

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

LÍVIA MARIA ALBERTASSE TULLI

**VULNERABILIDADE À AÇÃO ANTRÓPICA E USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO PARA A ESTAÇÃO ECOLÓGICA MUNICIPAL ILHA DO
LAMEIRÃO, VITÓRIA-ES**

VITÓRIA
2007

LÍVIA MARIA ALBERTASSE TULLI

**VULNERABILIDADE À AÇÃO ANTRÓPICA E USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO PARA A ESTAÇÃO ECOLÓGICA MUNICIPAL ILHA DO
LAMEIRÃO, VITÓRIA-ES**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração em Recursos Hídricos.

Orientador: Profº Drº Alexandre Rosa dos Santos.

VITÓRIA

2007

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

T918v Tulli, Livia Maria Albertasse, 1982-
Vulnerabilidade à ação antrópica e uso e ocupação do solo para a
Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, Vitória-ES / Livia Maria
Albertasse Tulli. – 2007.
106 f. : il.

Orientador: Alexandre Rosa dos Santos.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo,
Centro Tecnológico.

1. Solo – Uso. 2. Homem – Influência do meio ambiente. 3.
Avaliação de riscos ambientais. I. Santos, Alexandre Rosa dos. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

LÍVIA MARIA ALBERTASSE TULLI

**VULNERABILIDADE À AÇÃO ANTRÓPICA E USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO PARA A ESTAÇÃO ECOLÓGICA MUNICIPAL ILHA DO
LAMEIRÃO, VITÓRIA-ES**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração em Recursos Hídricos.

Aprovada em _____ de _____ de 2007

COMISSÃO EXAMINADORA

Profº Drº Alexandre Rosa dos Santos
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Profº Drº Julio Tomás Aquije Chacaltana
Universidade Federal do Espírito Santo

Profº Drº Aristides Ribeiro
Universidade Federal de Viçosa

A Antônio, Elizabethe, Luís Roberto e
Rosemberg, pelo amor e apoio sempre.

A Tulli, Neia e Paulo, pela confiança,
carinho e amizade.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por me permitir uma vida maravilhosa.

Aos **meus pais, ao meu irmão e ao meu noivo**, que sempre me incentivaram, fazendo com que eu superasse as dificuldades que surgiram no caminho.

A **Tulli, Neia e Paulo**, que abriram não só a casa, mas o coração para me receber.

Ao **Profº Drº Alexandre Rosa dos Santos**, principalmente por acreditar no meu potencial. Pela paciência, dedicação e impulso. Por ser além de um orientador, um amigo. A este amigo, a sua esposa e filhos: muito obrigada!

Aos amigos **Márcio, Teresa, Viviane e André**, pelo apoio e auxílio em todos os momentos.

Aos professores do programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental; em especial aos professores: **Daniel Rigo, Julio Tomás Aquije Chacaltana, Edumar Ramos Cabral Coelho e Edmilson Costa Teixeira**, por se mostrarem sempre cordiais à troca de idéias e opiniões quando foi necessário.

Ao **CNPQ** pela concessão de bolsa para a realização deste trabalho.

Ao **FACITEC** pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

Ao **IDAF, IJSN** e a **SEMMAM** (Vitória-ES) por cederem materiais que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho.

E a todos que contribuíram de alguma forma para que este projeto fosse concretizado: meu muito obrigada!

“A coragem traz em si o gênio, o poder e a magia. Empenha-te somente, e então a mente se aquecerá; começa, e então o trabalho será terminado.”

Goethe

RESUMO

O Município de Vitória sofreu um intenso processo de degradação de seus manguezais incentivado pela crise do café na década de 60 e pela criação de novas indústrias, movimentando um grande contingente populacional para a capital capixaba. A Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, que faz parte dos 891,83 hectares do Manguezal de Vitória, tem como objetivo a pesquisa e a preservação deste ecossistema ambientalmente importante. Este trabalho buscou demonstrar a evolução temporal ocorrida nesta e em seu entorno desenvolvendo mapas de uso e ocupação do solo por meio de digitalização via tela utilizando aerofotos dos anos de 1978 e 2003 e, também, uma imagem pancromática do satélite *quickbird* 2005. Assim, foi possível delimitar os principais fatores de degradação proporcionados pelo homem e, utilizando o Método Analítico Hierárquico proposto por Saaty (1977), verificar a vulnerabilidade a ação antrópica para esta área de preservação. Identificou-se uma recuperação do manguezal de 1,89% em relação à área total estudada, que equivale a uma área de 0,62 km², no período de 1978 ao ano de 2005, entretanto foi comprovada uma vulnerabilidade classificada como média-baixa a altíssima-alta para a área.

Palavras chaves: Vulnerabilidade, uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

The city of *Vitória* suffered an intense degradation process of its mangroves due to the crisis of coffee plantation during the 1960's and the creation of new factories, these events contributed to increase population of this capital. The *Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão*, which is part of the 891.83 hectares of Vitoria mangroves, had an objective to research and preserve this important ecosystem. This work displayed the temporal evolution occurred in this area developing maps of use and occupation of the ground by digitalization via screen using aerial photographs of the years 1978 and 2003 and, also, a satellite quickbird panchromatic image of the year of 2005. Thus, it was possible to delimit the degradation factors and using the Analytical Hierarchy Process proposed by Saaty (1977), to ascertained the vulnerability to anthropic action for this preservation area. The results identified a mangrove recovery of 1,89% in relation to total studied area, that was equivalent to an area of 0,62 km², from 1978 to 2005, however this research proved a vulnerability classified as mean-low to very high-high for the area.

Keywords: Vulnerability, use and occupation of the ground.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Apresentação da área de estudo.....	34
Figura 2. Fluxograma da etapa 01.....	35
Figura 3. Fluxograma da etapa 02.....	39
Figura 4. Hierarquia do mapa de vulnerabilidade à ação antrópica.....	40
Figura 5. Subfatores de Ação Antrópica.....	41
Figura 6. Pontos coletados.....	42
Figura 7. Bacias de esgotamento do município de Vitória.....	45
Figura 8. Esgotamento Sanitário do Município de Vitória.....	46
Figura 9. Função de escalonamento linear decrescente.....	47
Figura 10. Fluxograma da etapa 03.....	53
Figura 11. Área do estudo no ano de 1978.....	54
Figura 12. Área do estudo no ano de 2003.....	55
Figura 13. Uso do solo no ano de 1978.....	58
Figura 14. Uso do solo no ano de 2003.....	61
Figura 15. Uso do solo no ano de 2005.....	63
Figura 16. Influência da sombra no mapeamento (a) Aerofoto, ano: 2003 (b) Quickbird, ano: 2005.....	68
Figura 17. Influência do padrão de ocupação do solo no mapeamento (a) Quickbird, bairro Jardim da Penha (b) Quickbird, bairro Resistência.....	70
Figura 18. Classes de vulnerabilidade à ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão.....	72
Figura 19. Classes de vulnerabilidade à ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão.....	73
Figura 20. Bairro Maria Ortiz – Esgoto.....	85
Figura 21. Bairro Maria Ortiz – Esgoto.....	85
Figura 22. Bairro Maria Ortiz – Linha de Energia.....	86
Figura 23. Visão do aeroporto ao fundo.....	86
Figura 24. Bairro Goiabeiras - Linha de Energia.....	87
Figura 25. Bairro Joana D’arc – Esgoto.....	87
Figura 26. Pedreira.....	88
Figura 27. Bairro Santa Luiza – Esgoto.....	88
Figura 28. Bairro Resistência – Esgoto.....	89
Figura 29. Bairro Resistência – Esgoto.....	89
Figura 30. Bairro Resistência – Esgoto.....	90
Figura 31. Bairro Resistência – Esgoto.....	90
Figura 32. Bairro Resistência – Esgoto.....	91
Figura 33. Bairro Nova Palestina – Esgoto.....	91
Figura 34. Bairro Nova Palestina – Esgoto.....	92
Figura 35. Distância euclidiana em relação ao aeroporto.....	99
Figura 36. Distância euclidiana em relação à área construída.....	99
Figura 37. Distância euclidiana em relação à linha de energia.....	99
Figura 38. Distância euclidiana em relação às ruas e avenidas.....	99
Figura 39. Distância euclidiana em relação à pedreira.....	100
Figura 40. Distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 4.....	100
Figura 41. Distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 5.....	100
Figura 42. Distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 6.....	100

Figura 43. Distância euclidiana em relação ao ponto da bacia 7.....	101
Figura 44. Distância euclidiana em relação ao ponto do bairro Nova Carapina.....	101
Figura 45. Distância euclidiana em relação ao Rio Santa Maria da Vitória.....	101
Figura 46. Distância euclidiana em relação ao Rio Bubu.....	101
Figura 47. Padronização da distância euclidiana em relação à pedreira.	102
Figura 48. Padronização da distância euclidiana em relação à área construída.....	102
Figura 49. Padronização da distância euclidiana em relação à linha de energia.....	102
Figura 50. Padronização da distância euclidiana em relação às Ruas e Av.....	102
Figura 51. Padronização da distância euclidiana em relação à pedreira.	103
Figura 52. Padronização da distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 4.....	103
Figura 53. Padronização da distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 5.....	103
Figura 54. Padronização da distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 6.....	103
Figura 55. Padronização da distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 7.....	104
Figura 56. Padronização da distância euclidiana em relação ao ponto do bairro Nova Carapina.....	104
Figura 57. Padronização da distância euclidiana em relação ao Rio Santa Maria da Vitória.....	104
Figura 58. Padronização da distância euclidiana em relação ao Rio Bubu.....	104
Figura 59. Vulnerabilidade para toda a área estudada.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala fundamental de Saaty (1977).....	30
Tabela 2. Valores de IR para matrizes de ordem N.....	32
Tabela 3. Número de pixels e resolução espacial das imagens.....	36
Tabela 4. Classes escolhidas para o mapeamento.....	38
Tabela 5. Vazões obtidas e porcentagem das áreas que possuem esgotamento sanitário.....	46
Tabela 6. Matriz de comparação dos fatores antrópicos.....	49
Tabela 7. Pesos dos fatores antrópicos.....	49
Tabela 8. Matriz de comparação dos subfatores de ruídos/ vibrações.....	50
Tabela 9. Pesos dos subfatores de ruídos/ vibrações.....	50
Tabela 10. Matriz de comparação dos subfatores de esgoto.....	51
Tabela 11. Pesos dos subfatores de esgoto.....	51
Tabela 12. Matriz de comparação dos subfatores de urbanização.....	52
Tabela 13. Pesos dos subfatores de urbanização.....	52
Tabela 14. Dados da área de estudo no ano de 1978.....	57
Tabela 15. Dados da área de estudo no ano de 2003.....	60
Tabela 16. Dados da área de estudo no ano de 2005.....	62
Tabela 17. Somatório das colunas da matriz de comparação dos subfatores de ruídos/ vibrações.....	93
Tabela 18. Normalização da matriz de comparação dos subfatores de ruídos/ vibrações.....	93
Tabela 19. Autovetor de ruídos/ vibrações.....	94
Tabela 20. Somatório das colunas da matriz de comparação dos subfatores de esgoto.....	95
Tabela 21. Normalização da matriz de comparação dos subfatores de esgoto.....	95
Tabela 22. Autovetor de esgoto.....	96
Tabela 23. Somatório das colunas da matriz de comparação dos subfatores de urbanização.....	97
Tabela 24. Normalização da matriz de comparação dos subfatores de esgoto.....	97
Tabela 25. Autovetor de urbanização.....	97
Tabela 26. Somatório das colunas da matriz de comparação dos fatores.....	98
Tabela 27. Normalização da matriz de comparação dos fatores.....	98
Tabela 28. Autovetor dos fatores.....	98

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Áreas de cada classe referente ao ano de 1978.....	56
Gráfico 2. Áreas de cada classe referente ao ano de 2003.....	59
Gráfico 3. Áreas de cada classe referente ao ano de 2005.....	62
Gráfico 4. Análise temporal das mudanças ocorridas na área de estudo.	64
Gráfico 5. Comparação das porcentagens de uso do solo para os anos 1978 e 2003.....	64
Gráfico 6. Comparação das porcentagens de uso do solo para os anos 2003 e 2005.....	67

LISTA DE SIGLAS

AHP – Método analítico hierárquico (*Analytic Hierarchy Process*)

CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

RC – Razão de consistência

FACITEC – Fundo de Apoio à Ciência e Tecnologia do Município de Vitória

GPS – Sistema de posicionamento global

IC – Índice de consistência

IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves

PMV – Prefeitura Municipal de Vitória

SEMMAM – Secretaria de meio ambiente

SIG – Sistema de informação geográfica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO	19
2.1 GERAL.....	19
2.2 ESPECÍFICOS.....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 O MANGUEZAL.....	20
3.2 PESQUISAS DESENVOLVIDAS NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA.....	22
3.3 USO DO SOLO.....	23
3.4 VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	27
3.5 MÉTODO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP).....	29
4. MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
4.2 MATERIAIS.....	33
4.3 METODOLOGIA.....	35
4.3.1 Etapa 1: Mosaicagem das aerofotos.....	35
4.3.2 Etapa 2: Evolução temporal ocorrida na área de estudo.....	36
4.3.3 Etapa 3: Mapa de vulnerabilidade a ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão.....	39
4.3.3.1 Mapeamento dos fatores antrópicos.....	39
4.3.3.2 Desenvolvimento dos mapas de distância de cada subfator.....	46
4.3.3.3 Padronização dos mapas de distância euclidiana.....	47
4.3.3.4 Matrizes de decisão.....	47
4.3.3.5 Mapa de vulnerabilidade a ação antrópica.....	52
5. RESULTADOS	54
5.1 ETAPA 01: MOSAICAGEM DAS AEROFOTOS.....	54
5.2 ETAPA 02: EVOLUÇÃO TEMPORAL OCORRIDA NA ÁREA DE ESTUDO.....	55
5.2.1 Uso do solo do ano de 1978.....	55
5.2.2 Uso do solo do ano de 2003.....	59
5.2.3 Uso do Solo no ano de 2005.....	62
5.2.4 Evolução temporal.....	63
5.2.4.1 Comparação das porcentagens de uso do solo para os anos 1978 e 2003.....	64

5.2.4.2 Comparação das porcentagens de uso do solo para os anos 2003 e 2005.....	66
5.3 ETAPA 03: MAPA DE VULNERABILIDADE A AÇÃO ANTRÓPICA NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA MUNICIPAL ILHA DO LAMEIRÃO.....	70
6. CONCLUSÃO.....	75
7. RECOMENDAÇÕES.....	77
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
9. APÊNDICES.....	85
9.1 APÊNDICE A – DOCUMENTAÇÃO DO TRABALHO DE CAMPO.....	85
9.2 APÊNDICE B – APLICAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP) PARA O CÁLCULO DA VULNERABILIDADE ANTRÓPICA.....	93
9.3 APÊNDICE C – MAPAS INTERMEDIÁRIOS.....	99

1. INTRODUÇÃO

Os manguezais possuem uma vegetação altamente adaptada aos constantes movimentos da maré e a suportar a alta salinidade que lhe é imposta, porém são altamente sensíveis à ação humana. (CITRÓN E NOVALLI, 1992)

Este ecossistema possui diversos usos e finalidades ao homem, alguns usos mais comuns citados por Hogarth (1999) são: construção, combustível, medicinal, alimentação e têxtil. Porém alguns impactos destes usos são apontados por este autor, como o desmatamento e a aquicultura, principalmente quando há a criação de camarões visando comercialização.

Outras formas de contaminação apontadas por Tomlinson (1986) como uma das mais severas formas de poluição em manguezais, são os efeitos de derivados de petróleo e metais pesados.

Apesar da possibilidade de tantos impactos, o futuro dos manguezais não depende do total controle de suas áreas, impedindo a exploração de seus recursos, mas sim de medidas que regulem a interação do homem com o manguezal, permitindo verificar e controlar a ação antrópica (HOGARTH, 1999).

A ação antrópica exercida em áreas de mangue teve o seu início na chegada dos primeiros colonizadores e nas explorações por eles iniciadas, se estendendo até os dias atuais. (CITRÓN E NOVALLI, 1992)

Segundo Derenzi (1965), a chegada dos portugueses ao estado do Espírito Santo se deu em 1535. Com o passar do tempo e o aumento populacional logo se reivindicou a “urbanização”. Os manguezais rapidamente tornaram-se áreas mal vista, já que eram julgados como áreas propícias ao desenvolvimento de epidemias. E com a população ocupando os poucos espaços planos, não se tardou em pensar na possibilidade do aterro. Em 1817 iniciou-se o aterro do mangal de campinho (atual parque Moscoso) e, também, a “era do progresso”.

Em 1895, com o intuito de ampliar a cidade com a criação de novos bairros, criou-se o projeto “novo arrabalde” durante o mandato de Muniz Freire. Por meio deste projeto foram construídas as Avenidas Nossa Senhora da Penha e Leitão da Silva importantes vias até hoje. (BRITO, 1996)

Ao contrário desta aparente urbanização planejada, o que se pode observar no período que se estendeu de 1960 a 1980 foi um crescimento populacional abrupto e descontrolado. A população da grande Vitória em 1960 era de 194.311 habitantes e saltou para 706.138 habitantes em 1980. A justificativa para tal crescimento acompanhou uma série de fatores, como crise do café na década de 60, quando houve uma intensa migração para Vitória. Os desempregados buscavam oportunidades no setor portuário, industrial e na construção civil. Isto acarretou, e ainda acarreta, problemas sociais seríssimos, visto o surgimento de subempregos e submoradias. Este novo contingente populacional se distribuiu em áreas baratas e pouco seguras: encostas de morros e manguezais. Estes últimos sofreram aterros nos anos que se seguiram, até que a ilha de Vitória chegasse à forma territorial que hoje possui. (FERREIRA, 1989)

Segundo Alves (2004) as invasões aos manguezais começaram de modo intensificado em 1977 e só pararam em 1989, quando a Prefeitura Municipal iniciou um projeto de contenção a invasões e proteção dos manguezais.

É importante ressaltar que apesar de todos os impactos ambientais que este ecossistema vem sofrendo, os manguezais brasileiros constituem áreas de preservação permanente segundo a Lei Federal nº 4771 desde 15 de setembro de 1965 (EYSINK, 1998).

No município de Vitória, estão amparados também pela Lei Municipal 3377 de 12 de setembro de 1986, quando houve a criação da Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão, área objeto desta pesquisa.

As Estações Ecológicas têm como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas, que dependem da autorização prévia do órgão responsável pela administração da unidade e está sujeita às condições e restrições por este estabelecidas. É proibida a visitação pública, exceto quando com objetivo educacional, de acordo com o que dispuser o Plano de Manejo da unidade ou regulamento específico (Lei Nº 9.985 de 18 de julho de 2000).

A relevância da Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão como forma de preservação do manguezal do município de Vitória-ES, já foi afirmada por Alves (2004) e Ferreira (1989), pois esta vegetação é importante à cidade não só culturalmente, mas economicamente, já que é fonte de renda principal de inúmeras

famílias, como por exemplo de paneleiras, que utilizam o bairro e o tanino na fabricação de painéis, e de catadores de caranguejo, que vendem este crustáceo em vários pontos da capital.

Porém, os mesmos autores acima citados, e outros estudados na realização desta dissertação, afirmam que esta área de preservação já tem pagado o preço por estar próxima à cidade de Vitória-ES, como a presença de altos teores de metais pesados em sedimentos, e também em sururus e ostras. Por outro lado, é certo afirmar que a prefeitura de Vitória tem feito o seu papel dentro do possível, pois há trabalhos, como os de Vieira (2004), que quantificam um aumento na área de manguezal.

Decerto, os aglomerados urbanos próximos a áreas de preservação têm sido alvos de muitas pesquisas científicas, devido à preocupação com fatores antrópicos, que segundo Suguio (2003), são todos os que se superpõe às forças dinâmicas atuantes, exacerbando as suscetibilidades naturais, introduzindo suscetibilidades induzidas e criando situações de crises cada vez mais complexas e de diferentes naturezas.

Assim, observando trabalhos científicos tão diversos, é possível questionar quais seriam os fatores antrópicos existentes em torno da Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão e sua área de atuação, e qual a dinâmica, ou seja, como aconteceu a evolução da ocupação urbana ao redor desta área de preservação.

Portanto, no presente trabalho, estes fatores foram identificados e aplicou-se o Método Analítico Hierárquico (AHP), proposto por Thomas L. Saaty, no desenvolvimento de um mapa de vulnerabilidade à ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, sendo então possível demonstrar a evolução temporal da área de estudo nos anos de 1978, 2003 e 2005 por meio do desenvolvimento de mapas de uso e ocupação do solo.

O Método Analítico Hierárquico (AHP), utilizado nesta pesquisa, tem sido adaptado por diversos pesquisadores para realizar estudos ambientais, como os trabalhos desenvolvidos por Hasenack et. al. (1998), Rosot et. al. (2000) e Coutinho (2004), pois permite a divisão do problema em níveis hierárquicos, facilitando sua compreensão e avaliação, resultando em um mapa de fácil interpretação e visualização.

2. OBJETIVO

2.1 GERAL

- Contribuir para o entendimento da evolução da ação antrópica na Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão por meio do mapeamento do uso e ocupação do solo com base em imagens dos anos de 1978, 2003 e 2005.

2.2 ESPECÍFICOS

- Delimitar o uso e ocupação do solo da Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão e seu entorno nos anos de 1978, 2003 e 2005.
- Avaliar a evolução temporal da Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão entre os anos de 1978, 2003 e 2005.
- Identificar os fatores de ação antrópica atuantes na Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão;
- Analisar a vulnerabilidade à ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O MANGUEZAL

A resolução Nº 10 do CONAMA de 1º de outubro de 1993, define o manguezal como: “vegetação com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e dispersão descontínua ao longo da costa brasileira. Nesse ambiente halófito, desenvolve-se uma flora especializada, ora dominada por gramíneas (*Spartina*) e amarilidáceas (*Crinum*), que lhe conferem uma fisionomia herbácea, ora dominada por espécies arbóreas dos gêneros *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia*. De acordo com a dominância de cada gênero, o manguezal pode ser classificado em mangue vermelho (*Rhizophora*), mangue branco (*Laguncularia*) e mangue negro (*Avicennia*), os dois primeiros colonizando os locais mais baixos e o terceiro os locais mais altos e mais afastados da influência das marés. Quando o mangue penetra em locais arenosos denomina-se mangue seco.”

