

# MONITORAMENTO DA MINERAÇÃO ILEGAL EM ÁREAS PROTEGIDAS NA AMAZÔNIA

Jair Schmitt [1]  
Danielle Pereira da Costa [2]  
Ulisses Oliveira Vieira [3]



OLAM - Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil – eISSN: 1982-7784  
Está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)

## Introdução

A Amazônia é uma das regiões do planeta mais visadas devido ao seu grande potencial de biodiversidade, disponibilidade hídrica, riquezas minerais, entre outros. Em especial, a porção da Amazônia compreendida no território brasileiro vem sofrendo grandes problemas de degradação e exploração de bens naturais e culturais, intensificados nessas últimas décadas.

Essa situação acentuava-se diante da pressão internacional onde discursos de diversas lideranças tratavam a floresta tropical como bem da humanidade marcada pelo chavão de que é/era “o pulmão do mundo”, em detrimento a interesses escusos. Ademais, configurava-se na Amazônia um cenário de ilícitos, de desordem social e com pouca atuação ou ausência do Estado.

A busca pelos bens minerais na Amazônia vem crescendo de modo significativo nas últimas duas décadas. O setor mineral se anima aos grandes investidores e aos pequenos e médios “bandeirantes da mineração”, não só pela existência de jazidas de porte (cassiterita do Pitinga, ferro de Carajás, alumínio do Trombetas, entre outras), como pela diversificada potencialidade de outras riquezas minerais que também são abundantes na região.

Diante da problemática exploração ilegal dos recursos minerais, que aufere prejuízo ao patrimônio brasileiro, bem como, danos ao meio ambiente e à população humana, principalmente aquela que através do seu *modus vivendi* tem uma relação mais próxima com a natureza, cabe aos órgãos públicos de controle agirem para coibir tal prática. Para tal, informações que identifiquem e caracterizem onde estão ocorrendo atividades de extrações minerais ilícitas é de suma importância para qualquer tentativa de intervenção nessa realidade.

Portanto, o que é descrito nesse trabalho é um processo de monitoramento de atividades de extrações minerais no intuito de produzir informações e

conhecimentos para controle da exploração ilegal dos recursos minerais e dessa forma contribuir com a gestão de áreas protegidas, em especial as unidades de conservação e terras indígenas.

Há uma quantidade imensa de ocorrências minerais fartamente distribuídas em todos os estados da Amazônia. Conforme o mapa de Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2004), essas concentrações minerais localizam nos estado do Pará, Mato Grosso e Rondônia. Em decorrência da favorabilidade para a presença de depósitos minerais com potencial econômico na região, vários processos visando à pesquisa e a futura exploração desses bens minerais foram requeridos na Amazônia junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Muitas dessas substâncias minerais estão localizadas em áreas protegidas, ou seja, unidades de conservação (UC) e terras indígenas (TI). Contudo, a extração dos recursos minerais nessas áreas requer autorização condicionada às normas específicas. Assim, a maior parte das explorações constitui-se em atos ilícitos. Mesmo em outras áreas não consideradas como protegidas, é freqüente a exploração mineral ao arrepio dos procedimentos legais, causando prejuízo ao Estado brasileiro e degradação ambiental.

Os entes da administração pública, responsáveis pela gestão desses recursos e por dirimir ações de combate, têm muitas vezes seus esforços limitados pela insuficiência de efetivos, redução orçamentária, falta de infraestrutura e, dispõem de poucas informações, carentes da articulação sinérgica para sua produção.

No intento de proteger a região amazônica, no que tange as atividades minerais ilícitas, algumas ações preliminares são consideradas muito importantes, fundamentalmente o monitoramento, ou seja, (...) *“o estudo e o acompanhamento contínuo e sistemático do comportamento de fenômenos, eventos e situações específicas, cujas condições desejamos identificar, avaliar e comparar”* (IBAMA, 2000), potencializada através de ferramentas geotecnológicas.

O objetivo deste artigo é descrever um processo de monitoramento de atividades minerais, supostamente ilícitas em unidades de conservação e terras indígenas na Amazônia por meio de geotecnologias. Isto possibilita produzir informações para a gestão das áreas protegidas e coibir a extração ilegal dos recursos minerais, bem como, auxiliar em políticas públicas de proteção e a exploração sustentável.

## **Mineração em áreas protegidas**

Unidades de conservação são as áreas criadas com base na Lei 9.985/00 definidas como o

[...] espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Nessas áreas existem vários direitos minerários requeridos, contudo, a extração dos recursos minerais nessas áreas requer autorização condicionada às normas específicas dessas áreas. Assim sendo, o DNPM não autoriza a pesquisa mineral e conseqüentemente a extração de bens minerais em áreas proteção integral. Nas áreas de conservação de uso sustentável, é consultado o Órgão Ambiental competente, sobre a conveniência ou não dos trabalhos de pesquisa e/ou extração mineral, cabendo quando for o caso a apresentação do licenciamento ambiental para o prosseguimento dos trabalhos. A tabela 1 quantidade de processos requeridos, e as respectivas áreas em hectares, dentro das unidades de conservação e terras indígenas.

Terras indígenas são as terras tradicionalmente ocupadas pelos índios, definidas no §1º do art. 231 do Constituição Federal de 1988, como sendo aquelas

[...] por eles habitadas em caráter permanente, as utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e as necessárias a sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições.

Terras estas que, segundo o inciso XI do art. 20 do mesmo diploma, "*são bens da União*" e que ainda, pelo § 4º do art. 231, são "*inalienáveis e indisponíveis e os direitos sobre elas imprescritíveis*". Sua importância, além dos aspectos étnicos, ocorre pelo fato de servirem como grandes áreas para a conservação da biodiversidade.

A Constituição Federal trata também, no art. 49, inciso XVI, que é de competência do Congresso Nacional: "*autorizar em terras indígenas, a exploração e o aproveitamento de recursos hídricos e a pesquisa e lavras de riquezas minerais*". A mineração em terras indígenas é ainda uma questão não definida. Em abril de 2006, lideranças indígenas foram recebidas pelo Ministério de Minas e Energia (MME) para discussão de anteprojeto de lei para regulamentação da atividade nessas áreas. Atualmente, a proposta está sendo submetida à revisão em âmbito de órgãos de alguns ministérios (Justiça, Minas e Energia, Gabinete de Segurança Institucional). Posteriormente a série de debates, o anteprojeto deverá ser encaminhado ao Congresso Nacional. Há uma expectativa de que o assunto seja devidamente regulamentado, pois como se sabe, existem vários grupos com

essa expectativa. Cabe destacar que por direitos constitucionais o subsolo é um patrimônio da União.

