

## Geotecnologias aplicadas à análise dos conflitos entre as áreas preferenciais para a produção de agregados minerais e seus principais vetores de esterilização

Marcel Fantin<sup>1</sup>  
Júlio Cesar Pedrassoli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo – USP / Instituto de Arquitetura e Urbanismo  
13566-590 – Avenida Trabalhador São-Carlense, 400, São Carlos - SP, Brasil  
mfantin@sc.usp.br

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia – UFBA / Faculdade de Eng. de Agrimensura e Cartográfica  
40210-630 – R. Aristides Novis, 02 - 6º andar - Federação, Salvador - BA, Brasil  
jpedrassoli@ufba.br

**Abstract.** Land use conflicts involving aggregates mining (sand and crushed stone) require a broad public administration management capacity to reconcile the divergent interests that compete for appropriation of the territory. In this sense, the geographic information systems (GIS) play a fundamental role as decision support, since it allow to organize and analyze the spatial information relating to these conflict scenarios in an integrated manner. This paper presents the methodological procedures used in GIS environment for analyzing conflicts involving the preferential areas for the production of mineral aggregates and their main vectors of sterilization (including urbanization and protected areas) in ten main producers and consumers centers of mineral aggregates, developed under the project: Mineral Aggregates for Civil Works and Infrastructure Construction in Major Metropolitan Areas of Brazil - Diagnosis and Scenarios of Supply Chain, with its Challenges and Opportunities. The methodology, which was based on an integration routine, crossing and overlapping of pre-existing spatial information available in digital format, including maps of mineral rights, urban sprawl and protected areas, helped to create an array of conflict indicators to point answers, alternatives and tendencies, presenting itself as an important tool for rapid evaluation and prioritization of critical areas in the context of regional planning.

**Palavras-chave:** mineral aggregates, geoprocessing, regional planning, agregados minerais, geoprocessamento, planejamento regional.

### 1. Introdução

Os impactos socioambientais causados pela mineração de agregados (areia e rocha britada) têm colocado este ramo do setor mineral no centro de situações de conflito, seja em virtude do avanço da urbanização sobre áreas de mineração ou em face de pressões da sociedade civil para impor restrições ao seu desenvolvimento por fatores ambientais, como no caso da criação de áreas protegidas.

Segundo Fantin (2011), a busca de soluções para este problema exige do poder público uma grande capacidade política de planejamento e gestão no sentido de conciliar os interesses divergentes envolvidos em cenários de conflito e, ao mesmo tempo, garantir um equilíbrio entre a oferta e a demanda por estes bens minerais.

Nesse sentido, os sistemas de informações geográficas (SIG) cumprem um papel fundamental, uma vez que permitem organizar e analisar informações espaciais de forma integrada em diversas áreas, como no caso da gestão dos recursos minerais.

O sistema de informações geográficas (SIG) pode ser definido, segundo Burrough (1986), como um sistema computacional capaz de armazenar, integrar, manipular e visualizar diferentes informações da superfície terrestre.

Este artigo tem por finalidade descrever a metodologia de análise espacial desenvolvida em ambiente SIG AGREGADOS<sup>1</sup> que objetivou identificar potenciais conflitos entre as áreas

---

<sup>1</sup> Sistema de informações geográficas desenvolvido com o suporte do SIG ARCGIS para dez importantes centros produtores e consumidores de agregados minerais no âmbito do projeto Agregados Minerais para Obras de Construção Civil e Infraestrutura nas Principais Regiões Metropolitanas do Brasil: Diagnóstico e Cenários da Cadeia Produtiva, com seus Desafios e Oportunidades.

preferenciais para a mineração de agregados e seus principais vetores de esterilização, nomeadamente a urbanização e as áreas protegidas.

A metodologia utilizada, que foi baseada em uma rotina de integração, cruzamento e sobreposição de informações espaciais pré-existent e disponíveis em formato digital, incluindo mapas de direitos minerários, mancha urbana e de áreas protegidas, ajudou a criar uma matriz de indicadores de conflitos que apontou respostas, alternativas e tendências diante desta problemática, apresentando-se como uma importante ferramenta para avaliação rápida e priorização de áreas críticas no âmbito do planejamento regional.