De acordo com Schaeffer-Novalli et. al. (2000) os manguezais brasileiros ocorrem desde a divisa com a Guiana Francesa (04º 30' N) até o município de Laguna no estado do Rio Grande do Sul (28º 30' S).

Segundo Ferreira (1989) são encontradas no manguezal da baía de Vitória as espécies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans*. Estas espécies possuem características particulares que descreveremos resumidamente tendo como base os trabalhos de Hogarth (1999), Tomlinson (1986) e Ferreira (1989):

- *Rhizophora mangle*: Possuem raízes de sustentação conhecidas como raízes-escora e devido a estas podem se desenvolver em terrenos instáveis, não consolidados e permanentemente alagados, sob influencia direta das águas salgadas. Tem preferência por terrenos lodosos e por áreas protegidas das correntes e ondas fortes.

- *Laguncularia racemosa*: Possuem sistema radicular pouco profundo constituído por pneumatóforos emergentes. Possui uma ampla distribuição pelo manguezal, suportando diferentes níveis de salinidade devido às glândulas

excretoras de sal em suas folhas. Porém, são pouco tolerantes as baixas temperaturas e ao sombreamento.

- *Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans*: As espécies do gênero *Avicennia* são as mais tolerantes a sedimentos com grande concentração de sal. A *Avicennia schaueriana*, juntamente com a *Avicennia germinans*, são espécies encontradas com maior frequência nos limites latitudinais dos manguezais, possuindo resistência a temperaturas mais baixas. Apresentam sistema radicular bastante superficial, de onde brotam pneumatóforos, e glândulas excretoras de sal em suas folhas. Desenvolve-se normalmente em terrenos mais secos.

Segundo Diop (2003) o manguezal fornece muitos benefícios às sociedades costeiras da zona tropical, provendo, economicamente, uma arrecadação em torno de US\$ 10.000 por ha por ano.

Assim, o manguezal dentro de sua importância socioambiental propicia ao homem muitos usos como combustível, construção, pesca, têxtil, alimentício, doméstico, medicinal, etc. Porém, apesar de seus possíveis usos diretos e indiretos, a poluição e a contaminação, combinadas com a especulação imobiliária e a pesca predatória, fazem com que as comunidades que sobrevivem da pesca ou da coleta de mariscos sejam forçadas a abandonar o manguezal e a buscar outras fontes de subsistência. (ALVES, 2004) (HOGARTH, 1999)

Diop (2003) salienta a importância do avanço no conhecimento científico e da incorporação de várias áreas do conhecimento, afim de estimular a ação política no manejo dos manguezais, assim como, das ações humanas nestes desenvolvidas. De acordo com este autor a condição dos manguezais e sua adaptação a mudanças ambientais estão extremamente ligados a qualidade de vida e ao tamanho da população que vive ao seu redor, portanto sociedades pobres exercem grande pressão aos manguezais.

Schaeffer-Novalli et. al. (2000) nos advertem sobre a necessidade de ações de conservação, gerenciamento e restauração deste ecossistema, principalmente quando estes estão próximos a grandes centros urbanos, pois nesta situação estão sob grande *stress*. Visto que rápidas mudanças ambientais diminuem a resistência dos manguezais, muitos pesquisadores têm buscado mais a fundo estudar as pressões exercidas sob este ecossistema.

3.2 PESQUISAS DESENVOLVIDAS NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA

Ferreira (1989) estudou os manguezais da Baía de Vitória através da investigação dos componentes da paisagem geográfica e da participação humana na mudança desta paisagem. Procurou caracterizar o potencial ecológico, responsável pela presença dos manguezais, e analisou a exploração biológica, bem como sistematizou toda a evolução da ação antrópica. Delimitando na área de estudo os transectos de interesse, com base em aerofotos dos anos de 1970, 1978 e 1986, onde foram coletados dados bióticos, abióticos e, também verificados os impactos de origem antrópica, como: desmatamento, cata e pesca predatórias, despejos de esgoto, deposição de lixo e exploração de tanino. Este estudo alerta que a degradação vem atuando como um poderoso agente modificador e transformador da paisagem, impondo novas condições de adaptação.

Paiva (1999) desenvolveu um estudo sedimentológico do material de fundo do canal da passagem e trecho da Baía de Vitória. Analisando as amostras de sedimentos verificou teores de lama superiores a 50% margeando a Ilha do Lameirão, que atribuiu ao desmatamento dos manguezais. Também verificou a distribuição do teor de matéria orgânica, onde predominam teores inferiores a 5%, porém, teores entre 5 e 15 % são encontrados entorno da ilha do lameirão, enquanto que os teores superiores a 15% aparecem de forma isolada e estão associados a despejos de esgoto *in natura*.

Souza (2002) avaliou a contaminação pelos metais pesados Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn nos manguezais dos rios Aribiri, Santa Maria da Vitória e Bubu, localizados na região da Grande Vitória-ES, utilizando a ostra *Crassostrea rhizophorae* e o sururu *Mytella guyanensis* como bioindicadores. Observou concentração de Cr e Zn acima do limite máximo permitido. As maiores concentrações de Cr, Fe, Ni, Pb e Mn foram encontradas no rio Santa Maria da Vitória e as maiores concentrações de Cu no rio Aribiri.

Alves (2004) através do livro Argonautas do Mangue apresenta uma etnografia visual dos caranguejeiros do município de Vitória. A publicação ainda analisa historicamente a ocupação urbana e como se deu a influencia desta nos manguezais.

Coutinho (2004) aplicou o método analítico hierárquico para o desenvolvimento de um mapa de vulnerabilidade à ação antrópica em Mangue Seco e proximidades. O autor provou ser a metodologia altamente flexível e replicável, e sugere a sua aplicação em áreas maiores. Coutinho estabeleceu como fatores antrópicos em seu trabalho a distância em relação à pedreira, as avenidas (dando ênfase a Avenida Fernando Ferrari) e as áreas urbanas.

Jesus et. al. (2004) realizou um estudo sobre a distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória, definindo os níveis de concentração e, também, a disposição desses metais, inferindo sobre os principais focos de poluição. Demonstrou que o baixo teor de O₂ dissolvido e menores biodiversidade se deve ao deflúvio superficial urbano e, principalmente, ao lançamento de esgoto, em torno de 70% *in natura*.

Vieira (2004) estudou a evolução temporal do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002 no município de Vitória (ES) utilizando imagens do satélite Landsat TM e técnicas de classificação supervisionada. Observou que a área do manguezal no município aumentou 1.80%. Cabe aqui ressaltar que este trabalho é o único de que se tem notícia que mapeou o uso do solo e desenvolveu uma evolução temporal para todo o município de Vitória.

3.3 USO DO SOLO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006) os levantamentos de uso e da cobertura da terra indicam a distribuição geográfica da tipologia de uso, que pode ser identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre; devendo estes estudos serem considerados como importantes instrumentos para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, visto que proporcionam o conhecimento dos diferentes manejos empregados e identificam alternativas que permitem o desenvolvimento sustentável.

Devido ao seu mérito, os levantamentos de uso e ocupação do solo são largamente realizados. Assim, buscou-se nesta revisão bibliográfica citar apenas alguns de

inúmeros trabalhos, com a finalidade de apresentar os métodos e técnicas comumente utilizados. Estes trabalhos foram brevemente descritos abaixo.

Camargo et. al. (2001) estabeleceram a classificação e a identificação dos stressores antrópicos do manguezal do rio Ratonés e alaboraram um mapa temático, através de técnicas de sensoriamento remoto e SIG. O manguezal em questão faz parte da Estação Ecológica de Carijós, com sede em Florianópolis (SC). Este sofre grande pressão de atividades agropecuárias e da piscicultura. A metodologia utilizada foi a classificação supervisionada, desenvolvida por meio de levantamentos aerofotogramétricos de 1994 e 1998, e da integração dos dados Spot Pancromática e Landsat TM. Porém, este tipo de metodologia não conseguiu evitar a confusão de classes.

Caneparo (2001) por meio de técnicas de fotointerpretação baseadas em vôos feitos nos anos de 1952, 1962, 1980 e 1996 em diferentes escalas, classificou os principais impactos antrópicos em áreas de manguezais de Paranaguá, Paraná. São eles: expansão urbana, industrial e portuária; falta de rede de esgoto; lixo urbano; localização das indústrias.

Rangel et al. (2001) mapeou mudanças de uso e cobertura vegetal por meio de imagens Landsat-5 TM e dados ERS-1/SAR e do uso da classificação supervisionada ocorridas nos manguezais do município Raposa (MA) entre 1984 e 1995. Os autores comprovaram eficácia do uso do algoritmo máxima verossimilhança na discriminação dos alvos de uso e cobertura vegetal presentes nas imagens, mas mesmo com a coleta de amostras em campo, não conseguiram evitar a confusão entre algumas classes que apresentaram similaridade em suas respostas espectrais.

Vasconcelos et. al. (2002) realizaram um estudo com o objetivo de quantificar e caracterizar espacialmente a mudança na cobertura do solo no período de 1956 a 1998 nas regiões de Cacheu e Orango, Guinéa-Bissau. Os dados referentes à cobertura do solo no ano de 1956 foram coletados de mapas agro-ecológicos na escala de 1:50000 advindos de levantamentos aerofotogramétricos. O mapa de cobertura do solo para o ano de 1998 foi desenvolvido pelos autores com o uso de classificação supervisionada de uma imagem Landsat TM. Os pesquisadores salientaram que a diferença das fontes de dados disponíveis para os dois anos limitaram a interpretação dos resultados, contudo os resultados dessa pesquisa

apontaram a necessidade de um plano de manejo sustentável nas áreas estudadas, visto que a maior modificação observada entre as classes no período de tempo estabelecido ocorreram em Cacheu, região de maior área populacional.

Lemos II et. al. (2004) apresentaram o desenvolvimento de uma metodologia para a delimitação de unidades de conservação ambiental, utilizando técnicas de fotointerpretação e fotogrametria digital. O método segue a seguinte ordem: levantamento de dados e materiais já existentes, análise e digitalização dos originais fotográficos do vôo (captura dos dados do meio analógico para o meio digital), levantamento e utilização dos pontos de controle terrestres, aerotriangulação e geração dos modelos estereoscópicos, restituição e fotointerpretação digital dos limites do mangue. A metodologia se mostrou altamente aplicável a outras unidades de conservação, sendo que, para unidades de maiores dimensões imagens de alta resolução, advindas de sensores orbitais, devem ser consideradas.

Pinho et al (2004) realizaram um estudo na cidade de São José dos Campos (São Paulo, Brasil) cujo objetivo era classificar o uso e cobertura do solo no espaço intra-urbano, a partir de análise orientada a objetos em imagens de alta resolução espacial. Assim, os autores utilizaram uma imagem *quickbird* multiespectral e pancromática do ano de 2004, que foi classificada em três níveis hierárquicos – grosseiro, médio e fino – de acordo com o detalhamento dos mapeamentos. Apesar da boa acurácia dos mapeamentos, a classificação automática orientada ao objeto, desenvolvida no software ecognition 4.0, não conseguiu evitar totalmente a confusão de classes. As principais sobreposições ocorreram entre as classes asfalto, concreto escuro e cobertura de alumínio, e entre as classes solo exposto, cobertura de cerâmica e concreto escuro.

Ratcliff e Henebry (2005) estudaram o aumento da densidade urbana de Almaty, Cazaquistão, por meio de aerofotos dos anos de 1964, 1966, 1968 e 1971, e de uma imagem *quickbird* do ano de 2002. Os autores utilizaram a interpretação visual e digitalizaram manualmente as mudanças ocorridas na área de estudo, assim observaram a transição de pequenas construções (casas) para grandes construções (prédios) com o passar do tempo.

Moeller (2005) realizou um estudo na área metropolitana de Phoenix, Arizona, no período de 1973 a 2003 com o uso de sete imagens dos sensores: MSS (imagens dos anos de 1973 e 1979), TM (imagens dos anos de 1985, 1991 e 1995), ETM+

(imagem do ano de 2000) e Aster (imagem do ano de 2003). Por meio da classificação orientada ao objeto o autor observou e apresentou, através de gráficos e mapas, o padrão de crescimento urbano da área estudada.

Holland et. al. (2006) elaboraram uma pesquisa em Great Britain, Reino Unido, com o objetivo de verificar a substituição de aerofotos por imagens de satélite no desenvolvimento e atualização de mapas topográficos. Os autores realizaram a digitalização em tela de vetores advindos de uma imagem *quickbird* e aerofotos nas escalas 1:25000 e 1:50000, verificando que a imagem *quickbird* quando comparada a aerofotos na escala 1:50000 mapeou um número maior de feições, porém mapeou menos feições quando comparada as aerofotos na escala 1:25000. Além disso, os vetores obtidos nesta última escala são mais complexos em termos de posicionamento, exatidão e fidelidade geométrica.

Ginak et. al. (2007) utilizaram as bandas verde, vermelho e azul de uma imagem *quickbird* do ano de 2006 para mapear o uso e ocupação do solo de uma ilha fluvial, localizada entre Ilha Solteira (SP) e Selvíria (MG), com o uso da fotointerpretação e da digitalização manual (via tela). Foram classificados seis usos do solo para a região: capoeira, capoeira rala, campo alagadiço, campo-cerrado, uso antrópico e solo exposto. Verificaram que a composição colorida do satélite *quickbird* possibilitou observação de detalhes da vegetação da ilha, entretanto sugeriram que novas pesquisas sejam realizadas através da utilização da imagem que possuam uma melhor resolução espacial e também composições falsa-cor, principalmente, com o uso do infravermelho próximo.

Pinho et al (2007) analisaram influência do tipo de padrão de ocupação urbana no resultado da análise orientada a objetos em áreas intra-urbanas. O estudo foi desenvolvido em cinco bairros do município de São José dos Campos (SP): Jardim Apolo, Jardim Renata e Cidade Jardim, com arranjo espacial bem definido, e Vila Acácias e Vila Letônia, com arranjo espacial mal definido. Os autores comprovaram por meio da classificação automática orientada ao objeto, desenvolvida no software *ecognition 4.0*, que quanto mais completo o padrão de ocupação – maior a heterogeneidade do tamanho das edificações, a variedade dos materiais de cobertura e a ausência de um arranjo espacial bem definido – pior será a exatidão temática dos resultados.

3.4 VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Segundo Tagliani (2003) entende-se por vulnerabilidade ambiental a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer.

O desenvolvimento de mapas de vulnerabilidade e de risco ambiental, que utilizam análise multicritério em sua metodologia, se caracterizam por estudos relativamente recentes, sendo mais comumente aplicados às águas subterrâneas e superficiais, como por exemplo os estudos realizados por Giupponi et. al. (1999) e Thirumalaivasan et. al. (2001).

Giupponi et. al. (1999) desenvolveram mapas de risco à poluição agrícola para a bacia de *Lagoon of Venice* (Itália). Neste estudo foi utilizada a análise multicritério para o desenvolvimento de mapas de risco de águas superficiais e subterrâneas a dois tipos de práticas agrícolas: a comum e a eco-compatível, sendo esta última de menor risco ambiental.

Thirumalaivasan et. al. (2001) utilizaram o modelo DRASTIC e o método de análise hierárquica (AHP) para avaliar a vulnerabilidade do aquífero *Upper Palar* em *Tamil Nadu* (Índia). A vulnerabilidade para o aquífero foi apresentada em classes em um mapa.

Os mapas de vulnerabilidade têm sido também aplicados em outras áreas de interesse, como, por exemplo, o trabalho realizado por Mavroulidou et. al. (2004) na cidade de Surrey (Reino Unido), que utilizou em sua metodologia uma matriz das interações que ocorriam na área de estudo aplicada juntamente com sistema de informação geográfica (SIG) para verificar a vulnerabilidade da qualidade do ar gerada pela poluição causada pelo tráfego de veículos. A vulnerabilidade foi apresentada em um mapa onde foi classificada de baixa a alta.

A revisão bibliográfica desta dissertação, no que se refere há mapas de vulnerabilidade realizados por meio de análise multicritério aplicados a áreas de proteção e, principalmente, a manguezais, ficou limitada a trabalhos nacionais, pois, na época da realização desta pesquisa não foram encontrados trabalhos internacionais que enfocavam este assunto. Portanto temos como referencia os

trabalhos realizados por Hasenack et. al. (1998), Rosot et. al. (2000) e Tagliani (2003).

Hasenack et. al. (1998) analisaram a vulnerabilidade do Parque do Morro do Osso (Porto Alegre-RS) à urbanização utilizando a metodologia de múlticritério à decisão por meio do método de combinação linear ponderada. Assim, foram levados em consideração múltiplos fatores de vulnerabilidade: distância de ruas e caminhos, distância de edificações, declividade e vegetação. Por meio da metodologia utilizada foi possível reduzir a subjetividade dos procedimentos de análise e os resultados foram visualizados na forma de mapas.

Rosot et. al. (2000) apresentaram uma metodologia para a elaboração de um mapa de vulnerabilidade às ações antrópicas para o manguezal do Itacorubi (SC), em função dos fatores: proximidade de ruas, de áreas urbanas, de aterros sanitários e de aquicultura. Foi utilizada uma imagem pancromática de satélite SPOT como fundo para digitalização via tela das feições de interesse e empregou-se o método de avaliação por critérios múltiplos e combinação linear ponderada (com o uso da escala de comparadores de Saaty). O mapa resultante apresenta uma saída gráfica de fácil interpretação. A metodologia pode ser aplicada a outras áreas similares, critérios e fatores podem ser modificados e acrescentados.

Tagliani (2003) desenvolveu um mapa de vulnerabilidade ambiental para uma parte da planície costeira do Rio Grande do Sul, que abrange os municípios de Pelotas, Rio Grande e São José do Norte. Para agregar vários fatores de vulnerabilidade foi utilizado o método de combinação linear ponderada de acordo com a escala de comparadores de Saaty. Os diversos fatores de vulnerabilidade foram padronizados para uma escala contínua de 0 a 255, definindo o limite de menos vulnerável a mais vulnerável. Cada imagem-fator foi multiplicada pelo seu peso correspondente e, posteriormente, todos os fatores foram somados. A metodologia utilizada é amplamente flexível e pode ser utilizada como uma ferramenta de uso multidisciplinar.

3.5 MÉTODO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP)

O método de análise hierárquica (AHP) é um dos métodos de análise de multicritérios existentes. Os métodos de análise de multicritérios têm como proposta comum avaliar e escolher entre alternativas baseadas em critérios múltiplos usando análises sistemáticas que superam as limitações individuais ou de um grupo. (KIKER et. al., 2005)

O AHP foi desenvolvido por Satty (1977), segundo o autor o principal problema na teoria de decisão é como estabelecer pesos para atividades de acordo com sua importância.

O método de análise hierárquica, através da decisão do problema em níveis hierárquicos, determina por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, uma medida global para cada alternativa, priorizando-as ou classificando-as ao finalizar o método (GOMES et. al., 2004).

A hierarquização monta um modelo da realidade e visualiza a interação dos componentes do sistema que divididos em níveis, garante confiança e flexibilidade. Assim, os níveis deste sistema hierarquizado podem ser facilmente representados na forma de matriz, onde linhas e colunas são componentes do sistema. Essa matriz é chamada de matriz de comparação par a par, matriz dominante ou, ainda, matriz de decisão (SAATY, 1977) (GOMES et. al., 2004).

Visto que os julgamentos humanos tendem a inconsistência, Saaty (1977) criou uma escala em que os valores assumidos vão de 1 (igual importância) a 9 (importância absoluta). Porque, de acordo com as pesquisas deste autor, seria impossível um indivíduo comparar simultaneamente mais que 7 ± 2 elementos (Tabela 1).

Assim, os elementos da matriz podem ser facilmente julgados de acordo com o seu grau de importância dentro da hierarquia admitida, sabendo-se que cada elemento indica quanto o fator da coluna da esquerda é mais importante em relação a cada fator correspondente na linha superior, portanto, quando um fator é julgado com ele mesmo, o único resultado possível é 1 (um) (COUTINHO, 2004).

Devido ao fato da matriz desenvolvida ser sempre uma matriz quadrada apenas metade dos fatores precisam ser julgados visto que para os outros um valor recíproco é assumido, então $a_{ji} = 1/a_{ij}$ (EASTMAN, 2001).

TABELA 1 – ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY (1977)

Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena	O julgamento favorece levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	O julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando há uma condição de compromisso entre as duas definições.

Fonte: Saaty (1977), adaptado.

Um ponto importante em relação as matrizes é a sua consistência. Saaty (1977) propõe uma forma de medi-la através da razão de consistência (RC), afirmando que quanto maior o valor de RC maior será a inconsistência. Assim, para que a matriz seja considerada consistente, RC deve apresentar valor nulo se a matriz for de ordem 2, porém RC deve ter valor menor que 0,05 se a matriz for de ordem 3, já para matrizes de ordem 4 RC deve ser menor de 0,09, e para matrizes de ordem maior que 4 uma inconsistência igual ou menor que 0,10 é considerada aceitável.

Porém, o RC é apenas um fator de alerta. A manipulação de valores ou julgamentos que forcem o enquadramento da matriz a consistência é desvantajosa, visto que a manipulação de valores ou pesos não corresponderá a realidade apesar de responderem ao rigor matemático. (JESEN, 1984)

Uma consideração a ser feita sobre este método é que, de acordo com Belton (2002), Jesen (2004) e Gomes (2004), o AHP não permite a adição ou remoção de um fator antes não considerado na análise. Assim, caso novos fatores sejam

adicionados ou retirados se torna necessário desenvolver novamente as matrizes de comparação, e assim, todo o método.

