

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO AMBIENTAL

Sady Júnior Martins da Costa de Menezes^{1,5}

Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro²

Cleverson Alves de Lima³

Maria Odete Alves de Souza⁴

Gestão Ambiental

Define-se Gestão Ambiental como o braço da administração que reduz o impacto das atividades econômicas sobre a natureza. Ela deve estar presente em todos os projetos de uma organização, desde o seu planejamento e execução até a sua completa desativação. Por isto, o Gestor Ambiental é indispensável. Conhecedor da legislação, ele planeja as atividades dentro dos moldes exigidos por lei, evitando ações judiciais e outros problemas decorrentes da exploração irresponsável da natureza e da comunidade local. Além disso, o Gestor Ambiental também escolhe equipamentos menos poluidores para diminuir o impacto ambiental provocado pela empresa. Afinal, o bom Gestor Ambiental conhece o velho ditado: *"prevenir é melhor que remediar"* (PEARSON, 2011, p. 97-98).

De acordo com Barbieri (2004, p. 19), a Gestão Ambiental é entendida como sendo "as diretrizes e atividades administrativas e operacionais realizadas objetivando obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, quer reduzindo os danos causados pelas ações humanas, quer evitando que eles surjam". Para o mesmo autor, qualquer iniciativa de gestão ambiental envolve três dimensões: a dimensão espacial, ou seja, a área ou região-alvo da iniciativa; a dimensão temática, relativa às questões ambientais às quais as ações se destinam; e por último, a dimensão institucional, que diz respeito aos agentes que tomam as iniciativas de gestão ambiental, como por exemplo, o governo, empresas, sociedade civil, etc.

O Gestor Ambiental deve ter clareza sobre as três dimensões da sua atuação, delimitando o espaço, os temas e os agentes que terá a sua disposição (BARBIERI, 2004, p. 19). Conforme Projeto do Plano Pedagógico do curso de Gestão Ambiental (Bacharelado) do Instituto Três Rios da UFRRJ (PPC-GA, 2013, p. 10), o bacharel em Gestão Ambiental busca a consolidação do desenvolvimento sustentável, através da melhor integração entre as ações de conservação dos sistemas naturais, da harmonia entre as sociedades e as atividades humanas. O profissional deverá intervir em processos de produção, no uso dos recursos naturais, deve ainda estar habilitado para diagnosticar e resolver problemas ambientais, tendo capacidade de identificar novas áreas de atuação profissional, utilizando conhecimentos já existentes ou produzindo novos, de forma a contribuir para o desenvolvimento de práticas sustentáveis. Ele deve ser capaz de trabalhar em equipes multidisciplinares para desenvolver projetos de maior complexidade, além de gerenciar processos participativos de organizações públicas e privadas. Trata-se de um profissional capacitado para planejar e executar ações que visam os avanços científico e tecnológico. Seguindo esta linha de ação, o referido capítulo propõe a conceituar e elucidar o uso de Geotecnologias aplicadas à Gestão Ambiental como ferramenta de apoio à tomada de decisão à este profissional.

Introdução

Geotecnologias

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios, Departamento de Ciências do Meio Ambiente, Avenida Prefeito Alberto Lavinas, 1847, Centro, 25802-100, Três Rios, RJ, Brasil; ² Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal; ³ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil; ⁴ Prefeitura Municipal de Comendado Levy Gaspariam; ⁵ Autor de correspondência: sadymenezes@yahoo.com.br

Para nós, humanos, a estruturação da paisagem é um procedimento essencial para a sua caracterização. Detectamos as paisagens sob forma de arranjos espaciais com determinadas feições. Usamos expressões como “a paisagem está fortemente compartimentada”, “paisagem aberta de colinas” ou, ainda, “paisagem agrária limpa” para expressar o nível de diferentes estruturações em linguagem popular. A observação do desenvolvimento de paisagens no tempo é um importante pré-requisito para entender os processos que estão ocorrendo e para o prognóstico de tendências futuras. Para muitas tarefas dos órgãos de planejamento e do meio ambiente, a documentação da condição atual e a detecção de mudanças são de significado central. Em especial a proteção à natureza, por estar relacionada ao espaço, tem uma grande necessidade de dados atualizados e espaciais (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 13 e 344).

A produção e a reprodução do espaço envolvem um conjunto de processos ainda mais articulados. A necessidade de intervir nesse espaço, buscando uma melhor compreensão do espaço geográfico e das relações da sociedade com o ambiente onde vive, torna a procura por novos instrumentos conceituais e técnicos uma constante, em todas as áreas de conhecimento. O avanço tecnológico que tem causado maior influência na pesquisa geográfica está relacionado ao advento das geotecnologias, com especial destaque para os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e os avanços na área de Sensoriamento Remoto. Neste sentido, é necessário que os profissionais busquem conhecer em detalhe esta tecnologia, avaliando os aspectos práticos e teóricos de sua utilização (FITZ, 2008, p. 5). Uma das características marcantes envolvendo geotecnologias é a possibilidade de aplicação em múltiplos campos da ciência (Figura 1), facilitando sua integração e a operacionalização de estudos e investigações científicas (GEBLER; PALHARES, 2007, p. 35).

