

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

**AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DA ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO DE AREIA NA  
PLANÍCIE ALUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL  
NO TRECHO ENTRE JACAREÍ E PINDAMONHANGABA NO PERÍODO DE  
1993 A 2003**

**Benedito Jorge dos Reis**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.  
Área de Concentração: Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas

Taubaté – SP

2005

**AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DA ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO DE AREIA NA  
PLANÍCIE ALUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL  
NO TRECHO ENTRE JACAREÍ E PINDAMONHANGABA NO PERÍODO DE  
1993 A 2003**

**BENEDITO JORGE DOS REIS**

Administrador

Orientador: Prof. Dr. **GETÚLIO TEIXEIRA  
BATISTA** e Prof. Dr. **MARCELO DOS  
SANTOS TARGA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-  
Graduação em Ciências Ambientais da  
Universidade de Taubaté, para obtenção do  
título de Mestre em Ciências Ambientais.  
Área de Concentração: Gestão Integrada de  
Bacias Hidrográficas

Taubaté – SP  
2005

**AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DA ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO DE AREIA  
NA PLANÍCIE ALUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA  
DO SUL NO TRECHO ENTRE JACAREÍ E PINDAMONHANGABA NO  
PERÍODO DE 1993 A 2003**

BENEDITO JORGE DOS REIS

**Dissertação aprovada em 11/04/2005.**

Comissão Julgadora:

Membros	Instituição
Prof. Dr. Getúlio Teixeira Batista	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/UNITAU
Prof. Dr. Helio Nobile Diniz	Departamento de Ciências Agrárias/UNITAU
Prof. Dr. Silvio Carlos Santos Nagy	Departamento de Ciências Ambientais – Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP/Botucatu

**Prof. Dr. Getúlio Teixeira Batista**

Orientador

À minha esposa Lucinda e  
meus filhos Leandro, Laura e  
Danilo

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Getúlio Teixeira Batista pela orientação.

Ao Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa pela co-orientação.

Ao Geógrafo Celso de Souza Catelani pelos trabalhos com o SPRING.

A Geógrafa Lina Maria Aché pela colaboração e cessão dos desenhos originais do Zoneamento Minerário.

Ao INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pela cessão de imagens Landsat.

Aos Professores Joaquim Rodrigues dos Santos e Maria Judith Marcondes Salgado Schmidt, pela confiança em mim depositada ao fazerem minha indicação para o Programa de Pós-Graduação.

Ao amigo Frater Alain Baderha Kalema scj, pela tradução dos documentos de língua francesa.

Ao Engenheiro Luiz Antonio T. A. Silva da AGRA, pelo fornecimento de literatura e informações.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	xii
RESUMO .....	xiii
SUMMARY .....	xv
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	6
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3.1 A BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	7
3.1.1 A Bacia.....	7
3.1.2 O Curso d'Água .....	9
3.2 VULNERABILIDADES AMBIENTAIS.....	12
3.3 CONFLITOS.....	14
3.4 A MINERAÇÃO DE AREIA NO VALE DO PARAÍBA .....	21
3.5 ASPECTOS LEGAIS.....	24
3.6 RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS.....	30
3.7 TRATAMENTO DA QUESTÃO MINERÁRIA NO VALE DO PARAÍBA	35
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	40
4.1 Sistema de Informações Geográficas .....	40
4.2 Balanço Hídrico .....	59
5 RESULTADOS.....	63
6 DISCUSSÃO.....	84
6.1 A EXPANSÃO DA EXTRAÇÃO DE AREIA E A CAPACIDADE DE ESTOCAGEM HÍDRICA DOS DEPÓSITOS DA BACIA SEDIMENTAR.....	84
6.2 EVAPORAÇÃO DE LAGOS E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO .....	85
6.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) .....	86
6.4 O RIO PARAÍBA DO SUL .....	87
7. RECOMENDAÇÕES .....	89
8 CONCLUSÕES.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Guararema-SP. Inversão de curso do rio Paraíba, de Sudoeste para Noroeste (21/12/2003). (ANANIAS, C. W. 2003).....	8
2	Represa de Paraibuna. (ANANIAS, C. W. 2003).....	10
3	Área degradada pela extração de areia em Caçapava – SP (REIS, B. J. 2003).....	15
4	Barcaça transportando areia através do rio Sena – Paris (SINDAEIA, 1997).....	18
5	Localização da área de Estudo.....	40
6	Mosaico de Imagens do Satélite Landsat, sensor ETM+, cenas 218/76 e 219/76.....	42
7	Mapa 1 – São José dos Campos contendo o Zoneamento Minerário do Vale do Paraíba IG/SMA - IG (1997).....	44
8	Mapa 2 – Caçapava contendo o Zoneamento Minerário do Vale do Paraíba IG/SMA - IG (1997).....	45
9	Mapa 3 – Taubaté contendo o Zoneamento Minerário do Vale do Paraíba IG/SMA - IG (1997).....	46
10	Mapa 4 – Pindamonhangaba contendo o Zoneamento Minerário do Vale do Paraíba IG/SMA - IG (1997).....	47
11	Zoneamento Minerário vetorizado e georreferenciado.....	48
12	Zoneamento Minerário incorporado ao BD Georreferenciado...	50
13	PI Zoneamento Minerário e PI Cavas.....	52
14	PI DNPM.....	53
15	AB Areia – Área de lavra com revegetação ao fundo.....	55
16	AB Areia – Área revegetada em estágio de crescimento.....	55
17	AB Areia – Área de lavra com revegetação ao fundo.....	56
18	AB Areia – Plantio em detalhe, com 2 meses.....	56
19	Extratora Lumajo – Área revegetada.....	57
20	Extratora Lumajo – Estágio de sucessão florestal.....	58
21	Extratora Lumajo – Vista geral da cava.....	58

