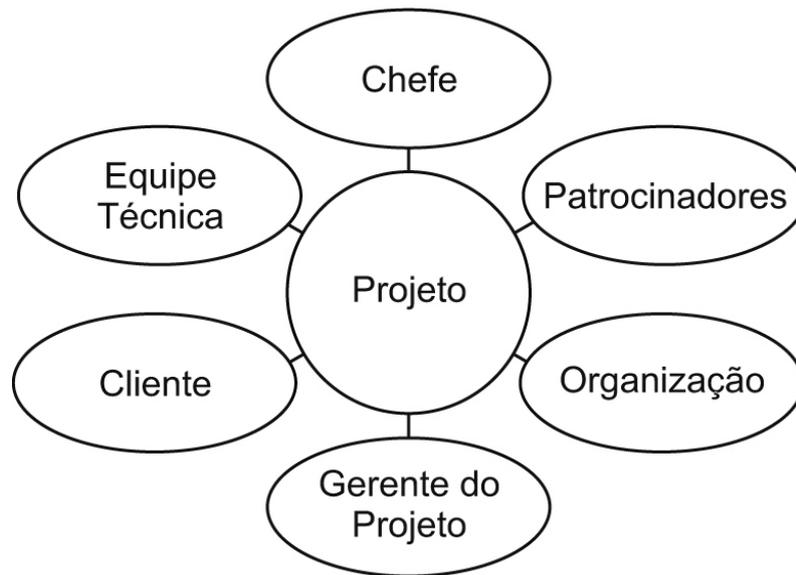


Figura IX.04 – Principais *stakeholders* envolvidos em um projeto  
 Fonte: Adaptado de PMI (2012)

d) Componente Mercadológico – Leva em conta o potencial do mercado, tanto o tamanho atual como as projeções de crescimento para um produto ou serviço. O projeto ambiental é, normalmente, uma exceção à regra, já que a situação mais comum é uma empresa realizar um projeto ambiental para atender a uma exigência legal de um órgão ambiental normativo/fiscalizador ou do Ministério Público. No entanto, qualquer projeto ambiental deve passar por um estudo de viabilidade, permitindo identificar as diferentes alternativas e seus respectivos custos (KAHN, 2003);

e) Componente Técnico – A competência técnica da equipe é a base para a execução de um projeto de qualidade, e, em especial, que atenda à expectativa do cliente;

f) Componente Administrativo – Independentemente do tamanho e da diversidade de projetos, os princípios de administração que devem ser aplicados são sempre os mesmos (MAXIMIANO, 1997), ou seja:

- . A administração de projetos é um método de trabalho que se aplica a determinados problemas ou tipos de atividades;

- . A tarefa básica da administração é assegurar um resultado que resolva um problema;

- . Controlar custos e prazos é fundamental para se chegar ao resultado pretendido;

- . A escala e o nível de detalhamento variam de acordo com a dimensão do projeto;

g) Componente Legal – Objetiva-se, aqui, situar o empreendimento dentro do contexto jurídico vigente;

h) Componente Ambiental – Projetos, especialmente na área industrial, devem levar em conta a responsabilidade ambiental e social da empresa hospedeira ou contratante, já que não podem mais comportar-se como empresas meramente econômicas;

i) Componente Econômico-financeiro – A análise econômica do projeto leva em conta a disponibilidade restrita de recursos econômicos, com a pressuposição de

que os mesmos não serão suficientes para atender plenamente às necessidades do projeto. No suporte às decisões, podem ser calculados índices de avaliação econômico-financeira, a partir de métodos e critérios apropriados;

j) Conclusão do Projeto – As conclusões são apoiadas em deduções lógicas e devem dar respostas aos objetivos do projeto. Devem explicar os resultados qualitativos e quantitativos, bem como demonstrar as consequências da adoção ou não do projeto.

Pela individualidade, todo projeto apresenta um caráter único, ao qual está associado certo grau de incerteza. Os projetos, no desenvolvimento, são normalmente divididos em várias fases, visando um melhor controle gerencial e uma ligação mais adequada de cada projeto aos seus processos operacionais contínuos.

Assim como produtos, projetos também apresentam um Ciclo de Vida, desde seu nascimento, seu desenvolvimento e consolidação, até seu encerramento. O ciclo de vida do projeto configura-se como um apoio para definir o começo e o término do mesmo, através da definição de fases, cujos subprodutos são avaliados como forma de determinar a continuidade ou não do mesmo. Dessa maneira, a avaliação do Ciclo de vida de projetos é útil para (PMI, 2012):

- a) Definir o início e o fim de um projeto;
- b) Permitir melhor controle da administração do projeto através da avaliação dos subprodutos gerados em cada fase;
- c) Para relacionar o projeto aos processos operacionais contínuos da organização executora;
- d) Definir qual trabalho deverá ser realizado em cada fase e quem deveria estar envolvido.

## **2.2. Gerente e Equipe Técnica**

Um projeto pode ser de responsabilidade de uma única pessoa, por exemplo, uma tese de doutorado, ou de dezenas de técnicos, como a elaboração de um EIA-RIMA de uma obra ambiental complexa. Em qualquer dos casos a responsabilidade recai sobre uma única pessoa, que é o líder ou o gerente do referido projeto.

Evidentemente, o gerente deve ter experiência, conhecimento técnico e habilidade na gestão de pessoas de diferentes formações técnicas e diferentes personalidades. Particularmente no caso de projetos na área ambiental, o gerente deve se preocupar com profissionais que, embora com formações diferentes, apresentam áreas de conhecimento comuns, como é o caso do geólogo e do engenheiro agrônomo, do engenheiro ambiental e do engenheiro sanitário, do biólogo e do ecólogo. Por exemplo, o conceito de solo para o geólogo é diferente do conceito para o engenheiro agrônomo e isto pode levar a discussões desnecessárias, prejudicando o cronograma e o ambiente de trabalho.

Na prática, não existe uma única equipe, mas várias equipes que trabalham segundo módulos especializados. A equipe de coleta de dados ambientais não será necessariamente a mesma que vai preparar e processar os dados ambientais. A interpretação dos mesmos, após processamento, provavelmente será feita pelos primeiros técnicos, com o acréscimo de outros profissionais de outras áreas afins. A redação final do projeto poderá, inclusive, ser de responsabilidade de outra equipe.

De acordo com Maximiano (1997), as atividades mais importantes do gerente seriam:

a) Planejador – O gerente deve ter uma ideia muito clara do começo, meio e fim do projeto;

b) Organizador – Previsão dos meios e das pessoas necessárias para realizar o projeto dentro da melhor técnica;

c) Administrador de Pessoas – Como administrador de pessoas, o gerente lida com competências e personalidades distintas, devendo, portanto, ter a sensibilidade necessária para considerar as diferenças existentes dentro da equipe;

d) Administrador de Interfaces – Dentro de uma equipe existem vários grupos especializados que precisam trabalhar em sintonia, em razão da necessidade de uma reciprocidade harmônica entre elas. Adicionalmente, há a necessidade de articular as relações da equipe com as outras unidades da organização e, em especial, com os *stakeholders*;

e) Administrador de Tecnologia – Dentro do grupo de trabalho, o gerente precisa manter-se atualizado com as soluções tecnológicas relevantes para o projeto e promover a atualização técnica da equipe;

f) Implementador – O gerente deve executar e corrigir o planejamento proposto para o projeto quando necessário, disponibilizar os recursos necessários, fornecer informações, avaliar o desempenho dos técnicos e exigir que a execução das tarefas ocorra com a qualidade necessária e dentro do tempo previsto;

g) Formulador de Métodos – Pela experiência e nível de conhecimento técnico, o gerente deverá estar apto a selecionar as tecnologias e as metodologias mais apropriadas para a execução do projeto.

### 2.3. Desenvolvimento do Projeto

A execução do projeto compreende a transformação do planejamento em realidade, ao executar as tarefas estabelecidas no plano do projeto, chegando-se aos objetivos pretendidos originalmente. Enquanto o plano do projeto leva em conta custos, tempo, escopo e recursos, o controle compreende o conjunto de procedimentos que visam garantir o acompanhamento da execução. Neste caso, há a possibilidade de identificação de ações corretivas e alternativas que permitam concluir o projeto no prazo estipulado.

Projetos ambientais podem ter complexidade variada. No entanto, alguns recursos podem ajudar a planejar o desenvolvimento do plano de trabalho, quais sejam:

a) Diagrama de Gantt – É um dos recursos mais simples para acompanhamento de um projeto, mas bastante útil. Consiste de barras horizontais e paralelas que indicam as atividades a serem executadas, dispostas em uma escala de tempo horizontal (Figura IX.05);

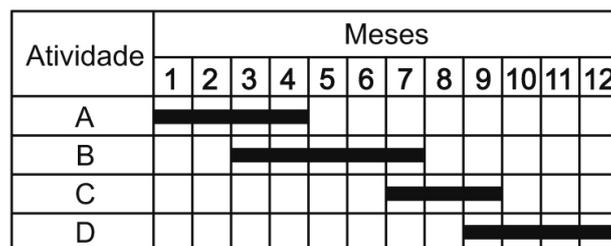


Figura IX.05 – Exemplo de um diagrama de Gantt

b) Fluxograma ou Diagrama de Fluxo de Dados (DFD) – Um DFD é bastante útil, pois pode mostrar a sequência completa de trabalho, sendo possível visualizar como a saída de uma função serve como entrada para outra. A Figura IX.06 mostra um DFD para um projeto ambiental para o desenvolvimento sustentado de bacias hidrográficas.