As TIs constituem apenas partes das áreas protegidas. Mesmo assim, a regulamentação da mineração nessas regiões possivelmente deverá ser acompanhada previamente de pesquisas e estudos geológicos para identificar o potencial mineral, por parte de órgãos oficiais, em setores de terrenos considerados como prioritários, bem como em outros, que podem acompanhar recomendações restritivas.

Ainda assim, existem várias terras indígenas que se inserem no âmbito da faixa de fronteira, ou mesmo sobrepostas a unidades de conservação, que, portanto, devem ser monitoradas.

**Tabela 1 - Direitos minerários requeridos em unidades de conservação e terras indígenas na Amazônia (Fonte: DNPM, maio de 2008)**

<b>Categoria</b>	<b>Áreas protegidas</b>	<b>Requerimentos</b>	<b>Área (ha)</b>
<b>Proteção integral</b>	Estação Ecológica	318	1.576.942
	Parque Nacional	2.094	3.585.176
	Reserva Biológica	131	1.031.982
	<b>Subtotal</b>	<b>2.543</b>	<b>6.194.100</b>
<b>Uso sustentável</b>	Área de Proteção Ambiental	11.182	2.706.467
	Floresta Nacional	2.391	5.047.955
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	8	72.266
	Reserva Extrativista	611	1.823.932
	<b>Subtotal</b>	<b>14.192</b>	<b>9.578,354</b>
<b>Terra indígena</b>	Regularizada	4.381	36.717.736
	Delimitada	117	374.975
	Homologada	38	251.774
	Em estudo	67	346.186
	Declarada	630	5.747.310
	<b>Subtotal</b>	<b>5.233</b>	<b>43.437.981</b>
<b>Total</b>		<b>21.968</b>	<b>59.208.435</b>

Org.: Ulisses O. Vieira.

Atualmente não existe título minerário outorgado dentro dos limites das TI. Os requerimentos de autorização pesquisa mineral protocolados nas unidades do DNPM e que incidem parcial ou totalmente com as TIs (figura 1), encontram-se arquivados até que sejam regulamentados os dispositivos constitucionais que tratam do assunto.

A tabela 2 mostra a quantidade de direitos minerários em suas várias fases visando a pesquisa e extração de bens minerais, protocolados junto ao DNPM até maio de 2008, nos estados da Amazônia.

**Tabela 2 - Direitos minerários nos estados da Amazônia (Fonte: DNPM, maio de 2008)**

<b>Fase</b>	<b>AC</b>	<b>AM</b>	<b>AP</b>	<b>MA</b>	<b>MT</b>	<b>PA</b>	<b>RR</b>	<b>RO</b>	<b>TO</b>	<b>Total</b>
Autorização de pesquisa	37	684	230	396	1.927	2.899	65	979	1.305	<b>8.522</b>
Concessão de lavra	3	94	30	63	86	199	3	82	20	<b>580</b>
Disponibilidade Lavra garimpeira	3	91	31	45	456	332	16	75	201	<b>1.250</b>
Regime de extração	0	0	1	0	215	330	0	35	3	<b>584</b>
Licenciamento	0	3	0	4	9	0	3	1	1	<b>21</b>
Requerimento de permissão de lavra garimpeira	43	183	79	160	383	428	85	90	234	<b>1.685</b>
Requerimento de regime de extração	0	18	6	18	4	16.681	0	1.764	17	<b>18.508</b>
Requerimento de lavra	0	2	0	0	8	6	2	0	1	<b>19</b>
Requerimento de autorização de pesquisa	0	17	7	18	393	1.918	1	18	58	<b>2.430</b>
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>2.361</b>	<b>1.036</b>	<b>821</b>	<b>5.083</b>	<b>27.721</b>	<b>1.031</b>	<b>4.584</b>	<b>2.433</b>	<b>45.192</b>

Org.: Ulisses O. Vieira.