## 2. Regiões de estudo

Para o desenvolvimento deste trabalho foram levantadas e tratadas informações espaciais para dez grandes centros produtores e consumidores de agregados minerais do território nacional, incluindo Distrito Federal e Leste Goiano, Centro Goiano (Goiânia), Centro Norte de Mato Grosso do Sul (Campo Grande), Região Metropolitana de Belém, Região Metropolitana do Recife, Região Metropolitana de Salvador, Região Metropolitana de São Paulo, Região Metropolitana de Belo Horizonte, Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Região Metropolitana de Curitiba e Região Metropolitana de Porto Alegre (figura 1).



Figura 1. Regiões de estudo

## 2. Materiais, equipamentos e metodologia de trabalho

### 2.1 Materiais

A qualidade do material cartográfico digital utilizado em um SIG deve ser compatível com a finalidade do trabalho, ou seja, com o tipo de trabalho que será executado, com as informações que deverão conter e o grau de tais informações.

Assim, optou-se por adotar as melhores e mais confiáveis informações espaciais digitais disponíveis em nível nacional para as diferentes regiões de estudo e que, também, fornecessem um quadro simplificado e geral sobre a problemática territorial que envolve a produção de agregados minerais nestas diferentes localidades.

Portanto, foram importados para a base de dados as seguintes informações cartográficas digitais em formato *shapefile* (figuras 2 e 3):

Divisões territoriais estaduais e municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala 1:250.000 (IBGE, 2012);

Poligonais de direitos minerários extraídas do Sistema de Informações Geográficas da Mineração do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) contendo informações sobre o processo administrativo de cada poligonal, incluindo área, fase, nome do titular do direito minerário, substância mineral e uso (DNPM, 2012);

Mancha urbana e vegetação natural (Escala 1:250.000):

No caso das regiões em análise sob a influência da Mata Atlântica foi utilizado o Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica) para o ano de 2008, por ser este o mais atualizado mapeamento deste bioma, contendo a delimitação dos remanescentes florestais com área de até 5 ha e, também, por conter informações mais precisas no que tange a delimitação da mancha urbana (SOS MATA ATLÂNTICA, 2008);

Já, para as regiões não abrangidas pelo bioma da Mata Atlântica, foi utilizado o Mapa de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros (PROBIO/IBAMA), com mapeamentos realizados majoritariamente para o ano base de 2002, com uma flexibilização de mais ou menos um ano (IBAMA, 2002).

Mapa geológico do Brasil na escala 1:1.000.000, incluindo nomes e siglas das classes e unidades geológicas (CPRM/GEOBANK, 2012);

Hidrografia (massa d'água e rios de margens simples), incluindo informações sobre o nome dos cursos d'água, fluxo, navegabilidade, classe (de primeira a terceira ordem) e extensão (CPRM/GEOBANK, 2012);

Espaços Territoriais Especialmente Protegidos (MMA, 2012):

Unidades de conservação federais, estaduais e municipais (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA - e secretarias estaduais de meio ambiente);

Áreas protegidas não abrangidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, incluindo Horto Florestal, Área de Proteção Especial, Parque Ecológico e Área de Proteção de Mananciais (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA - e secretarias estaduais de meio ambiente);