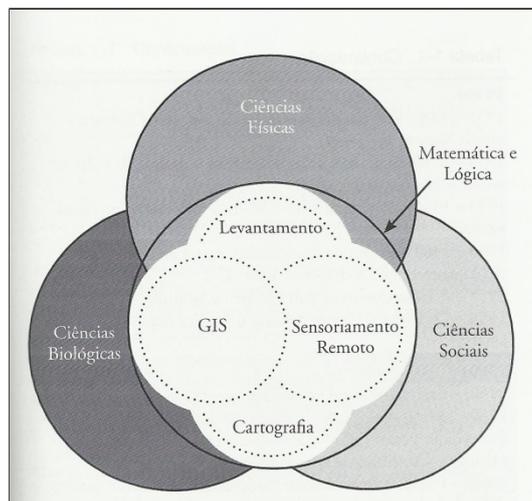


Figura 1 – Modelo de interação mostrando a relação entre as ciências de informação geográfica (sensoriamento remoto, cartografia, sistemas de informações geográficas e levantamento) à medida que elas se relacionam com a matemática e a lógica, e com as ciências físicas, biológicas e sociais.

Fonte: Jensen (2009)

Portanto, este capítulo trata do uso das geotecnologias aplicadas à Gestão Ambiental, como forma de entendimento das relações do ser humano com o meio ambiente apoiadas em um sistema de tomada de decisão que seja robusto e eficiente. O interesse por geotecnologias no Brasil nos últimos anos tem sido crescente. As mais variadas áreas de atuação vêm usufruindo dos benefícios gerados pela utilização dessas tecnologias que, estão cada vez mais presentes em nossas vidas, tais como em aparelhos celulares; rastreadores veiculares anti-

furto; navegador veicular, sites de mapas, entre outros (SANSOLO et al., 2008, p. 3). As Geotecnologias estão entre os três mercados emergentes mais importantes da atualidade, junto com a nanotecnologia e a biotecnologia (NATURE, 2004, p. 1).

As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico. Essas considerações tornam-se importantes à medida que profissionais das mais diversas áreas atuam diretamente com as questões espaciais. Entretanto, a interatividade necessária para que se possa trabalhar o meio ambiente como um todo, de forma interdisciplinar, torna necessária uma busca por ferramentas e técnicos qualificados para sua concretização. A inserção de profissionais de diferentes áreas do conhecimento, torna-se essencial para um bom resultado dos trabalhos desenvolvidos (FITZ, 2008, p. 11).

Os conceitos técnicos a respeito dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e também como este é usado no planejamento e execução de estudos e atividades fundamentais à gestão ambiental são importantes para termos uma compreensão concisa das funcionalidades e propósitos de um SIG: a captação, armazenamento, visualização, manipulação, interpretação e exportação de dados geográficos com a finalidade de viabilizar a correta gestão dos recursos naturais. Para o bom aproveitamento das geotecnologias, são necessárias boas fontes de dados, e um bom entendimento do problema a ser estudado, de forma a conceber análises que forneçam resultados mais expressivos. Além disso, é importante um conhecimento em informática, sensoriamento remoto, geomática e geografia. A sinergia entre as ciências e um avanço tecnológico sem precedentes, possibilita a integração de dados em um ambiente computadorizado conhecido como Sistema de Informação Geográfica, e permite a reprodução de feições e fenômenos terrestres. Também possibilitam por meio de análises, a sua interpretação em relação a um objetivo específico. Somado a isso, a enorme disponibilidade de dados de sensores remotos, bases cartográficas e diversos *softwares* livres e/ou comerciais, possibilita de uma maneira mais abrangente cada vez mais reunir, processar e entender melhor as informações ambientais de forma integrada (MENDONÇA et al., 2011, p. 5).

Com o desenvolvimento do instrumental relacionado ao imageamento terrestre, as geotecnologias se aproximam mais dos trabalhos de campo, notadamente com o uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS) "*Global Positions System*", para a delimitação e a classificação do uso da terra. Tecnicamente, o Sensoriamento Remoto - apoiado por SIGs, Estatística Espacial e por GPS -, ao longo do tempo tem substituído a topografia tradicional na caracterização do uso das propriedades, podendo tornar-se, também, apoio para o desenvolvimento de um plano de gestão ambiental (GEBLER; PALHARES, 2007, p. 35).