22	Extratora Lumajo – Cava e vegetação do entorno.....	59
23	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 1993.....	67
24	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 1994.....	68
25	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 1995.....	69
26	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 1996.....	70
27	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 1997.....	71
28	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 1998.....	72
29	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 1999.....	73
30	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 2000.....	74
31	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 2001.....	75
32	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 2002.....	76
33	Apresentação gráfica do Balanço Hídrico 2003.....	77
34	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 1993.....	78
35	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 1994.....	78
36	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 1995.....	79
37	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 1996.....	79
38	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 1997.....	80
39	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 1998.....	80
40	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 1999.....	81
41	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 2000.....	81
42	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 2001.....	82
43	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 2002.....	82



44	Apresentação gráfica da estimativa de Evapotranspiração Potencial – 2003.....	83
45	Poligonais DNPM contíguas.....	85
46	Meandro com desvio do leito do rio nas coordenadas X: 399.650 e Y: 7.427.008 – Jacareí-SP.....	88

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Produção de areia para construção civil dos municípios do Vale do Paraíba.....	23
2	Áreas de revegetação com espécies arbóreas nativas dos empreendimentos licenciados até 1998.....	33
3	Superfícies ocupadas pela planície aluvial, zona de potencial de areia e cavas de mineração.....	37
4	Comparação dos dados de precipitação.....	62
5	Cavas de areia entre Jacareí e Pindamonhangaba.....	63
6	Evolução da área minerada entre 1993 e 2003.....	64
7	Número de cavas x Zoneamento Minerário.....	64
8	Área de cavas (ha) x Zoneamento Minerário.....	65
9	Estimativa da perda de água para a atmosfera por evaporação.	65
10	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 1993.....	67
11	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 1994.....	68
12	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 1995.....	69
13	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 1996.....	70
14	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 1997.....	71
15	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 1998.....	72
16	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 1999.....	73
17	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 2000.....	74

18	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 2001.....	75
19	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 2002.....	76
20	Balanço Hídrico Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul 2003.....	77
21	Estimativa de evapotranspiração potencial – 1993.....	78
22	Estimativa de evapotranspiração potencial – 1994.....	78
23	Estimativa de evapotranspiração potencial – 1995.....	79
24	Estimativa de evapotranspiração potencial – 1996.....	79
25	Estimativa de evapotranspiração potencial – 1997.....	80
26	Estimativa de evapotranspiração potencial – 1998.....	80
27	Estimativa de evapotranspiração potencial – 1999.....	81
28	Estimativa de evapotranspiração potencial – 2000.....	81
29	Estimativa de evapotranspiração potencial – 2001.....	82
30	Estimativa de evapotranspiração potencial – 2002.....	82
31	Estimativa de evapotranspiração potencial – 2003.....	83

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

APP	Área de Preservação Permanente
CBH-PS	Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DEPRN	Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EEAR	Escola de Especialistas em Aeronáutica
ha	Hectare (área)
IG	Instituto Geológico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ONS	Operador nacional do Sistema Elétrico
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
UNITAU	Universidade de Taubaté
ZM	Zona de Mineração
ZR	Zona de Recuperação
ZP	Zona de Preservação
ZCV	Zona de Conservação de Várzea

**AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DA ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO DE AREIA  
NA PLANÍCIE ALUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA  
DO SUL NO TRECHO ENTRE JACAREÍ E PINDAMONHANGABA NO  
PERÍODO DE 1993 A 2003**

Autor: BENEDITO JORGE DOS REIS

Orientador: Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista

**RESUMO**

A atividade de extração mineral no Vale do Paraíba do Sul, praticada em um ambiente vulnerável, é responsável por alterações ambientais na planície aluvial. Essa atividade quando conduzida sem critérios técnicos se constitui numa exploração predatória e gera alterações no Meio Ambiente e pressões por parte da comunidade. Desde 1993, várias metodologias de recuperação de áreas degradadas foram propostas para minimizar os impactos da extração de areia. Alguns produziram resultado e outras não. Esse trabalho teve por objetivo criar um banco de dados baseado em um Sistema de Informações Geográficas para se avaliar a evolução e o grau de interferência da atividade de extração de areia na planície aluvial do Vale do Paraíba, no trecho entre Jacareí e Pindamonhangaba, no período de 1993 a 2003 e, dar suporte ao licenciamento, fiscalização e controle da atividade de mineração de areia. Utilizando-se o software SPRING e imagens do satélite Landsat sensor ETM<sup>+</sup>, cenas 218/76 e 219/76, produziu-se um banco de dados georreferenciado para produção de mapas e quantificação da área ocupada pela extração de areia. A incorporação de imagens de diferentes períodos possibilitou o acompanhamento da evolução da atividade na região. Avaliações em campo permitiram a comparação dos resultados obtidos na recuperação de áreas degradadas com revegetação e regeneração natural. Utilizando-se os dados da estação climatológica do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU e uma planilha desenvolvida em ambiente EXCEL<sup>TM</sup>, foi calculado o Balanço Hídrico Climatológico e a estimativa de evapotranspiração potencial, utilizada para se estabelecer a evaporação causada pelas cavas de areia resultantes da mineração. Dessa forma, com a área total de lagos

artificiais obtidas do banco de dados georreferenciado foi possível calcular o volume de água perdido para atmosfera por evaporação e a relevância dessa perda no Balanço Hídrico da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul. O SIG produzido a partir deste trabalho representou um avanço tecnológico para as ações de controle e fiscalização; possibilitando conhecer quantitativamente a evolução da área minerada, e avaliar o impacto da perda de água para a atmosfera por evaporação.

**ASSESSMENT OF THE AREAL EXPANSION OF THE ACTIVITY OF SAND EXTRACTION IN THE ALLUVIAL PLAINS OF THE PARAÍBA DO SUL RIVER BETWEEN JACAREÍ AND PINDAMONHANGABA FOR THE PERIOD FROM 1993 TO 2003**

Author: BENEDITO JORGE DOS REIS

Adviser: Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista

**SUMMARY**

The activity of mineral extraction in the Valley of Paraíba do Sul River occurs in a vulnerable environment and is responsible for environmental impacts on the alluvial plain. When this activity is developed without technical criteria a predatory exploration results, generating changes in the environment and raising questions from the concerned community. Since 1993, several methodologies to recover degraded areas were proposed to minimize the impacts of the extraction of sand. Some produced positive results and others failed. This work had the objective to create a data basis in a Geographic Information System to evaluate the degree of impact of the activity of sand extraction in the alluvial plain of the Paraíba Valley, in the segment between Jacareí and Pindamonhangaba, for the period from 1992 to 2003 and to give support to licensing, monitoring of the environmental law enforcement and control of the activity of sand mining. Using the software SPRING and Landsat imagery, ETM<sup>+</sup> scenes 218/76 and 219/76, a georeferenced database was created for production of maps and quantification of sand extraction areas. The use of images of different acquisition dates made it possible the assessment of the evolution of the activity in the area. Field work allowed the comparison of results from the two methods for degraded areas recovery, i.e. reforestation and natural regrowth. Using data from the weather station of the Department of Agrarian Sciences of the University of Taubaté and an EXCEL<sup>TM</sup> spreadsheet, the climatological water balance and the potential evapotranspiration were calculated to estimate the amount of evaporation from the water surface left by the sand extraction process. Thus, it was possible to estimate the impact of water loss to the atmosphere

due to this activity. The data basis integrated in a GIS platform developed in this work represented a technological advancement for the control actions and fiscalization and allowed the assessment of the area expansion and the impact of the loss of water for the atmosphere due to evaporation due to sand mining.