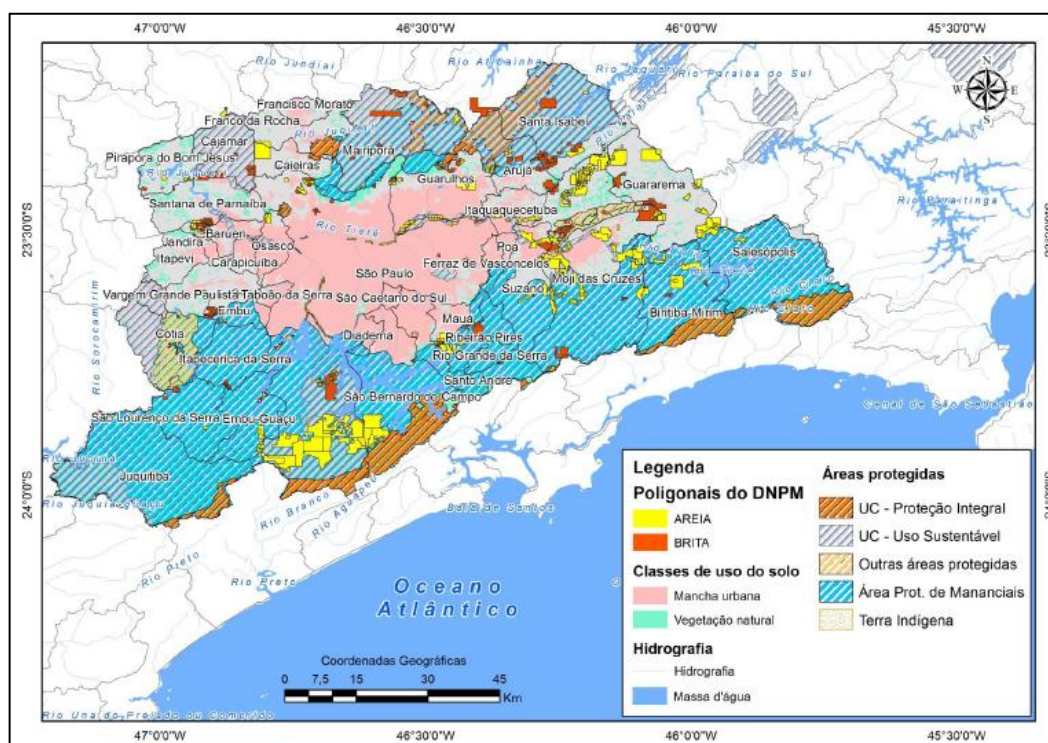


Figura 2 – Mapa síntese contendo as informações cartográficas digitais incorporadas ao banco de dados (Região Metropolitana de São Paulo)