As geotecnologias (ou tecnologias espaciais), conhecidas também, segundo alguns autores, por geoprocessamento, são consideradas o conjunto de técnicas que tem como função coletar, processar, analisar e oferecer informações com referência geográfica (ou espacial). São exemplos de tecnologias espaciais os sistemas de informações geográficas, a cartografia digital, o sensoriamento remoto e o sistema de posicionamento global. Elas podem ser utilizadas para criar informações que levam a manipulação e conseqüentemente a análise do espaço geográfico, realizada por meio das novas tecnologias. Essas novas tecnologias estão ligadas aos avanços na informática, nas comunicações, nas geociências e em outras ciências correlatas. As geotecnologias trazem, no seu bojo, avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão e em tantos outros aspectos ligados à questão espacial. No processo de ensino-aprendizagem, um pacote informatizado, através de geotecnologias, deve integrar o Sensoriamento Remoto e a internet como fontes para aquisição de dados espaciais, os Sistemas de Informações Geográficas para a

manipulação e a análise destes dados, e a Cartografia Digital para sua representação gráfica. Esse pacote deve fornecer um meio dinâmico e interativo para a aprendizagem dos fenômenos geográficos através de tecnologias de ponta. A integração entre as tecnologias espaciais e a informática possibilita o surgimento e a divulgação de uma nova base para a comunicação, produção e reprodução de conhecimento (NOAS, 2015, p. 1).

As imagens de satélite estão sendo amplamente disponibilizadas gratuitamente na rede mundial. Este vasto catálogo de imagens permite o monitoramento de grandes áreas em diversas escalas, fornecendo dados para o mapeamento da dinâmica da vegetação, ocupação e outras características do terreno. Estas imagens possuem características que permitem extrairmos estas informações a partir da caracterização espectral dos alvos. As diversas bases cartográficas também disponíveis na internet possuem a característica de estarem em formato vetorial, ou seja, representam feições através de pontos, linhas ou polígonos. Mas talvez a característica mais relevante destas bases seja a possibilidade de relacionar estas feições espaciais a uma enorme quantidade de dados em forma de tabelas. Desta forma, podemos, por exemplo, ter um vetor que representa a área de um município (vetor poligonal) associado a uma série histórica de indicadores econômicos (tabelas) (MENDONÇA et al., 2011, p. 4).

Sistemas de Informações Geográficas (SIG)/Geoprocessamento

Um Sistema de Informação Geográfica é o ambiente de trabalho para analisar os dados geográficos em uma variedade de formatos. Neste ambiente reunimos imagens de satélite com dados cartográficos e também bancos de dados, e podemos realizar muitas análises com estas informações (MENDONÇA et al., 2011, p. 10).

De acordo com Câmara (1996, p. 1), a introdução do geoprocessamento no Brasil teve início no começo dos anos 80, na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em trabalhos de divulgação e capacitação realizados pelo Prof. Jorge Xavier da Silva. A vinda ao Brasil, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o *Canadian Geographical Information System*), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, entre os quais podemos citar:

- UFRJ: O grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, sob a orientação do professor Jorge Xavier, desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental). O SAGA tem seu forte na capacidade de análise geográfica e vem sendo utilizado com sucesso com veículo de estudos e pesquisas; como exemplo, recente livro sobre Geomorfologia utiliza o SAGA para ilustrar o uso de SIG para estudos nessa área (Xavier da Silva et al, 1996).
- MaxiDATA: os então responsáveis pelo setor de informática da empresa de aerolevante AeroSul criaram, em meados dos anos 80, um sistema para automatização de processos cartográficos. Posteriormente, constituíram a empresa MaxiDATA e lançaram o MaxiCAD, software largamente utilizado no Brasil, principalmente em aplicações de Mapeamento por Computador. Mais recentemente, o produto dbMapa permitiu a junção de bancos de dados relacionais a arquivos gráficos MaxiCAD, produzindo uma solução para "desktop mapping" para aplicações cadastrais.

Mais recentemente, o grupo do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS (CPqD) iniciou o desenvolvimento do SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa), uma extensiva aplicação de Geoprocessamento no setor de telefonia. Construído com base num ambiente de um SIG (VISION) com um banco de dados cliente-servidor (ORACLE), o SAGRE envolve um significativo desenvolvimento e personalização de software (CÂMARA, 1996, p. 1).

O Geoprocessamento (Figura 2) é um ramo da área do conhecimento denominada oficialmente de Geomática. Ele engloba o total conjunto de técnicas (ou tecnologias) ligadas à informação espacial, quer seja no tocante a coleta, tratamento e análise desses dados. Algumas dessas técnicas, também chamadas de Geotecnologias são: Topografia; Fotogrametria; Cartografia; Sensoriamento Remoto; Posicionamento por Satélite - GPS; Geoestatística; Banco de Dados Geográficos; *WebMapping* e SIG (MEDEIROS, 2012, p. 1). Ou seja, conforme Medeiros (2012, p. 1) o SIG, bem como as demais Geotecnologias mencionadas acima, formam o que chamamos de Geoprocessamento.



Figura 2 - Relação entre Geoprocessamento e as Geotecnologias.
Fonte: Medeiros (2012)

Geotecnologias (MEDEIROS, 2011, p. 2) são tecnologias relacionadas com as diferentes etapas do Geoprocessamento. Esta definição levanta outras questões:

- O que é Geoprocessamento?
- Quais são as etapas do Geoprocessamento?
- Quais tecnologias são empregadas nas diferentes etapas do Geoprocessamento?