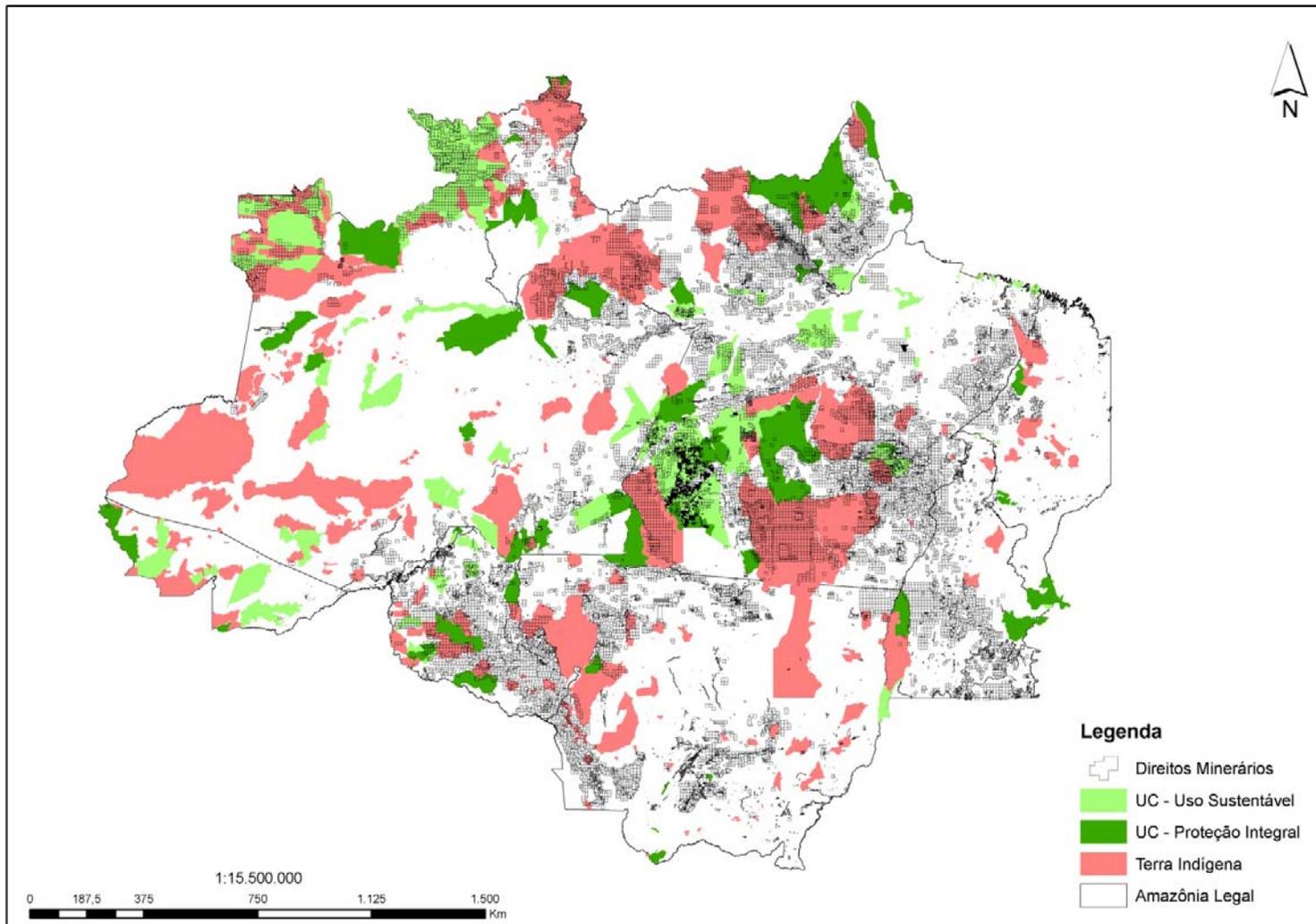


Figura 1 - Distribuição dos direitos minerários em unidades de conservação e terras indígenas na Amazônia (Org.: Ulisses O. Vieira).

As principais substâncias minerais requeridas encontram-se distribuídas na figura 2, destacam-se o ouro com 29.538, cobre 1.930, bauxita 1.302, cassiterita 1.022 e diamante 870 requerimentos para a pesquisa mineral.

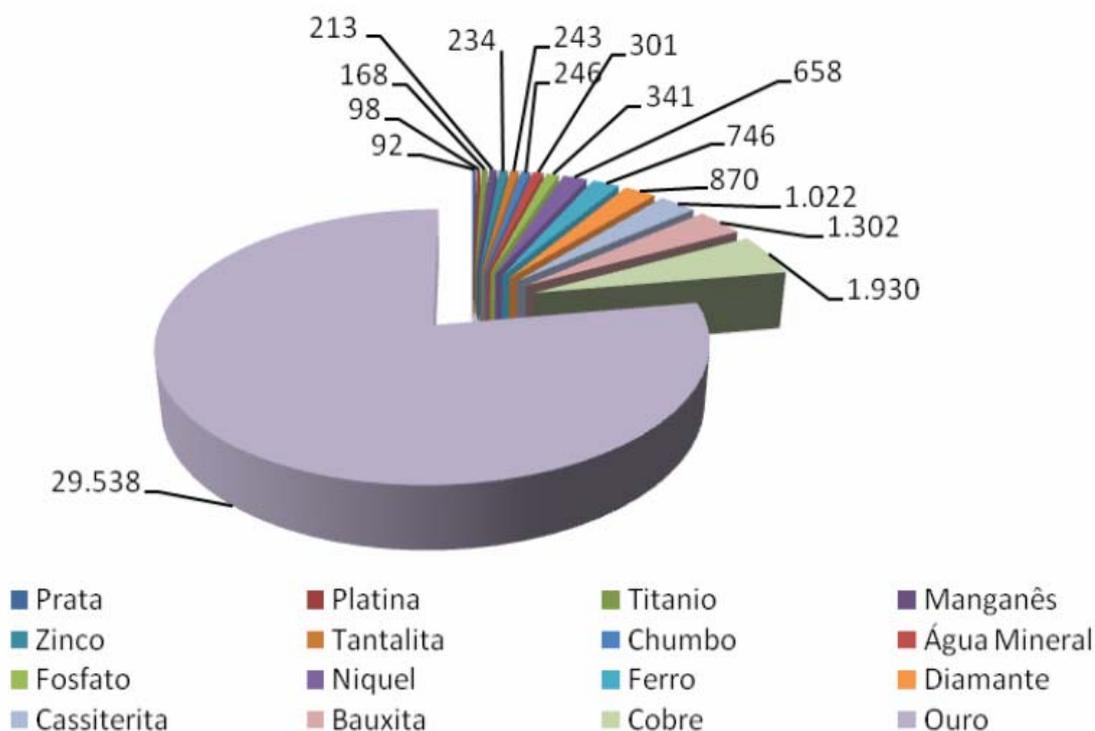


Figura 2 - Principais substâncias minerais requeridas na Amazônia (Org.: Ulisses O. Vieira).

### Delineamento do processo de monitoramento

O processo de monitoramento de atividades de mineração em áreas protegidas deve ser realizado respeitando uma seqüência de procedimentos que envolvem além da identificação de áreas prioritárias, a obtenção e processamento de imagens de produtos de sensoriamento remoto, a identificação de feições de atividades de extrações minerais e a agregação de informações multi-fontes, o que metodologicamente, conforme sugere Faccini *et al.* (2000), pode ser classificado como níveis epistemológicos hierarquicamente diferenciados: sendo eles o perceptivo/descritivo, o de integração/interpretativo da realidade visando o monitoramento e os que poderão permitir abordagens dinâmicas e simulativas da realizada ao longo do tempo.

Devido à dimensão da Amazônia Legal, em que as terras indígenas e unidades de conservação federais correspondem a cerca de 20% é necessário definir prioridades de atuação. Para tanto, foram elencados alguns parâmetros que auxiliam sua identificação e a precedência na execução do monitoramento como, *faixa fronteira, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, histórico de ilícitos de extrações minerais e aspectos geológicos.*

### ***Faixa de fronteira***

É uma área representada por uma faixa interna de 150 km de largura, paralela à linha divisória terrestre do território nacional, instituída através da Lei 6.634/79, considerada indispensável à Segurança Nacional. Na faixa de fronteira, diversas atividades necessitam de Assentimento Prévio do Conselho de Segurança Nacional e entre elas estão: a pesquisa, lavra, exploração e aproveitamento de recursos minerais, salvo aqueles de imediata aplicação na construção civil, assim classificados no Código de Mineração. Ela também é considerada como uma área estratégica para um Estado. Segundo Steiman (2002), na América do Sul apenas Brasil (150 km), Peru (50 km) e Bolívia (50 km) a reconhecem como uma unidade espacial distinta e sujeita a legislação específica.