Figura IX.06 – Exemplo de um Diagrama de Fluxo de Dados para um projeto ambiental numa bacia hidrográfica

c) Gráfico CPM (Critical Path Method) – O método CPM se utiliza de dois conceitos: Evento e Atividade. Evento indica o início e o fim de uma determinada atividade, e esta, por sua vez, representa uma ação que desloca o trabalho de um evento para outro, demandando tempo e recursos no processo. No projeto, os eventos são representados por círculos numerados em ordem crescente, com a direção de progresso do projeto. As atividades são sempre representadas por setas, orientadas do início para o fim, sem escala gráfica. A elaboração do diagrama CPM requer os seguintes conhecimentos:

- . A relação das atividades e suas interdependências, a serem cumpridas de modo a concluir o projeto;

- . A ordem de execução das atividades;

- . A duração de cada atividade

A Figura IX.07 apresenta um exemplo de diagrama CPM, para cinco atividades (A, B, C, D, E), cujas interdependências são:

- . As atividades B e C só podem ser iniciadas após o término da atividade A;

- . A atividade D depende da conclusão da atividade B;

- . A atividade E depende das conclusões das atividades D e C (dupla dependência)

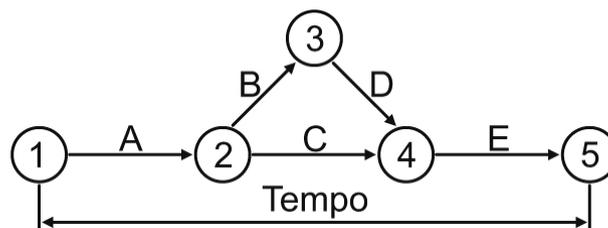


Figura IX.07 – Diagrama CPM para cinco atividades

Fonte: [http://mayerle.deps.prof.ufsc.br/private/eps5102/PERT\\_CPM.pdf](http://mayerle.deps.prof.ufsc.br/private/eps5102/PERT_CPM.pdf)

## 2.4. Realização de Reuniões Técnicas

As reuniões de trabalho, quando se trata da equipe completa, devem seguir um calendário apropriado, em dias pré-determinados ou em função de fases importantes do projeto. Reuniões dos diferentes subgrupos de técnicos são bastante informais e podem ser convocadas sempre que uma pendência exige a opinião de mais pessoas. Neste caso, é comum a presença do gerente, já que, pela experiência, este pode ajudar a resolver o problema ou autorizar que uma nova abordagem possa ser dada ao problema. É bastante claro que reuniões mal dirigidas são desperdício de tempo e dinheiro e, portanto, devem ser bem planejadas. De acordo com Page-Jones (1990), as seguintes providências devem se tomadas pelo gerente:

- a) Antes da Reunião
  - . Escolher de um lugar adequado para a reunião;
  - . Que todos aqueles considerados relevantes (e só eles) à reunião possam participar;
  - . Todos devem ser avisados com antecedência;
  - . A pauta da reunião deve ser bem específica;
  - . O número de itens na pauta deve ser restrito;
  
- b) Durante a Reunião
  - . Seguir a pauta estabelecida, só sendo permitido assuntos novos quando de grande relevância. É possível também estabelecer limites de tempo para a discussão de cada assunto da pauta, de acordo com a experiência do gerente;
  - . Indicação de um moderador, que atuará sempre que os assuntos abordados fujam da pauta;
  - . Indicação de um secretário para a reunião, que anotará as propostas e resoluções aprovadas ou não;
  
- c) Depois da Reunião
  - . O secretário da reunião deverá ter anotado as providências que deverão ser tomadas a partir da reunião;
  - . Essas providências devem ser claramente atribuídas aos diferentes técnicos da equipe;
  - . Uma Ata da reunião, com tudo o que foi decidido, deve ser escrita e distribuída a todos os membros da equipe e, eventualmente, a outras unidades da empresa. As reuniões podem também ser gravadas em vídeo para consultas, em casos de dúvidas quanto às soluções adotadas.

## 2.5. Finalização do Projeto

Nesta fase, é conduzida uma avaliação para verificar se os objetivos pretendidos e discriminados no Plano do Projeto foram alcançados. São também analisados os aspectos positivos e negativos do trabalho da equipe e dos métodos e técnicas utilizados, podendo ser documentados e armazenados para utilização futura, como parte do que poderia ser chamado de “experiência adquirida” da equipe.

Finalmente, os resultados do projeto são documentados e apresentados não só para o cliente, mas também para a direção da empresa responsável pela execução do mesmo. São incluídos os registros do projeto, as análises efetuadas e as especificações de controle da qualidade.

### 3. O Projeto Ambiental

O projeto ambiental é a expressão executiva do planejamento e um planejamento pode ser representado por um ou mais projetos. A terminologia para caracterizar um projeto ambiental é variada e não há unanimidade sobre o assunto, de modo que é oportuna a colocação de Santos (2004): “*De uma forma geral, o planejamento ambiental consiste na adequação de ações à potencialidade, vocação local e à sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social*”.

Ainda não há no Brasil, um consenso quando se trata do planejamento ambiental. Até a década de 1970 os planejamentos eram realizados quase que exclusivamente respeitando-se limites administrativos legais em uma região, como são os casos dos planejamentos municipais (Plano Diretor Municipal), estaduais e nacionais. A partir de então, e a menos que, por força de lei, a unidade de planejamento seja um limite administrativo, a bacia hidrográfica é considerada a unidade territorial ideal para aplicação de ações ligadas ao planejamento ambiental. A razão para a adoção da bacia hidrográfica como unidade estratégica de planejamento é que a mesma representa a expressão das inter-relações entre todos os elementos que constituem o meio físico e biológico da área da bacia, delimitada pelos divisores de água, conforme mostra a Figura IX.08.

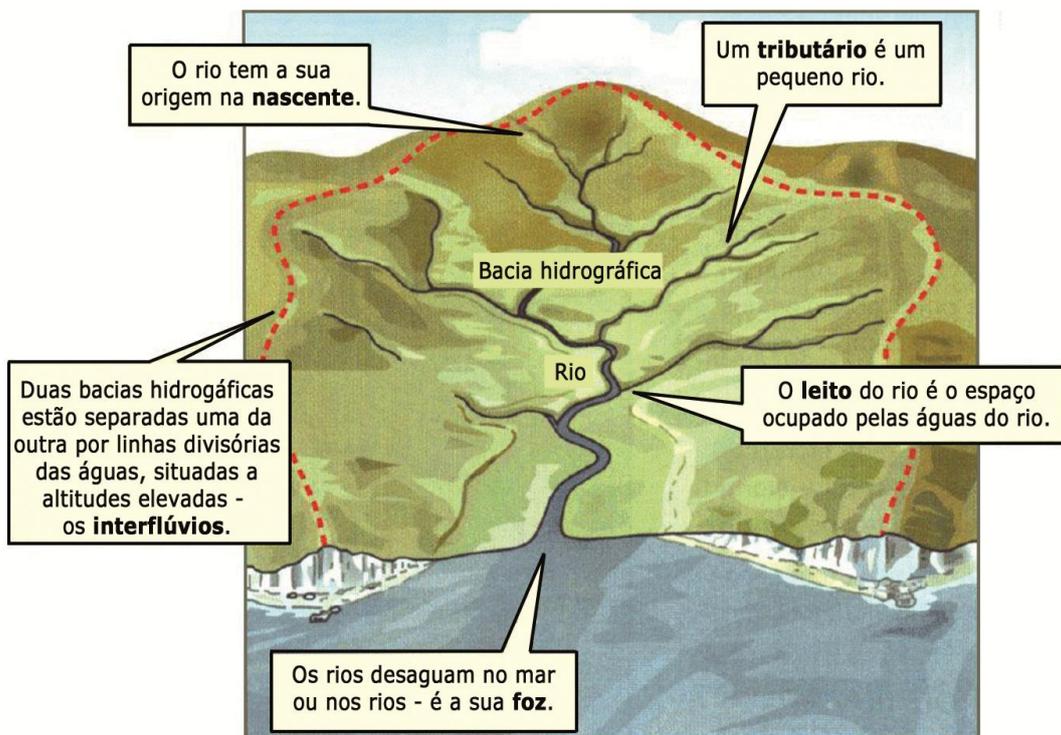


Figura IX.08a – Representação esquemática de uma bacia hidrográfica com respectivo divisor de águas.

Fonte: <http://formulageo.blogspot.com.br/2012/05/bacia-hidrografica-em-desenho.html>

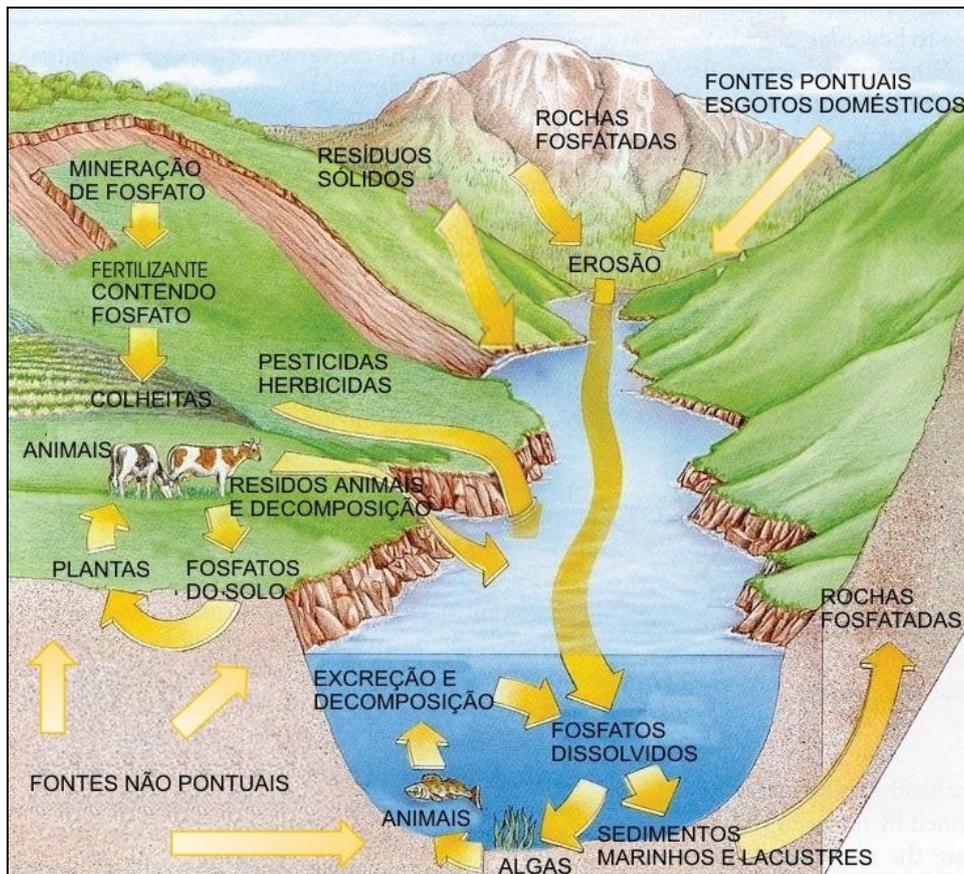


Figura IX.08b – Representação esquemática de uma bacia hidrográfica e suas inter-relações

Fonte: Adaptado de Dobson & Beck (1999)

Diversos métodos foram desenvolvidos nas últimas décadas com foco na metodologia do planejamento ambiental. De acordo com Almeida et al (1993), eles podem ser agrupados em:

a) De acordo com a demanda – Os estudos têm por objeto a população, para então estabelecer os objetivos do planejamento;

b) De acordo com a oferta – Os estudos têm por objetivo o meio em que se desenvolvem as atividades da população. É importante destacar, neste caso, o Método de Tricart (1977), cujo objetivo principal é conhecer o melhor possível uma região (análise e diagnóstico) para compreender a dinâmica do meio natural, identificando e delimitando as zonas ou fatores que podem limitar determinados usos do território.