Portanto, o Geoprocessamento é o termo usado para definir o conjunto de tecnologias utilizadas para o tratamento da informação espacial. Sempre que em um projeto a componente espacial de um dado pode/deve ser considerada, há condições de se aplicar técnicas de Geoprocessamento. De forma geral, Medeiros (2011, p. 2) apresenta as seguintes etapas para o uso do Geoprocessamento:

- Coleta;
- Armazenamento;
- Tratamento e Análise;
- Uso integrado.

Numa visão simplificada, pode-se afirmar que um SIG é composto por quatro partes básicas: computador (*hardware*) para armazenamento e processamento, programas específicos (*software*) para aplicação, dados (banco de dados georreferenciados/tabelas) e o usuário para interagir com esses elementos. Conforme Câmara (2004, p. 7), numa visão abrangente, pode-se indicar que um SIG tem os seguintes componentes (Figura 3):

- Interface com usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e plotagem;
- Banco de dados geográficos.

Com essa composição, a utilização desses sistemas deve auxiliar para o conhecimento ou solução de problemas de organização espacial, pois os SIGs possibilitam o armazenamento, manipulação e análise rápida de dados que podem gerar resultados em forma de produtos cartográficos (mapas), tabelas ou gráficos. O emprego do SIG, além de trabalhar com feições sobre o mundo real, permite que sejam criados cenários de representação territorial futura. Pode-se dizer então que, de uma maneira geral, os SIGs podem ser utilizados quando nos deparamos com a palavra “onde” em nossas questões e problemas que necessitam de solução por meio de um sistema informatizado (SANSOLO et al. apud CÂMARA, 2008, p. 4).

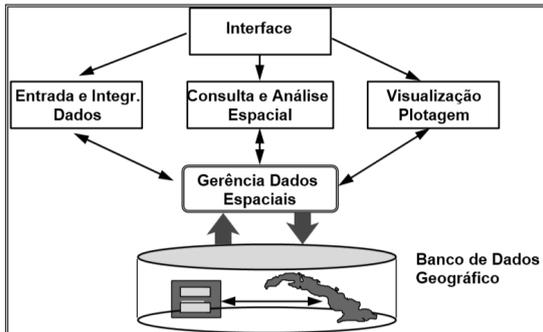


Figura 3 – Estrutura geral de um Sistema de Informações Geográficas.

Fonte: Câmara (2004)

Conforme mostra a Figura 4, um SIG, é composto não apenas de *softwares*, mas também por metodologias aplicadas, dados a serem coletados e tratados, *hardwares* específicos de bom desempenho, como por exemplo *scanners* e coletores de dados GPS e recursos humanos (que serão responsáveis por operar os programas, manipular os equipamentos e dados e, claro, definir metodologias adequadas) (MEDEIROS, 2012, p. 1).



Figura 4 - Composição de um SIG.

Fonte: Medeiros (2012)

De acordo com Fitz (2008, p. 79) um SIG é constituído pelos seguintes componentes:

- *Hardware*, isto é, a plataforma computacional utilizada;
- *Software*, ou seja, os programas, módulos e sistemas vinculados;
- *Dados*, a saber, os registros de informações resultantes de uma investigação; e
- *Peopleware*, ou seja, os profissionais e/ou usuários envolvidos.

Estas tecnologias têm sido aplicadas cada vez mais em estudos ambientais, planejamento urbano, cadastro multifinalitário, saúde pública, agricultura, entre muitas outras áreas. Estas

atuam como suporte eficiente para tomada de decisão, o que torna o Geoprocessamento um elemento fundamental para o desenvolvimento sustentável (MEDEIROS, 2011, p. 3).

As geotecnologias são consideradas como um grande grupo, que abriga outras diversas tecnologias, que dentre elas está inserido o Sistema de Informação Geográfica, ou *Geographic Information System* (GIS) termo muito utilizado por pesquisadores e estudiosos da área de forma global (SANSOLO et al., 2008, p. 3).

Sistemas de Informação Geográfica, ou abreviadamente SIGs, são sistemas de informação construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los. Dados geográficos são coletados a partir de diversas fontes e armazenados via de regra nos chamados bancos de dados geográficos. (CÂMARA et al., 1996, p. 3).

Sensoriamento Remoto

De acordo com Florenzano (2005, p. 24) as geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais interligadas e suas aplicações nos diferentes campos do conhecimento tem aumentado.

De acordo com Mendonça (2011, p. 9) o Sensoriamento Remoto é uma ciência utilizada para a detecção de objetos sem contato direto com eles. As propriedades físicas da interação da energia eletromagnética possibilitam caracterizar tais objetos. Assim, as imagens geradas pelos sensores remotos são utilizadas no mapeamento de grandes áreas. A tecnologia vem sendo aperfeiçoada e hoje pode ser aplicada para diversas finalidades, como o mapeamento da cobertura florestal, por exemplo. Em plataformas orbitais ou aerotransportadas, sensores capturam a energia eletromagnética refletida, possibilitando o mapeamento da cobertura florestal em diversas escalas. Portanto, o Sensoriamento Remoto é o conjunto de atividades, que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com a mesma, gerando imagens e outros tipos de dados, por meio da captação e do registro de energia refletida ou emitida pela superfície (NOAS, 2015, p. 1).