Segundo Wolfslehner et. al. (2005) o AHP é intuitivo, facilmente usado, de fácil aproximação e é o mais popular.

Portanto, tem sido aplicado em várias áreas do conhecimento, já que possui grande potencial de aliar julgamentos quantitativos a informação científica. Recebendo atenção em pesquisas na área ambiental. (KIKER et. al., 2005)

O método de análise hierárquica possui programas específicos para o seu desenvolvimento, mas já foi adaptado para o ambiente dos sistemas de informação geográficos (SIG), como é o exemplo do aplicativo computacional Idrisi 32, onde a rotina pode ser rapidamente desenvolvida (EASTMAN, 2001).

A seguir, apresentaremos as etapas e a formulação matemática necessária para o desenvolvimento do AHP de acordo com Saaty (1977) e Gomes et. al. (2004):

1. Construída a hierarquia é necessário montar e preencher as matrizes de decisão de acordo com a comparação par a par, utilizado a escala fundamental de Saaty (1977).
2. Os valores atribuídos serão normalizados de acordo com a fórmula 1.1, onde n corresponde ao número de alternativas:

$$\sum_{i=1}^n \bar{v}_i (A_j) = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (1.1)$$

O método AHP calcula dados parciais do conjunto A dentro de cada critério v_i (A_j), $j = 1, \dots, n$, estabelecendo valores da alternativa j em relação à alternativa i .

3. Cada parte deste somatório consiste na fórmula 1.2, lembrando que n corresponde ao número de alternativas:

$$\bar{v}_i (A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, \dots, n \quad (1.2)$$

Considere:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \text{ como o somatório dos valores da coluna referente a cada fator.}$$

4. Assim, o vetor das prioridades da alternativa i em relação ao critério é obtido de acordo com a fórmula 1.3:

$$\bar{v}_k(A_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{v}_j(A_j)}{n} \quad i = 1, \dots, n \quad (1.3)$$

Utilizando a fórmula 1.3 os valores de cada linha da matriz, referentes a um mesmo fator, são somados e, o resultado desta soma é dividido pelo número de ordem da matriz.

5. Para se obter o autovetor (λ_{\max}) de A é necessário que a matriz de valores satisfaça a equação representada pela fórmula 1.4 e, portanto, poderemos aplicar a fórmula 1.5.

$$Aw = \lambda_{\max} \times w \quad (1.4)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i [AW]_i / w_i \quad (1.5)$$

6. Com o objetivo de verificar o grau de perturbação da matriz, Saaty (1977) propõe o cálculo de índice de consistência (IC), por meio da equação (1.6), e da razão de consistência (RC), obtida pela fórmula (1.7). Onde, IR é um índice aleatório calculado para matrizes quadradas de ordem n (Tabela 2).

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (1.6)$$

$$RC = IC / IR \quad (1.7)$$

TABELA 2 – VALORES DE IR PARA MATRIZES DE ORDEM N

Ordem (n)	2	3	4	5	6	7	8	9
IR	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,40	1,45

Fonte: Belton et. al. (2002) e Gomes et. al. (2004), adaptado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, alvo de nosso estudo, localiza-se entre as latitudes de 20° 14' S a 20° 17' S e longitude de 40° 16' W a 40° 20' W.

Foi constituída unidade de preservação do município de Vitória-ES primeiramente como reserva biológica municipal mediante a publicação da Lei Municipal Nº 3326 de 27 de maio de 1986, depois segundo a Lei Municipal Nº 3377 de 12 de setembro de 1986 foi transformada em Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão.

A área definida para o desenvolvimento desta pesquisa apresenta aproximadamente 33,4 Km² e abrange a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, parte dos municípios de Vitória e Serra (bairro Nova Carapina) (Figura 1).

4.2 MATERIAIS

Os materiais que foram utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa são:

- Software Arcgis 8.3
- Software Erdas Imagine 8.5
- Software Idrisi32
- Câmera digital Olympus D-395
- GPS Garmin 12xl
- Aerofotos correspondentes à área de estudo no ano de 1978 (Doação IDAF - Escala: 1:20000)
- Aerofotos correspondentes à área de estudo no ano de 2003 (MAPLAN - Escala: 1:8000)
- Imagem Pancromática do Satélite *Quickbird* (Intersat - Resolução espacial: 0,61m)

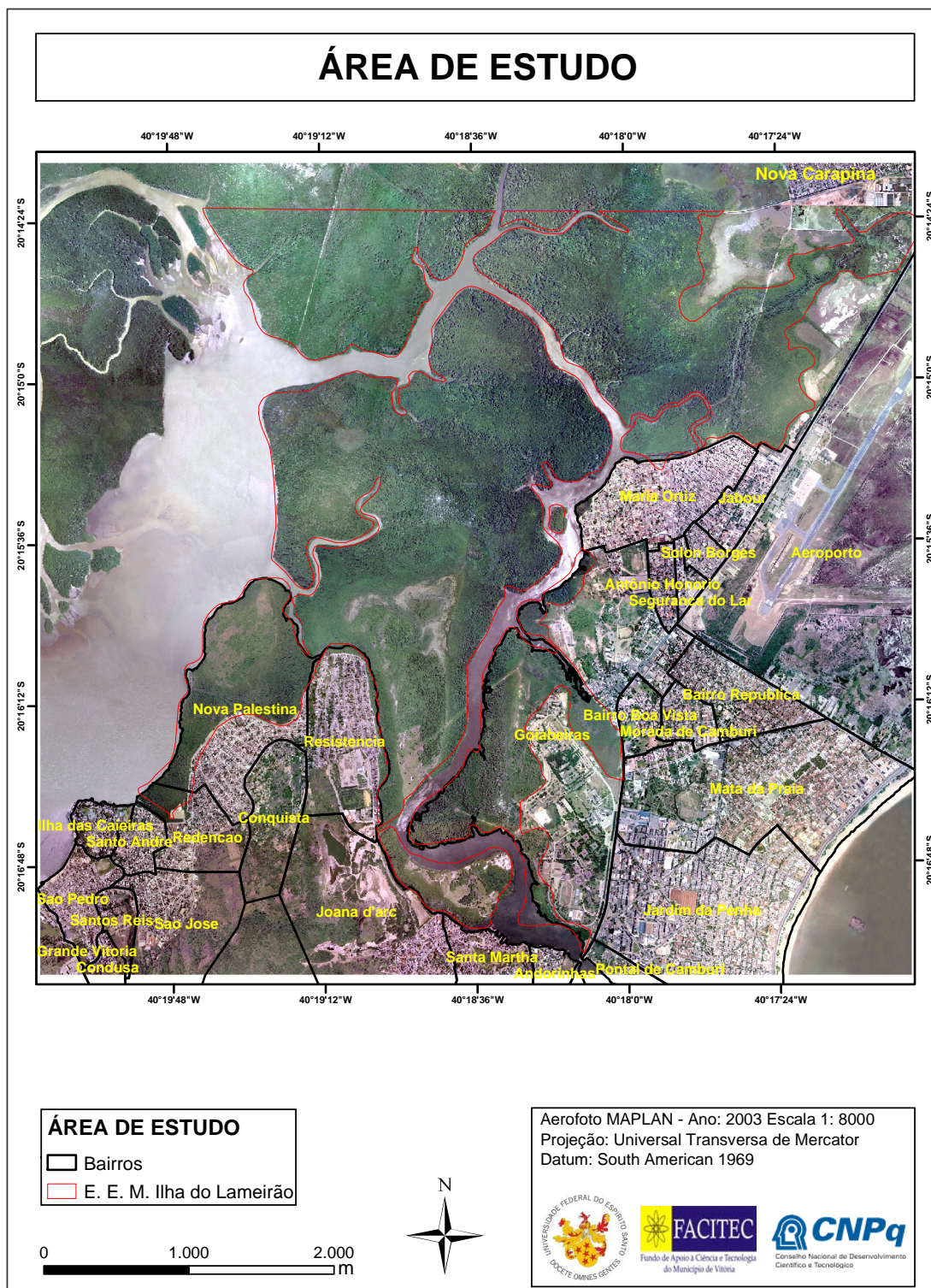


Figura 1. Apresentação da área de estudo.

4.3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa para sua melhor organização foi dividida em três etapas:

- Etapa 1: Mosaicagem das aerofotos;
- Etapa 2: Evolução temporal ocorrida na área de estudo;
- Etapa 3: Mapa de vulnerabilidade a ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão.

4.3.1 Etapa 1: Mosaicagem das aerofotos

As aerofotos de 1978 foram digitalizadas no próprio IDAF, em scanner de mesa com resolução de 800 dpi, e georeferenciadas no software ERDAS IMAGINE 8.5, utilizando o modelo geométrico polinomial. E assim, as aerofotos deste ano foram então mosaicadas.

As aerofotos adquiridas da empresa Maplan Aerolevantamentos S. A. do ano de 2003, compradas em formato digital e georeferenciadas, foram mosaicadas utilizando-se o software ERDAS IMAGINE 8.5.

Toda a metodologia utilizada no desenvolvimento desta etapa pode ser observada no fluxograma apresentado na Figura 2.

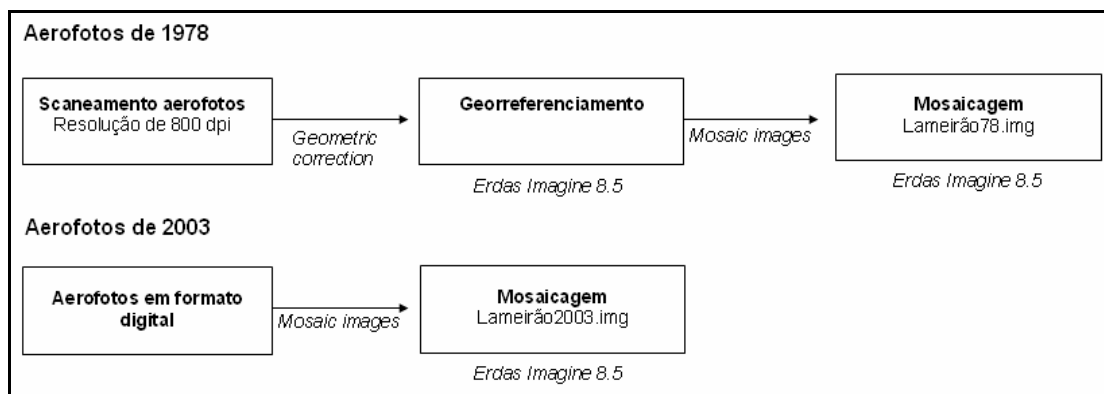


Figura 2. Fluxograma da etapa 01: mosaicagem das aerofotos

A tabela 3 apresenta o número de pixels apresentados (linhas x colunas), depois do processo de mosaicagem, pelas aerofotos de 1978 e 2003 e, também, a resolução espacial obtida.

Os dados de número de pixels (linhas x colunas) e resolução espacial da imagem de 2005 estão igualmente descritos na tabela 3, porém esta imagem pancromática do satélite *Quickbird* não passou pela etapa descrita no fluxograma apresentado na figura 2. Pois, o produto do sensor deste satélite já é uma imagem digital e a área escolhida pelo usuário é informada a empresa Intersat no ato de sua aquisição.

TABELA 3 – NÚMERO DE PIXELS E RESOLUÇÃO ESPACIAL DAS IMAGENS

Imagem	Nº de pixels (linhas x colunas)	Resolução espacial
Aerofotos (Ano: 1978)	9288 x 8662	0,64 m
Aerofotos (Ano: 2003)	23960 x 22317	0,25 m
Pancromática - <i>Quickbird</i> (Ano: 2005)	9978 x 9305	0,60 m

4.3.2 Etapa 2: Evolução temporal ocorrida na área de estudo

Esta etapa da pesquisa teve como objetivo demonstrar a evolução temporal ocorrida na área de estudo, ou seja, na Ilha do Lameirão e seu entorno, abrangendo uma área total de aproximadamente 33,4 Km². Assim, utilizou-se as aerofotos pertencentes a área de estudo dos anos de 1978 e 2003 e, também, a imagem pancromática do satélite *Quickbird* do ano de 2005, para o desenvolvimento de mapas de uso e ocupação do solo. Portanto, para cada imagem foi desenvolvido um mapa temático.

Para a execução deste objetivo utilizou-se a digitalização via tela por meio de fotointerpretação. Esta pode ser definida como um processo que utiliza observação e interpretação, fundamentado no raciocínio lógico, dedutivo e indutivo para compreender e explicar o comportamento de cada objeto contido nas imagens (MOREIRA, 2003).

Com a determinação de verificar as texturas presentes, houve um estudo das aerofotos e da imagem pancromática, e também, foram feitas observações em

campo nos dias 3, 4, 10 e 11 de setembro de 2005. Assim, optou-se por mapear 10 classes, estabelecendo uma escala padrão de 1:702 para todo o processo de fotointerpretação (Tabela 4).

Foram criados, então, três *shapfiles* de polígono no ArcGis 8.3, um para cada ano a ser estudado. O *shapfile* é uma organização de dados, criada pela empresa ESRI que contem dados geométricos e dados de atributos. Os dados armazenados segundo o formato *shapfile* estão distribuídos em três arquivos: dois deles contém os dados propriamente ditos, e o terceiro contém informação do índice de organização dos dados presentes nos dois primeiros (Firkowski et al, 2000).

O *shapfile* de cada ano estudado foi sobreposto a sua imagem correspondente para a digitalização via tela. Os polígonos foram editados e, posteriormente, agrupados em classes. Assim, se obteve um mapa temático de uso do solo para cada ano estudado.

Também, buscou-se quantificar a área de cada classe através da calculadora de valores da tabela de atributos do próprio *shapfile*, tornando possível comparar o aumento ou a diminuição da área das classes em relação aos anos estudados, e demonstrar a evolução temporal e espacial do uso do solo para a área de estudo.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento dos mapas de uso do solo pode ser observada no fluxograma apresentado na Figura 3.

TABELA 4 – CLASSES ESCOLHIDAS PARA O MAPEAMENTO

CLASSE	TEXTURA	DESCRIÇÃO
Água		Presença de mar, rios e reservatórios (Corpo d'água)
Área Urbana		Áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde existem superfícies artificiais e não-agrícolas.
Areia		Presença de areia, textura lisa, coloração variando de branco a cinza claro.
Campo		Formações não arbóreas.
Horticultura		Terra utilizada para produção de hortaliças
Mangue		Forma irregular, textura rugosa, coloração verde escura (influência da presença de água).
Restinga		Vegetação de textura lisa, rugosidade baixa e com presença de tufos rugosos medianos, freqüente sobre as áreas arenosas
Rocha		Considerou-se todas as formações rochosas.
Solo exposto		Todos os solos descobertos, sem a presença de área verde ou construções.
Vegetação		Todas as outras áreas verdes com presença de vegetação arbórea, excluindo-se o mangue e a restinga.

Fonte: Florenzano (2002), Silva (2003) e IBGE (2006)

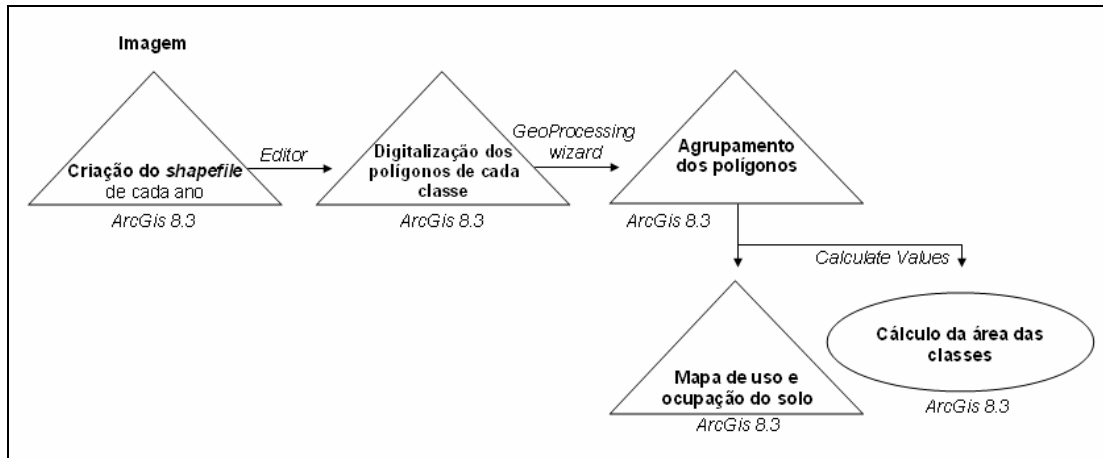


Figura 3. Fluxograma da etapa 02: evolução temporal ocorrida na área de estudo

4.3.3 Etapa 3: Mapa de vulnerabilidade a ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão

Para o desenvolvimento do mapa de vulnerabilidade antrópica para a Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão, utilizamos o Método de Análise Hierárquica criado por Saaty (1977).

4.3.3.1 Mapeamento dos fatores antrópicos

Por meio dos impactos antrópicos observados em visita feita a campo (3 e 4/11, e 10 e 11/11 de 2005) e dos mapas de uso e ocupação do solo nos anos de 1978, 2003 e 2005, optou-se por mapear três fatores de ação antrópica que por sua vez foram divididos em outros fatores chamados de subfatores. Assim, formou-se a hierarquia do mapa de vulnerabilidade à ação antrópica (Figura 4).

Todos os subfatores foram mapeados com o uso de um GPS e digitalizados via tela, tendo como plano de fundo a imagem pancromática do satélite *quickbird* do ano de 2005, como pode ser observado nas Figuras 5 e 6. Os subfatores também foram fotografados para que fossem documentados; essas fotos estão presentes no apêndice A deste trabalho.

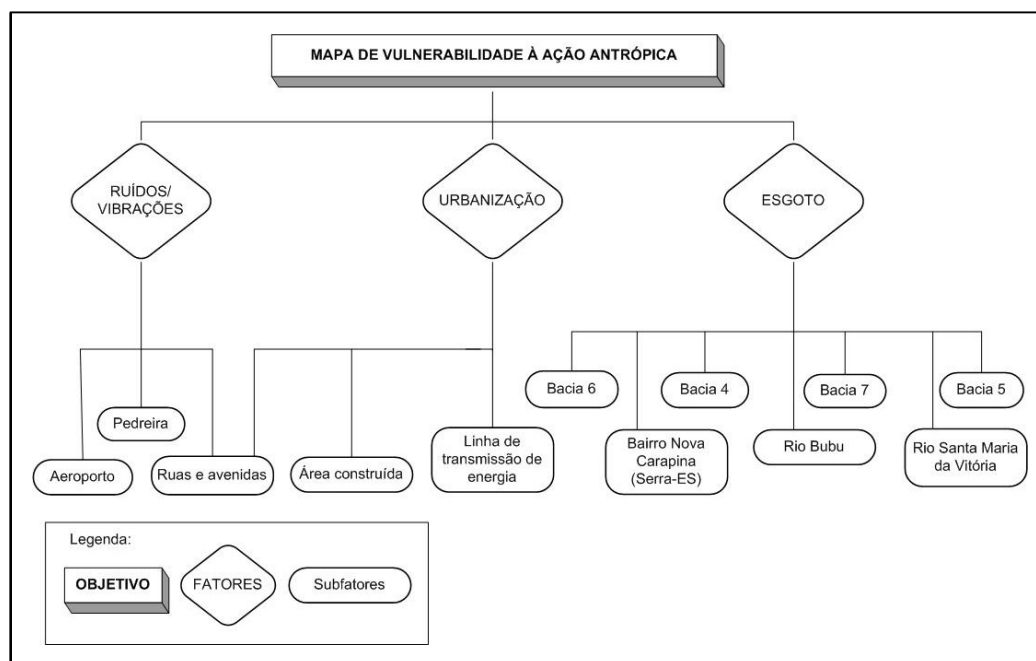


Figura 4. Hierarquia do mapa de vulnerabilidade à ação antrópica.

São fatores e suas respectivas justificativas de escolha:

a) Urbanização

De acordo com Hasenack et al. (1998) quanto mais próxima estiver uma área de proteção de uma rua ou caminho mais vulnerável será a invasões. Estes mesmos autores afirmam também que quanto mais distante uma área de proteção de edificações menor é a probabilidade de ser invadida.

Ferreira (1989) nos remete para uma questão específica da área de estudo deste trabalho, a linha de transmissão de energia. Para a construção da mesma foi desmatada uma considerável área de manguezal, que não encontra ambiente favorável a sua ocupação. Além disso, um aterro feito para a construção da linha de transmissão de energia proporciona um caminho de fácil penetração para dentro do manguezal.