Embora existam muitas dúvidas sobre questões metodológicas, a abordagem sistêmica é consensual (BRANCO, 1989). A abordagem sistêmica considera a paisagem como resultante da combinação dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos, que interagem entre si. Tal abordagem é adequada ao estudo do zoneamento e posterior planejamento ambiental, visto que estes também são resultantes da Análise Ambiental Integrada (AAI) dos elementos supracitados. Portanto, da AAI chega-se à compreensão das partes menores de uma porção da paisagem e suas inter-relações, permitindo identificar os diferentes subsistemas (e seus componentes) envolvidos, sendo os mais comuns: econômico, político, social, comportamental, físico-territorial, físico – biótico (ANDRADE et al., 2000). É ainda

parte do processo a identificação dos fatores condicionantes ao desenvolvimento sustentável, tanto os positivos como os negativos (SOUZA FILHO, 1999; SALATI FILHO & COTTAS, 2003).

Na prática, e sem uma maior preocupação com a classificação tipológica, pode-se enfatizar que os técnicos em planejamento, de um modo geral, procuram conhecer e entender o espaço geográfico como um todo, para então desenvolver e contextualizar o projeto ambiental. Diante do aspecto heterogêneo da metodologia disponível, serão discutidos, neste capítulo, apenas abordagens de grande amplitude ou estrategicamente importantes, como os relacionados a seguir.

### 3.1. Zoneamento Ambiental

O zoneamento ambiental é um instrumento de ordenamento do território, que pode ter vários objetivos, sendo um deles o Zoneamento Agrícola, mais adequadamente chamado de Zoneamento Agro Ecológico (ZAE). O ZAE leva em conta:

- a) Aptidão Climática - Por exemplo, Temperatura média do ar; Deficiência hídrica anual; Risco de geada;
- b) A Aptidão Pedológica ou Edáfica - Refere-se ao potencial de produção agrícola de cada classe de solo para uma determinada cultura, sob um determinado tipo de manejo da cultura, onde são consideradas características físicas e fisiográficas da classe de solo. O potencial pedológico pode ser avaliado segundo fatores limitantes, como, por exemplo: Fertilidade; Disponibilidade de água; Excesso de água ou deficiência de oxigênio; Suscetibilidade à erosão; Impedimentos à mecanização; Impedimentos ao sistema radicular;
- c) Relevo – Classes de declividade e Vulnerabilidade dos solos à erosão;
- d) Uso da Terra.

Um exemplo do tema é o Zoneamento Agro Ecológico da Cana de açúcar, que pode ser analisado em [http://www.cnps.embrapa.br/zoneamento\\_cana\\_de\\_acucar/ZonCana.pdf](http://www.cnps.embrapa.br/zoneamento_cana_de_acucar/ZonCana.pdf).

Diante da amplitude que oferece e das possibilidades de aplicação, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é considerado o estudo inicial em ações de planejamento ambiental, tanto para bacias hidrográficas, como estado ou regiões de interesse especial, a partir do qual outras ações ligadas ao planejamento e respectivos projetos se desenvolveriam.

O ZEE, regulamentado pelo decreto federal 4.297/2002, é o Instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente e tem como objetivo a viabilização do desenvolvimento sustentável, procurando compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a conservação da natureza. A partir do diagnóstico dos meios físico e biológico, socioeconômico e jurídico-institucional, o território é subdividido em zonas mais ou menos homogêneas, permitindo a proposição de diretrizes legais e programáticas, de acordo com características próprias, estabelecendo ações de prevenção, mitigação ou correção de impactos ambientais. Após a caracterização da região, o estudo trata de identificar as potencialidades e as vulnerabilidades locais, permitindo o zoneamento, posto que os padrões de desenvolvimento não são os mesmos para toda a área. A Figura IX.09 apresenta a metodologia para a execução de um ZEE, conforme proposto pelo Ministério de Meio Ambiente brasileiro.



Figura IX.09 – Diretrizes metodológicas para o ZEE

Fonte: <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/item/7529>

No Brasil não há uma uniformidade na seleção dos temas a serem considerados no ZEE, de modo que cada projeto pode levar em conta a disponibilidade de dados espaciais e socioeconômicos, os recursos financeiros, mas, principalmente, as particularidades da região.

No ZEE do Estado de Minas Gerais, conforme pode ser visto em <http://www.zee.mg.gov.br/>, os dois produtos principais foram:

a) Vulnerabilidade Ambiental – Os fatores condicionantes analisados foram: Integridade da flora; Integridade da fauna; Susceptibilidade dos solos à contaminação; Susceptibilidade dos solos à erosão; Susceptibilidade geológica à contaminação das águas subterrâneas; Disponibilidade natural de água; Condições climáticas. Cada um destes fatores foi calculado a partir de metodologia específica, constituindo-se de um projeto particular, como é o caso da susceptibilidade dos solos à erosão, obtida por intermédio dos seguintes indicadores: Erodibilidade dos solos locais; Chuvas; Cobertura vegetal;

b) Potencial Social – Infraestrutura de transporte; Atividades econômicas; Utilização das terras; Estrutura fundiária; Recursos minerais; Ocupação econômica; Demografia; Condições sociais; Capacitação institucional; Organizações jurídicas; Organizações financeiras; Organizações de fiscalização e controle; Organizações de ensino e pesquisa; Organizações de segurança pública.

c) Índice Ecológico Econômico – Resultado da combinação “lógico-intuitiva” dos vários níveis de Vulnerabilidade Ambiental com os níveis de Potencialidade Social, permitindo agrupar as áreas semelhantes.

Já no caso do ZEE da bacia do rio Corumbataí, uma bacia hidrográfica de 1.710 Km<sup>2</sup>, o mesmo foi realizado em decorrência da importância que a mesma representa, ao fornecer água para 9 municípios, onde vivem aproximadamente 600.000 pessoas. Pela dimensão física e institucional, um número menor de variáveis foi considerado para se atingir o mesmo objetivo. A Figura IX.10 apresenta o respectivo fluxo de trabalho, onde é possível verificar as diferenças na abordagem. O trabalho completo pode ser visualizado em: [http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036P9/2008/nobre\\_mf\\_dr\\_rcla.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036P9/2008/nobre_mf_dr_rcla.pdf), a partir de NOBRE (2008).

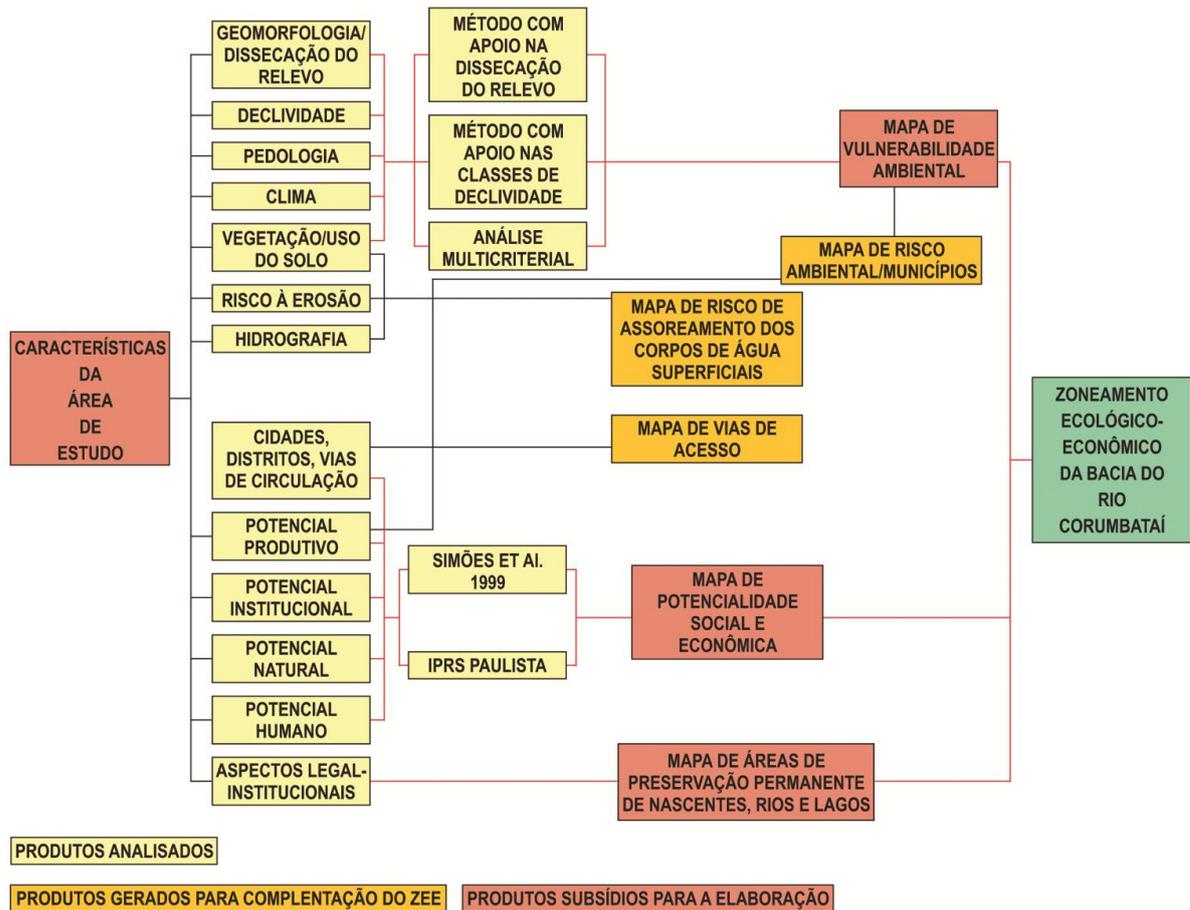


Figura IX.10 – Fluxo de trabalho para o ZEE da bacia do rio Corumbataí (SP)

### 3.2. Plano Diretor Municipal

Os principais objetivos do Plano Diretor Municipal (PDM) são (SANT'ANA, 2006):

- a) Orientar a política de desenvolvimento do Município;
- b) Garantir a função da propriedade urbana;
- c) Promover o desenvolvimento das funções sociais da cidade;
- d) Garantir o bem-estar do munícipe e a melhoria da qualidade de vida;
- e) Assegurar que as ações relativas ao Poder Executivo e ao Poder Legislativo ocorram de forma planejada e participativa;
- f) Garantir aos cidadãos canais de acesso para participação na formulação das políticas públicas;
- g) Promover a preservação, a proteção e a recuperação do meio ambiente natural e construído;
- h) Garantir que os benefícios e ônus decorrentes de obras e serviços municipais sejam distribuídos de forma justa à população;
- i) Coibir o uso especulativo da terra como reserva de valor; Incentivar a produção agropecuária, levando em conta as características ambientais.