O conceito de Sensoriamento Remoto faz uso do termo "sensores", os quais, dentro do contexto apresentado, podem ser entendidos como dispositivos capazes de captar a energia refletida ou emitida por uma superfície qualquer e registrá-la na forma de dados digitais diversos (imagens, gráficos, dados numéricos, etc.) (Figura 5). Estes, por sua vez, são passíveis de serem armazenados, manipulados e analisados por meio de *softwares* específicos. Para a aquisição de dados pelos sensores, devem existir os seguintes elementos básicos (FITZ, 2008, p. 97-98):

- Fonte/energia radiante (solar, por exemplo);
- Objeto de visada (alvo na superfície); e
- Sistema de imageamento óptico e detector (sensor).

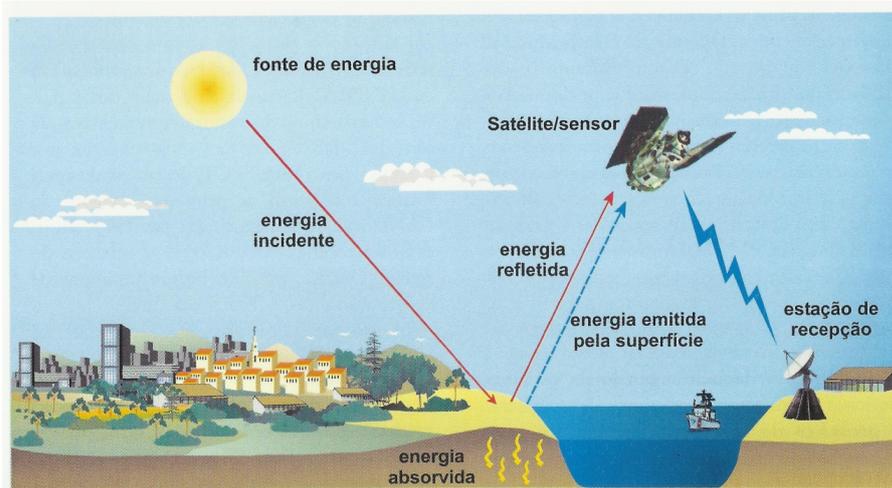


Figura 5 – Obtenção de imagens por Sensoriamento Remoto.
Fonte: Florenzano (2002)

Ainda de acordo com Fitz (2008, p. 98), os sensores podem ser classificados de formas diferenciadas. Com relação à origem da fonte de energia, eles podem ser ativos ou passivos (Figura 6):

- *Sensores Ativos*: possuem uma fonte de energia própria. Eles mesmos emitem uma quantidade suficiente de energia na direção dos alvos para captar sua reflexão. O Radar (do inglês *Radio Detection and Ranging*, que, resumidamente, designa um equipamento utilizado para gerar ou receber dados por meio de ondas de rádio, possibilitando, em especial, a localização e o rastreamento de objetos situados na superfície terrestre) é um exemplo deste sensor. Uma filmadora com *spot* de luz acoplado ou uma câmera fotográfica que use *flash* também podem ser classificadas como sensores ativos;
- *Sensores Passivos*: não possuem uma fonte própria de energia e necessitam de fontes externas para a captação da reflexão dos alvos, como a energia solar. Tanto filmadora quanto câmera fotográfica desprovidas de *spot* ou *flash* enquadram-se nessa categoria. Nela situam-se também outros imageadores, como os por varredura, que conseguem captar a imagem de um alvo com alta resolução espectral.

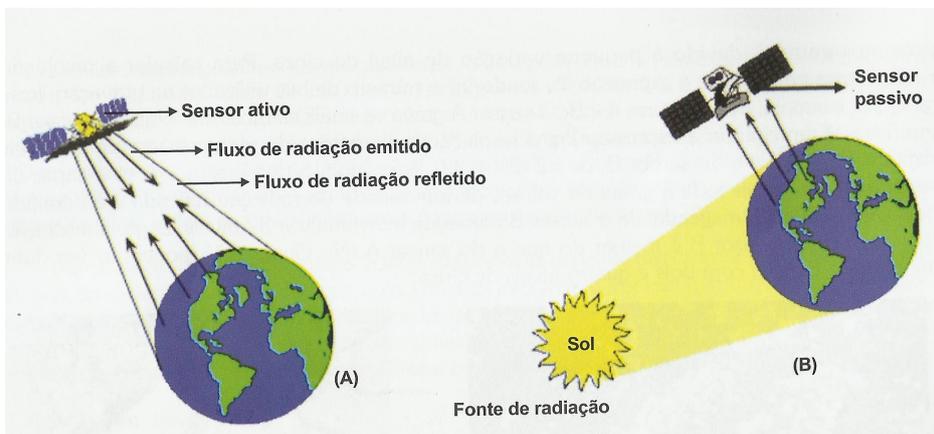


Figura 6 – Esquema de um Sensor Ativo (A) e Passivo (B).
Fonte: Moreira (2011)