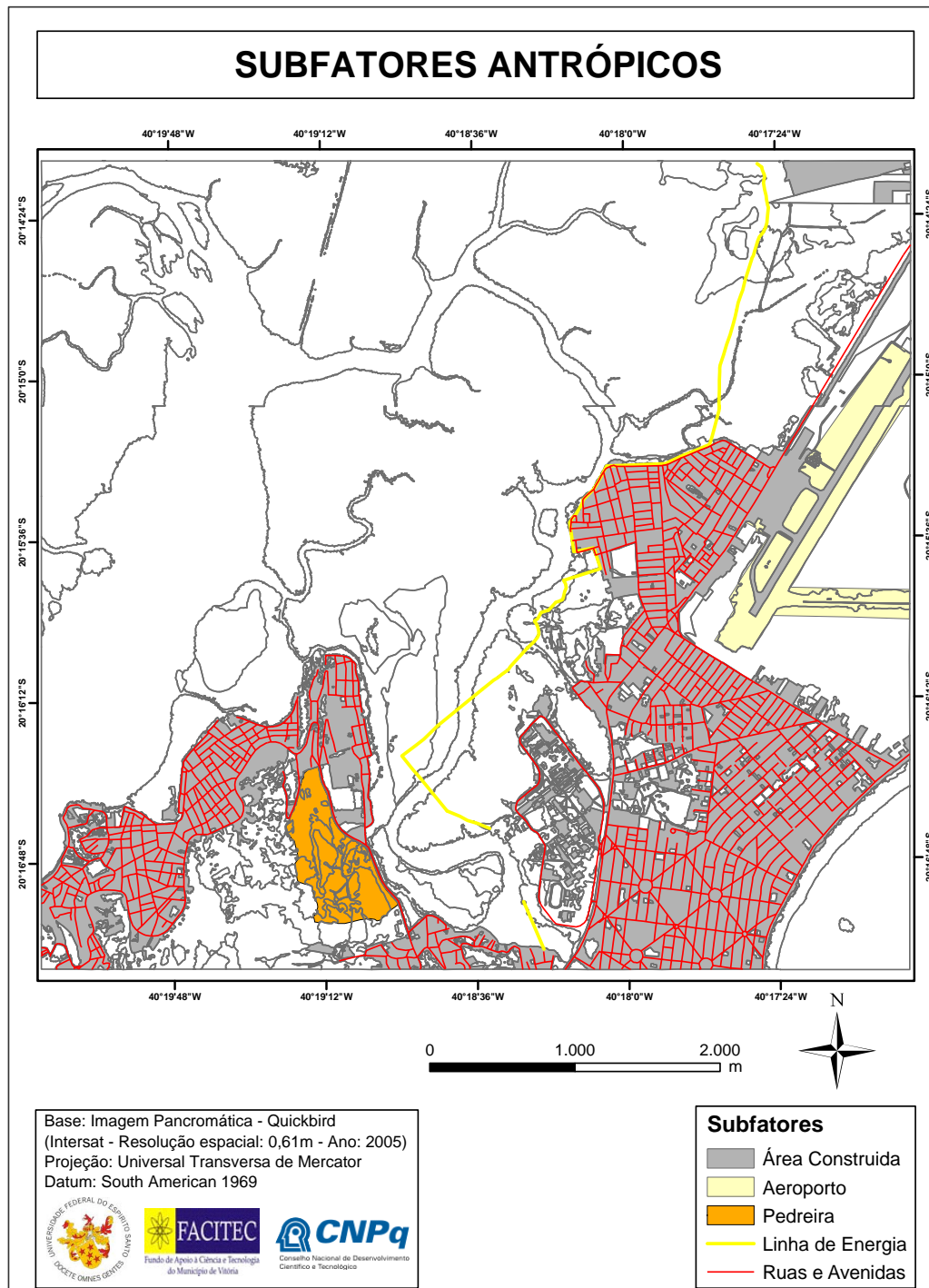


Figura 5. Subfatores de Ação Antrópica.

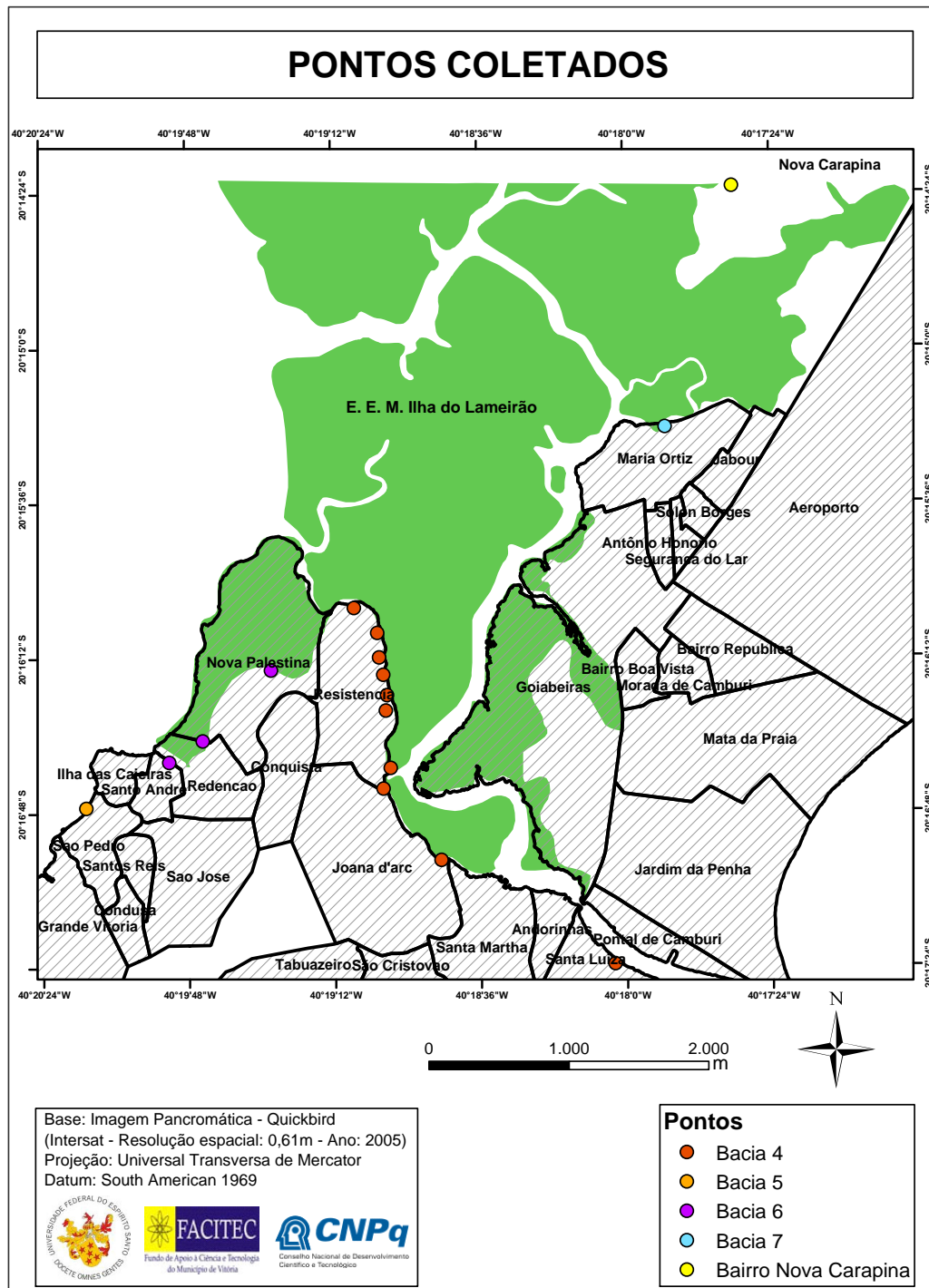


Figura 6. Pontos coletados.

b) Ruído/Vibrações do solo

O som em excesso é uma ameaça à saúde, ao bem estar público e a qualidade de vida, assim problemas de níveis excessivos de ruídos estão entre os sujeitos ao controle da poluição do meio ambiente. (Resoluções CONAMA Nº 1 e 2, de 08 de março de 1990).

Segundo Coutinho (2004), a proximidade entre a pedreira e os manguezais em alguns pontos chega a menos de 15 metros. As explosões freqüentes realizadas neste local tendem a gerar vibrações no solo que por conseqüência podem provocar o deslocamento dos sedimentos do fundo do canal, acarretando em alterações na penetração de radiação solar, afetando o manguezal.

Wang et al (1999) afirma que um dos maiores problemas no meio urbano é a poluição sonora, que além de gerar som em excesso, gera também vibrações. Então, na área em que foi desenvolvido este trabalho, estudaram-se quais seriam as outras fontes de ruído e vibrações, que junto com a pedreira, seriam consideradas como formas de poluição sonora, optando por mapear também as ruas e avenidas e o aeroporto.

c) Esgoto/ Deflúvio superficial urbano

Segundo Alongi (1998) o impacto do despejo de efluentes em manguezais depende da quantidade envolvida. De acordo com o autor, a presença de altos níveis de nutrientes estimularia o crescimento de algas e causaria a desoxigenação da água pela atividade de microorganismos; as algas poderiam desenvolver-se de forma intensa nos pneumatóforos e nas raízes aéreas, impedindo a troca de gases.

O lançamento de esgoto na baía de Vitória, já citado por Ferreira (1989), Paiva (1999) e Jesus (2004), interfere, segundo os autores, na sustentabilidade da fauna e flora dos manguezais através do incremento de matéria orgânica e metais pesados.

Jesus (2004) nos alerta ainda que o deflúvio superficial urbano contém todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Segundo ele, metais pesados associados ao desgaste de lonas e freios de carros, ou ao desgaste de pneus, e a

compostos de ferro ou outros componentes do solo, podem acumular-se nas ruas, sendo posteriormente arrastados para os cursos de água.

Apesar de alguns trabalhos ressaltarem o lançamento de efluentes na baía de Vitória, ainda não existem trabalhos que quantifiquem e qualifiquem a vazão lançada nesta área.

Assim, com o intuito de prever a influência do fator esgoto, nos baseamos nos dados do Plano Diretor Urbano do Município de Vitória por meio do qual foi possível verificar as bacias de esgotamento de Vitória e calcular vazões médias de contribuição das bacias denominadas pelo município de bacias 4, 5, 6, e 7 (Figura 7). Também foi possível calcular a área de cada bacia que possui tratamento de seu esgoto através dos dados de esgotamento sanitário da prefeitura de Vitória (Figura 8).

O bairro Nova Carapina que pertence ao município da Serra também teve sua contribuição de vazão calculada, pois a despeja dentro dos limites do município de Vitória.

Assim, de acordo com Sperling (1996) e Fernandes (1997) foi estabelecido um coeficiente de retorno igual a 0,80 e o consumo de 200 litros por habitante/dia para o cálculo das vazões médias de cada bacia de esgotamento (Vitória-ES) e do bairro Nova Carapina (Serra-ES). As vazões obtidas e as porcentagens de área que possui esgotamento sanitário de cada bacia podem ser vistos na Tabela 5.

Os dados referentes ao número de habitantes de cada bairro, utilizados nos cálculos das vazões médias, foram obtidos através das *homepages* dos municípios de Vitória (www.vitoria.es.gov.br) e da Serra (www.serra.es.gov.br).

Optou-se também por incluir os Rios Santa Maria da Vitória e Bubu como subfatores do fator esgoto, visto que, de acordo com Souza (2002), os dois rios apresentam atividades predominantemente agrícolas na parte superior de suas bacias, sendo a parte inferior caracterizada por usos urbanos e industriais.

O rio Santa Maria da Vitória é responsável pelo abastecimento de todo o município da Serra e Cariacica, e de parte dos municípios de Vitória e Fundão. Porém, segundo reportagem publicada no Jornal A Gazeta do dia 18 de março de 2007, o rio vem sofrendo com o despejo de esgoto e com o uso de agrotóxicos em sua

bacia, o que fez com que houvesse um aumento de 30% na quantidade de produtos químicos utilizados para tornar a sua água potável.

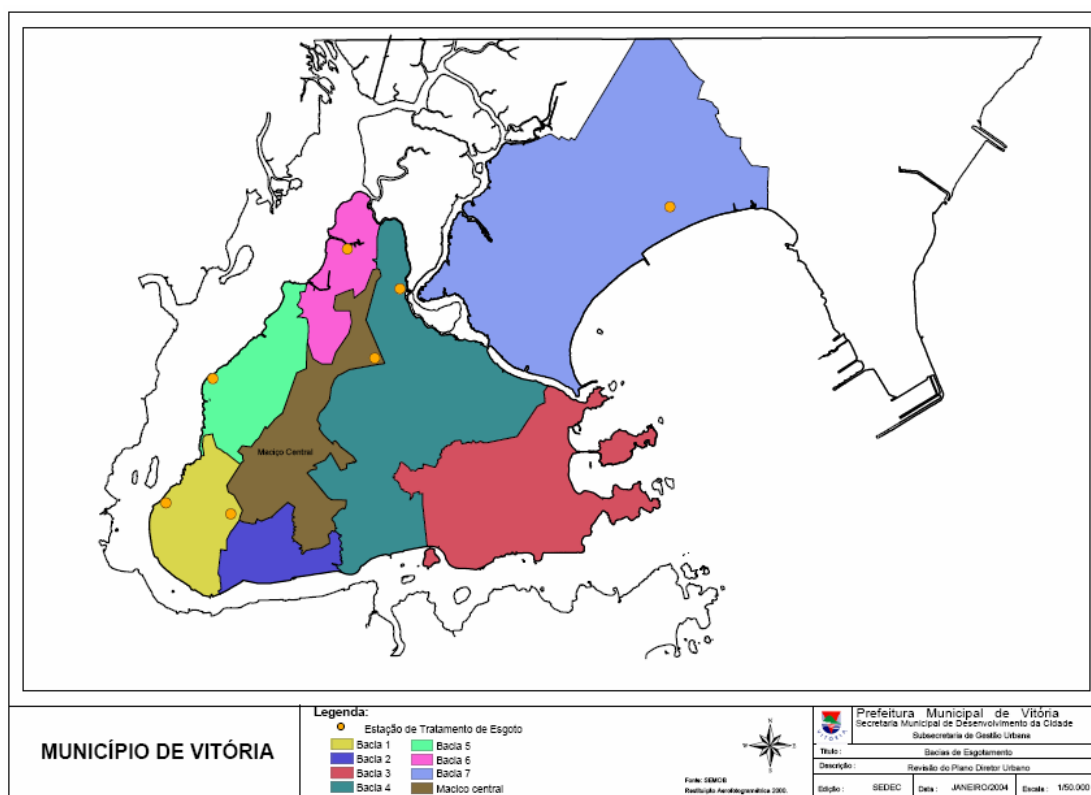


Figura 7. Bacias de esgotamento do município de Vitória.

Fonte: PMV/ Secretaria Municipal de desenvolvimento da Cidade (Cedido pelo Instituto Jones dos Santos Neves).

Por outro lado, Jesus (2004) afirma que o rio Santa Maria da Vitória apresentou bons índices de qualidade no que se refere à concentração de oxigênio dissolvido, DBO e nitrogênio e fosfatos totais. Informando que os demais rios da baía de Vitória, e entre eles o rio Bubu, apresentam níveis inferiores de qualidade, principalmente com relação a carga orgânica e a coliformes fecais.

Souza (2002) porém, alerta sobre altos níveis de metais pesados nos manguezais dos rios Bubu e Santa Maria da Vitória, verificando níveis de Cr e Zn, em ostras e sururus, acima do limite máximo pela legislação vigente. A autora ainda diagnosticou concentrações significativas de outros metais pesados: Fe, Ni, Pb e Mn.

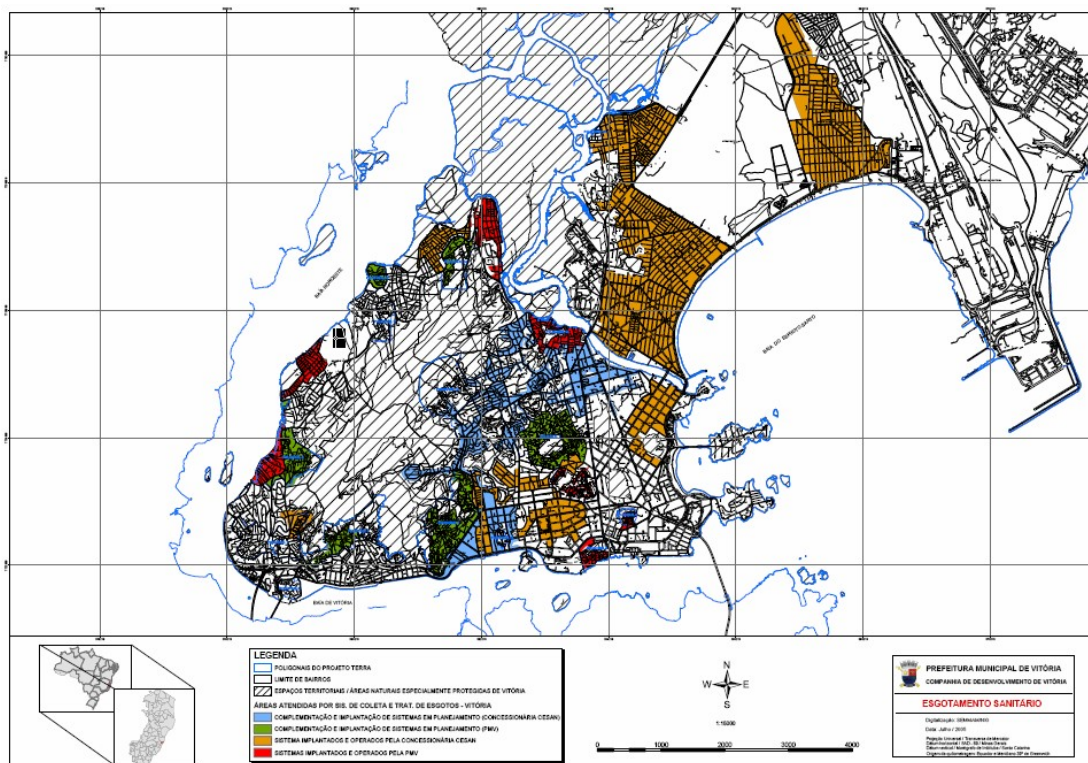


Figura 8. Esgotamento Sanitário do Município de Vitória
Fonte: PMV/Companhia de Desenvolvimento de Vitória

TABELA 5 – VAZÕES OBTIDAS E PORCENTAGEM DAS ÁREAS QUE POSSUEM ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Local	Vazão (l/hab.s)	Área atendida (%)
Bacia 4	143,96	45,21
Bacia 5	33,60	12,83
Bacia 6	26,87	15,84
Bacia 7	153,87	39,70
Bairro Nova Carapina	25,98	0

4.3.3.2 Desenvolvimento dos mapas de distância de cada subfator

Foi desenvolvido para cada subfator um mapa de distância, tendo como resultado a distância euclidiana de cada célula à sua mais próxima num conjunto de células-alvo pré-especificado (ROSOT et. al., 2000).

4.3.3.3 Padronização dos mapas de distância euclidiana

Após a execução dos mapas de distância realizou-se a padronização dos subfatores no intervalo correspondente a um byte, ou seja, de 0 a 255. Para tanto, foi utilizada uma equação linear simples ($Y=aX+b$), definindo que quanto mais próximo o subfator da área de estudo maior a vulnerabilidade à mesma. Assim os mapas de distância foram padronizados numa escala contínua de vulnerabilidade de 0 (menos vulnerável) a 255 (mais vulnerável) mantendo-se a integridade dos mesmos (Figura 9).

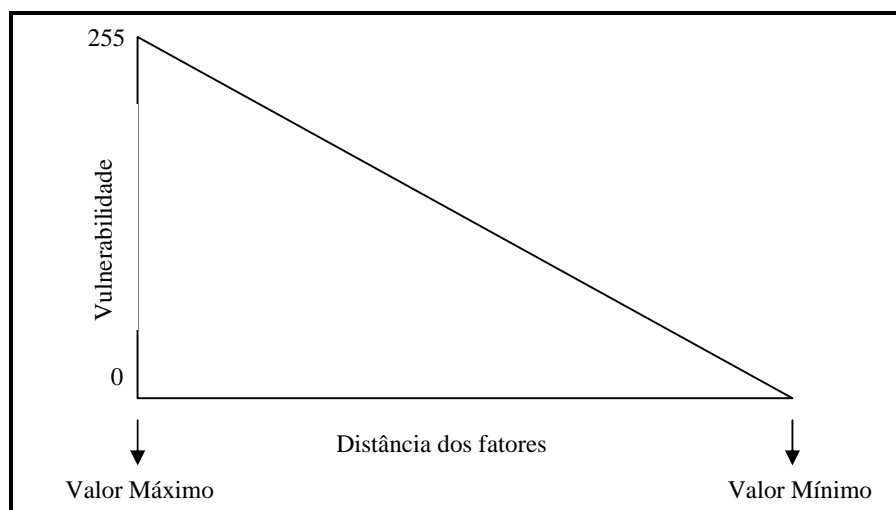


Figura 9. Função de escalonamento linear decrescente.
Fonte: ROSOT et al (2000), adaptado.

4.3.3.4 Matrizes de decisão

Neste ponto fez-se necessário ponderar os resultados obtidos de acordo com o grau de importância que possuem fazendo uso do método analítico hierárquico e da escala fundamental de Saaty (1977) (Tabela 01, página 31).

De acordo com a hierarquia anteriormente apresentada na Figura 4, página 39, foi desenvolvida uma matriz de comparação par a par para os fatores, permitindo que cada fator tenha seu peso correspondente. Foram, também, desenvolvidas três matrizes de comparação par a par em relação aos subfatores de cada fator antrópico. Assim, cada subfator também teve um peso.

Abaixo estão discutidas as justificativas para a escolha das importâncias, que foram julgadas de acordo com a escala fundamental de Saaty (1977). São exibidas também as matrizes desenvolvidas, a razão de consistência (RC) e os pesos gerados.

Entretanto, o método analítico hierárquico desenvolvido sem o suporte do aplicativo Idrisi 32 se encontra apresentado de forma bastante detalhada no Apêndice B deste trabalho.

a) Matriz de comparação par a par dos fatores de ação antrópica

Para a matriz de comparação par a par dos fatores de ação antrópica, considerou-se o fator urbanização como o que representa maior importância quando comparado com os outros fatores. Primeiramente, porque o município de Vitória-ES possui poucas áreas disponíveis para a sua expansão e a especulação imobiliária aumentou devido a novos atrativos econômicos, e a urbanização não planejada, resultaria no agravamento de problemas relativos aos outros dois fatores: esgoto e ruídos/vibrações.

O caderno de economia do jornal A Gazeta do dia 25 de março de 2007 informa que as áreas periféricas do município poderão dobrar de valor devido às poucas áreas existentes para expansão imobiliária, uma das áreas citadas como exemplo desta futura valorização é o bairro Maria Ortiz, que já apresenta uma área de manguezal pobre e bastante degradada.

Um segundo motivo para a maior importância atribuída a urbanização se deve a interferência humana pela exploração, comercialização e consumo dos recursos providos pelo manguezal (ALVES, 2004) (FERREIRA, 1989).