O conceito teórico do plano diretor inclui o zoneamento como ferramenta indispensável para a sua execução (CARVALHO, 2000). A finalidade que norteia esse ordenamento depende da destinação do zoneamento. No caso de zoneamentos

urbanos, a finalidade principal é ordenar o crescimento e o desenvolvimento das cidades. Já os zoneamentos agrícolas objetivam ordenar as culturas e seus ciclos, em um determinado espaço.

O Zoneamento Ambiental, instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (MACHADO, 2008), consiste na divisão de um território em subáreas, em razão das características ambientais e socioeconômicas do local. A regulamentação desse instrumento deu-se pelo Decreto Federal 4.297, de 10 de julho de 2002, que estabelece os critérios para o Zoneamento Ecológico- Econômico – ZEE, do Brasil. Apesar de o Decreto 4.297 versar sobre o zoneamento de abrangência nacional, esse instrumento tem grande importância e aplicabilidade nos âmbitos local e regional, tanto que também foi previsto como instrumento de política urbana no Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257, de 10 de julho de 2001). No âmbito municipal, a Constituição Federal de 1988 conferiu ao Poder Público competência para, através do Plano Diretor, promover o adequado ordenamento territorial mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano, visando à proteção da qualidade de vida da população.

Na caracterização municipal, os aspectos mais importantes do município são identificados, coletados, compilados e armazenados em um banco de dados apropriado seriam:

- a) Meio Físico – Localização; Geologia; Geomorfologia; Pedologia; Vegetação natural e uso da terra; Clima; Recursos hídricos;
- b) Meio Socioeconômico – Perfil demográfico; Perfil econômico; Leitura do município (levantamento específico realizado nos bairros, procurando determinar a percepção dos munícipes com relação à cidade onde moram). Na área rural, coleta de informações sobre as atividades agropecuárias;
- c) Infraestrutura Municipal – Sistema viário; Drenagem; Saneamento básico; Limpeza pública; Energia elétrica; Transporte; Segurança pública; Comunicações; Educação; Saúde; Mobilidade; Ação social; Lazer.

De acordo com Braga (2001), o zoneamento deve partir de um macrozoneamento, o qual prevê a definição da zona urbana; zona de expansão urbana; zona rural e macrozonas especiais, como, por exemplo, áreas de proteção ambiental, áreas de ocupação especial, etc.:

a) Zoneamento Urbano - O zoneamento da área de expansão urbana prevê o crescimento horizontal da malha urbana, no qual se devem eleger os locais mais apropriados para o uso urbano do solo em suas diversas modalidades. O zoneamento urbano, como padrão, segundo Carvalho & Braga (2001), compreende, no geral, oito zonas:

- . Z1 – Uso estritamente residencial, densidade demográfica baixa;
- . Z2 – Uso predominantemente residencial, densidade demográfica baixa;
- . Z3 – Uso predominantemente residencial, densidade demográfica média;
- . Z4 – Uso misto, densidade demográfica média a alta;
- . Z5 – Uso misto, densidade demográfica alta;
- . Z6 – Uso predominantemente industrial;
- . Z7 – Uso estritamente industrial;
- . Z8 – Usos especiais.

b) Zoneamento Rural - Dependendo das informações disponíveis, a área rural pode ser analisada e mapeada de diferentes maneiras: Capacidade de uso dos solos; Aptidão agrícola; Vulnerabilidade dos solos à erosão; Áreas de Proteção Permanente

(APP), etc.

A partir do cruzamento das informações e da interpretação dos resultados, são formuladas as propostas finais do PDM que, como nas fases intermediárias do projeto, devem ser submetidas à consulta popular. O resultado final consistirá, sinteticamente, dos seguintes tópicos:

- . Relatório sobre os fatores condicionantes ao desenvolvimento;
- . Mapas síntese e propositivos;
- . Propostas ao PDM.

Um exemplo de um relatório de PDM, para o município de Tambaú – SP, pode ser visualizado em <http://www.rc.unesp.br/igce/ceapla/planodiretor.php>.

### 3.3. Avaliação Ambiental

Comprovadamente, as atividades humanas geram impactos no meio ambiente. Segundo Sanchez (2006), o impacto ambiental refere-se à “*alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana*”.

A Avaliação Ambiental pode ser definida como o conjunto de estudos que avaliam as consequências previsíveis, diretas ou indiretas, que podem resultar da ação humana em uma área determinada. De fato, a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) tem por finalidade identificar os impactos ambientais e seus efeitos, antes da tomada de decisões que possam acarretar danos significativos ao ambiente. Dessa maneira, a AIA vem a ser:

- a) Um instrumento de política pública ambiental, utilizada pelas agências de governo para conduzir os processos que possam produzir danos significativos ao ambiente;
- b) Conjunto de procedimentos para exame sistemático dos impactos ambientais;
- c) Busca de alternativas;
- d) Apresentação dos resultados ao público de forma acessível.

A metodologia da AIA deve levar em conta:

- a) A integração dos aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos;
- b) O fator tempo;
- c) A utilização de indicadores que facilitem a tarefa de prospecção e compartimentação do território;
- d) O emprego de um mecanismo que permita a soma dos impactos parciais, na busca para se conhecer o impacto total sobre a área;
- e) A capacidade de extrapolação de dados para aplicação em áreas a serem estudadas;
- f) A capacidade de aplicação em diferentes escalas;
- g) A participação pública na tomada de decisões.

O estudo do impacto ambiental pode se apresentar com vários níveis de complexidade. Pode ser o estudo do risco à erosão dos solos de uma área, levando em conta a mudança no tipo de exploração dos mesmos, ou um estudo complexo, que considera grande quantidade de variáveis biofísicas e socioeconômicas, como é o caso do reservatório de água de um grande projeto hidrelétrico.

Os métodos de avaliação ambiental vêm sendo formalizados através de textos regulamentares, como é o caso do Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), ou de ferramentas normativas,

podendo-se citar, neste caso: Licenciamento ambiental; Avaliação de riscos ambientais; Auditoria ambiental; Sistema de gestão ambiental; Análise do ciclo de vida; Indicadores ambientais; Rotulagem ambiental.

No Brasil, os empreendimentos e atividades potencialmente impactantes devem passar pelo processo do Licenciamento Ambiental e, alguns, de acordo com a Resolução CONAMA 1/1986, devem ser submetidos a estudo mais detalhado, no caso o EIA-RIMA. A elaboração do EIA é a parte principal do processo de avaliação do impacto ambiental.

### 3.3.1. Licenciamento Ambiental

A Resolução CONAMA 237/1997, artigo 1º, estabelece as seguintes definições:

a) Licenciamento Ambiental - Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso;

b) Licença Ambiental - Ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades que se utilizam dos recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental;

c) Estudos Ambientais - São todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentados como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco;

d) Impacto Ambiental Regional: É todo e qualquer impacto ambiental que afete diretamente (área de influência direta do projeto), no todo ou em parte, o território de dois ou mais Estados.

Ainda de acordo com a mesma Resolução, estão sujeitos ao Licenciamento Ambiental as seguintes atividades ou empreendimentos:

. **Extração e tratamento de minerais** - Pesquisa mineral com guia de utilização; Lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento; Lavra subterrânea com ou sem beneficiamento; Lavra garimpeira; Perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural;

. **Indústria de produtos minerais não metálicos** - Beneficiamento de minerais não metálicos, não associados à extração; Fabricação e elaboração de produtos minerais não metálicos, tais como material cerâmico, cimento, gesso, amianto e vidro, entre outros;

. **Indústria metalúrgica** - Fabricação de aço e de produtos siderúrgicos; Produção de fundidos de ferro e aço/forjados/arames/relaminados, com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; Metalurgia dos metais não-ferrosos, em formas primárias e secundárias, inclusive ouro; Produção de laminados/ligas/artefatos de metais não-ferrosos, com ou sem tratamento de

superfície, inclusive galvanoplastia; Relaminação de metais não-ferrosos, inclusive ligas; Produção de soldas e ânodos; Metalurgia de metais preciosos; Metalurgia do pó, inclusive peças moldadas; Fabricação de estruturas metálicas, com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; Fabricação de artefatos de ferro/aço e de metais não-ferrosos, com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; Têmpera e cementação de aço, recozimento de arames, tratamento de superfície;

. **Indústria mecânica** - Fabricação de máquinas, aparelhos, peças, utensílios e acessórios, com e sem tratamento térmico e/ou de superfície; Indústria de material elétrico, eletrônico e comunicações; Fabricação de pilhas, baterias e outros acumuladores; Fabricação de material elétrico, eletrônico e equipamentos para telecomunicação e informática; Fabricação de aparelhos elétricos e eletrodomésticos

. **Indústria de material de transporte** - Fabricação e montagem de veículos rodoviários e ferroviários, peças e acessórios; Fabricação e montagem de aeronaves; Fabricação e reparo de embarcações e estruturas flutuantes;

. **Indústria de madeira** - Serraria e desdobramento de madeira; Preservação de madeira; Fabricação de chapas, placas de madeira aglomerada, prensada e compensada; Fabricação de estruturas de madeira e de móveis;

. **Indústria de papel e celulose** - Fabricação de celulose e pasta mecânica; Fabricação de papel e papelão; Fabricação de artefatos de papel, papelão, cartolina, cartão e fibra prensada;

. **Indústria de borracha** - Beneficiamento de borracha natural; Fabricação de câmara de ar e fabricação e acondicionamento de pneumáticos; Fabricação de laminados e fios de borracha; Fabricação de espuma de borracha e de artefatos de espuma de borracha, inclusive látex;

. **Indústria de couros e peles** - Secagem e salga de couros e peles; Curtimento e outras preparações de couros e peles; Fabricação de artefatos diversos de couro e peles; Fabricação de cola animal;

. **Indústria química** - Produção de substâncias e fabricação de produtos químicos; Fabricação de produtos derivados do processamento de petróleo, de rochas betuminosas e da madeira; Fabricação de combustíveis não derivados de petróleo; Produção de óleos/gorduras/ceras vegetais-animais/óleos essenciais vegetais e outros produtos da destilação da madeira; Fabricação de resinas e de fibras artificiais e sintéticas e de borracha e látex sintéticos; Fabricação de pólvora/explosivos/detonantes/munição para caça-desporto, fósforo de segurança e artigos pirotécnicos; Recuperação e refino de solventes, óleos minerais, vegetais e animais; Fabricação de concentrados aromáticos naturais, artificiais e sintéticos; Fabricação de preparados para limpeza e polimento, desinfetantes, inseticidas, germicidas e fungicidas; Fabricação de tintas, esmaltes, lacas, vernizes, impermeabilizantes, solventes e secantes; Fabricação de fertilizantes e agroquímicos; Fabricação de produtos farmacêuticos e veterinários; Fabricação de sabões, detergentes e velas; Fabricação de perfumarias e cosméticos; Produção de álcool etílico, metanol e similares;