### ***Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade***

Trata-se de um mapeamento de áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da biodiversidade brasileira. Esse levantamento serve como orientação para investimentos econômicos e conservação da biodiversidade, bem como, se constitui na principal referência para a criação de áreas protegidas. O primeiro mapa, composto por 384 áreas, foi elaborado em 1997 e 2000 por representantes do setor acadêmico, de instituições ambientalistas e entidades representativas de comunidades tradicionais, como quilombolas e povos indígenas, dentro das ações do Projeto Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO). Foram utilizadas informações disponíveis da biodiversidade e da ação do homem na natureza. Recentemente foram realizados novos eventos para atualização dessas áreas.

### ***Histórico de ilícitos de extrações minerais***

Trata-se da ocorrência de atividades de extrações minerais ilícitas ao longo do tempo. Essas informações podem ser obtidas junto a publicações diversas, mapas temáticos e principalmente, com base no conhecimento tácito de servidores que trabalham em instituições como o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Serviço Geológico do Brasil (SGB), Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Fundação Nacional do Índio (FUNAI), etc.

### ***Aspectos geológicos***

Trata-se de informações com relação às ocorrências minerais conhecidas e outras informações geológicas como características metalogenéticas e tectônicas, que podem proporcionar ou potencializar as explorações minerais. Os conhecimentos dos aspectos geológicos deverão ser periodicamente atualizados.

Para uma melhor precisão na identificação das áreas prioritárias, será utilizada uma matriz com uma escala de intensidade de 0 a 4 pontos para cada um dos parâmetros indicados anteriormente, tendo como base uma determinada unidade espacial de monitoramento. Assim, no cômputo final serão tratadas como áreas prioritárias aquelas cujas unidades espaciais de monitoramento obterem maior pontuação.

### **Recursos geotecnológicos e o monitoramento da mineração**

Nas duas últimas décadas, no Brasil, o estudo e monitoramento da atividade de mineração têm sido favorecidos pela difusão das geotecnologias, que ao utilizar recursos estatísticos e de análise espacial via sistemas de informação geográfica e ferramentas do sensoriamento remoto têm possibilitado a manipulação integrada de informações e a atualização de bases de dados estratégicas para tomada de decisões.

Corroborando com este pensar, Philippi Jr. (2003) acrescenta que a superfície do planeta ao ser varrida diariamente por dezenas de satélites específicos para recursos naturais; por levantamentos aerofotogramétricos recentes e antigos que permitem avaliações de séries históricas e mudanças que ocorrem no meio ambiente; pelo uso dos sistemas de posicionamento global (GPS) que possibilitam a localização e identificação de elementos ambientais de forma precisa e eficaz; associados aos sistemas de informações geográficas (SIG) favorecem a manipulação de toda a forma de informação com conteúdo espacial, contribuindo para construção de inter-relacionamentos dos dados, o que por sua vez, propicia a inferência e obtenção de novas compreensões da realidade ambiental.

Assim, as geotecnologias são de especial importância para a preservação do meio ambiente no tocante ao planejamento territorial, gestão e fiscalização de áreas protegidas, uma vez que, conforme coloca Fantin *et al.* (2007), facilitam a elaboração de planos de zoneamento e a formulação de diretrizes para a ocupação do espaço, permitindo uma melhor análise, quantificação e avaliação dos elementos ambientais, bem como, a verificação de locais com incidência de restrições legais.

### **Imagens de sensoriamento remoto**

Abordando de forma específica os recursos do sensoriamento remoto, verifica-se que com a difusão de satélites com sensores de diferentes resoluções espaciais e espectrais e dos softwares com uma infinidade de aplicativos de classificação de imagens têm-se possibilitado o monitoramento de atividades regulares e irregulares de exploração mineral, especialmente, em áreas tão extensas quanto a Amazônia. Dentre os programas existentes destacam-se, observando-se características como custo e disponibilidade de acesso, Para a identificação das atividades minerais ilícitas, imagens ópticas dos satélites

LANDSAT 5, CBERS-2, CBERS-2B e complementarmente imagens de radar SAR/SIPAM e ALOS.

Quanto ao *Land Remote Sensing Satel* (LANDSAT), série de satélites iniciada em 1972 pelos EUA com o satélite ERTS-1 e seqüencialmente com o LANDSAT 2, 3, 4, 5, 6 e 7, que tem como objetivo principal o mapeamento (temático) multispectral em alta resolução da superfície da Terra, coloca-se que de maneira geral, sua aplicação ocorre para estudos da cobertura vegetal, principalmente monitoramento de desmatamento, estimativa de fitomassa; dinâmica antrópica, urbanização e ocupação do território; cartografia e atualização de mapas; queimadas; secas e inundações; sedimentos em suspensão em corpos hídricos e atividades minerais. Atualmente o único dos satélites da série LANDSAT ativo é o 5. Seus principais sensores de imageamento são o *Multispectral Scanner* (MSS) e o *Thematic Mapper* (TM).

O TM é importante para o trabalho de monitoramento, pois, possui algumas características do espectro visível que auxiliam na identificação de áreas com atividades minerais. Possui 7 bandas, cada uma representando uma faixa do espectro eletromagnético. As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 possuem 30 m de resolução geométrica, isto é, cada pixel da imagem representa uma área de 0,09 ha de terreno, enquanto a banda 6, possui resolução de 120 m, cada pixel representa 1,4 ha (INPE, 2006).

Imageando na faixa do espectro eletromagnético entre 0,52 e 0,60  $\mu\text{m}$ , apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Essa característica é importante para identificar garimpos, uma vez que há movimentação sedimentos, tanto do leito dos corpos hídricos, quanto dos barrancos. Na faixa de 0,76 e 0,90  $\mu\text{m}$ , apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre geomorfologia, solos e geologia, servindo para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Já na faixa de 10,4 - 12,5  $\mu\text{m}$ , apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água. E, por último, entre 2,08 - 2,35  $\mu\text{m}$  apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo também obter informações sobre geomorfologia, solos e geologia.