Quanto ao fator esgoto, apesar de alguns trabalhos também desenvolvidos para áreas que abrangem a área estuda por esta pesquisa apresentarem argumentos sobre o assunto – como: Ferreira (1989), Paiva (1999), Souza (2002) e Jesus (2004) – nenhum deles conseguiu verificar ou quantificar as reações do manguezal pertencente à Estação Ecológica Municipal a este fator. Porém, Souza (2002) alerta sobre a alta concentração de metais pesados em animais utilizados na culinária:

ostras e sururus. E Alongi (1998) argumenta que a eutrofização em manguezais é possível. Assim, se estabeleceu uma importância mediana do fator esgoto em relação aos outros fatores antrópicos.

Na tabela 6 estão as importâncias atribuídas os fatores e em seguida, na tabela 7, os pesos obtidos.

TABELA 6 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS FATORES ANTRÓPICOS

Fatores	Ruído/ Vibrações	Esgoto	Urbanização
Ruído/ Vibrações	1	1/5	1/9
Esgoto	5	1	1/3
Urbanização	9	3	1

TABELA 7 – PESOS DOS FATORES ANTRÓPICOS

Fatores	Pesos
Ruído/ Vibrações	0,0629
Esgoto	0,2654
Urbanização	0,6716
RC	0,03

b) Matriz de comparação par a par dos subfatores de Ruídos/Vibrações

Para a matriz de comparação dos subfatores de ruídos/ vibrações, foi considerado que o subfator pedreira é o que possui a maior importância para o fator ruídos e vibrações, pois segundo Coutinho (2004) existem explosões freqüentes neste local e proximidade entre a pedreira e os manguezais em alguns pontos chega a menos de 15 metros.

Estabeleceram-se menores importâncias aos subfatores ruas e avenidas e aeroporto quando comparados ao subfator pedreira, pois foi observada uma intensidade menor nestes subfatores.

Na tabela 8 estão exibidas as importâncias atribuídas aos subfatores e na tabela 9 os pesos obtidos.

TABELA 8 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE RUÍDOS/ VIBRAÇÕES

Subfatores	Aeroporto	Ruas e Av.	Pedreira
Aeroporto	1	1/2	1/3
Ruas e Av.	2	1	1/2
Pedreira	3	2	1

TABELA 9 – PESOS DOS SUBFATORES DE RUÍDOS/ VIBRAÇÕES

Fatores	Pesos
Aeroporto	0,1634
Ruas e Av.	0,2970
Pedreira	0,5396
RC	0,01

c) Matriz de comparação par a par dos subfatores de Esgoto

Para a matriz de comparação dos subfatores de esgoto foi possível julgar a importância de cada subfator, tendo como referência os cálculos desenvolvidos para quantificar as vazões e as áreas que possuem tratamento, e também, o levantamento bibliográfico de trabalhos anteriormente realizados na mesma área de estudo - Ferreira (1989), Paiva (1999), Souza (2002) e Jesus (2004) - e das observações feitas em campo.

Na tabela 10 encontram-se as importâncias atribuídas e na tabela 11 os pesos adquiridos.

TABELA 10 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE ESGOTO

Subfatores	R. S ^{ta} M ^a da Vitória	R. Bubu	Bacia 6	B. Nova Carapina	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 4
R. S ^{ta} M ^a da Vitória	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7	1/9
R. Bubu	2	1	1/2	1/3	1/5	1/7	1/9
Bacia 6	3	2	1	1/2	1/5	1/7	1/9
B. Nova Carapina	4	3	2	1	1/3	1/7	1/9
Bacia 5	5	5	5	3	1	1/5	1/7
Bacia 7	7	7	7	7	5	1	1/3
Bacia 4	9	9	9	9	7	3	1

TABELA 11 – PESOS DOS SUBFATORES DE ESGOTO

Fatores	Pesos
R. S ^{ta} M ^a da Vitória	0,0236
R. Bubu	0,0302
Bacia 6	0,0412
B. Nova Carapina	0,0596
Bacia 5	0,1164
Bacia 7	0,2734
Bacia 4	0,4556
RC	0,08

d) Matriz de comparação par a par dos subfatores de Urbanização

Para a matriz de comparação dos subfatores de urbanização evidenciou-se a importância das ruas e avenidas em relação à área construída e a linha de energia, pois as observações feitas nas aerofotos do ano de 1978 e no mapa de uso e ocupação do solo feito para o mesmo ano permitem concordar com Hacénack et al. (1998), que afirma que quanto mais próxima estiver uma área de preservação de uma rua ou caminho mais vulnerável será a invasões e quanto mais distante uma área de preservação de edificações menor é a probabilidade de ser invadida.

Foi dada ao subfator linha de transmissão de energia uma importância menor quando comparado aos outros subfatores de urbanização, pois apesar de, segundo Ferreira (1989), um aterro ter sido feito para a sua construção e proporcionar um caminho de fácil penetração para dentro do manguezal, não foi observado nas aerofotos de 1978 e 2003, como também na imagem de 2005, uma expressão significativa deste fator.

As importâncias atribuídas aos subfatores de urbanização podem ser visualizadas na tabela 12, os pesos obtidos podem ser verificados na tabela 13.

TABELA 12 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE URBANIZAÇÃO

Subfatores	Linha de Energia	Área construída	Ruas e Av.
Linha de Energia	1	1/3	1/5
Área construída	3	1	1/3
Ruas e Av.	5	3	1

TABELA 13 – PESOS DOS SUBFATORES DE URBANIZAÇÃO

Fatores	Pesos
Linha de Energia	0,1047
Área construída	0,2583
Ruas e Av.	0,6370
RC	0,03

4.3.3.5 Mapa de vulnerabilidade a ação antrópica

Cada mapa de distância ponderado de cada subfator foi multiplicado pelo seu peso correspondente. Depois da multiplicação dos subfatores por seu peso, todos os subfatores de um mesmo fator foram somados. O mapa resultante foi multiplicado pelo peso do fator.

Depois de desenvolvido este processo para todos os subfatores e fatores, se obteve três mapas: mapa do fator Esgoto, mapa do fator Ruídos/ Vibrações e mapa do fator Urbanização. Os mesmos foram somados para a obtenção do mapa de vulnerabilidade a ação antrópica para toda a área de estudo.

Com o objetivo de apresentar o resultado de forma a proporcionar maior clareza, optou-se por dividir a vulnerabilidade para toda a área de estudo em classes, conforme foi observado na publicação de Thirumalaivasan et. al. (2001).

Assim, a vulnerabilidade obtida para toda a área de estudo foi dividida nas classes: baixa-baixíssima, média-baixa, média, alta-média, altíssima-alta. Porém, quando se obteve a vulnerabilidade somente para a Estação Ecológica foram encontradas as classes média-baixa, média, alta-média, altíssima-alta

O critério utilizado para a classificação foi o desvio padrão. O aplicativo computacional ArcGis 8.3 já possui este esquema de classificação dos dados. Esta opção mostra quanto o valor do atributo de uma característica varia do valor meio, assim, o aplicativo calcula o valor médio e os desvios padrão do meio. As divisões de classe são criadas então usando estes valores.

Entretanto também foi elaborado um mapa de vulnerabilidade à ação antrópica sem divisão de classes, utilizando um degrade de cores. Este tipo de apresentação foi observado nos trabalhos de Giupponi et. al. (1999) e Mavroulidou et. al. (2004).

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do mapa de vulnerabilidade pode ser observada no fluxograma apresentado na Figura 10.

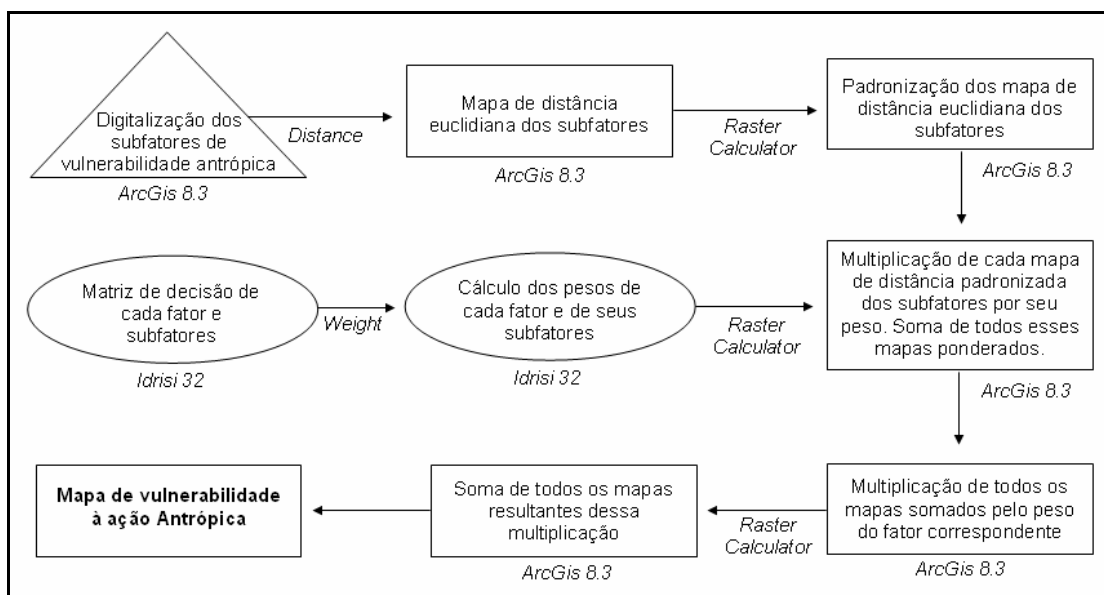


Figura 10. Fluxograma da etapa 03: mapa de vulnerabilidade a ação antrópica para a estação ecológica municipal ilha do lameirão

5. RESULTADOS

5.1 ETAPA 01: MOSAICAGEM DAS AEROFOTOS

O georeferenciamento e mosaicagem das aerofotos dos anos de 1978 (Figura 11) e 2003 (Figura 12) permitiram que imagens anteriormente analógicas pudessem ser convertidas para o meio digital, permitindo a digitalização via tela que tornou possível verificar a evolução temporal da área de estudo.

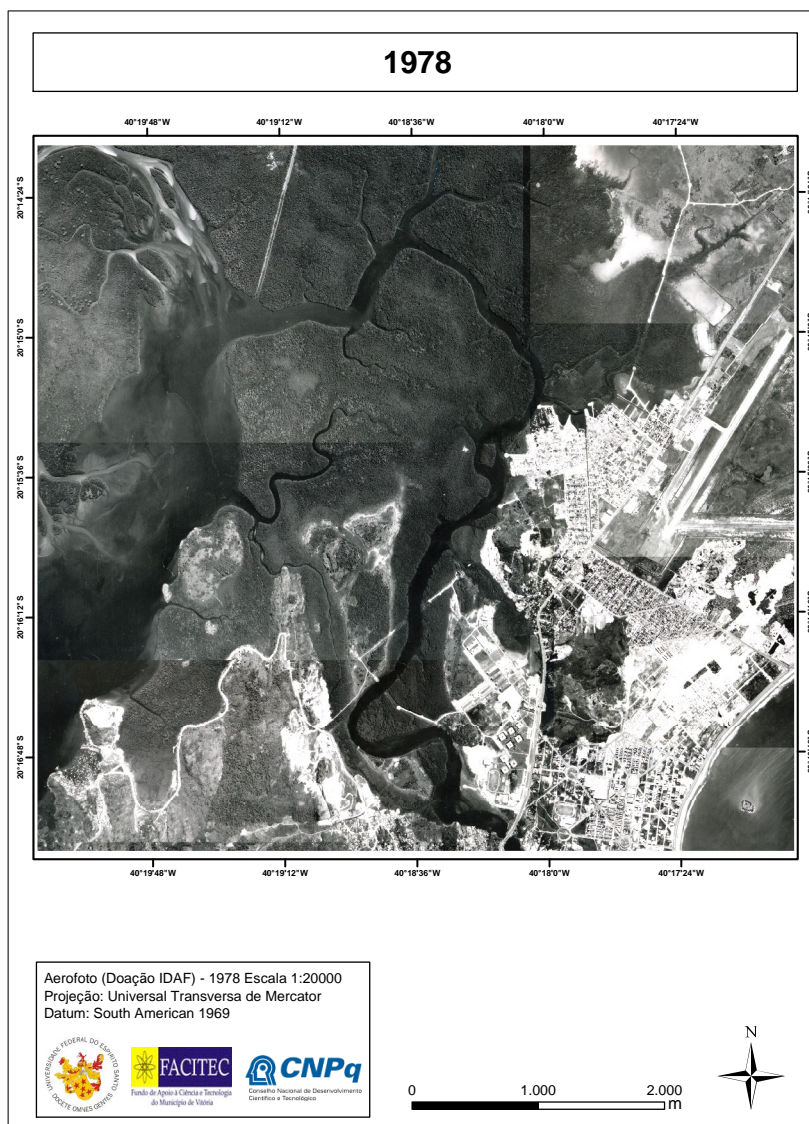


Figura 11. Área do estudo no ano de 1978

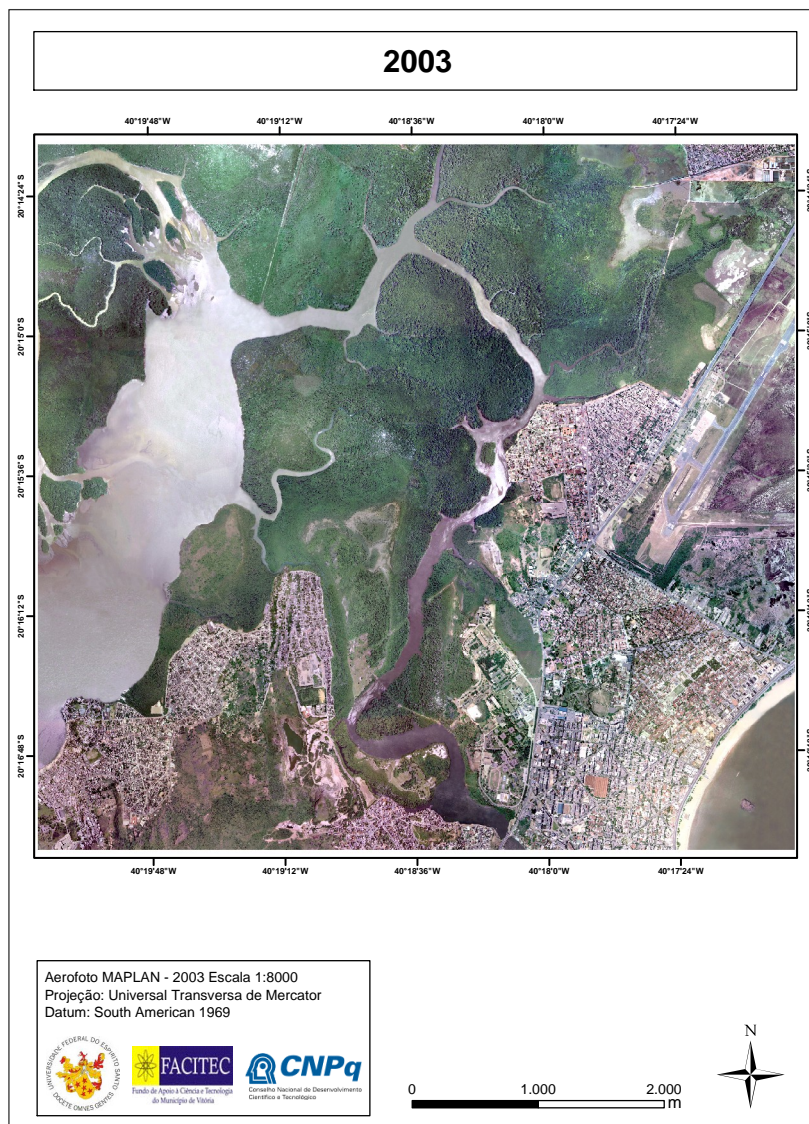


Figura 12. Área do estudo no ano de 2003

5.2 ETAPA 02: EVOLUÇÃO TEMPORAL OCORRIDA NA ÁREA DE ESTUDO

5.2.1 Uso do solo do ano de 1978

No ano de 1978 o manguezal era a classe de uso do solo que detinha a maior área. A classe área urbana não alcançava ainda nem 10% da área de estudo. Porém, verificou-se que a cidade de Vitória estava em processo de expansão, apresentando

várias construções principalmente nas regiões correspondentes aos bairros Mata da Praia, Goiabeiras, Maria Ortiz, Resistência, Joana d’Arc e região da Grande São Pedro, nestas áreas foi observada uma presença importante da classe solo exposto, que apresentou 8,35% do total da área. Cabe ressaltar que nestas regiões algumas áreas classificadas como solo exposto próximas a áreas de manguezal apresentavam a textura de manguezal degradado, com a presença de várias árvores cortadas, evidenciando o desmatamento visando áreas para construção de moradias.

A região próxima ao aeroporto de Vitória também apresentou áreas com textura referente ao desmatamento, próximo à área classificada como restinga, esta área degradada foi classificada como solo exposto.

Observou-se, também, de maneira bastante clara a presença de palafitas nas regiões referentes aos bairros São Pedro, Maria Ortiz e Joana d’Arc.

Os resultados da digitalização via tela para o ano de 1978 podem ser verificados no gráfico 1 e na tabela 14, e também no mapa de uso e ocupação do solo apresentado na figura 13.

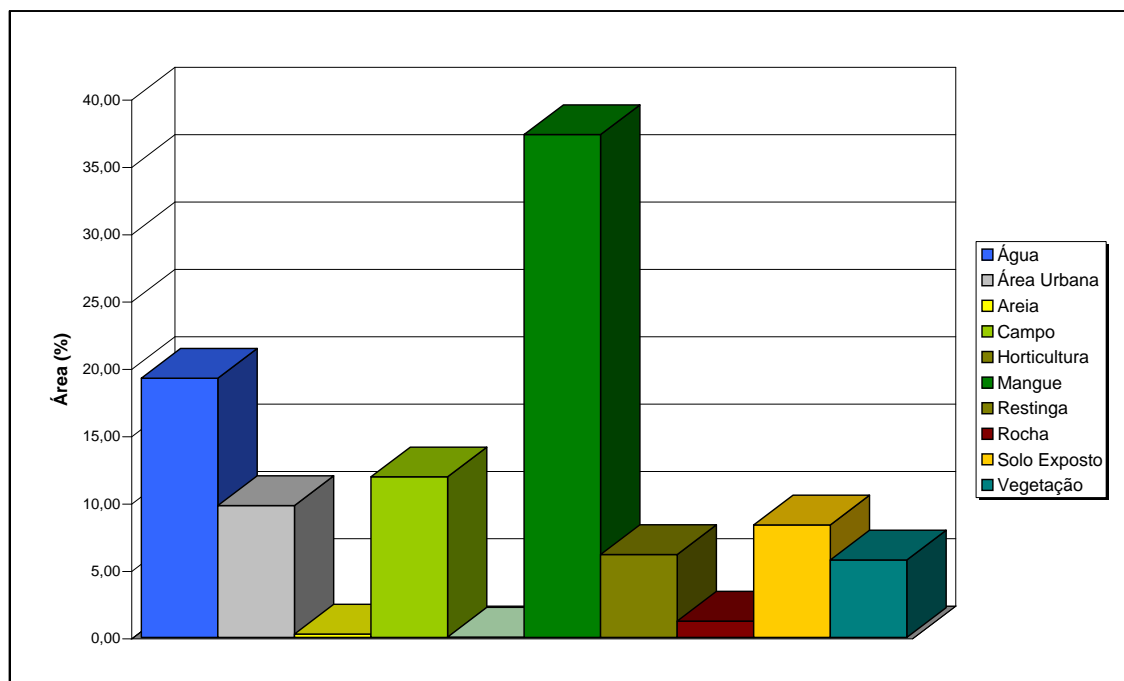


Gráfico 1. Áreas de cada classe referente ao ano de 1978

TABELA 14 - DADOS DA ÁREA DE ESTUDO NO ANO DE 1978

CLASSES	Área (Km²)	Área (%)
Água	6,422	19,24
Área Urbana	3,266	9,79
Areia	0,081	0,24
Campo	3,978	1,92
Horticultura	0,006	0,02
Mangue	12,458	37,33
Restinga	2,054	6,15
Rocha	0,404	1,21
Solo Exposto	2,787	8,35
Vegetação	1,919	5,75

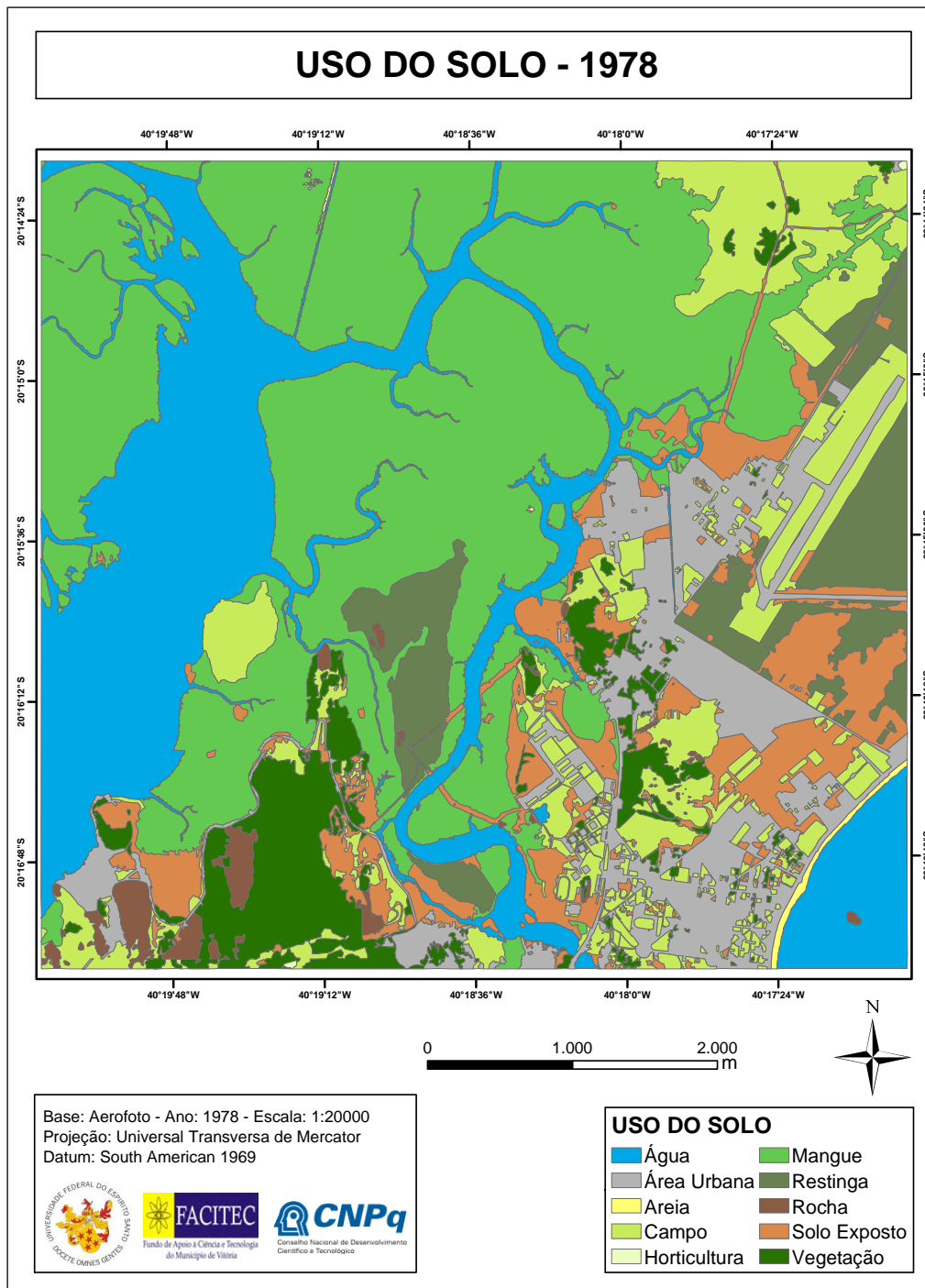


Figura 13 - Uso do solo no ano de 1978

5.2.2 Uso do solo do ano de 2003

No ano de 2003 observou-se o aumento da classe área urbana, que agora representa 20,51% da área total estudada. De igual forma, a diminuição da área das classes água, solo exposto, rocha, campo e vegetação em relação ao ano de 1978 foram verificadas. Essa alteração pode ser observada no Gráfico 2 e na Tabela 15.