. **Indústria de produtos de matéria plástica** - Fabricação de laminados plásticos; Fabricação de artefatos de material plástico;

. **Indústria têxtil, de vestuário, calçados e artefatos de tecidos** - Beneficiamento de fibras têxteis, vegetais, de origem animal e sintéticos; Fabricação e acabamento de fios e tecidos; Tingimento, estamparia e outros acabamentos em peças do vestuário e artigos diversos de tecidos; Fabricação de calçados e componentes para calçados;

. **Indústria de produtos alimentares e bebidas** - Beneficiamento, moagem, torrefação e fabricação de produtos alimentares; Matadouros, abatedouros, frigoríficos, charqueadas e derivados de origem animal; Fabricação de conservas; Preparação de pescados e fabricação de conservas de pescados; Preparação, beneficiamento e industrialização de leite e derivados; Fabricação e refinação de açúcar; Refino/preparação de óleo e gorduras vegetais; Produção de manteiga, cacau, gorduras de origem animal para alimentação; Fabricação de fermentos e leveduras; Fabricação de rações balanceadas e de alimentos preparados para animais; Fabricação de vinhos e vinagre; Fabricação de cervejas, chopes e maltes; Fabricação de bebidas não alcoólicas, bem como engarrafamento e gaseificação de águas minerais; Fabricação de bebidas alcoólicas;

. **Indústria de fumo** - Fabricação de cigarros/charutos/cigarrilhas e outras atividades de beneficiamento do fumo;

. **Indústrias diversas** - Usinas de produção de concreto; Usinas de asfalto; Serviços de galvanoplastia;

. **Obras civis** - Rodovias, ferrovias, hidrovias, metropolitanos; Barragens e diques; Canais para drenagem; Retificação de curso de água; Abertura de barras, embocaduras e canais; Transposição de bacias hidrográficas; Outras obras de arte;

. **Serviços de utilidade** - Produção de energia termoelétrica; Transmissão de energia elétrica; Estações de tratamento de água; Interceptores, emissários, estação elevatória e tratamento de esgoto sanitário; Tratamento e destinação de resíduos industriais (líquidos e sólidos); Tratamento/disposição de resíduos especiais tais como: de agroquímicos e suas embalagens e de serviço de saúde, entre outros; Tratamento e destinação de resíduos sólidos urbanos, inclusive aqueles provenientes de fossas; Dragagem e derrocamentos em corpos d'água; Recuperação de áreas contaminadas ou degradadas;

. **Transporte, terminais e depósitos** - Transporte de cargas perigosas; Transporte por dutos; Marinas, portos e aeroportos; Terminais de minério, petróleo e derivados e produtos químicos; Depósitos de produtos químicos e produtos perigosos;

. **Turismo** - Complexos turísticos e de lazer, inclusive parques temáticos e autódromos

. **Atividades diversas** - Parcelamento do solo; Distrito e polo industrial

. **Atividades agropecuárias** - Projeto agrícola; Criação de animais; Projetos de assentamentos e de colonização;

. **Uso de recursos naturais** - Silvicultura; Exploração econômica da madeira ou lenha e subprodutos florestais; Atividade de manejo de fauna exótica e criadouro de fauna silvestre; Utilização do patrimônio genético natural; Manejo de recursos aquáticos vivos; Introdução de espécies exóticas e/ou geneticamente modificadas; Uso da diversidade biológica pela biotecnologia.

O Licenciamento Ambiental deve seguir um procedimento burocrático, com as seguintes licenças:

a) Licença Prévia (LP) – Para a obtenção da LP, são necessários os seguintes estudos ambientais:

. Estudo Ambiental Simplificado (EAS), para atividade ou empreendimento de pouco impacto e não relevante;

. Relatório Ambiental Preliminar (RAP), para atividade ou empreendimento com potencial para causar degradação ambiental;

. Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), para atividade ou empreendimento com potencial efetivo de degradação ambiental;

. Termo de Referência (TR): Sumário do plano de elaboração do EIA-RIMA;

b) Licença de Instalação (LI) – É solicitada ao órgão responsável, acompanhada do relatório ambiental, comprovando o cumprimento das exigências discriminadas na LP;

c) Licença de Operação (LO) – É solicitada ao órgão responsável, acompanhada de relatório ambiental, comprovando o cumprimento das exigências presentes na LP e na LI.

### **3.3.2. EIA-RIMA**

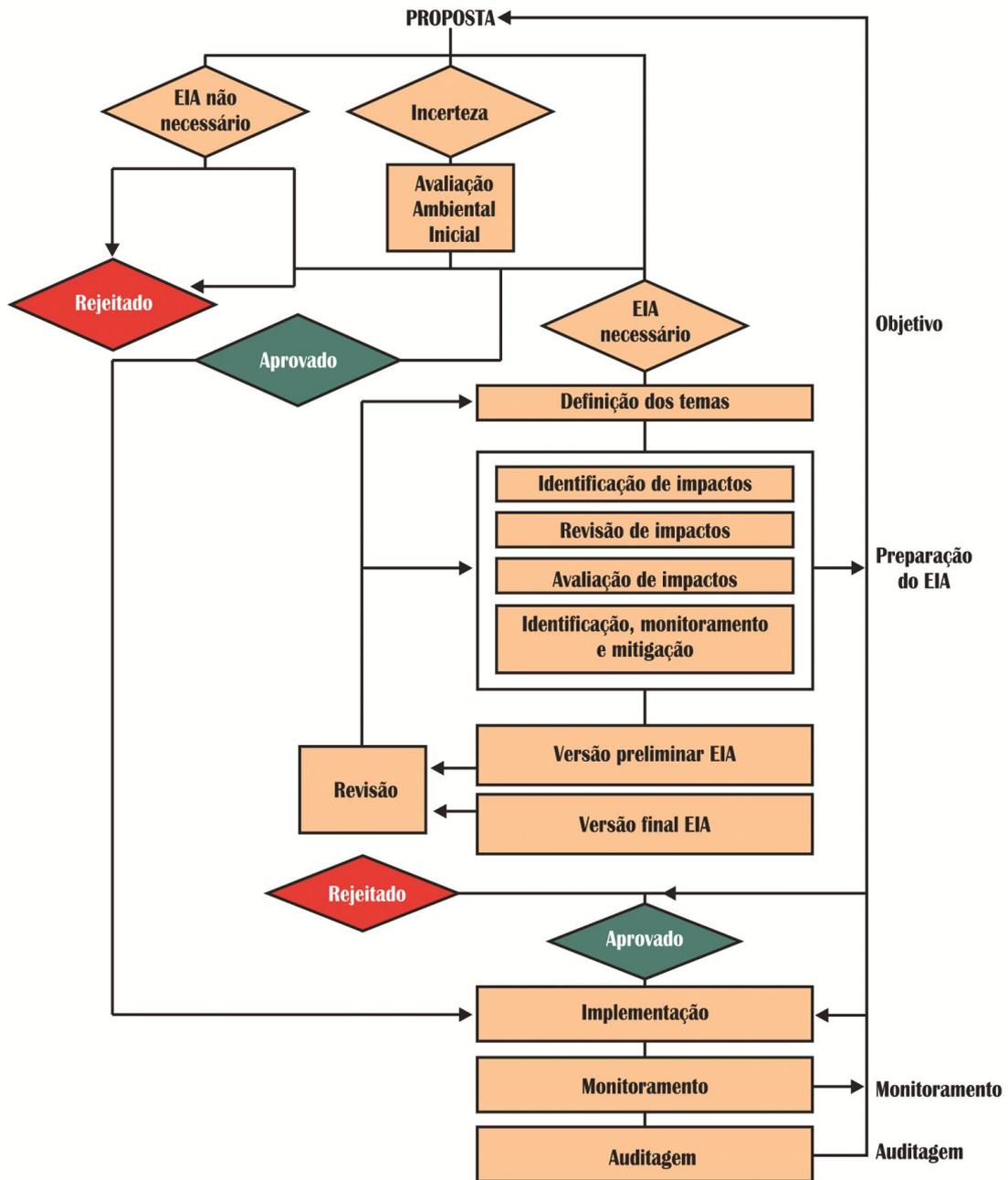
Embora seja um estudo bastante particular e direcionado para assuntos específicos, o EIA-RIMA se constitui em importante instrumento de planejamento e gestão ambiental. O EIA representa o conjunto de atividades técnicas e científicas que incluem o diagnóstico ambiental, a identificação, previsão e estimativa dos impactos, a interpretação e a valoração dos impactos, a seleção das medidas mitigadoras e programas de monitoramento. A sequência geral para a execução de um EIA-RIMA é a seguinte:

a) Termo de Referência – Estabelece a abrangência e o grau de detalhes do estudo;

b) O EIA – Conjunto de atividades técnicas e científicas relacionadas a um projeto que, comprovadamente, acarretará impactos ambientais significativos. A Figura IX.11 mostra os principais componentes do EIA, destacando-se:

. Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, com descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, antes da implantação do projeto, considerando: Meio físico; Meio biológico e os ecossistemas naturais; Meio socioeconômico;

. Avaliação do impacto ambiental do projeto e de suas alternativas, por meio da identificação, previsão de magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos, discriminando os impactos: Positivos e negativos; Diretos e indiretos; Imediatos, a médio e longo prazo; Temporários e permanentes. São também analisados: o Grau de reversibilidade e a Distribuição de ônus e benefícios sociais. Os elementos dos impactos e suas possibilidades são apresentados no Quadro 01.



**Diagrama dos principais componentes do EIA**

Figura IX.11 – Fluxo de atividades para o EIA

Fonte: Adaptado de SANCHEZ, 2006 e

[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/Procedimentos.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/Procedimentos.pdf)

Quadro 01 – Impactos ambientais e suas possibilidades

<b>Elementos dos impactos</b>	<b>Possibilidades</b>
Desencadeamento	Imediato, Diferenciado, Escalonado
Frequência ou Temporalidade	Contínua, Descontínua, Sazonal
Extensão	Pontual, Aeral, Linear
Reversibilidade	Reversível/Temporário, Irreversível/Permanente
Duração	< 1 ano, 1-10 anos, 10 – 20 anos, etc
Magnitude (Escala)	Grande, Média, Pequena
Importância	Importante, Moderada, Fraca, Desprezível
Sentido	Positivo, Negativo
Origem	Direta/Efeitos primários, Indireta/Efeitos secundários
Acumulação	Linear, Quadrática, Exponencial, etc
Sinergia	Presente/Sim, Ausente/Não
Distrib. dos ônus/benefícios	Socializados, Privatizados

Não existe uma metodologia única, completa e ideal que atenda às diferentes particularidades de um EIA, de modo que é comum a combinação de um ou mais dos métodos relacionados a seguir:

b.1) Metodologias Espontâneas (Ad Hoc) – Baseia-se no conhecimento empírico de especialistas no assunto e/ou na área de estudo:

- . A AIA é simples, objetiva e dissertativa;
- . Tem como vantagem o fato de se obter rapidamente a estimativa do impacto, sendo facilmente compreensível para o público;
- . Tem como desvantagem a não realização de exames mais detalhados nas intervenções e nas variáveis ambientais envolvidas;

b.2) Método da Listagem (Check List) – Um dos métodos mais utilizados, consistindo na identificação e numeração dos impactos, a partir do diagnóstico executado por especialistas.