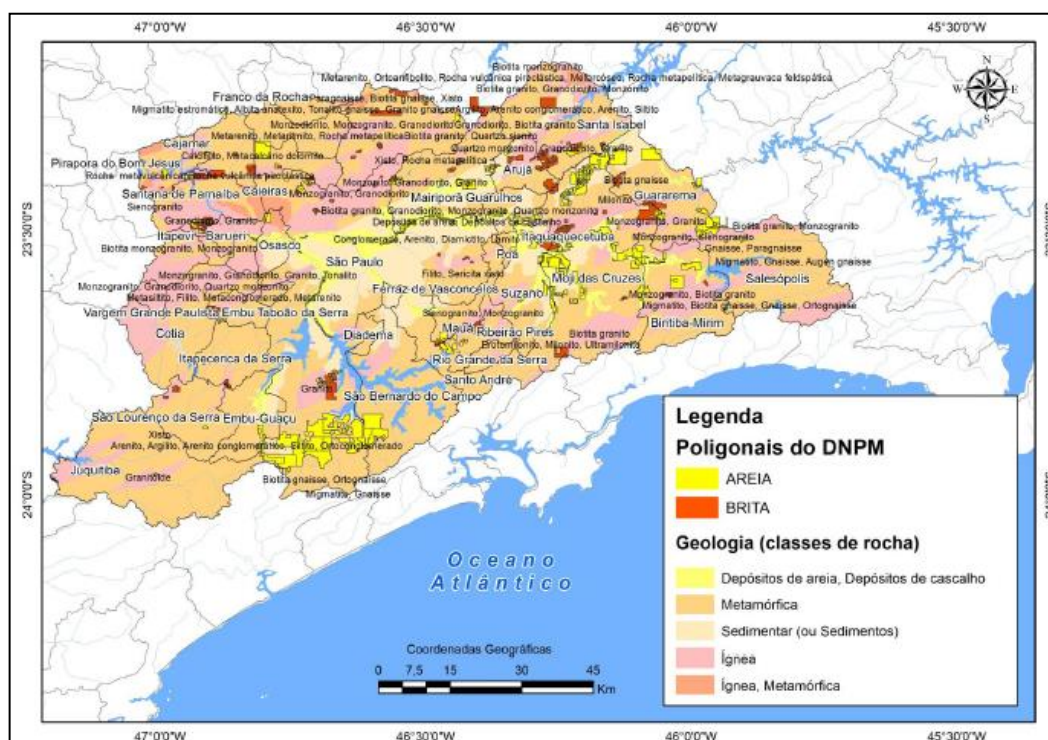


Figura 3 – Mapa síntese contendo as informações cartográficas digitais incorporadas ao banco de dados (Região Metropolitana de São Paulo)

## 2.2 Equipamentos

Para a entrada, organização, processamento e saída das informações do presente SIG foram utilizados: Estação de trabalho microcomputador padrão IBM/PC Core 2 Duo com 3 GB de memória RAM e o software ARCGIS 10.0, que conjuga funções de análise espacial, modelagem numérica do terreno e consulta a bancos de dados espaciais.

## 2.3 Metodologia de trabalho

A etapa de levantamento e integração da informação espacial foi realizada em função das considerações metodológicas obtidas a partir da elaboração do modelo conceitual; seleção dos produtos a serem utilizados; escala do material cartográfico disponível e sua estruturação hierárquica.

Todos os *layers* foram incorporados à base de dados e o procedimento que se seguiu foi o recorte de toda a informação espacial para as regiões de estudo através da ferramenta *Overlay – Intersect*. Ademais, através da ferramenta *select by attributes*, da tabela de atributos, foram selecionadas as poligonais de direitos minerários do DNPM destinadas ao aproveitamento de areia e rocha britada de forma a excluir as poligonais destinadas ao aproveitamento de minerais com outras finalidades.

O cruzamento das representações espaciais foi definido pelo relacionamento entre as variáveis dos planos de informação nas fases de integração e análise dos dados referentes às poligonais de direitos minerários, mancha urbana e espaços territoriais especialmente protegidos sendo dividido em dois procedimentos: distância das poligonais de direitos minerários com relação à mancha urbana e sobreposição das poligonais de direitos minerários com as áreas protegidas.

### 2.3.1 Distância das poligonais de direitos minerários com relação à mancha urbana

Para o cruzamento destas representações as poligonais de direitos minerários do DNPM (licenciamento, autorização de pesquisa e concessão de lavra) para areia e rocha britada foram integradas em dois arquivos vetoriais através das ferramentas Union e Dissolve do Arcgis 9.2.

Estes arquivos foram denominados de áreas preferenciais para exploração de areia e rocha britada, uma vez que são um forte indicativo da presença de áreas com características geológicas e de mercado favoráveis à produção de agregados minerais.

Por meio de uma rotina de sobreposição e integração de polígonos utilizando a ferramenta *Intersect* do Arcgis 9.10, as representações vetoriais das poligonais para areia e rocha britada foram cruzadas com os arquivos vetoriais da mancha urbana e *buffers* vetoriais (de 1km e 3km) (Figura 4).