Foi possível distinguir claramente as áreas que anteriormente, no ano de 1978, foram classificadas como solo exposto e, que no ano de 2003 deram lugar a área urbana, também se verificou que áreas anteriormente degradadas se recuperaram, havendo um aumento da classe restinga e manguezal apresentando no ano de 2003, respectivamente, 6,84% e 38,81% da área de estudo (Figura 14).

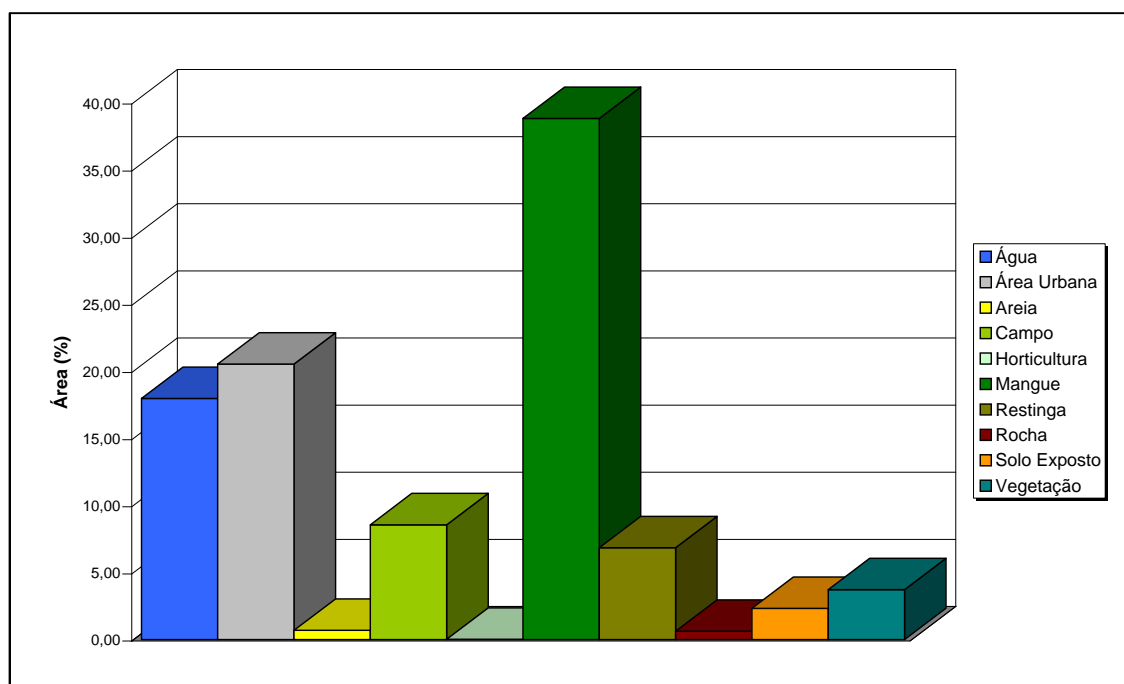


Gráfico 2. Áreas de cada classe referente ao ano de 2003

TABELA 15 – DADOS DA ÁREA DE ESTUDO NO ANO DE 2003

CLASSES	Área (Km²)	Área (%)
Água	6,003	17,95
Área Urbana	6,861	20,51
Areia	0,231	0,69
Campo	2,857	8,54
Horticultura	0,006	0,02
Mangue	12,980	38,81
Restinga	2,288	6,84
Rocha	0,206	0,61
Solo Exposto	0,774	2,51
Vegetação	1,240	3,71

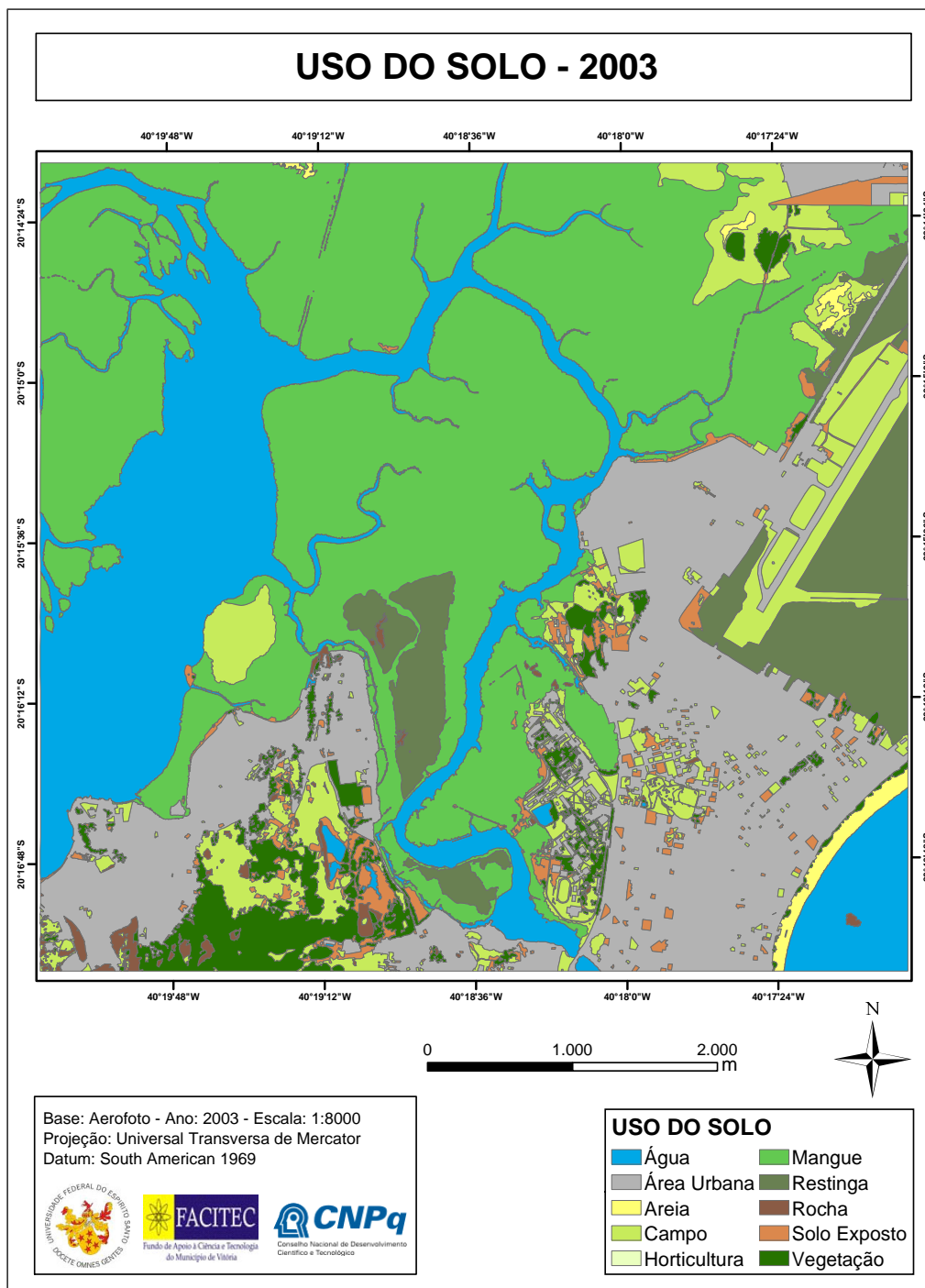


Figura 14 - Uso do solo no ano de 2003

5.2.3 Uso do Solo no ano de 2005

Verificou-se neste ano um pequeno aumento da área de manguezal em relação ao uso do solo do ano de 2003, representando no ano de 2005 39,22% da área estudada (Gráfico 3). As demais classes sofreram alterações de pequeno porte, quando comparadas ao mapa de uso de solo do ano anterior, conforme pode ser visto na Tabela 16 e na Figura 15.

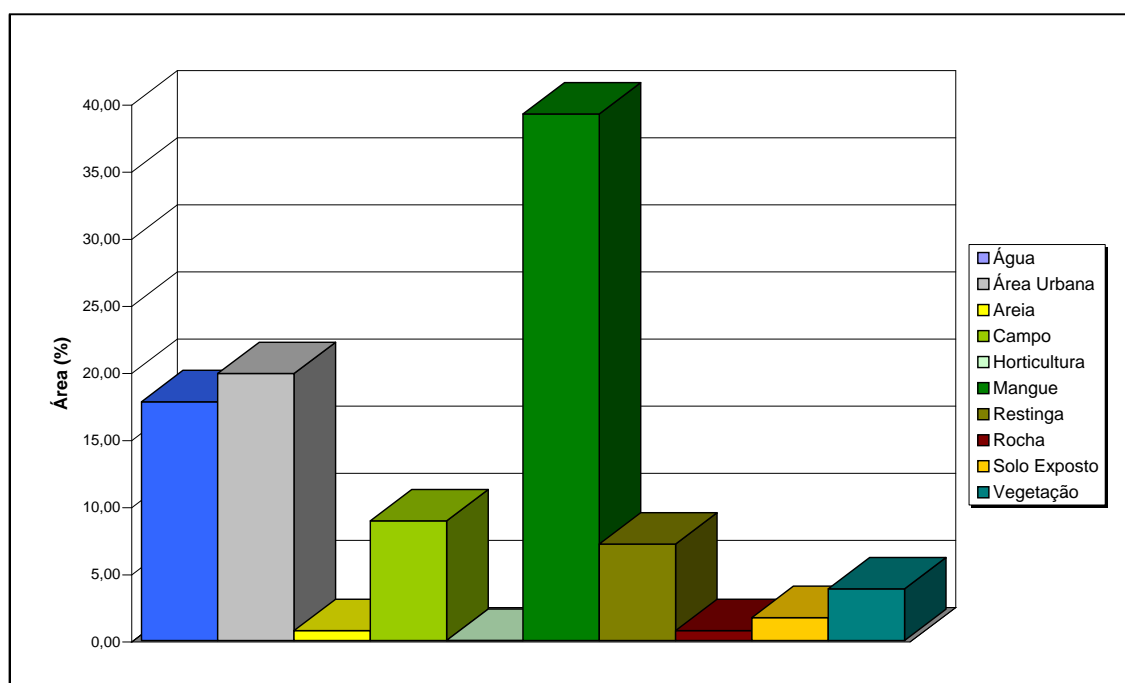


Gráfico 3. Áreas de cada classe referente ao ano de 2005

TABELA 16 - DADOS DA ÁREA DE ESTUDO NO ANO DE 2005

CLASSES	Área (Km ²)	Área (%)
Água	5,933	17,79
Área Urbana	6,632	19,88
Areia	0,245	0,74
Campo	2,971	8,91
Horticultura	0,004	0,01
Mangue	13,082	39,22
Restinga	2,396	7,18
Rocha	0,243	0,73
Solo Exposto	0,568	1,70
Vegetação	1,282	3,84

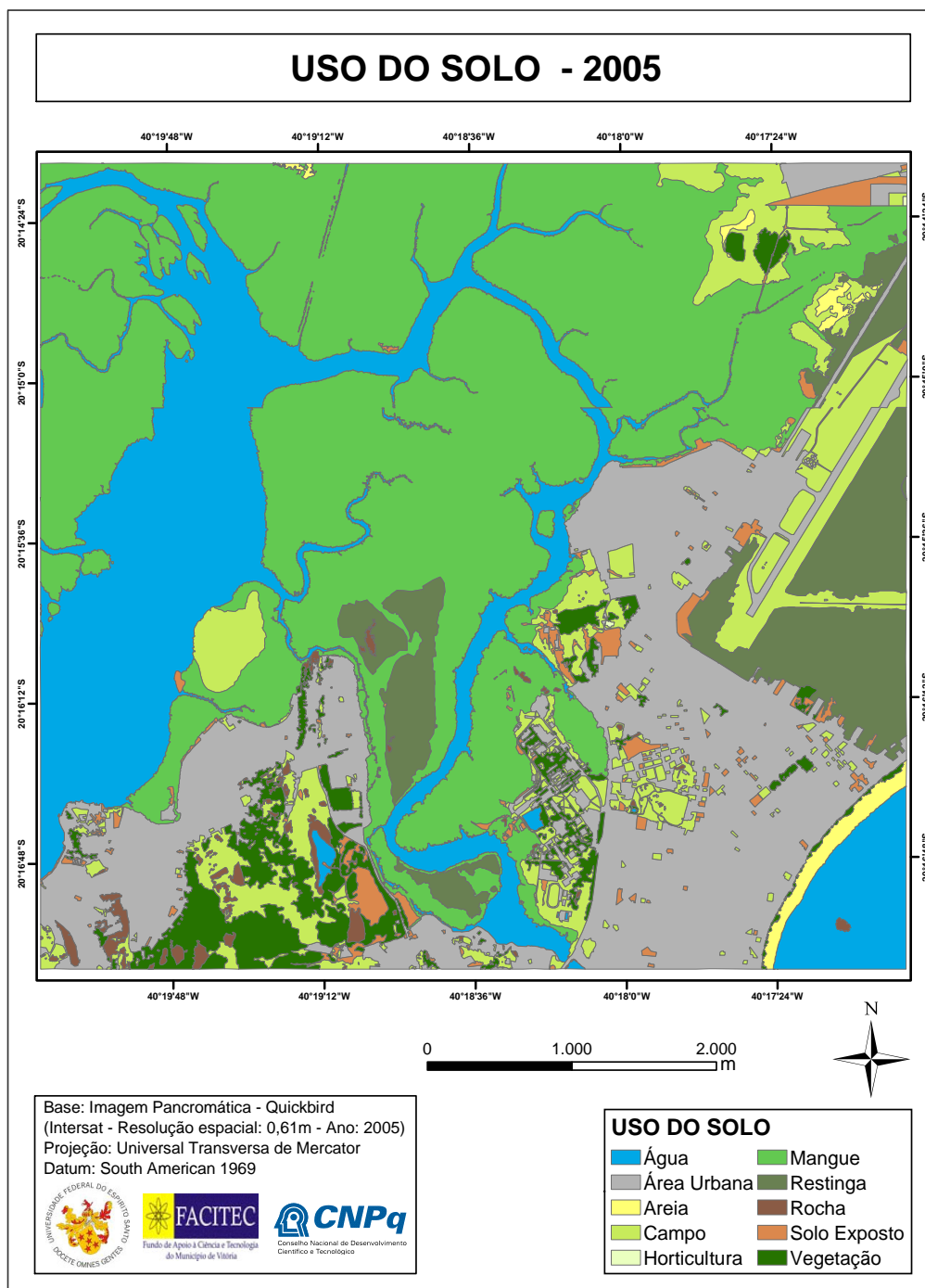


Figura 15. Uso do solo no ano de 2005

5.2.4 Evolução temporal

A evolução temporal, realizada através dos mapas de uso e ocupação do solo e do cálculo das áreas de cada classe, permitiu inferir valores e comparar a dinâmica referente a cada ano estudado (Gráfico 4).

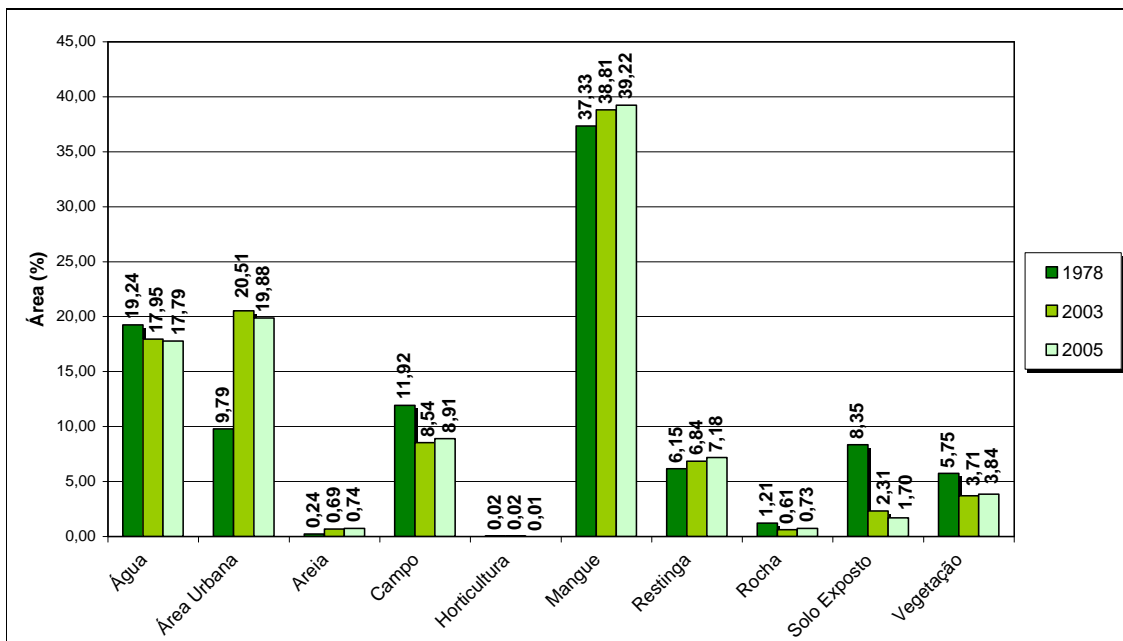


Gráfico 4. Evolução temporal ocorrida na área de estudo.

5.2.4.1 Comparação das porcentagens de uso do solo para os anos 1978 e 2003

O Gráfico 5 apresenta a comparação de porcentagem dos usos de solo obtidos para os anos de 1978 e 2003, as colunas hachuradas representam as modificações de cada classe em relação a este período.

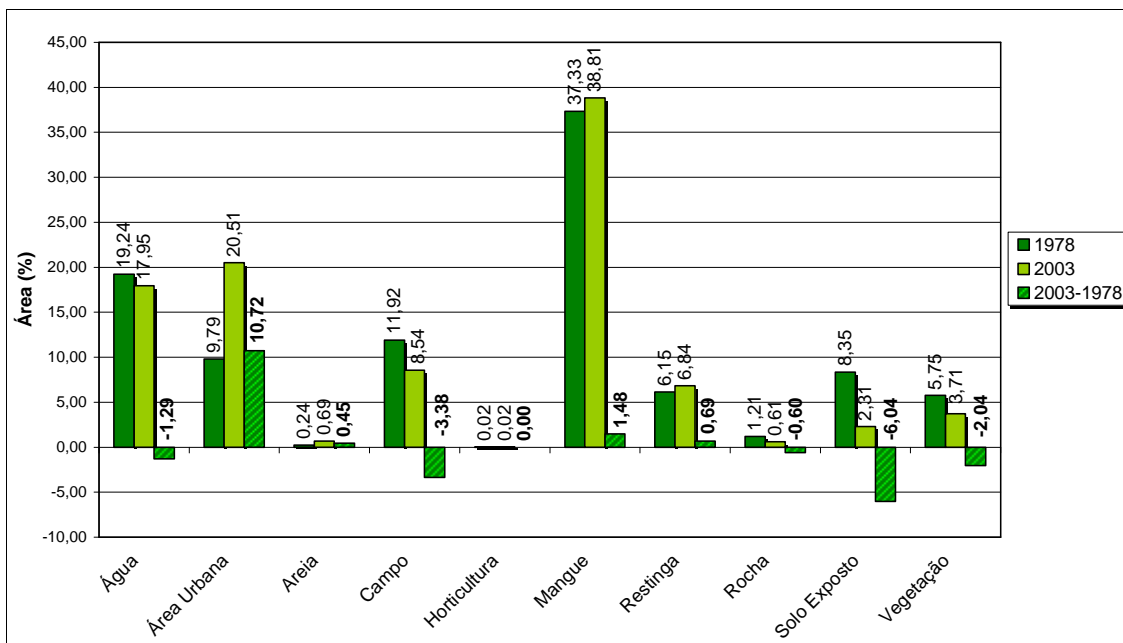


Gráfico 5. Comparação das porcentagens de uso do solo para os anos 1978 e 2003.