- . Vantagem: Emprego imediato na avaliação quantitativa dos impactos relevantes;
- . Desvantagem: Não considera a relação de causa e efeito entre os impactos;

b.3) Matrizes de Interação (Matriz de Leopold) – Listagem bidimensional, com possibilidade de atribuição de valores de magnitude e importância para cada tipo de impacto; As atividades previstas no empreendimento são relacionadas no eixo vertical e os aspectos ambientais (meio biótico, abiótico e socioeconômico) no eixo horizontal; A matriz verifica o impacto pela análise sistemática de cada cruzamento atividade x ambiente, e em cada célula interceptada é estimada a Magnitude e a Importância do Impacto:

- . Vantagens: Fácil compreensão dos resultados; Aborda fatores biofísicos e sociais; Acomoda dados qualitativos e quantitativos; Oferece boa orientação futura;
- . Desvantagens: Dupla contagem; Não há identificação de impactos secundários; Necessidade de texto explicativo.

A Figura IX.12 (CHRISTOFOLETTI, 1999) apresenta um exemplo simplificado do cruzamento de dados. Uma matriz genérica completa, como apresentada na figura IX.12, pode ser visualizada no Anexo deste capítulo.

## AÇÕES

		MODIFICAÇÃO DO REGIME	TRANSF. TERRA CONSTRUÇÃO	EXTRAÇÃO RECURSOS												
<b>2</b> - MAGNITUDE DO POSSÍVEL IMPACTO DE 1 A 10  <table border="1"> <tr> <td></td> <td>a</td> <td>b</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td></td> <td>2</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td></td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> </table>			a	b	c	a		2	8	b		4	2	a. INTR. FLORA E FAUNA EXÓTICA		
	a	b	c													
a		2	8													
b		4	2													
<b>1</b> - IMPORTÂNCIA DO POSSÍVEL IMPACTO DE 1 A 10.		b. MODIFICAÇÃO DO HABITAT														
<b>AMBIENTE</b>		c. ÁGUA SUBTERRÂNEA														
		d. QUEIMADAS	a. URBANIZAÇÃO	a. EXPLOÇÃO E PERFURAÇÕES												
		e. RUIDO E VIBRAÇÃO	b. AEROPORTOS	b. EXCAVAÇÃO DA SUPERFÍCIE												
			c. ESTRADAS E CAMINHOS	c. PESCA COMERCIAL												
			d. ESTRADA DE FERRO	d. DESMATAMENTO												
			e. TÚNEIS	e. DRAGAGEM												
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>	<b>TERRA</b>	a. REC. MINERAIS														
		b. MAT. CONSTRUÇÃO														
		c. SOLOS														
		d. RELEVO														
		e. RADIAÇÃO														
		f. ATRIBUTOS														
	<b>ÁGUA</b>	a. SUPERFICIAL														
		b. OCEANO														
		c. SUBTERRÂNEA														
		d. QUALIDADE														
		e. TEMPERATURA														
		f. RECARGA														
		g. NEVE, GELO														

Figura IX.12 – Representação esquemática parcial da Matriz de Interação (Leopold)

b.4) Redes de Interação (Rede de Sorensen é a principal) – Estabelece a seqüência de impactos a partir de uma determinada intervenção:

. Vantagens - Permite boa visualização de impactos secundários e demais ordens; Permite a introdução de parâmetros probabilísticos, mostrando tendências;

. Desvantagens: Extensão; Muitas vezes não distingue entre impactos de médio e longo prazo; Não especifica valores; Necessita de grande quantidade de dados para a sua elaboração; Indica apenas aspectos negativos;

b.5) Método Quantitativo (Método de Batelle é o mais conhecido) – Utiliza basicamente indicadores de qualidade ambiental expressos por gráficos que relacionam o estado de determinado compartimento a um estado de qualidade, variando de 0 a 1. Dá bom suporte ao analista, mas requer um trabalho preparatório bastante extenso, além de não identificar impactos secundários;

b.6) Modelos de Simulação – Modelagem matemática com alto grau de abstração;

b.7) Superposição de Mapas (Overlay Mapping) – Técnicas cartográficas em conjunto com SIGs, obtendo-se cartas de vulnerabilidade. Omite impactos não espacializados, mas é excelente como estudo complementar. Um exemplo já foi mostrado na Figura VIII.22;

b.8) Projeção de Cenários – Altamente hipotético.

Na prática, há a possibilidade de se combinar mais de um método, procurando utilizar o que cada um tem de melhor. A combinação dos métodos de Listagem e Matriz, com suporte do método de Superposição de Mapas, poderá oferecer um resultado de alta qualidade. Na estimativa da Magnitude e Importância do Impacto, poderá ser utilizado o enfoque dado pelo método de Redes.

c) Medidas Mitigadoras - É uma proposição. Referem-se aos impactos identificados como mais significativos e os mecanismos que possam mitigá-los, avaliando a capacidade dos mesmos em alcançar os objetivos desejados;

d) Programa de Monitoramento – Proporciona informações específicas das características e funcionalidade das variáveis ambientais e sociais no espaço e no tempo, que possam ser afetadas pelo projeto. O documento de referência é o Programa de Acompanhamento e Monitoramento dos impactos ambientais, que permite verificar se todos os impactos previstos nas fases de planejamento, implantação e operação apresentam incompatibilidades ambientais e também para a checagem da eficiência das medidas mitigadoras.

Geralmente, o monitoramento é executado pelo empreendedor e a técnica *in situ* tem sido a preferida, pela facilidade de operação. Compreende as seguintes etapas:

- . Identificação dos parâmetros a serem monitorados;
- . Definição da frequência de amostragem;
- . Seleção dos métodos de coleta de amostras;
- . Interpretação dos resultados.

Geralmente a estatística envolve testes de significância, ou seja, possibilidade de confirmar se a mudança é significativa ou não, normalmente ao nível de 5% de probabilidade.

O monitoramento pode ser feito utilizando-se de;

- . Indicadores biológicos;
- . Técnicas estatísticas;
- . Séries temporais;
- . Identificação e quantificação de estresses, retroalimentação e defasagens.

e) O RIMA - Complementarmente, o RIMA se configura como o documento do processo de avaliação do EIA, esclarecendo, em linguagem acessível para o público leigo, todos os elementos da proposta e do estudo, auxiliando na tomada de decisões, especialmente para a comunidade sob influência. O RIMA deve conter:

e.1) Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas de governo;

e.2) A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando, para cada uma delas, as fases de construção e operação:

- . Área de influência;
- . As matérias-primas e mãos de obra;

- . As fontes de energia;
- . Os processos e técnicas operacionais;
- . Os prováveis efluentes, emissões, resíduos e perdas de energia;
- . Os empregos diretos e indiretos e serem criados;
- e.3) A síntese dos resultados do diagnóstico ambiental na área de influência do projeto;
- e.4) A descrição dos prováveis impactos ambientais resultantes da implantação e operação da atividade proposta, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos. Indicação dos métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;
- e.5) A caracterização da qualidade ambiental futura na área de influência do projeto, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como a hipótese da sua não-realização;
- e.6) A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas, em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não poderão ser evitados e o grau de alteração esperado;
- e.7) O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;
- e.8) Recomendações quanto à alternativa mais favorável, conclusões e comentários de ordem geral.

f) Audiência Pública – A partir da data de entrega do EIA-RIMA, o órgão de meio ambiente emite edital veiculado pela imprensa, sobre o local e abertura do prazo para que os interessados solicitem a realização da audiência pública. Neste prazo, cópias do EIA-RIMA são colocadas à disposição do público. A audiência pública é dirigida pelo representante do órgão de meio ambiente pertinente, sendo que, após a exposição objetiva do projeto e do respectivo RIMA, é aberta a discussão com os interessados presentes. Esta ou mais discussões são registradas em ata e servem de base para análise e parecer do órgão de meio ambiente, sobre o licenciamento ambiental do projeto.

### **3.4. Sistema de Gestão Ambiental**

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é mais um esforço da sociedade, no sentido de disciplinar os problemas ambientais decorrentes das atividades empresariais. O SGA tem por objetivo a melhoria contínua do desempenho ambiental das empresas, a avaliação periódica, sistemática e objetiva dos resultados obtidos e a liberação de tais informações para o público.

À medida que aumenta a conscientização ambiental da sociedade, aumentam também as pressões para que as empresas tenham um desempenho ambiental politicamente correto. O Sistema de Gestão Ambiental garante, no curto prazo:

- a) Sistematização das medidas ambientais implantadas, garantindo qualidade dos produtos, serviços e processos;
- b) Identificação de potenciais de economia e/ou redução de custos (matérias-primas, água e energia), por intermédio da melhoria dos processos;
- c) Aumento da segurança, na forma de redução de riscos de acidentes, de sanções legais, etc;
- d) Melhoria da imagem pública, com possibilidades concretas na captação de novos clientes;
- e) Facilidades junto a bancos e seguradoras, devido ao bom histórico ambiental;

f) Facilidades nas relações com órgãos ambientais

É interessante neste momento, comparar o SGA com o SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade, dois sistemas de gestão aplicáveis em empresas.

A norma ISO 14001 (ABNT, 1996) detalha, especifica e dá diretrizes de uso para a implantação de um SGA. O SGA apresenta princípios comuns com a norma ISO 9001, que trata do SGQ em empresas. Como um SGQ é o primeiro a ser implantado numa organização, na implantação de um SGA um volume significativo de informações é aproveitado. Enquanto o SGQ trata das necessidades dos clientes, o SGA atende às necessidades de um grande conjunto de partes interessadas e às crescentes necessidades da sociedade, no que se refere à sustentabilidade ambiental. Nas normas ISO 9001 e ISO 14001 estão descritas as exigências que cada sistema deve cumprir:

**Objetivos do SGQ**

- a) Cumprir exigências e expectativas do cliente;
- b) Assegurar o sucesso econômico da empresa através de estruturas de gestão, métodos e procedimentos apropriados: Emprego de recursos apropriados; Aumento da motivação e capacidade de comunicação pessoal; Fortalecimento da auto-responsabilidade; Processos estruturados com clareza (gestão de processo);
- c) Desenvolvimento continuado e melhoria contínua da capacidade de qualidade e da cultura da qualidade.