Já o programa *China-Brazil Earth Resources Satellite* ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) é uma parceria entre China e Brasil para desenvolvimento de tecnologias de sensoriamento remoto. O primeiro satélite foi lançado em 1999 (CBERS-1) e o segundo em 2003 (CBERS-2). Recentemente (2007) foi lançado o CBERS-2B.

As principais aplicações das imagens CBERS são para o gerenciamento de recursos terrestres, monitoramento de desmatamentos e queimadas na Amazônia Legal e monitoramento ambiental, particularmente de florestas, meio físico e hidrologia. O emprego das imagens CBERS para monitoramento das atividades minerais ilícitas poderá ser feito de maneira complementar às das imagens

LANDSAT. Há que se destacar, contudo, que por se tratar de imagens distribuídas gratuitamente via *Internet*, (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>) há facilidade de acesso e emprego oportuno, com excelente relação custo-benefício.

Por se tratar especificamente de Amazônia, não se pode deixar de tecer considerações sobre as imagens de radar de abertura sintética (SAR) geradas pelas aeronaves do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). Dentre as aplicações de uso dessas imagens destacam-se a cartografia, mapeamento de relevo, uso e ocupação do solo, estudos de biomassa, determinação de áreas alagadas e geologia. Que através de técnicas de fusão com imagens CBERS-2 (sensor CDD), as imagens SAR potencializam a capacidade de interpretação visual de feições que podem estar associadas a prática de atividade de mineração. Outra característica que qualifica o emprego das imagens SAR é que elas sofrem pouca interferência de nuvens, fumaça ou chuvas já que em determinadas épocas do ano, na região amazônica esse é um fator limitante para as imagens ópticas. Contudo, em função do custo de obtenção que é relativamente elevado seu emprego é inviabilizado para monitoramento de grandes áreas.

Quanto ao processo de interpretação, as técnicas de processamento digital de imagens têm como objetivo facilitar o processamento de grande quantidade de informações existentes em uma imagem orbital (MARQUES, 2001, p.45). As diversas técnicas existentes, que se aplicam a diferentes finalidades, abrangem desde processos intermediários para operações mais específicas, como gerenciamento de arquivos, o cálculo estatístico sobre a imagem e visualização, até a classificação digital que pode ser realizada sob a forma supervisionada, não-supervisionada e visual.

Na classificação supervisionada é necessário que o usuário tenha um mínimo conhecimento da área a ser classificada antes de iniciar o processo, o que é denominado na literatura como “*verdade terrestre*” (CROSTA, 1992, p.114). Partindo deste conhecimento, o usuário adquire amostras, denominadas áreas de treinamento, as quais representam as classes de interesse e, com base nessas amostras, o classificador calcula os parâmetros estatísticos das classes e realiza a classificação de toda imagem.

A principal vantagem deste tipo de classificação reside na possibilidade de controle dos dados por parte do usuário, porém, o processo torna-se mais demorado e os cálculos matemáticos são mais complexos do que os realizados na classificação não-supervisionada.

Neste tipo de classificação os algoritmos definem, também pautados em regras estatísticas, mas sem a interferência do usuário, quais as classes a serem separadas e quais pixels pertencem a cada classe (LOMBARDO, 1996, p.201). É utilizada para uma primeira aproximação, o principal problema reside no fato do usuário não poder definir o número de classes.

Quanto à interpretação visual torna-se mais precisa do que a análise supervisionada e não-supervisionada porque seus processos exploram outros atributos da imagem denominados elementos de reconhecimento, como forma e textura, além dos dados espectrais somente utilizados na interpretação automática (GONG *et al.*, 1990 *apud* SILVA, 2002), contudo, sua aplicação é dificuldade para grandes extensões.

Outro aspecto importante, quanto à difusão das imagens de sensoriamento remoto que não pode deixar de ser considerado, ainda que pese sobre ele limitações sobre georreferenciamento e impossibilidade de manipulação de bandas das imagens, refere-se ao programa *Google Earth*, que nos últimos anos tem ampliado mormente a escala de usuários e permitido o desenvolvimento e a democratização das geotecnologias.

Conforme coloca Fitz (2008), desde 2005, quando foi lançado, o *Google Earth* trouxe à luz uma infindável lista de aplicações e discussões acerca de tal tecnologia, haja visto, que desde consultas interativas a qualquer local do mundo, passando por simulações, agregação de imagens, fotos e dados diversos, possibilitam a visualização de aspectos da superfície terrestre com precisões variadas.

No que tange ao monitoramento das atividades de mineração seus recursos auxiliam tanto na realização de análise preliminares, como nas avaliações complementares de identificação visual de feições associadas a atividade de exploração mineral.

Em relação aos sistemas de informações geográficas (SIG) convém assinalar que por estes serem dotados de ferramentas para manipulação, transformação, armazenamento, visualização, análise e modelagem de dados georeferenciados voltados para produção de informação, acabam por se constituir numa importante ferramenta de suporte à decisão (CÂMARA, 1995; BONHAM-CARTER, 1996). Dentre a ampla gama de aplicações dos SIG, destacam-se pelo menos três maneiras, não excludentes, deles serem utilizados, ainda de acordo com Câmara (1995): como ferramenta para produção de mapas; como suporte para análise espacial de fenômenos e com banco de dados geográficos, destacando-se as funções de armazenamento e recuperação da informação espacial, tão caras ao processo de monitoramento.

Detalhando a função de banco de dados geográfico acrescenta-se o fato de que pelos dados geográficos possuírem uma localização espacial (definida pelas coordenadas geográficas) e atributos descritivos (que podem ser representados num banco de dados convencional), os SIG servem ainda para representar além da localização desses dados no espaço como também para atestar a relação espacial entre eles.

Levinsnh e Brown (1991) *apud* Bellenzani (2000) argumentam ainda, que os SIG contribuem para a construção do desenvolvimento sustentável, pois: facilitam e agilizam o gerenciamento preciso das informações, subsidiando a

tomada de decisões; permitem a elaboração de prognósticos eficientes facilitando a análise de impactos ambientais; e, ajustam o planejamento na medida em que diversas informações podem ser integradas em uma mesma base de dados.