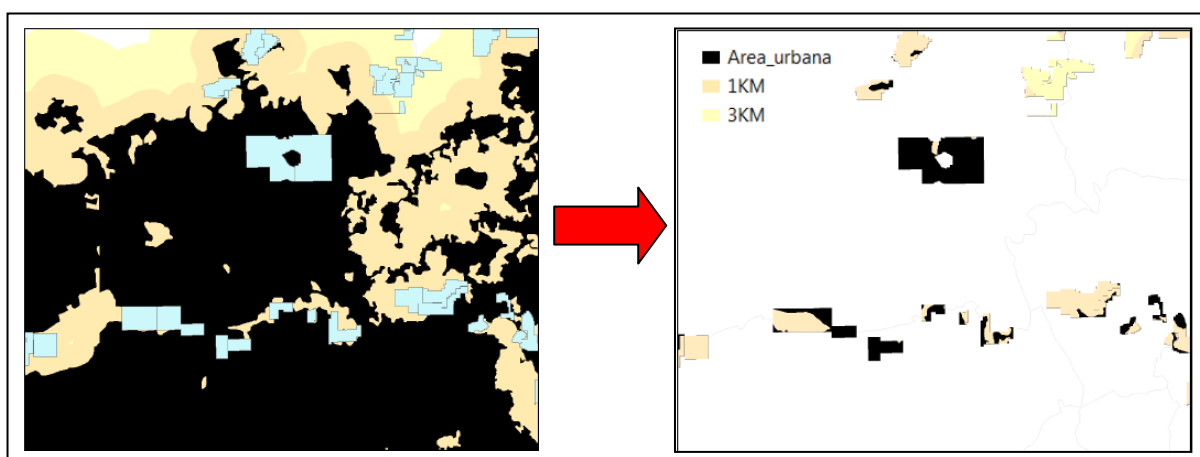


Figura 4 - Cruzamento das poligonais do DNPM com a mancha urbana e as áreas de influência urbana

Os resultados deste cruzamento geraram dois arquivos *shapefile* com o mapeamento da influência do processo de urbanização sobre as áreas preferenciais para exploração de areia e rocha britada para as regiões metropolitanas e mesorregiões analisadas.

Em seguida, utilizou-se a mesma rotina de sobreposição e integração de polígonos utilizando a ferramenta *Intersect* para realizar o recorte destes arquivos em mesorregiões (base cartográfica do IBGE).

Finalizando, os recortes em mesorregiões dos arquivos foram quantificados em km<sup>2</sup> através da importação da base de dados para o *geodatabase* do Arcgis 9.10, sendo os resultados transpostos para tabelas no formato *Microsoft Excel 2007* (tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Distância das poligonais de direitos minerários com relação à mancha urbana - areia

DISTÂNCIA DAS POLIGONAIS DE DIREITOS MINERÁRIOS COM RELAÇÃO À MANCHA URBANA - AREIA					
REGIÃO	ÁREA URBANA (%)	Até 1 km (%)	De 1 a 3km (%)	> 3 km (%)	TOTAL (km2)
BELEM	0,75	10,09	5,68	83,49	13125,70
BELO HORIZONTE	0,18	1,70	3,27	94,85	995394,32
CAMPO GRANDE	0,41	0,88	0,00	98,71	38866,20
CENTRO GOIAS	0,08	2,39	9,07	88,46	190811,93
CURITIBA	1,11	7,87	13,83	77,19	1400068,34
FORTALEZA	4,39	11,29	6,27	78,05	121021,11
LESTE GOIAS - DF	3,52	8,24	8,16	80,08	351710,60
PORTO ALEGRE	0,32	1,98	7,90	89,80	618593,27
RECIFE	2,15	20,97	24,24	52,64	48027,90
RIO DE JANEIRO	5,84	23,61	33,88	36,67	725193,89
SALVADOR	0,24	1,81	6,87	91,08	683823,45
SAO PAULO	7,03	15,99	16,15	60,82	376645,39

Tabela 2. Distância das poligonais de direitos minerários com relação à mancha urbana - brita

DISTÂNCIA DAS POLIGONAIS DE DIREITOS MINERÁRIOS COM RELAÇÃO À MANCHA URBANA - BRITA					
REGIÃO	ÁREA URBANA (%)	Até 1 km (%)	De 1 a 3km (%)	> 3 km (%)	TOTAL (km <sup>2</sup> )
BELEM	0,00	0,00	0,00	100,00	433,77
BELO HORIZONTE	0,39	4,13	7,90	87,58	641333,99
CAMPO GRANDE	0,00	0,00	17,06	82,94	46412,23
CENTRO GOIAS	0,28	1,84	7,84	90,03	140241,68
CURITIBA	0,66	6,37	11,01	81,97	190840,01
FORTALEZA	0,00	1,97	4,77	93,26	17219,20
LESTE GOIAS - DF	0,54	4,32	9,58	85,56	427353,89
PORTO ALEGRE	0,29	3,41	4,47	91,84	261385,21
RECIFE	0,29	8,19	44,85	46,68	68910,10
RIO DE JANEIRO	9,17	34,32	25,81	30,71	132533,16
SALVADOR	0,02	3,82	21,42	74,73	130769,84
SAO PAULO	3,83	23,50	30,10	42,58	124678,69