**Objetivos do SGA**

- a) Cumprimento das exigências legais;
- b) Melhoria contínua da proteção ambiental na empresa, por autorresponsabilização assegurada através de estruturas de gestão, métodos e procedimentos apropriados: Avaliação, controle e redução dos efeitos ambientais; Introdução eficiente de tecnologias ambientais avançadas; Planejamento sistemático, implantação, fiscalização e avaliação do desempenho ambiental na empresa;
- c) Disponibilização das informações sobre a proteção ambiental da empresa ao público.

**3.4.1. O Modelo SGA**

De acordo com Andrade et al (2000), o conceito de gestão ambiental dentro de uma organização compreende um processo amplo, envolvendo técnicos e gestores, na busca de maior eficiência na implementação das técnicas ambientais recomendadas. Para que seja possível cumprir com tais pressupostos, é fundamental que a organização seja percebida dentro de uma visão sistêmica abrangente, o que permitiria a percepção das relações de causa e efeito entre os produtos e processos. Dessa maneira, recomendam a seguinte abordagem metodológica:

- a) Coleta de dados e informações – Tanto interna como externamente à organização;
- b) Análise das informações – Permite o aprofundamento das conclusões, complementando-se o levantamento preliminar com dados secundários;
- c) Análise ambiental – A partir da região onde a empresa se insere, são avaliados os aspectos políticos, os aspectos do meio físico (solo, subsolo, recursos hídricos, clima, uso e ocupação das terras), do meio social (população, aparelhos

institucionais, etc), do meio operacional (fornecedores, concorrentes, clientes e evolução tecnológica), ambiente interno (aspirações dos colaboradores e gestores)

- d) Análise dos aspectos internos;
- e) Análise da estratégia vigente;
- f) Análise da missão, comparativamente ao setor econômico/meio ambiente;
- g) Formulação do Plano Estratégico Ambiental;
- h) Implementação e controle.

Resumidamente, então, o SGA é um processo que procura resolver, prevenir ou remediar os problemas de caráter ambiental dentro de uma empresa, tendo como propósito o desenvolvimento sustentável. Segundo a NBR ISO 14001, o SGA é parte do sistema de gestão de uma empresa e compreende a estrutura organizacional, as responsabilidades, as práticas, os procedimentos, os processos e os recursos para aplicar, elaborar, revisar e manter a política ambiental da mesma. A Figura IX.13 apresenta o fluxo de atividades para um modelo de SGA padrão.

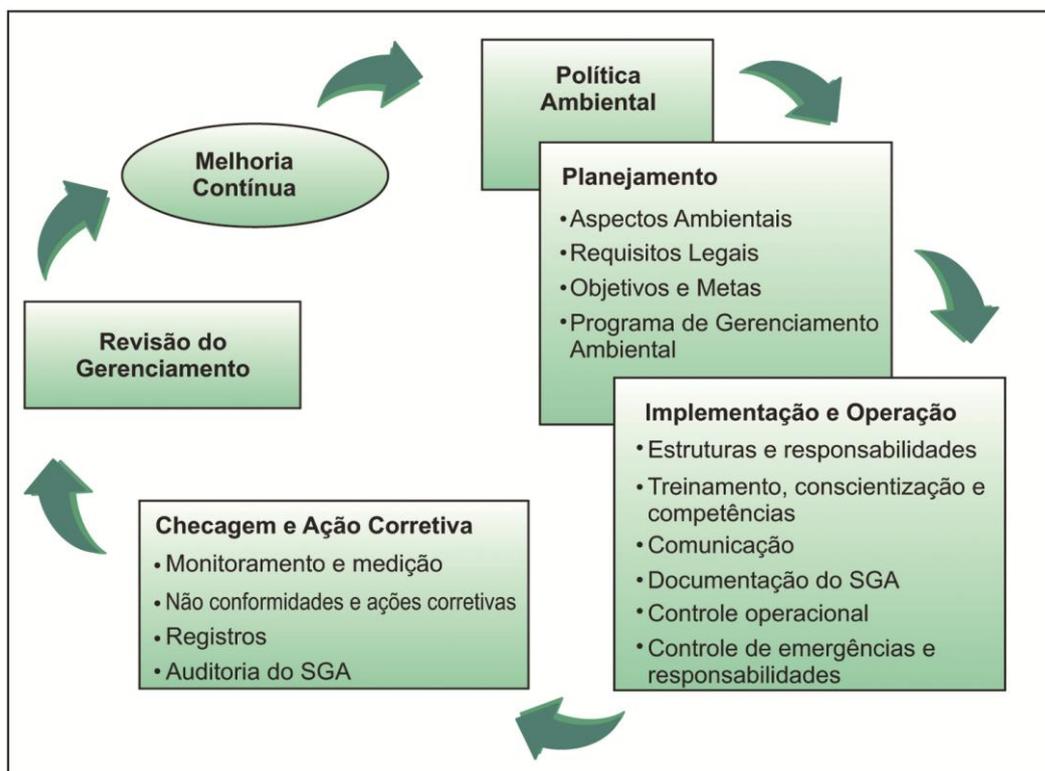


Figura IX.13 – Modelo de um SGA pela ISO 14001  
 Fonte: <http://www.ibamapr.hpg.ig.com.br/14001iso.htm>

Sinteticamente, a implantação do sistema compreende 4 fases:

- a) Definição e comunicação do projeto – Refere-se ao documento de trabalho que detalha as finalidades e os fundamentos do projeto de implantação do SGA;
- b) Planejamento do SGA – A partir do diagnóstico de situação, são estabelecidas as metas para a revisão ambiental inicial, planejando-se o sistema;
- c) Instalação do SGA – Implementação do SGA. Após implementação, pode-se solicitar a respectiva certificação;
- d) Auditoria e certificação.

Algumas definições devem ser consideradas na compreensão do sistema:

a) Melhoria Contínua - Processo de aperfeiçoamento do sistema de gestão ambiental para alcançar melhorias no desempenho ambiental da empresa, de acordo com a política ambiental da organização;

b) Ambiente – Área de atuação da empresa, bem como de seus fornecedores, incluindo ar, água, terra, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações;

c) Aspecto Ambiental – Qualquer atividade, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o ambiente;

d) Impacto ambiental - Qualquer mudança negativa ou positiva no ambiente, total ou parcialmente resultante das atividades, produtos ou serviços de uma organização;

e) Sistema de Gestão Ambiental - Parte do sistema de gestão global que inclui a estrutura organizacional, o planejamento de atividades, as responsabilidades, as práticas, os procedimentos, os processos e os recursos para manter a política ambiental desejada pela empresa;

f) Sistema de Auditoria da Gestão Ambiental - Processo de verificação sistemático e documentado, visando obter e avaliar evidências de que o sistema de gestão ambiental da organização está de acordo com os critérios de auditoria ambiental estabelecido pela organização, e a comunicação dos resultados deste processo à gerência;

g) Objetivo Ambiental - Metas ambientais pretendidas pela organização, resultantes da política ambiental estabelecida;

h) Desempenho Ambiental - Resultados mensuráveis do SGA implantado, relacionados com o controle da organização sobre os aspectos ambientais, baseados na sua política, seus objetivos e metas.

i) Política Ambiental - Declaração da organização sobre suas intenções e princípios relacionados com o seu desempenho ambiental pretendido;

j) Meta Ambiental - Requisito detalhado de desempenho, aplicável à organização ou a parte dela, resultante dos objetivos ambientais e que necessita ser estabelecido e alcançado;

k) Parte Interessada - Indivíduo ou grupo afetado pelo desempenho ambiental de uma empresa;

l) Organização – Instituição pública ou privada, que tenha suas próprias funções e administração.

m) Prevenção da Poluição - Processos, práticas, materiais ou produtos que evitam, reduzem ou controlam a poluição.

### **3.4.2. Requisitos de um SGA**

De acordo com a norma ISO 14001, são requisitos de um SGA (<http://www.ibamapr.hpg.ig.com.br/14001iso.htm>):

a) Aspectos Gerais

A organização deve estabelecer e manter um sistema de gestão ambiental que atenda às exigências da respectiva norma;

b) Política Ambiental

A administração da empresa deve definir a política ambiental da organização e assegurar que:

b.1) Seja apropriada à natureza, escala e impactos ambientais de suas

atividades, produtos ou serviços;

b.2) Inclua compromisso com a melhoria contínua e a prevenção de poluição;

b.3) Inclua compromisso com o atendimento da legislação e regulamentação ambientais pertinentes e outros requisitos que a organização decida cumprir;

b.4) Forneça a estrutura para o estabelecimento e análise crítica dos objetivos e metas ambientais;

b.5) Seja documentada, implementada, mantida e comunicada a todos os funcionários; b.6. Esteja disponível ao público;

c) Planejamento

c.1) Aspectos Ambientais - A organização deve estabelecer e manter procedimentos para identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços, de maneira a determinar quais apresentem potencial para impactos ambientais significativos sobre o meio ambiente;

c.2) Obrigações Legais e Outros Requisitos - A organização deve estabelecer e manter procedimentos para identificar e ter acesso às obrigações legais e outros requisitos;

c.3) Objetivos e Metas - A organização deve estabelecer e manter metas e objetivos documentados para cada função e nível relevante dentro da organização. Os objetivos e metas devem ser consistentes com a política ambiental, inclusive com o compromisso à prevenção da poluição.

c.4) Programa(s) de Gestão Ambiental - A organização deve estabelecer e manter programa(s) para realizar seus objetivos e metas. Este(s) programa(s) deve(m) incluir:

. Definição de responsabilidades para atingir os objetivos e metas para cada função e nível relevantes da organização;

. Os meios e o cronograma através dos quais os objetivos e metas serão alcançados;

d) Implementação e Operação

d.1) Estrutura e Responsabilidades - Funções, responsabilidades e atribuições devem ser definidas, documentadas e comunicadas de maneira a facilitar um gerenciamento ambiental efetivo. A gerência deve fornecer os recursos essenciais para a implementação e controle do sistema de gestão ambiental. A Alta Administração da organização deve nomear representante(s) específico(s) da gerência que, independentemente de outras responsabilidades, tenha(m) seu papel, responsabilidades e autoridade definida para:

. Assegurar que os requisitos do sistema de gestão ambiental sejam estabelecidos, implementados e mantidos de acordo com esta norma;

. Reportar o desempenho do sistema de gestão ambiental para a Alta Administração, para análise crítica e como base para a melhoria do sistema de gestão ambiental.

d.2) Treinamento, Conscientização e Competência - A organização deve identificar as necessidades de treinamento. Deve ser requerido que todo o pessoal, cujo trabalho possa criar um impacto significativo sobre o meio ambiente, receba treinamento apropriado e que esteja consciente:

. Da importância do processo, com a política e procedimentos ambientais e com os requisitos do sistema de gestão ambiental;