Quanto a obtenção de imagens de Sensoriamento Remoto, estas são adquiridas pelos seguintes métodos/equipamentos (Figura 7):

- Levantamentos terrestres:
 1. Radiômetros de banda e de varredura contínua;
- Levantamentos aéreos:
 1. Levantamentos aerofotogramétricos;
 2. Levantamentos com sistemas de Radar;
- Sensores instalados em satélites;
 1. Satélites orbitais;
 2. Satélites geoestacionários;

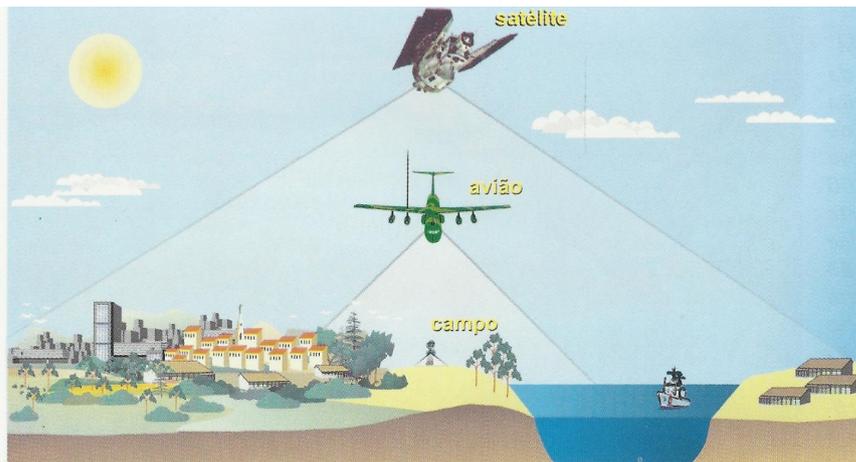


Figura 7 – Plataformas de aquisição de imagens de sensoriamento remoto.
Fonte: Moreira (2005)

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Esta visão sinóptica do meio ambiente ou da paisagem possibilita estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Tais imagens mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos causados por fenômenos naturais como as inundações e a erosão do solo (frequentemente agravados pela intervenção do homem) e antrópicos, tais como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2002, p. 55).

Através das imagens de satélite, o ambiente mais distante ou de difícil acesso torna-se mais acessível. Os avanços obtidos com os novos sensores remotos, produzindo dados com melhores resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal, permitem mapear, medir e estudar uma variedade de fenômenos geomorfológicos e ambientais, por exemplo, com uma rapidez e precisão nunca obtidas anteriormente (FLORENZANO, 2002, p. 5).

Quanto as resoluções de imagens de sensoriamento remoto, essas dependerão de características específicas definidas pelas próprias imagens coletadas. Desta maneira, tem-se (FITZ, 2008, p. 115-116):

- *Resolução Temporal*: ou seja, o espaço de tempo que leva para obtenção de cada cena. O satélite sino-brasileiro Cbers-2, lançado em 21 de outubro de 2003, por exemplo, capta imagens de 26 em 26 dias. Sua resolução temporal é, portanto, de 26 dias;
- *Resolução Espacial*: entendida como a capacidade óptica do sensor em função do seu campo de visada, o *Instantaneous Field of View* (Ifov). Essa resolução pode ser traduzida como a área real abrangida no terreno por cada *pixel*

correspondente na imagem. No caso de imagens de satélites, o Ifov varia principalmente em função da finalidade na utilização das imagens. O Cbers-2 apresenta uma câmera imageadora com alta resolução espacial (20m), ou seja, cada pixel da imagem representa uma dimensão do terreno de 20m por 20m (400m²). Já o satélite Ikonos chega a uma resolução espacial de 1m na banda pancromática, ou seja, pode distinguir objetos maiores do que 1m²;

- *Resolução Espectral*: dada pela banda espectral suportada pelo equipamento, ou seja, pela capacidade de absorção (número de canais) do sensor utilizado em função do intervalo do comprimento de onda utilizado pelo mesmo. O Cbers-2 possui 5 (cinco) bandas, ao passo que o Landsat TM-5 possui 7 (sete);
- *Resolução Radiométrica*: relacionada a quantidade de níveis digitais presentes em uma imagem, vinculando-se com a qualidade desejada da imagem: quanto maiores forem os níveis digitais, tanto maior será a resolução radiométrica. Esse atributo digital, representado pelos níveis de cinza (ou cores) de uma imagem, é normalmente apresentado na forma de valores binários, ou *bits*, necessários para o seu armazenamento; e
- *Resolução Digital*: dada pela quantidade de *pixel* ou pontos por polegada (dpi) desejada pelo usuário. Em geral, utilizada para digitalização e/ou impressão de arquivos.