Por último, é válido considerar que os recursos para o processamento da informação têm se desenvolvido rapidamente, tornando-se cada vez mais acessíveis e baratos, havendo mesmo um grande número de *softwares*, imagens de satélite e bases cartográficas digitais, que são distribuídos livremente.

## **Procedimentos operacionais**

### ***Identificação das necessidades de conhecimento e planejamento operacional***

Inicialmente, com a identificação das áreas prioritárias para monitoramento, deve ser feita a identificação das necessidades de conhecimento, ou seja, que informações serão necessárias para atingir os objetivos do trabalho, quais são os produtos esperados e, principalmente, como atender os usuários potenciais. Por isso, além das informações básicas que se procura saber, é oportuno questionar aos usuários, em função das atuações ou pelas particularidades da área, que informações lhe interessariam. Na seqüência, para um melhor controle e execução realizam-se o planejamento para a produção de conhecimentos observando então, o que deve ser informado, quais os dados que estão disponíveis, quem irá fazer, em quanto tempo, e demais atividades concernentes ao planejamento do trabalho. Tudo isso irá culminar com a constituição de um *plano operacional*.

### ***Obtenção e pré-processamento das imagens***

Esta etapa consiste na obtenção e preparo das imagens de sensoriamento remoto que servirão como elemento de base para a identificação das feições de atividades minerais.

Inicialmente realiza-se a seleção das cenas que serão analisadas, observando a priorização para cada uma delas. As imagens LANDSAT podem ser selecionadas através do catálogo no *website* do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo>), procurando aquelas mais recentes e com melhores condições de análise (sem cobertura de nuvens).

As imagens CBERS poderão ser selecionadas de acordo com a necessidade também no catálogo disponibilizado no *site* do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>). Nesse caso, por se tratar de produto gratuito, será feito o *download* conforme o uso. Já as imagens SAR/SIPAM serão obtidas através na Divisão de Processamento de Imagens (DIMAG), conforme necessidade e disponibilidade.

Nas atividades de pré-processamento das imagens são empregadas técnicas visando melhorar a qualidade dos dados como a remoção de ruídos, realce da imagem, correção e retificação geométricas, redução da dimensionalidade, etc. (MOREIRA, 2004, p. 267). Nesse momento também é realizado o georeferenciamento da cena.

### **Identificação das feições de atividades de extrações minerais**

Nessa etapa, realiza-se a identificação das feições de atividades de extrações minerais através da técnica de interpretação visual, que segundo Moreira (2004, p.231), (...) “*consiste em extrair informações de alvos da superfície terrestre, com base nas suas respostas espectrais, quando observadas nas imagens*”. Também serão considerados alguns elementos da fotointerpretação tais como, textura, forma, tamanho, tonalidade, cor, etc.

Através do emprego de SIG, outros dados poderão ser correlacionados para facilitar o trabalho de interpretação como, por exemplo, dados de ocorrências minerais, direitos minerários, histórico de exploração (garimpos), hidrografia, movimento aéreo, campos de pouso, entre outros.

É importante destacar que a interpretação visual será facilitada com o conhecimento que o profissional tem de campo. Nesse processo os *softwares* ArcGis, ERDAS, ENVI entre outros, poderão ser empregados.

Como exemplo, a figura 3 demonstra a identificação das feições do garimpo Eldorado do Juma, no município de Novo Aripuanã, cujo auge da exploração foi no início de 2007.

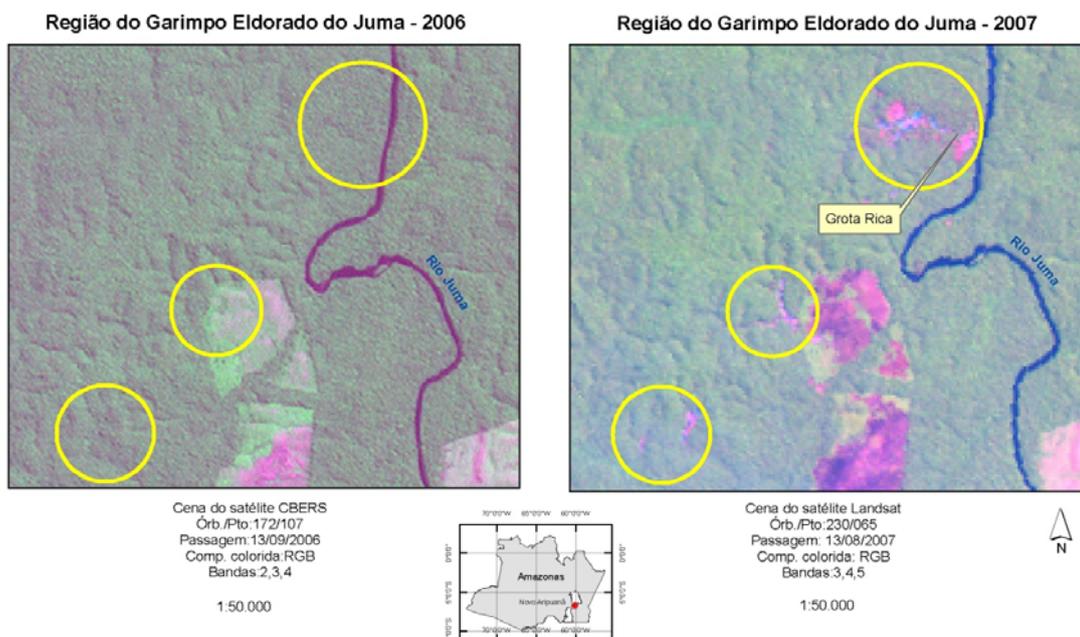


Figura 3 – Análise temporal da região do garimpo Eldorado do Juma, Novo Aripuanã, estado do Amazonas (Org.: Ulisses O. Vieira).

## **Registro das informações**

Quando identificada alguma feição de atividade de extração mineral, com maior ou menor grau de confiabilidade, a área é vetorizada para sua melhor delimitação e obtidas as coordenadas geográficas do centróide.

Esses dados são organizados em um arquivo *shapefile* e contém outros atributos como, parâmetros da imagem utilizada para identificação (sensor, bandas, data, cena, etc.); data de identificação; analista responsável; número, etc. Em seguida, cada uma das feições identificadas será integrada em um único arquivo digital (*merge*).