### 2.3.2 Sobreposição das poligonais de direitos minerários com as áreas protegidas

Para o cruzamento destas representações as poligonais de direitos minerários do DNPM (licenciamento, autorização de pesquisa e concessão de lavra) para areia e rocha britada foram integradas em dois arquivos vetoriais através das ferramentas *Union* e *Dissolve* do Arcgis 9.2.

Por meio de uma rotina de sobreposição e integração de polígonos utilizando a ferramenta *Intersect* do Arcgis 9.10, as representações vetoriais das poligonais para areia e rocha britada foram cruzadas com os arquivos vetoriais das áreas protegidas que foram divididos em:

- Unidades de Conservação de Proteção Integral (onde é totalmente proibida a exploração dos recursos naturais, sendo admitido somente o aproveitamento indireto dos seus benefícios. Nestas, é permitida apenas a conservação da biodiversidade, a pesquisa científica e a educação ambiental);
- Unidades de Conservação de Uso Sustentável (onde é permitida a exploração dos recursos naturais de forma sustentável, em conformidade com o Plano de Manejo);
- Áreas protegidas não abrangidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

Os resultados deste cruzamento geraram quatro arquivos *shapefile* com o mapeamento da sobreposição das áreas protegidas com as áreas preferenciais para exploração de areia e rocha britada para as regiões metropolitanas e mesorregiões analisadas.

Em seguida, utilizou-se a mesma rotina de sobreposição e integração de polígonos utilizando a ferramenta *Intersect* para realizar o recorte destes arquivos em mesorregiões (base cartográfica do IBGE).

Finalizando, os recortes em mesorregiões dos arquivos foram quantificados em km<sup>2</sup> através da importação da base de dados para o *geodatabase* do Arcgis 9.10, sendo os resultados transpostos para tabelas no formato Microsoft Excel 2007 (tabelas 3 a 5).

Tabela 3 - Sobreposição das poligonais de direitos minerários (BRITA) com relação às Unidades de Conservação de Uso Sustentável

REGIÃO	SUBSTÂNCIA	Poligonais em áreas protegidas (km <sup>2</sup> )	Poligonais em áreas protegidas (%)	Total das poligonais (km <sup>2</sup> )
BELO HORIZONTE	BRITA	100838,96	15,72	641333,99
LESTE GOIAS - DF	BRITA	104347,58	24,42	427353,89
PORTO ALEGRE	BRITA	8953,56	3,43	261385,21
RIO DE JANEIRO	BRITA	53343,27	40,25	132533,16
SAO PAULO	BRITA	47361,86	37,99	124678,69

Tabela 4 - Sobreposição das poligonais de direitos minerários (AREIA) com relação às Unidades de Conservação de Uso Sustentável

REGIÃO	SUBSTÂNCIA	Poligonais em áreas protegidas (km <sup>2</sup> )	Poligonais em áreas protegidas (%)	Total das poligonais (km <sup>2</sup> )
LESTE GOIAS - DF	AREIA	62811,66	17,86	351710,598
PORTO ALEGRE	AREIA	52525,37	8,49	618593,2668
RIO DE JANEIRO	AREIA	75155,49	10,36	725193,8873
SAO PAULO	AREIA	141772,91	37,64	376645,3903

Tabela 5 - Sobreposição das poligonais de direitos minerários com relação às áreas protegidas não abrangidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação

REGIÃO	SUBSTÂNCIA	Poligonais em áreas protegidas (km <sup>2</sup> )	Poligonais em áreas protegidas (%)	Total das poligonais (km <sup>2</sup> )
BELO HORIZONTE	AREIA	62066,90	6,24	995394,32
SAO PAULO	BRITA	53536,17	42,94	124678,69
SAO PAULO	AREIA	200877,86	53,33	376645,39

### 3. Resultados e discussão

Essencialmente, os resultados das análises espaciais demonstraram que são nas regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro, regiões estas de grande produção e consumo de agregados para construção civil, que são apresentados os piores índices de esterilização e de risco de esterilização de áreas preferenciais ao desenvolvimento deste setor da produção mineral (tabelas 1 e 2).