Atualmente, são obtidos pares estereoscópicos digitais por sensores ópticos, a bordo de satélites, e dados topográficos orbitais de radar como os da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*). Esses dados permitem visualizar o espaço geográfico em dimensões e, utilizando um SIG, obter de forma automática variáveis morfométricas (altitude, declividade, orientação de vertentes, etc.) que são essenciais nos estudos geomorfológicos, pedológicos e ambientais. O uso de ambientes computacionais de SIG facilita a integração de dados de sensores remotos com aqueles provenientes de outras fontes, bem como a análise espacial e a modelagem dos ambientes permitindo realizar a projeção de cenários futuros. Desta maneira, o recente e rápido desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento remoto e de SIG contribuem para a evolução das próprias ciências da terra e ambientais, ao mesmo tempo em que facilitam a inter-relação entre elas (FLORENZANO, 2005, p. 25).

As atividades para geração de imagens e outros tipos de dados, envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética (ou radiação eletromagnética) emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos. Os sensores remotos são os dispositivos capazes de detectar a radiação eletromagnética (em determinadas faixas do espectro eletromagnético) proveniente de algum objeto. Eles podem ser de diferentes tipos (imageadores ou não imageadores) e possuírem diferentes qualidades. A qualidade refere-se, via de regra, a sua capacidade de obter medidas detalhadas da energia eletromagnética, de acordo com sua resolução espacial, espectral e radiométrica (NOAS, 2015, p. 1).

Para mapear as florestas, por exemplo, os sensores remotos captam a energia eletromagnética refletida da superfície terrestre. A principal fonte desta energia eletromagnética é provinda do sol, que ao entrar na atmosfera terrestre começa a sofrer interações, até alcançar a superfície e ser refletida novamente e eventualmente ser capturada pelo sensor. Devido à importância das imagens de satélite nas geotecnologias e de sua crescente e ampla distribuição, os conceitos sobre radiação eletromagnética e sua interação com os elementos estudados (ie. vegetação, solo e água) devem estar esclarecidos. Produtos do sensoriamento remoto, como imagens de satélites e radar, possuem uma arquitetura de dados em formato matricial, e são geralmente trabalhadas com *softwares* específicos para processamento digital de imagens (PDI). No entanto existe uma interoperabilidade entre os

PDI e SIGs que possibilita a integração de imagens de satélite em SIGs e vetores em PDIs (MENDONÇA et al., 2011, p. 9).

Portanto, o avanço e o desenvolvimento das tecnologias do Sensoriamento Remoto tornam possível "(re)conhecer a Terra, por meio da coleta de diferentes dados e da aquisição de imagens da sua superfície". Logo, sua importância tecnológica, para o mundo moderno, deve ser conhecida por toda a sociedade, pois promove a qualificação no desempenho dos agentes sociais, e pode ser utilizada na melhoria das condições de vida, justificando o compromisso de divulgar ciência (NOAS, 2015, p. 1).

Sistema de Posicionamento Global (GPS)

O sistema de posicionamento por satélite mais utilizado atualmente no Brasil, o GPS (Figura 8), foi concebido nos Estados Unidos com fins militares. Entretanto, por causa da crescente demanda, acabou se disseminando pelo mundo, constituindo-se, atualmente, como ferramenta de enorme utilidade para os mais diversos fins. Esse sistema faz uso de dezenas de satélites que descrevem órbitas circulares inclinadas em relação ao plano do equador, com duração de 12 horas siderais. Os satélites estão posicionados numa altura de cerca de 20.200km em relação à superfície terrestre e enviam sinais que são capturados por um ou mais receptores GPS no terreno. As coordenadas geográficas e da altitude de um ponto são lidos por meio de um processo semelhante à triangulação. Para isso, são selecionados, no mínimo, os quatro satélites melhor posicionados em relação aos aparelhos situados na superfície terrestre (FITZ, 2008, p. 41).

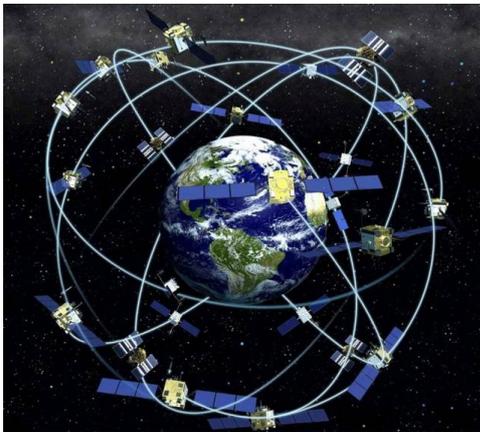


Figura 8 – Constelação de GPS.
Fonte: Wordless Tech (2015)

Pode-se classificar os receptores GPS em quatro categorias principais, em função de sua precisão, de acordo com as características apresentadas pelo fabricante. O Quadro 1 procura apresentar as principais características inerentes a cada tipo de tais receptores (FITZ, 2008, p. 42-43):

Quadro 1 - Características de receptores GPS

Tipo	Características Principais	Precisão Planimétrica
Navegação	Método absoluto de busca	Maior do que 10 m
Métrico	Método relativo de busca	Entre 1 m e 10 m
Submétrico	Método relativo de busca	Entre 0,1 m e 1,0 m
Geodésico	Método relativo de busca	Entre 0,1 m e 0,001 m

Fonte: Fitz (2008)

Ao longo deste capítulo, procurou-se apresentar a dinamicidade e a aplicabilidade das geotecnologias para à Gestão Ambiental. De acordo com Fitz (2008, p. 140) o engajamento de profissionais de diferentes áreas em trabalhos de cunho interdisciplinar apoiados pelo uso das ferramentas mencionadas, tais como o Sistema de Informações Geográficas – SIG/Geoprocessamento, o Sensoriamento Remoto, o GPS, dentre outras no contexto das geotecnologias, levam a um direcionamento no processo de tomada de decisão, especialmente no que se refere às questões vinculadas ao planejamento e à organização do espaço geográfico.