. Dos impactos ambientais significativos, reais ou potenciais, de suas atividades de trabalho e dos benefícios ambientais resultantes da melhoria do

desempenho pessoal;

. De suas funções e responsabilidades para atingir a concordância com a política e procedimentos ambientais, e com os requisitos do sistema de gestão ambiental, inclusive requisitos de conscientização e resposta em situações de emergência;

. Das consequências potenciais do descumprimento dos procedimentos operacionais especificados.

d.3) Comunicação - A organização deve estabelecer e manter procedimentos para:

. Realizar a comunicação interna entre os vários níveis e funções da organização;

. Estabelecer rotina de recebimento, documentação e resposta a comunicações relevantes das partes externas interessadas, considerando seus aspectos ambientais e sistema de gestão ambiental;

d.4) Documentação do Sistema de Gestão Ambiental - A organização deve estabelecer e manter informação, em papel ou de forma eletrônica, para:

. Descrever os elementos chave do sistema de gestão e suas inter-relações;

. Fornecer orientação para a documentação relacionada;

d.5) Controle de Documentos - A organização deve estabelecer e manter procedimentos para o controle de todos os documentos exigidos por esta norma para assegurar que:

. Possam ser localizados;

. Sejam periodicamente analisados criticamente, revisados quando necessário e aprovados quanto à sua adequação, por pessoal autorizado;

. As versões correntes de documentos relevantes estejam disponíveis em todos os locais onde sejam realizadas operações essenciais para o funcionamento efetivo do sistema;

. Documentos obsoletos sejam prontamente removidos/retirados de todos os locais de emissão e uso, ou outros, ou, de alguma outra forma, garantidos contra o uso não-intencional;

. Quaisquer documentos obsoletos retidos por motivos legais e/ou para preservação de conhecimento sejam adequadamente identificados;

d.6) Controle Operacional - A organização deve identificar aquelas operações e atividades que estejam associadas com os aspectos ambientais significativos identificados, de acordo com sua política, objetivos e metas. A execução deve ser realizada através de:

. Estabelecimento e manutenção de procedimentos documentados para cobrir situações em que sua ausência possa levar a desvios em relação à política, objetivos e metas ambientais;

. Estipulação de critérios de operação nos procedimentos;

. Estabelecimento e manutenção de procedimentos relacionados com aspectos ambientais significativos identificáveis, de bens e serviços;

d.7) Preparação e Resposta para Emergências - A organização deve estabelecer e manter procedimentos para identificar o potencial e a resposta em caso de acidentes e situações de emergência, e também para a prevenção e minimização dos impactos ambientais que possam estar associados com estes acidentes e situações de emergência;

e) Verificação e Ação Corretiva

e.1) Monitoramento e Medição - A organização deve estabelecer e manter

procedimentos documentados para monitorar e medir, numa base regular, as características chave de suas operações e atividades que possam ter um impacto ambiental significativo no meio ambiente;

e.2) Não-conformidade e Ação Corretiva e Preventiva - A organização deve estabelecer e manter procedimentos para a definição de responsabilidades e autoridade para tratar e investigar não-conformidades, agir no sentido de mitigar/minimizar quaisquer impactos causados e para o início e conclusão de ação corretiva e preventiva;

e.3) Registros - A organização deve estabelecer e manter procedimentos para a identificação, manutenção e disposição dos registros ambientais. Estes registros devem incluir registros de treinamento e resultados de auditorias e análises críticas. Os registros ambientais devem ser legíveis, identificáveis e rastreáveis da atividade, produto ou serviço envolvido;

e.4) Auditoria do Sistema de Gestão Ambiental - A organização deve estabelecer e manter programa(s) e procedimentos para auditorias periódicas do sistema de gestão ambiental, a serem realizadas de maneira a:

. Determinar se o sistema de gestão ambiental está ou não conforme o planejado para a gestão ambiental e, inclusive, com os requisitos desta norma, e se tem sido ou não devidamente implementado e mantido;

. Fornecer informação sobre os resultados da auditoria à gerência da organização;

f) Análise Crítica pela Administração

A administração da organização deve, a intervalos por ela determinados, analisar criticamente o sistema de gestão ambiental, para assegurar sua contínua conformidade, adequação e efetividade. O processo de análise crítica pela Administração deve assegurar que sejam coletadas as informações necessárias para permitir a realização desta análise pela gerência. A Análise Crítica deve apontar as possíveis necessidades de mudanças na política, nos objetivos e outros elementos do sistema de gestão ambiental, à luz dos resultados de auditoria do SGA, alteração de circunstâncias, de mudanças e do compromisso com a melhoria contínua.

### 3.4.3. Considerações Finais

O modelo de gestão proposto deve refletir a compreensão do meio ambiente da empresa, suas variáveis controláveis e não controláveis, levando em conta o conceito sistêmico, incorporando em seus princípios os requisitos determinados pelas normas NBR ISO 14000, instituídas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Do mesmo modo que acontece quando da implantação de um SGQ numa empresa, a implantação de um SGA também pode encontrar resistências, especialmente do pessoal técnico operacional, já que é nesse nível que as mudanças são mais significativas. Dessa maneira, especial atenção deve ser dada ao detalhamento dos procedimentos em cada nível hierárquico, a partir de documentação de fácil compreensão e acesso, focando esforços para que os técnicos assimilem e compreendam a importância do sistema a ser implantado.

A certificação ambiental é um fator de diferenciação que aumenta a vantagem mercadológica de uma empresa. No entanto, um SGA não deve acarretar aumento de preços dos produtos, pois preço é estabelecido pelo mercado.

Como o organismo certificador monitorará sistematicamente a empresa certificada, a mesma precisará demonstrar que possui um sistema de gestão estruturado, na busca contínua dos melhores resultados, procurando atender às partes interessadas.

Apenas como exemplo de como a gestão ambiental é levada a sério, sugere-se consultar, dentre muitos *sites*, os seguintes:

. International Paper:

[http://www.internationalpaper.com/documents/PT/Sustainability/2011\\_08\\_-\\_Relat%EF%BF%BDrio\\_.pdf](http://www.internationalpaper.com/documents/PT/Sustainability/2011_08_-_Relat%EF%BF%BDrio_.pdf)

. Votorantin:

<http://www.institutovotorantim.org.br/pt-br/RSC/meioAmbiente/Paginas/planoDiretorMeioAmbienteSGV.aspx>

. Governo do Estado de São Paulo

<http://www.ambiente.sp.gov.br/rodoaneltrechosul/licenciamento/>



BRAGA, R. Política urbana e gestão ambiental: considerações sobre o plano diretor e zoneamento urbano. In: CARVALHO, P. F.; BRAGA, R. **Perspectiva de gestão ambiental em cidades médias**. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001. p. 95-109.

BRANCO, S. M. **Ecossistêmica**: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

CARVALHO, P. F. Instrumentos legais de gestão urbana: referências ao Estatuto da Cidade e ao Zoneamento. In: BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. **Estatuto da cidade**: política urbana e cidadania. Rio Claro: LPM-UNESP, 2000. p. 41-59.

CARVALHO, P. F.; BRAGA, R. **Perspectiva de gestão ambiental em cidades médias**. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CONSALTER, M. A. S. **Elaboração de projetos**: da introdução à conclusão. 2. ed. Curitiba: Ibplex, 2007.

DOBSON, C.; BECK, G. **Watersheds**: A practical handbook for healthy water. Willowdale, Canada: Firefly Books, 1999.

KAHN, M. **Gerenciamento de projetos ambientais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2003.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2008.

MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos**. São Paulo: Atlas, 1997.

NOBRE, M. F. **O zoneamento ecológico-econômico como instrumento de planejamento e gestão ambiental**: uma proposta para a bacia do Rio Corumbataí (SP). 2008. 249 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

PAGE-JONES, M. **Gerenciamento de projetos**. Tradução de Tania Maria Salviati. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**: guia PMBOK. São Paulo: Saraiva, 2012.

SALATI FILHO, E.; COTTAS, L. R. Condicionantes do desenvolvimento sustentável do Litoral Norte Paulista: o exemplo da bacia do Córrego da Lagoinha, Ubatuba, SP. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 15-32, 2003.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANT'ANA, A. M. **Plano diretor municipal**. São Paulo: LEUD, 2006.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SIMÕES, M.; BECKER, B.; EGLER, C. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico em áreas com grande influência antrópica.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

SOUZA FILHO, J. R. **Desenvolvimento regional endógeno, capital social e cooperação.** Porto Alegre: UFRGS, 1999.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 1977.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ACADEMIA PLATÔNICA DE ENSINO. **ISO 9001:2008 – 4.1. Requisitos gerais – Sistema de gestão da qualidade.** 2011. Disponível em: <<http://academiaplatonica.com.br/2011/gestao/iso-90012008-4-1-requisitos-gerais-sistema-de-gestao-da-qualidade>>. Acesso em: 05 maio de 2013.

AVILA, A. V. O método PERT-CPM. In: PET ENGENHARIA CIVIL UFSC. **Planejamento e controle das construções: ECV5318.** [Florianópolis]: UFSC, 2013. p. 1-61. Disponível em: <[http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5318%20-%20Planejamento\\_cap06.pdf](http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5318%20-%20Planejamento_cap06.pdf)>. Acesso em: 07 de maio de 2013.

BARBI, F. C. **Os 7 passos do gerenciamento de projetos.** In: MICROSOFT DEVELOPER NETWORK (msdn). 2013. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/brasil/msdn/tecnologias/carreira/gerencprojetos.mspx>>. Acesso em: 08 de junho de 2013.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand, 1998.

DYLLICK-BRENZINGER, T.; GILGEN, H. P. W.; HAFLIGER, G.; WASMER, R. **Guia da série de normas ISO 14001.** Tradução Beate Frank. Blumenau: Edifurb, 2000.

FACULDADE MACHADO DE ASSIS. **Gerenciamento de projetos.** [2008]. Disponível em: <[http://famanet.br/pos2005/pdf/apostilas/gerenciamento\\_projetos.pdf](http://famanet.br/pos2005/pdf/apostilas/gerenciamento_projetos.pdf)>. Acesso em: 10 de junho de 2013.

IBAMA. **Avaliação de impacto ambiental.** Brasília: MMA, 1995.

MENEZES, L. C. M. **Gestão de projetos.** São Paulo: Atlas, 2001.

MIRRA, A. L. A. **Impacto ambiental: aspectos da legislação brasileira.** São Paulo: Oliveira Mendes, 1998.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**. São Paulo: Oliveira Mendes, 1998.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). **O que é uma bacia hidrográfica?** [2010]. Disponível em: <[http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=54](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=54)>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2012.

ROHDE, G. M. **Estudos de impacto ambiental**. Porto Alegre: Cientec, 1988.

VITERBO JR., E. **Sistema de gestão ambiental**. São Paulo: Aquariana, 1998.