Tais eventos ocorrem em razão de grande parte dos depósitos de agregados minerais nas regiões metropolitanas estarem localizados em municípios que tiveram o seu crescimento e o seu processo de desenvolvimento socioeconômico determinado pela sua capital.

Fundamentalmente, o alto valor dos terrenos nas regiões centrais das capitais acarretou um processo de periferização que obrigou cidadãos com menor poder aquisitivo a procurar moradias com valores mais acessíveis em municípios vizinhos pouco desenvolvidos e despreparados para absorver um grande contingente populacional (VILLAÇA, 2001).

Como resultado, a ocupação irregular por loteamentos clandestinos e favelas, muitas vezes em áreas com condições geológicas favoráveis ao desenvolvimento da mineração de agregados, é a regra.

Já, no que tange à sobreposição das poligonais de direitos minerários com as Unidades de Conservação de Proteção Integral, não foram apresentados valores significativos de sobreposição em nenhuma das regiões analisadas.

Com relação à sobreposição das poligonais de direitos minerários com as Unidades de Conservação de Uso Sustentável e às áreas protegidas não abrangidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, algumas regiões metropolitanas apresentaram valores bastante altos, o que pode, dependendo das proibições e restrições impostas, causar sérias dificuldades para a expansão destas atividades (tabelas 3 a 5).

### 4. Conclusões

Pelas rotinas de análise espacial do SIG ARCGIS, os mapas resultantes da integração “poligonais DNPM – mancha urbana” e “poligonais DNPM – áreas protegidas” foram analisados espacialmente (padrão espacial) e quantitativamente (valores em área das classes) em relação aos principais conflitos, com a determinação das regiões críticas.

Esta análise integrada dos principais conflitos entre as poligonais de direitos minerários em face da mancha urbana e das áreas protegidas apresentou-se como uma interessante ferramenta para avaliação rápida e priorização de áreas críticas no âmbito do planejamento regional e permitiu:

- Constatar os principais conflitos de ordem jurídico-ambiental e os setores de risco para esterilização de jazidas devido ao avanço da urbanização;
- Indicar áreas onde se devem concentrar esforços de gestão territorial;
- Subsidiar o processo de formulação, implementação e fiscalização de ações para este setor da mineração.

## 5. Referências

### 5.1 Livro

Burrough, P.A. **Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment**. Monographs on Soil and Resources Survey No. 12, Oxford Science Publications, New York, 1986, 193 p.

Villaça, F. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, 2001.

### 5.2 Tese

Fantin, M. **Gestão de agregados minerais: análise e subsídios para políticas públicas**. 2011. 517 p. (T/UNICAMP F218g). Tese (Doutorado em Geociências) - Unicamp, Campinas. 2011.

### 5.3 Internet

Áreas Protegidas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georeferenciados>>. Acesso em: 16. abril. 2012.

Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica) (2008). Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/tag/atlas-dos-remanescentes-florestais-da-mata-atlantica/>>. Acesso em: 14. abril. 2012.

Divisões territoriais estaduais e municipais do Brasil. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 16. abril. 2012.

Inventa Consultoria. Agregados Minerais para Obras de Construção Civil e Infraestrutura nas Principais Regiões Metropolitanas do Brasil: Diagnóstico e Cenários da Cadeia Produtiva, com seus Desafios e Oportunidades. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/05/ABDI-AGREGADOS-MINERAIS-RELATORIO-01.pdf>>. Acesso em: 08. outubro. 2014.

Mapa de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros (PROBIO/IBAMA). Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>>. Acesso em: 12. abril. 2012.

Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE). Disponível em: <<http://sigmine.dnrm.gov.br/webmap/>>. Acesso em: 12. abril. 2012.

Mapa geológico do Brasil. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 12. abril. 2012.