Referências bibliográficas

- BARBIERI, J.C. Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos – São Paulo, SP: Saraiva, 2004.
- CÂMARA, G.; Desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica no Brasil: Desafios e Oportunidades. In: Semana de Geoprocessamento do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/present/segeo.html>>. Acesso em: 20 fev. 2017
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.; MEDEIROS, C.B. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. In: Escola de Computação, São Bernardo do Campo, SP, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S.; DRUCK, S.; MONTEIRO, A.M. Análise Espacial de Dados Geográficos - Brasília, DF: EMBRAPA, 2004. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017
- FITZ, P.R. Geoprocessamento sem complicação - São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2008.
- FLORENZANO, T. G. Imagens de Satélite para Estudos Ambientais - São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2002.
- FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso – Disponível em <http://www.geografia.fllch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_17/Teresa_Gallotti_Florenzano.pdf>, Revista do Departamento de Geografia, 17, 2005, 24-29p. Acesso em: 20 fev. 2017
- GEBLER, L.; PALHARES, J.C.P. Gestão Ambiental na Agropecuária - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
- JENSEN, J.R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em Recursos Terrestres - Tradução José Carlos Neves Epiphânio (coordenador) et. al. - São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da Paisagem com SIG – Tradução Hermann Kux – São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- MEDEIROS, A. Norteando seus conhecimentos sobre Geotecnologias - Disponível em <<http://andersonmedeiros.com/norteando-seus-conhecimentos-sobre-geotecnologias/>>, 2011. Acesso em: 20 fev. 2017
- MEDEIROS, A. Geotecnologia: Parte 1 - Disponível em <<http://andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte1/>>, 2012. Acesso em: 20 fev. 2017
- MENDONÇA, R. A. M.; BERNASCONI, P.; SANTOS, R.; SCARANELLO, M. Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental: Experiências na Amazônia Meridional - Disponível em <<http://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/uso-das-geocnologias-para-gest%C3%A3o-ambiental.pdf>>, 2011. Acesso em: 20 fev. 2017
- MOREIRA, M.A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação - 3 ed. atual. ampl., Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005.
- MOREIRA, M.A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação - 4 ed. atual. ampl., Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011.
- NATURE. Careers and Recruitment Mapping Opportunities: Scientists who can combine geographic information systems with satellite data are in demand in a variety of disciplines - Disponível em <<http://www.nature.com/nature/journal/v427/n6972/full/nj6972-376a.html>>, 2004. Acesso em: 20 fev. 2017
- NOAS: Núcleo de Computação Aplicada - As Geotecnologias - Disponível em <<http://www.noas.com.br/artigos/geotecnologia/as-geotecnologias/>>, 2011. Acesso em: 20 fev. 2017
- NOAS: Núcleo de Computação Aplicada - Sensoriamento Remoto como Recurso Didático - Disponível em <<http://www.noas.com.br/artigos/geotecnologia/sensoriamento-remoto-como-recurso-didatico/>>, 2011. Acesso em: 20 fev. 2017
- PEARSON – Gestão Ambiental – Pearson Education do Brasil, São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2011.
- PPC-GA - Projeto do Plano Pedagógico do curso de Gestão Ambiental - Instituto Três Rios, RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, 2013. Disponível em <<http://www.itr.ufrrj.br/portal/cursos/gestao-ambiental/projeto-pedagogico/>>. Acesso em: 20 fev. 2017
- SANSOLO, D. G.; BACK, G. O Ensino de Geoprocessamento para Estudantes de Turismo: Uma Discussão sobre suas potencialidades. In: V Seminário de Pesquisa em Turismo do MERCOSUL (SeminTUR), 2008, p. 4. Caxias do Sul, RS. Disponível em <http://www.ucs.br/ucs/tplVSEminTur%20eventos/seminarios_semintur/semin_tur_5/trabalhos/arquivos/gt03-04.pdf>, 2008. Acesso em: 20 fev. 2017

Diversidade e Gestão 1(1): 57-69. 2017.
Volume Especial
Gestão Ambiental: Perspectivas, Conceitos e Casos

WORDLESS TECH - GPS - Global Positioning System - Disponível em <<http://wordlesstech.com/how-gps-works/>>, 2015. Acesso em: 20 fev. 2017

Revisora: Geógrafa Verena Lima Van Der Ven