A classe água apresentou uma queda de 1,29% em relação à área total estudada quando comparados os anos de 1978 e 2003. Atribui-se esta queda aos aterros construídos entre estes anos nas regiões compreendidas pelos bairros São Pedro, Santo André, Ilha das Caieiras, Nova Palestina e Maria Ortiz (FERREIRA, 1989) (ALVES, 2004)

A classe área urbana apresentou um considerável aumento, representando 9,79% da área no ano de 1978, aumentando 10,72% até o ano de 2003.

A classe Mangue que em 1978 representava 37,33% da área, aumentou 1,48% em relação ao ano de 2003.

A classe solo exposto que apresentou 2,31% no ano de 2003, em 1978 apresentava 8,35% da área. Esta diminuição de 6,04% área de solo exposto está relacionada ao aumento populacional e a recuperação da área de manguezal.

A classe vegetação que em 1978 representava 5,75% da área de estudo, em 2003 passou a possuir 3,71%, o que representa uma queda de 2,04%.

Os resultados apresentados pelas classes área urbana, mangue, solo exposto e vegetação concordam com o resultado da pesquisa de Vieira (2004) que estudou a evolução temporal para todo o município de Vitória-ES entre os anos de 1994 e 2002, e concluiu, comparando mapas de uso do solo dos dois anos estudados e utilizando o método de classificação supervisionada de distância mínima normalizada, que: a classe vegetação diminuiu em 8,76%, a área urbana aumentou em 9,12%, o mangue teve sua vegetação aumentada em 1,80% e o solo exposto diminuiu em 3,26%. Atribuindo o aumento da classe área urbana e a diminuição das classes vegetação e solo exposto ao crescimento populacional e a necessidade de ocupação de todos os locais necessários e disponíveis para abrigar este crescimento.

A classe Campo que no ano de 1978 detinha 11,92% da área apresentou queda de 3,38% para o ano de 2003, representando 8,54% da área de estudo. A classe campo não foi estudada por Vieira (2004), foi classificada juntamente com a classe vegetação, pois a autora define a classe vegetação da seguinte forma: “Caracteriza-se como todas as regiões verdes visíveis, excetuando o mangue”. Uma das razões para esta definição de Vieira (2004) seria a utilização de imagens do satélite Landsat TM de 30 metros de resolução espacial em sua pesquisa, o que poderia gerar

confusão entre as classes campo e vegetação se fossem mapeadas separadamente.

Uma constatação visual que foi feita quando se examinou os mapas de uso do solo dos anos de 1978 (Figura 13) e 2003 (Figura 14), foi a substituição de áreas que anteriormente foram classificadas como vegetação, em 1978, por campo em 2003. Este fato está provavelmente associado a degradação gerada pelo aumento da área urbana, que necessitou de áreas para a sua expansão.

A Restinga que representava 6,15% da área em 1978, apresentou 6,84% da área em 2003, representando um aumento de 0,69%. Ferreira (1989) afirma que as áreas que na ilha do Lameirão representavam a transição de vegetação de mangue para vegetação de restinga, apresentavam salinidade mais elevada e altos percentuais de areia, o que permitia que a vegetação de mangue se tornasse mais pobre e estressada. Observou-se, também, nos mapas de uso e ocupação do solo que áreas classificadas no ano de 1978 como solo exposto, que se localizavam próximas ao aeroporto, nos anos seguintes foram classificadas como Restinga. Tais fatos podem justificar este aumento da classe restinga.

A classe areia que apresentava em 1978 0,24% da área, em 2003 apresentou 0,69%. Pode-se atribuir este aumento de 0,45% às duas engordas realizadas na praia de Camburi, sendo a primeira realizada no final da década de 70, início da década de 80, e a segunda em 1999. (SOARES, apud MELO; GONZALEZ, 2005).

A classe horticultura não apresentou alterações quando comparamos os anos de 1978 e 2003.

A classe rocha apresentou uma queda de 0,60% em relação à área estudada, atribuímos esta queda ao aumento populacional e ao crescimento de gramíneas sobre as rochas, que foram classificadas como campo.

5.2.4.2 Comparação das porcentagens de uso do solo para os anos 2003 e 2005

O Gráfico 6 apresenta a comparação de porcentagem dos usos de solo obtidos para os anos de 2003 e 2005, as colunas hachuradas representam as modificações de cada classe em relação a este período.

Devido ao intervalo de tempo entre as imagens, de apenas dois anos, já era esperado que pequenas alterações acontecessem. Porém, as classes área urbana, campo, rocha e solo exposto não seguiram a tendência esperada, o que se atribui a natureza das imagens utilizadas. Já que para o ano de 2003 foi utilizada uma aerofoto colorida de 0,25m de resolução espacial e para o ano de 2005 foi utilizada uma imagem *quickbird* de 0,61m de resolução espacial.

A tendência esperada, quanto à comparação dos mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2003 e 2005, seria um aumento da área urbana, o que não ocorreu, havendo uma diminuição de 0,63%, que representou uma área de 0,229 km² (Gráfico 6).

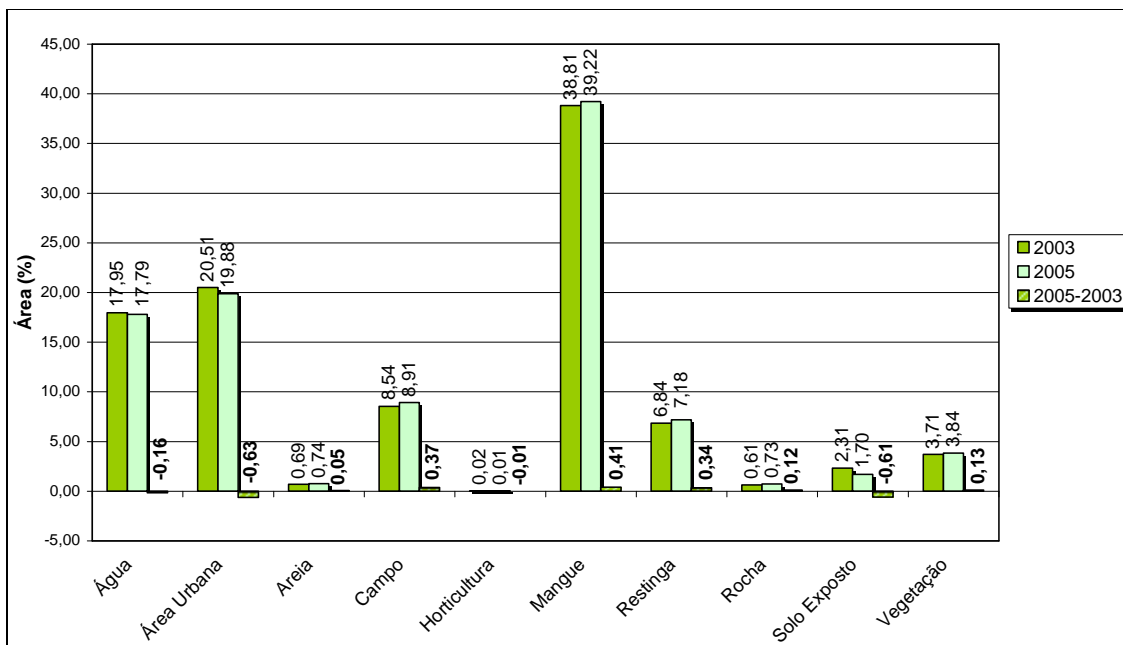


Gráfico 6. Comparação das porcentagens de uso do solo para os anos 2003 e 2005.

Outras classes em que percebemos que houve confusão seriam: solo exposto, rocha e campo. Estas apresentam, em relação ao ano de 2003, respectivamente, uma diminuição de 0,61%, um aumento de 0,12% e um aumento de 0,37%. Estas se devem a aproximação entre os tons de cinza da imagem *quickbird* (ano de 2005).

A confusão entre classes foi documentada também por Camargo et al (2001) e Rangel et al (2001), que utilizam métodos de classificação supervisionada aplicados

à imagens de baixa resolução, e por Pinho et al (2004; 2007) que utilizaram imagens *quickbird* porém utilizando classificação automática orientada ao objeto.

Assim, estão discutidos abaixo os possíveis fatores, que de acordo com alguns autores, podem interferir na interpretação de imagens.

Ratcliff e Henebry (2005) afirmaram que o uso de aerofotos em conjunto com imagens *quickbird* demonstram potencial para caracterizar as mudanças na cobertura do solo, porém existem desafios no uso desses dados.

Segundo Holland et. al. (2006), os vetores advindos de aerofotos de escalas maiores que 1:25000 são mais complexos do que os capturados pelo quickbird nos termos de exatidão posicional, e integridade e fidelidade geométrica. No caso deste trabalho, as aerofotos utilizadas para o mapeamento do ano de 2003 possuíam escala de 1:8000.

Além disso, na imagem quickbird a inclinação do satélite e sombras aplicadas ao solo, devido a construções e árvores, pode cobrir o terreno e obstruir a interpretação visual (RATCLIFF E HENEBRY 2005). Conforme pode ser observado na Figura 16.

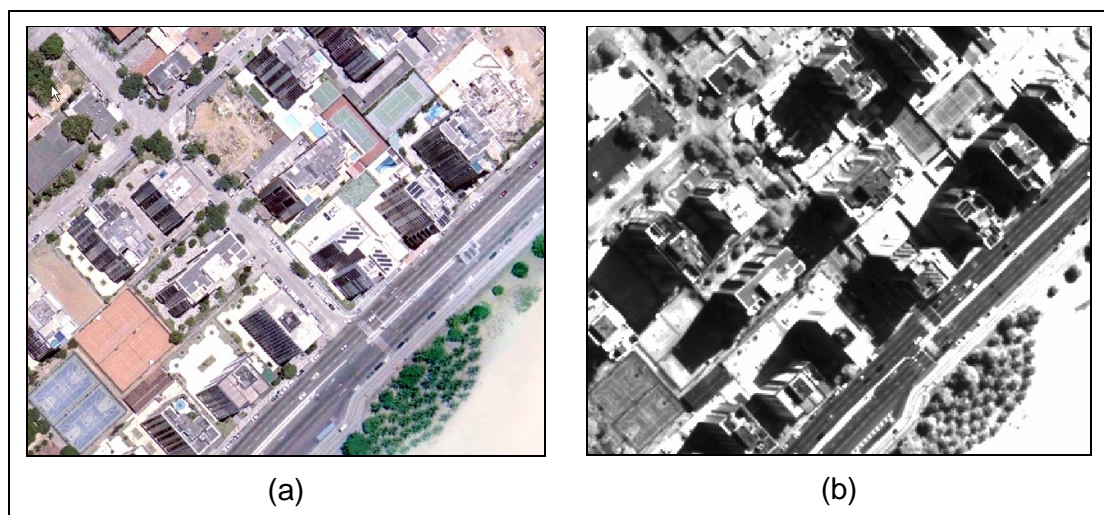


Figura 16. Influência da sombra no mapeamento (a) Aerofoto, ano: 2003 (b) Quickbird, ano: 2005.

Outra questão importante a ser evidenciada é a diferença da resolução espacial das imagens utilizadas: a aerofoto de 2003 possui 0,25m de resolução espacial, enquanto que a imagem de 2005 possui 0,61m. A resolução espacial, ou seja, o tamanho estabelecido a um pixel, como elemento finito, é a característica mais

importante da imagem no sensoriamento remoto. Assim, quanto mais alta a resolução espacial, e portanto quanto menor o valor atribuído a um pixel em relação ao terreno, melhor será a interpretação da imagem por um observador humano (MOLLER, 2005).

Outra associação de relevância, mencionada por Moreira (2003), se refere às aerofotos obtidas por filmes coloridos, este tipo de filme produz fotografias muito semelhantes às imagens observadas pelo sistema visual humano, assim, permitem associar a cor da fotografia às cores dos objetos fotografados, facilitando a interpretação visual. Já nas aerofotos advindas de filme preto e branco e na imagem pancromática do *quickbird*, os objetos são apresentados em diferentes tons de cinza.

Nestas imagens, em que os objetos apresentam-se em tons de cinza, a diferença da cobertura urbana deve ser levada em consideração. O ambiente intra-urbano constitui-se em uma miscelânea de materiais e superfícies, como: concreto, asfalto, tipos de telhados (argila, madeira, metal), solos expostos e tipos de vegetação (MOLLER, 2005).

Além disso, o tipo de padrão de ocupação urbana influi também na análise visual. Pinho et al (2007) afirmou que quanto mais complexo o padrão de ocupação pior será a exatidão temática dos resultados. A área de estudo possui regiões com arranjo espacial bem definido, como, por exemplo, os bairros Mata da Praia e Jardim da Penha, por outro lado existem bairros, como por exemplo: Resistência, Nova Palestina e São Pedro, que possuem arranjo espacial mal definido, advindo, nestes casos, de invasões e de uma ocupação não planejada (Figura 17).

Assim, os resultados apresentados com relação à comparação dos anos de 2003 e 2005 se devem a limitações das imagens. Contudo, não se acredita que estes resultados devam ser descartados, mas, que devam ser comparados à outros mapeamentos futuros, principalmente a mapeamentos que tenham como base aerofotos atuais.

A área mapeada por esta pesquisa possui poucos vôos aerofotogramétricos que a englobem, principalmente que abranjam a estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão como um todo.

O uso de imagens de alta resolução, como a *quickbird*, pode suprir esta deficiência em mapeamentos feitos no futuro, apesar das limitações que existem em seu uso.



Figura 17. Influência do padrão de ocupação do solo no mapeamento (a) Quickbird, bairro Jardim da Penha (b) Quickbird, bairro Resistência.

5.3 ETAPA 03: MAPA DE VULNERABILIDADE A AÇÃO ANTRÓPICA NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA MUNICIPAL ILHA DO LAMEIRÃO

O mapa de vulnerabilidade à ação antrópica na Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão com a divisão em classes pode ser observado na Figura 18, contudo este está também apresentado, sem a divisão em classes, na Figura 19.

Quanto à ação antrópica exercida pelos fatores mapeados sobre a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, ou seja, sobre o ecossistema manguezal desta área, se percebeu que a maior vulnerabilidade encontra-se próxima à área urbana. O que é justificável, já que há uma relação próxima entre os fatores e a urbanização.

O método de análise hierárquica foi desenvolvido com facilidade devido a divisão hierárquica dos fatores e subfatores (Figura 4, página 39), que permitiu uma visão global para o objetivo de elaborar um mapa de vulnerabilidade à ação antrópica para a área de preservação.

A escala fundamental de Saaty (1977) permitiu o julgamento da importância dos fatores e subfatores de maneira coerente com a realidade observada em campo e

em outros trabalhos científicos, mostrando ser um método comparativo de fácil aplicação e entendimento.

O resultado demonstrado pelo mapa de vulnerabilidade desenvolvido nesta pesquisa está de acordo com conclusões de trabalhos de outros autores, conforme está discutido abaixo.

Ferreira (1989) concluiu em sua pesquisa que os estuários dos rios Bubu e Santa Maria da Vitória formam uma das áreas de manguezal mais preservadas dentro da baía de Vitória, devido a apresentarem impactos menos intensos e extensos.

Tais áreas são representadas no mapa em tons de azul correspondendo a áreas que sofrem menos vulnerabilidade antrópica. Estas observações podem ser melhor percebidas nos mapas existentes no apêndice C deste trabalho.

Ferreira (1989) ainda advertiu sobre a necessidade de manejo e monitoramento da área que corresponde a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, evitando o acúmulo de atividades que causem impactos e que possam por em perigo o equilíbrio ambiental desta área.

No entanto, foi verificado que esta unidade de conservação vem sofrendo uma série de impactos antrópicos em seu entorno. Apresentando uma vulnerabilidade antrópica classificada, em quase o total de sua área, como média a altíssima-alta.

A urbanização foi o impacto que mais influenciou o desenvolvimento do mapa de vulnerabilidade, permitindo a instalação e a permanência de todos os outros impactos, que operam de forma contínua e por longo período de tempo.

Citrón e Novalli (1992) afirmam que o impacto dos distúrbios atuantes no manguezal dependem do tempo e da escala. De acordo com os autores, sistemas que são estressados por pequenos períodos de tempo se recuperam mais facilmente. Já estresses que operam continuamente são crônicos.

Alves (2004), em pesquisa realizada nos manguezais de Vitória, nos informa que a expansão da cidade de Vitória e a utilização dos recursos do manguezal de forma inadequada já têm influência sobre a população que depende deste ecossistema para a sua subsistência. Segundo ele, já existe a reclamação dos catadores sobre a quantidade e a qualidade inferior dos caranguejos obtidos na região da baía de Vitória.

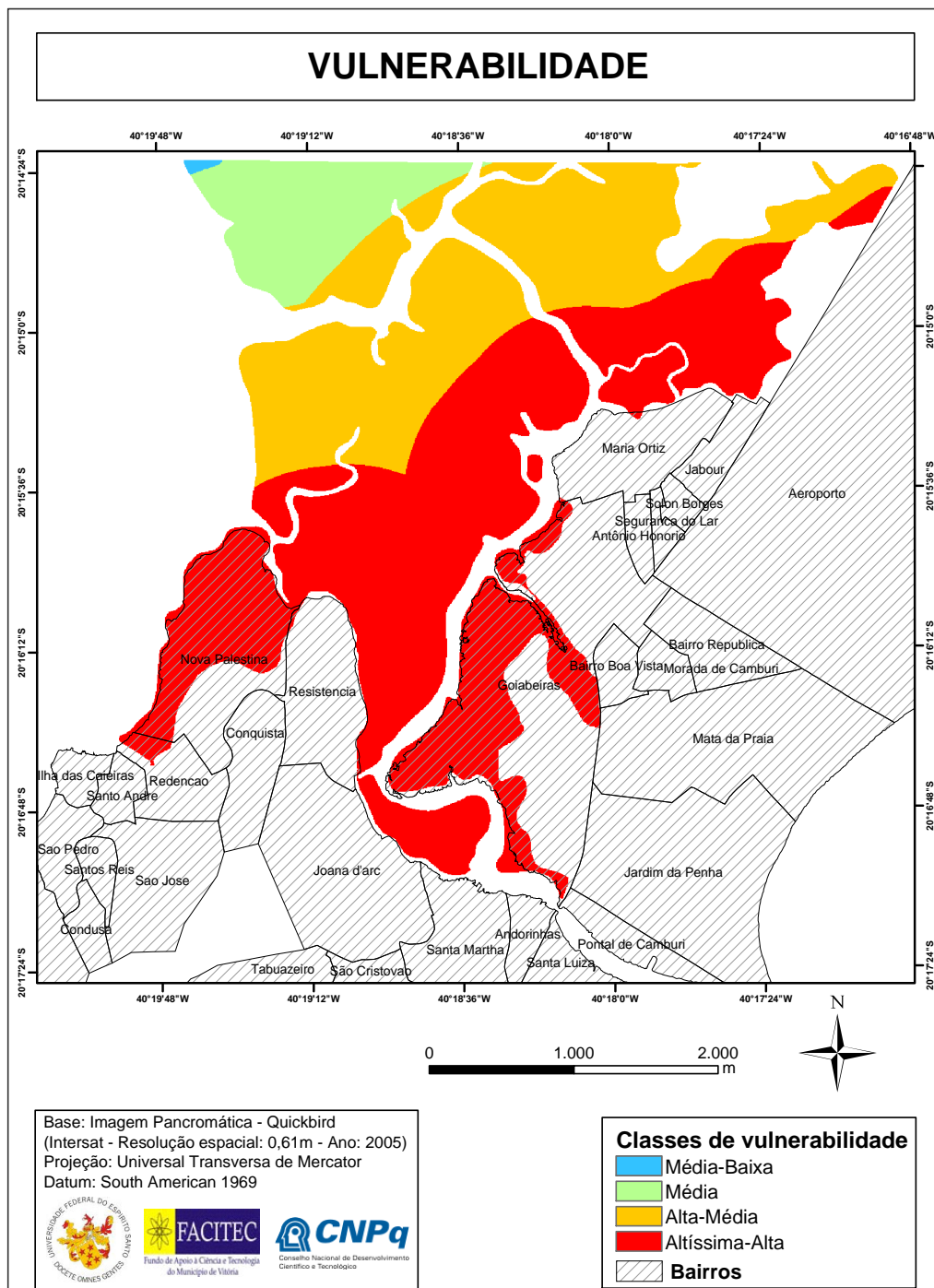


Figura 18. Classes de vulnerabilidade à ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão.