## **Agregação de outros dados**

Para a produção de conhecimento sobre atividades minerais ilícitas são necessários outros dados e informações além daqueles de identificação das feições. Essa agregação de atributos (dados colaterais) visa caracterizar da melhor forma possível alvos monitorados.

Para tanto, deseja-se utilizar dados obtidos a partir de fontes humanas, no caso, servidores de órgãos públicos, denunciantes, organizações não governamentais e outras fontes abertas como mídia (jornais, televisão, rádio), trabalhos científicos, etc.

Ante essa necessidade, é fundamental que se estabeleça parcerias com diversas instituições para a obtenção desses dados, através de relatórios, informes, fotos, documentos administrativos, etc., seja para validar o que foi identificado ou agregar valor ao que se conhece, isso porque, são eles que detêm mais dados de campo, que por sua vez serão inseridos para incrementar o processo analítico.

Após o processamento dos dados são elaborados mapas indicativos das áreas identificadas com atividades minerais ilícitas ou ainda mapas síntese, envolvendo mais de uma atividade mineral ilícita.

Também poderão ser elaborados relatórios individuais para cada atividade mineral ilícita identificada ou relatórios síntese contendo informações sobre vários casos de atividades minerais ilícitas, conexas por área, produto ou outras relações.

## **Usuários**

Os produtos têm como usuários potenciais dois segmentos de instituições públicas. O primeiro, denominado *usuários primários*, representados pelos órgãos que possuem *poder de polícia* (polícia administrativa e polícia judiciária). São aqueles que exercem atividades de controle, fiscalização e investigação criminal. Os demais, denominados *usuários secundários*, representados pelos órgãos que

têm atuação parcial ou indireta sobre o objeto de monitoramento. Essa categorização visa distinguir os usuários com maior ou menor necessidade de conhecimento das informações geradas e conseqüentemente priorização para difusão.

### ***Usuários primários***

O *Departamento Nacional de Produção Mineral* tem como missão “*Gerir o patrimônio mineral brasileiro, de forma social, ambiental e economicamente sustentável, utilizando instrumentos de regulação em benefício da sociedade*” (DNPM, 2006).

Conforme seu Regimento Interno-RI (MME, 2003), o DNPM é uma autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que tem como finalidade:

[...] promover o planejamento e o fomento da exploração e do aproveitamento dos recursos minerais e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional,

Em que compete entre outros, [...] “*fiscalizar a pesquisa, a lavra, o beneficiamento e a comercialização dos bens minerais, podendo realizar vistorias, autuar infratores e impor as sanções cabíveis, na conformidade do disposto na legislação minerária*”, e

[...] baixar normas, em caráter complementar, e exercer a fiscalização sobre o controle ambiental, a higiene e a segurança das atividades de mineração, atuando em articulação com os demais órgãos responsáveis pelo meio ambiente e pela higiene, segurança e saúde ocupacional dos trabalhadores (art. 1.º).

De fato, é o órgão responsável pela gestão dos recursos minerais do país, com destaque a competência exclusiva pelo controle e fiscalização, exercendo assim o papel de polícia administrativa.

Contudo, atualmente a fiscalização concentra-se nas ações de vistoria dos processos de direitos minerários ou diligências motivadas por denúncias, não ocorrendo ações sistemáticas para conter ou prevenir possíveis ocorrências de ilícitos. Assim, a produção de informações através do monitoramento de atividades de extrações minerais ilícitas, possibilitará ao órgão dirimir ações de combate a tais práticas.

O *Departamento de Polícia Federal (DPF)* órgão específico e singular organizado e mantido pela União e subordinado ao Ministério da Justiça, com atuação em todo o território nacional, tem por finalidade, entre outras

[...]apurar infrações penais contra a ordem política e social ou em detrimento de bens, serviços e interesses da União ou de suas entidades autárquicas e empresas públicas, assim como outras infrações cuja prática tenha repercussão interestadual ou internacional e exija repressão uniforme, segundo se dispuser em lei”, como no caso dos recursos naturais; (...) “exercer, com exclusividade, as funções de polícia judiciária da União”; e, (...) “acompanhar e instaurar inquéritos relacionados aos conflitos agrários ou fundiários e os deles decorrentes, quando se tratar de crime de competência federal, bem como prevenir e reprimir esses crimes” (MJ, 2003).

No caso de atividades de extrações minerais ilícitas tal competência pode ser exercida principalmente de acordo com dominialidade da área, como por exemplo, em terras indígenas, unidades de conservação federais, faixa de fronteira, rios federais, áreas sob gestão do INCRA, entre outros, que são de domínio da União. Além do mais, muitas dessas ocorrências ilícitas envolvem questões internacionais que também lhe assegura competência.

Deste modo, a Polícia Federal é responsável por instaurar os inquéritos criminais e dirigir investigações a esse respeito. Contudo, sua capacidade operacional para apurar tais delitos restringe-se a denúncias e notícias crime, encaminhadas muitas vezes através dos órgãos públicos que lavram autos de infração. Também não dispõe de rotinas preventivas ou de monitoramento nessa temática.

Com a criação do *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)* em 2006, a gestão das unidades de conservação federais passaram para esse órgão. Assim, entre outras atribuições cabe-lhe também monitorar o uso público e a exploração econômica dos recursos naturais nas unidades de conservação onde isso for permitido, obedecida as exigências legais e de sustentabilidade do meio ambiente.

O *Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)* é o órgão federal responsável pela proteção ambiental na esfera federal que, entre outros objetivos finalísticos é responsável por [...] “executar o controle e a fiscalização ambiental nos âmbitos regional e nacional”; “intervir nos processos de desenvolvimento geradores de significativo impacto ambiental, nos âmbitos regional e nacional”; e [...] “monitorar as transformações do meio ambiente e dos recursos naturais” (MMA, 2002).

Ademais, tem competência supletiva para atuar em questões ambientais. No entanto, os programas de fiscalização ambiental, existem poucas rotinas de

produção de informações e combate à mineração ilícita na Amazônia com eficiência e eficácia.

A *Fundação Nacional do Índio (FUNAI)* é o órgão federal que estabelece e executa a Política Indigenista no Brasil, dando cumprimento ao que determina a Constituição de 1988. A ela compete, entre outros, assegurar e proteger as terras dos indígenas por eles tradicionalmente ocupadas, estimular o desenvolvimento de estudos e levantamentos sobre os grupos indígenas. A FUNAI tem, ainda, a responsabilidade de defender as Comunidades Indígenas, de despertar o interesse da sociedade nacional pelos índios e suas causas, gerir o seu patrimônio e fiscalizar as suas terras, impedindo as ações predatórias de garimpeiros, posseiros, madeireiros e quaisquer outras que ocorram dentro de seus limites e que representem um risco à vida e à preservação desses povos.

### ***Usuários secundários***

O *Serviço Geológico do Brasil (SGB)*, antiga Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM) é uma empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, cuja missão é (...) "*gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico necessário para o desenvolvimento sustentável do Brasil*" (CPRM, 2006). Suas áreas de atuação envolvem levantamento geológico, geofísico, geoquímico, levantamento hidrológico, hidrogeológico, de informações para gestão territorial, gestão e divulgação de informações geológicas e hidrológicas.

As informações sobre atividades de extrações minerais são importantes para manter atualizado os dados sobre ocorrências de minerais e mapeamento dos locais de exploração, independente da sua licitude.

A *Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)* é o órgão de Inteligência que objetiva a produção de informações voltadas para a defesa do Estado Democrático de Direito, da sociedade e da eficácia do poder público e da soberania nacional. A Agência é vinculada ao Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (PR), órgão para onde são encaminhadas as informações e análises formalizadas em documentos de Inteligência, para posterior repasse ao Presidente da República, a quem cabe orientar o uso dos conhecimentos como subsídio à ação governamental.

Considerando que os recursos minerais são bens estratégicos para o Estado brasileiro, é fundamental que a Presidência da República tenha conhecimento sobre as circunstâncias ilícitas que os envolvem. Ademais, a exploração de recursos minerais na faixa de fronteira necessita do assentimento prévio do Conselho Nacional de Segurança.

Outros segmentos governamentais responsáveis por formular políticas públicas e de gestão de recursos que direta ou indiretamente tenham relação com objeto do projeto.

## Conclusão

A obtenção de informações para ações de controle e combate aos ilícitos de extrações minerais é de extrema importância para a administração pública. Levando-se em conta as dimensões continentais da Amazônia brasileira, é necessário o emprego de meios capazes de tratar essa área como um todo, com atenção às áreas especiais.

É sabido das dificuldades da metodologia proposta, pois, exige elementos humanos em quantidade e qualidade para atender as análises e na impossibilidade tecnológica de automação do processo.

Outro fator importante é o envolvimento (integração) de algumas instituições, sejam como usuários, ou como fontes de dados. Para uma efetiva agregação de valor dos alvos identificados serão necessários dados advindos de outras fontes, além daquelas tecnológicas e isso só é possível com a participação desses entes que trabalham em campo e têm contato e acesso aos fatos ilícitos.

## Referências

BELLENZANI, M.L.R. **A APA municipal do Capivari-Monos como uma estratégica de proteção aos mananciais da Região Metropolitana de São Paulo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. 1995. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

CPRM. **A instituição**. Disponível em: <  
<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=19> >. Acesso em: 03.11.2006.

CPRM. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**. Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: Rev. Campinas, 1992.

DNPM. **Estatísticas**. Disponível em: <  
<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=156> >. Acesso em 9.05.2008.

DNPM. **Institucional: missão, visão e valores**. Disponível em: <  
<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=45&IDPagina=6> >. Acesso em 30.10.2006.

IBAMA. **Guia do chefe**: manual de apoio ao gerenciamento de unidades de conservação federais. Brasília: IBAMA/GTZ, 2000.

INPE. **Satélites**. Disponível em: <<http://www.cbears.inpe.br>>. Acesso em 16.11.2006.

LOMBARDO, M. A. **Qualidade de vida**: considerações sobre o método. 1994. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

FACCINI U.F.; ASMUS, M.L.; ASMUS, H.; FENSTERSEIFER, H.; KONRAD, H.; NOWATSKI. Metodologia e processo de integração de dados em um estudo multidisciplinar. In: RONCHI, L. H.; LOBATO, A. O. C.(orgs): **Minas do Camaquã**: um estudo multidisciplinar. São Leopoldo: UNISINOS, 2000.

FANTIN M.; MIRANDA, Z. A. I.; MORELLI, A. F. Aplicação de geotecnologias na avaliação da eficácia social da Área de Proteção Ambiental do Banhado no Município de São José dos Campos – SP. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5199-5206.

FITZ, P.R. Google Earth: a Terra aos olhos de todos, **Discutindo Geografia**, São Paulo, Ano 4, no 19, 2008. p. 37.

MMA. **Portaria n.º 230**, de 14 de maio de 2002. Regimento Interno do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diário Oficial da União.

MME. **Portaria n.º 385**, de 13 de agosto de 2003. Diário Oficial da União.

MJ. **Portaria nº 1.300**, de 04 de setembro de 2003. Regimento Interno do Departamento de Polícia Federal. Diário Oficial da União.

MARQUES, M. L. **Análise espacial da estrutura urbana da cidade litorânea de Itanhaém (SP)**. 1998. 100p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2004.

PHILIPPI JR. A.; BRUNA, G. C.; SILVEIRA, V. F. **Políticas públicas ambientais e desenvolvimento**. São Paulo: FSP/USP, 2003.

SILVA, V. V. **Médio Vale do Paraíba do Sul**: fragmentação e vulnerabilidade dos remanescentes da mata Atlântica. 2002. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

STEIMAN, R. **A geografia das cidades de fronteira**: um estudo de caso de Tabatinga (Brasil) e Letícia (Colômbia). 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

---

**Informações sobre os autores:**

[1] Jair Schmitt – <http://lattes.cnpq.br/9328268703434829>

Analista Ambiental do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Manaus (AM).

Contato: [jair.schmitt@ibama.gov.br](mailto:jair.schmitt@ibama.gov.br)

[2] Danielle Pereira da Costa – <http://lattes.cnpq.br/9220643796602680>

Professora da Escola Normal Superior, da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus (AM).

Contato: [danielle.geografia@gmail.com](mailto:danielle.geografia@gmail.com)

[3] Ulisses Oliveira Vieira

Técnico em Recursos Minerais, do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM/AM), Manaus (AM).

Contato: [ulisses.vieira@dnpm.gov.br](mailto:ulisses.vieira@dnpm.gov.br)