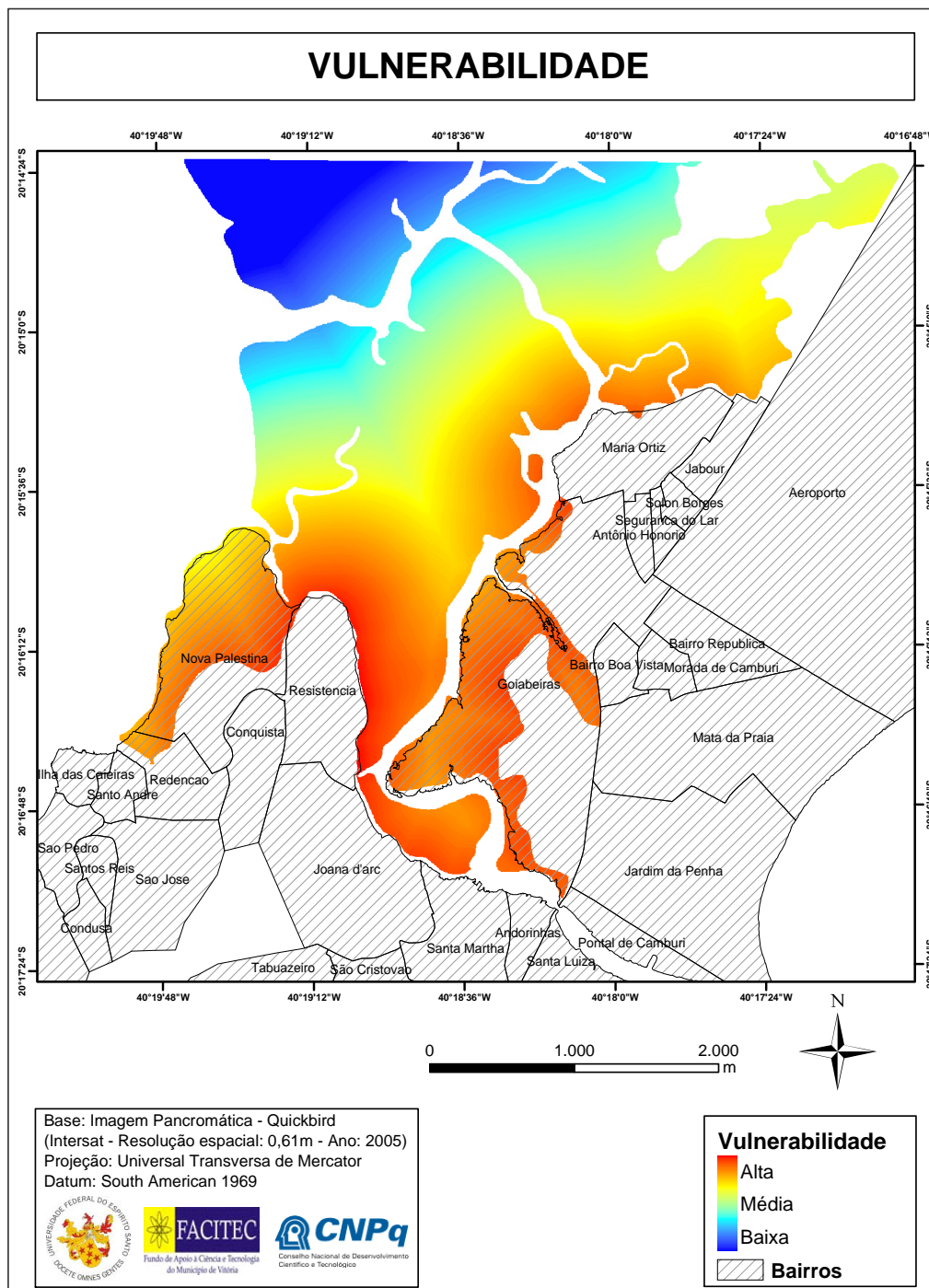


Figura 19. Classes de vulnerabilidade à ação antrópica para a Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão

Souza (2002) informa sobre altos níveis de metais pesados nos manguezais dos rios Bubu e Santa Maria da Vitória, que apresentam níveis de Cr e Zn, em ostras e sururus, acima do limite máximo pela legislação vigente; diagnosticando ainda concentrações significativas de Fe, Ni, Pb e Mn.

Paiva (1999) e Jesus et al (2004) afirmam ser o canal da passagem o local de maior poluição por efluentes urbanos. Coincidentemente, quando foram calculadas as vazões das bacias de contribuição do município de Vitória-ES, as bacias 4 e 7 foram as que apresentaram as maiores vazões de contribuição, recebendo também importâncias maiores na matriz de comparação dos subfatores de esgoto. As áreas de manguezal pertencentes à Estação Ecológica Municipal ilha do Lameirão próximas ao canal da passagem foram classificadas como possuindo vulnerabilidade altíssima-alta.

Coutinho (2004), quando pesquisou a vulnerabilidade antrópica atuante no manguezal de Mangue Seco, área também mapeada neste trabalho, concluiu que a área representava uma porção de um conjunto que apresentava em seu entorno uma situação de “desordem urbana”. A região de Mangue Seco, como também uma extensa área próxima a ela, foi classificada nesta pesquisa como possuindo uma vulnerabilidade altíssima-alta.

Uma consideração importante observada por esta pesquisa está ligada a observação feita por Diop (2003), quando o autor salienta que a condição dos manguezais e sua adaptação a mudanças ambientais estão extremamente ligados a qualidade de vida da população que vive ao seu redor. Se percebeu que com a retirada das palafitas dos manguezais e a intervenção da prefeitura para impedir a invasão aos manguezais, que ocorreu segundo Alves (2004) a partir de 1989, o manguezal conseguiu se recuperar em 1,89%, levando em consideração toda a área de estudo. Assim, proporcionar uma melhora na qualidade de vida da população diminui a vulnerabilidade exercida por esta aos manguezais.

Portanto, deseja-se que esta pesquisa seja uma útil informação no desenvolvimento de um plano de manejo para a Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão, visto que esta informa as áreas mais pressionadas pela ação humana na região.

6. CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos propostos por esta dissertação, pode-se enumerar as seguintes ponderações:

- 1 - A utilização das aerofotos de 1978 e 2003, juntamente com a imagem do satélite *quickbird* permitiram desenvolver os mapas de uso do solo. A qualidade das imagens e as observações de campo foram determinantes para o processo de fotointerpretação;
- 2 - Apesar da invasão ocorrida aos manguezais da área de estudo, foi observada, entre os anos de 1978 a 2005, uma recuperação de 1,89% da área de manguezal em relação a toda a área estudada (33,4 km²). Porém, levando em consideração apenas a classe manguezal, se verificou uma recuperação de 5% para todo o período estudado, que equivale a uma área de 0,62 km². Assim, foi possível entender que parte da área dos manguezais que havia sido degradada nos anos que antecedem o período englobado por esta pesquisa conseguiu se refazer, tal fato pode ser justificado pela diminuição da área classificada como solo exposto, o que pode ser observado facilmente nas tabelas de dados e nos mapas de uso e ocupação do solo;
- 3 - Os fatores antrópicos puderam ser facilmente mapeados através de um GPS e documentados com câmera fotográfica digital (Apêndice A). Este mapeamento foi de fundamental importância para o desenvolvimento dos objetivos seguintes, pois por meio dele se verificou, juntamente com o auxílio de pesquisa bibliográfica, a intensidade e a extensão destes fatores e a importância de cada subfator neste contexto;
- 4 - A conclusão do mapeamento dos fatores antrópicos permitiu aplicar o método analítico hierárquico, visto que haviam informações necessárias para o desenvolvimento das matrizes de decisão;
- 5 - O desenvolvimento do Mapa de Vulnerabilidade a ação antrópica demonstrou que a recuperação da área de manguezal observada nos mapas de uso do solo, acompanha uma vulnerabilidade antrópica que na maior parte da área da Estação Ecológica foi classificada de média a altíssima-alta. Ou seja,

apesar das invasões ocorridas no passado terem sido contidas, ainda existem fatores que colaboram para a degradação deste ecossistema, como por exemplo, os esgotos lançados diretamente nas áreas de manguezal e intensa exploração dos recursos advindos do manguezal;

- 6 - A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa é de fácil replicação, sendo adaptável às características de outras áreas verificadas os fatores antrópicos nelas atuantes;
- 7 - O método de análise hierárquica mostrou-se eficiente na área estudada, porém é necessário critério na aplicação da escala de Saaty. Pois, a manipulação de valores e julgamentos pode determinar conclusões que não correspondam à realidade;
- 8 - Acredita-se que o resultado desta pesquisa possa se tornar uma ferramenta útil no apoio à decisão, pois através da mesma foi possível demonstrar a evolução temporal ocorrida na área de estudo, reconhecer os seus fatores de vulnerabilidade antrópica e verificar a vulnerabilidade a ação antrópica que esses fatores proporcionam; tornando possível então, reconhecer as áreas passíveis de maior impacto ambiental e desenvolver um plano de manejo focado para as necessidades de preservação da Estação Ecológica Municipal Ilha do Lameirão.

7. RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista contribuir com atividades e ações futuras que possam vir a ser desenvolvidas, recomenda-se:

- 1 - O desenvolvimento de pesquisas nas áreas do manguezal da baía de Vitória que visem o mapeamento de fatores físicos, biológicos e antrópicos, e estabeleçam a interação entre estes fatores;
- 2 - Pesquisas que quantifiquem e possam mapear não somente fatores pontuais, como o caso desta pesquisa, mas também fatores antrópicos difusos. Como por exemplo: a coleta de caranguejos, a extração de tanino, o desmatamento, etc.;
- 3 - Campanhas de conscientização e educação ambiental que difundam aspectos da preservação do manguezal, visto que este ecossistema é de grande importância como “berçário marinho” e seus recursos devem ser explorados de maneira sustentável, para que as futuras gerações possam também usufruir deste bem. É preciso conhecer para preservar;
- 4 - O desenvolvimento de campanhas que diminuam a especulação imobiliária próxima a áreas de manguezal, visando evitar processos de invasão a este ecossistema e o aumento do desmatamento;
- 5 - A fiscalização e o manejo de áreas de manguezal que venham de encontro com a necessidade da população que retira do manguezal a sua subsistência, e de um sistema que englobe as características e processos locais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONGI, D. M. **Coastal Ecosystem processes**. Boca Raton: CRC Press, 1998.

ALVES, A. **Os Argonautas do Mangue**. Campinas: Unicamp, 2004.

BRITO, F.S.R. **Projecto de um Novo Arrabalde**. Volume 2. Rio de Janeiro: Xerox de Brasil, 1996. Disponível em: <<http://www.ape.es.gov.br>> Acesso em: 01 set. 2005.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Brasília, 2000. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 14 out. 2006

BRASIL. Resolução CONAMA nº 10, de 01 de outubro de 1993. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 nov. 1993. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 14 out. 2006

BRASIL. Resolução CONAMA nº 1, de 08 de março de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, 02 abr. 1990. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 14 out. 2006

BRASIL. Resolução CONAMA nº 2, de 08 de março de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, 02 abr. 1990. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 14 out. 2006

CITRÓN, G.; NOVALLI Y. **Ecology and Management of New World Mangroves**. In: SEELIGER, U. (Org.). Coastal plant communities of Latin America. San Diego: Academic, 1992. p. 233-258.

CAMARGO, L. P.; PELLERIN, J.; PANITZ, I. M. N. **Caracterização e Classificação do manguezal do rio Ratoles, através das técnicas de sensoriamento remoto e do sistema Geográfico de Informações (SIG), Ilha de Santa Catarina, Brasil.** In: X SBSR. 2001, Foz do Iguaçu. Poster. Foz do Iguaçu: 2001, p 1521-1530.

CANEPARO, S. C. **Análise da Dinâmica Espacial e dos Impactos Ambientais causados pela Ocupação Antropica em áreas de manguezais de Paranaguá-Paraná, Através de Técnicas de Geoprocessamento.** . In: X SBSR. 2001, Foz do Iguaçu. Poster. Foz do Iguaçu: 2001, p 561-566.

COUTINHO, L. A. **Mapa de Vulnerabilidade à Ação Antrópica em Mangue Seco E Proximidades, Vitória, ES.** 2004. Monografia (Bacharel em Geografia) – Departamento de Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 2004.

Dados censitários. Vitória: Secretaria de desenvolvimento da Cidade, 2000. Disponível em: < <http://www.vitoria.es.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2006.

DIOP, S. Vulnerability assessments of mangroves to environmental change. **Estuarine, coastal and shelf science.**, v. 58, p. 1-2, 2003.

DERENZI, L. S. **Biografia de uma ilha.** Rio de Janeiro: Pongetti, 1965.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows.** Versão 32. Worcester, MA: Clark university, 2001.

EYSINK, G. G. J.; BERNARDO, M. P. S. L.; SILVA, L. S.; BACELIERI, S.; SIQUEIRA, M. C.; SUMMA, D.; VIGAR, N. D.; ACHKAR, S. M. **Replanteio de plântulas de LAGUNCULARIA RACEMOSA visando o seu uso em programas de recuperação de manguezais degradados.** In: IV SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS BRASILEIROS. 1998, Águas de Lindóia. **Anais do IV simpósio de ecossistemas brasileiros.** Águas de Lindóia: ACIESP, 1998. v 1, p. 48-52.

FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários**. João Pessoa: UFPB, 1997

FERREIRA, R. D. **Os manguezais da baía de Vitória (ES)**: Um estudo de geografia física integrada. 1989. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de pós-graduação em geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (USP), São Paulo, 1989.

FIRKOWSKI, H.; CARVALHO, C. A.; SKROCH, L. S. D.; GONÇALVES, M. L. A. M., 2000. **O Formato 'Shapefile' como Representação de Dados**. In: COBRAC- Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. **Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis: UFSC, 2000. Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2000/167/167.htm> . Acesso em: 7 fev. 2007.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

GARCIA, L. Mapa mostra bairros que vão dobrar de valor em dois anos. **A Gazeta**, Vitória, p. 21, 25 mar. 2007.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. São Paulo: Pioneira, 2004

HASENACK, H.; WEBER, E.; VALDAMERI, R. 1998. **Análise de vulnerabilidade de um parque urbano através de um módulo de apoio à decisão em um sistema de informação geográfica**. Congresso e Feira para usuários de geoprocessamento da América Latina, 4. Anais do Congresso e Feira para usuários de geoprocessamento da América Latina. Curitiba/ PR.

HOGARTH, P. J. **The Biology of Mangroves**. New York: Oxford University Press, 1999.

HOLLAND, D. A.; BOYD, D. S.; MARSHALL, P. **Updating topographic mapping in Great Britain using imagery from high-resolution satellite sensors.** Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 60, p. 212-223, 2006.

JESEN. R. E. An Alternative Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 28, n 3, p. 317-332, 1984.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F; ZANDONADE, E. **Distribution and abundance of heavy metals in sediments from Vitória Island estuarine system.** Química Nova., v.27, n.3, p.378-386, 2004.

KIKER, G. A.; BRIDGES, T. S.; VARGHESE, A.; SEAGER, T. P. and LINKOV, I. Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 1, n. 2, p. 95-108, 2005.

LEMOS II, D. L.; CORDINI, J.; LOCH, C. **Potencialidades da Fotogrametria Digital para Avaliação de Unidades de Conservação.** In XXI Congresso brasileiro de cartografia, 2004. Disponível em: <<http://www.cartografia.org.br/xxi.cle.htm#tec4> > Acesso em: 20 abr. 2005

Manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 ago. 2006.

MOELLER, M. S. **Remote sensing for the monitoring of urban growth patterns.** URBAN-URS 2005, ISPRS. Tempe (AZ). 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN) and 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS). 14 a 16 de março de 2005. Disponível em: <http://www.isprs.org/commission8/workshop_urban> Acesso em: 13 abr. 2007.

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 2º ed. Viçosa: UFV, 2003.

PAIVA, D. S. **Estudo sedimentológico do material de fundo do canal da passagem e trecho da baía de Vitória-ES**. 1999. Monografia (Especialização em Ecologia e Recursos Naturais) – Departamento de Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 1999.

PINHO, C. M. D.; KUX, H.; ALMEIDA, C. M. **Influência de diferentes padrões de ocupação do solo urbano na qualidade de mapeamentos de cobertura do solo em imagens de alta resolução espacial: estudo de caso de São José dos Campos (SP)**. In: BLASCHKE, T.; KUX, H. (Org). Sensoriamento Remoto e SIG Avançados. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

PINHO, C. M. D.; KUX, H. Dados do quickbird para subsidiar o planejamento urbano: uma proposta metodológica, município de São José dos Campos, SP, Brasil In: SELPER- XI Simposio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, 2004, Santiago. **Anais XI Simposio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial**. Santiago, 2004. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/geu_hermann.htm> Acesso em: 13 abr. 2007.

POSSEMOM, A.; VIEIRA, E. Rio que abastece vitória sobre com esgoto, agrotóxicos e desmatamento. **A Gazeta**, Vitória, p. 14-15, 18 mar. 2007.

RANGEL, M. E. S.; KUX, H. J.H.; SANTOS, J. R.; FEITOSA, A. C. **Sensoriamento remoto e GIS na análise de modificações da paisagem em manguezais**. In: X SBSR. 2001, Foz do Iguaçu. Poster. Foz do Iguaçu: 2001, p 1721-1733.

RATCLIFF, I. C.; HENEBRY, G. M. **Urban land cover change analysis: the value of comparing historical spy photos with contemporary digital imagery**. URBAN-URS 2005, ISPRS. Tempe (AZ). 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN) and 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS). 14 a 16 de março de 2005. Disponível em: <http://www.isprs.org/commission8/workshop_urban> Acesso em: 13 abr. 2007.

ROSOT, M. A. D.; BARCZAK, C. L.; COSTA, D. M. B. **Análise da vulnerabilidade do manguezal do Itacobi a ações antrópicas utilizando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento**. COBRAC 2000, UFSC. Florianópolis. Congresso brasileiro e cadastro técnico multifinalitário. 15 a 19 de outubro de 2000. Disponível em: <<http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/cob2000.htm>> Acesso em: 10 abr. 2005.

SAATY, T. H. A Scaling Method For Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n 3, p. 234-281, 1977.

SCHAEFFER-NOVALLI, Y. CINTRON, G.; SOARES, M. L. G.; ROSA, T. Brazilian Mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management Society**, v. 3, n. 4, p. 561-570, 2000.

Serra em números. Serra: Prefeitura da Serra, 2004. Disponível em: <<http://www.serra.es.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2006.

SOARES, S. B. **Avaliação experimental da taxa longitudinal de transporte de sedimentos e sua previsão usando formulações globais na zona de surfe da praia de Camburi, Vitória – ES**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de pós graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 2005. 113 p.

SOUZA, E. M. **Avaliação da contaminação por metais pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, e Zn) nos manguezais dos rios Aribiri, Bubu e Santa Maria da Vitória - Grande Vitória/ES - utilizando *Crassostrea rhizophorae* (Guildins, 1928) e *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1812) como biomonitores**. 2002. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Programa de pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 2002. 105 p.

SPERLING, M. V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA, 1996.

SUGUIO, K. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas**. Geologia USP: Série Didática, v. 2, n. 1, p. 1-40, 2003. Disponível em: <<http://www.igc.usp.br/geologiausp/sd1/art.php?artigo=598>> Acesso em: 6 abr. 2005.

TAGLIANI, C. R.A. **Técnica Para Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Ambientes Costeiros Utilizando um Sistema Geográfico de Informações**. In: XI SRSR. 2003, Belo Horizonte. Anais do XI SRSR,2001: Belo Horizonte, 2003.p 1657-1664.

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves**. Melbourne: Cambrige, 1986.

VIEIRA, F. C. S. **Evolução temporal do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002 no município de Vitória, ES, utilizando imagens orbitais do satélite Landsat TM**. 2004. Monografia – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

VITÓRIA. **Lei nº 3.326, de 27 de maio de 1986**. Vitória, 1986. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br>> . Acesso em: 14 set. 2006.

VITÓRIA. **Lei nº 3.377, de 12 de setembro de 1986**. Vitória, 1986. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br>>. Acesso em: 14 set. 2006.

WANG, M.; CHIEN, H. Environmental behaviour analysis os high-rise building áreas in Taiwan. **Building and environment**. n 34, p 85-93. 1999.

WOLFSLEHNER , B.; VACIK, H.; LEXER, M. J. Application of the Analytic Network Process in Multi-Criteria Analysis of Sustainable Forest Management. **Forest Ecology and Management**, v. 207, n 1-2, p. 157-170, 2005.

9. APÊNDICES

9.1 APÊNDICE A – DOCUMENTAÇÃO DO TRABALHO DE CAMPO

Dias 3 e 4 de setembro de 2005



Figura 20. Bairro Maria Ortiz – Esgoto (f = 20° 15' 18" S λ = 40° 17' 49" W)



Figura 21. Bairro Maria Ortiz – Esgoto (f = 20° 15' 18" S λ = 40° 17' 49" W)



Figura 22. Bairro Maria Ortiz – Linha de Energia ($f = 20^{\circ} 15' 18'' S \lambda = 40^{\circ} 17' 49'' W$)



Figura 23. Aeroporto ao fundo. (Visão do Parque da Pedra da Cebola)



Figura 24. Bairro Goiabeiras - Linha de Energia. (f = 20° 16' 57" S λ = 40° 18' 25" W)



Figura 25. Bairro Joana D'arc – Esgoto . (f = 20° 16' 59" S λ = 40° 18' 45" W)



Figura 26. Pedreira (f = 20° 16' 27'' S e 20° 17' 01'' S λ = 40° 18' 53'' W e 40° 19' 20'' W)



Figura 27. Bairro Santa Luiza – Esgoto (f = 20° 17' 23'' S λ = 40° 18' 03'' W)

Dias 10 e 11 de setembro de 2005



Figura 28. Bairro Resistência – Esgoto (f = 20° 16' 37'' S λ = 40° 18' 58'' W)



Figura 29. Bairro Resistência – Esgoto (f = 20° 16' 42'' S λ = 40° 18' 59'' W)



Figura 30. Bairro Resistência – Esgoto (f = 20° 16' 24" S λ = 40° 18' 59" W)



Figura 31. Bairro Resistência – Esgoto (f = 20° 16' 20" S λ = 40° 18' 58" W)



Figura 32. Bairro Resistência – Esgoto (f = 20° 16' 15" S λ = 40° 18' 54" W)



Figura 33. Bairro Nova Palestina – Esgoto (f = 20° 16' 14" S λ = 40° 19' 27" W)



Figura 34. Bairro Nova Palestina – Esgoto (f = 20° 16' 30" S λ = 40° 19' 44" W)

9.2 APÊNDICE B – APLICAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP) PARA O CÁLCULO DA VULNERABILIDADE ANTRÓPICA.

FATOR RUÍDOS/ VIBRAÇÕES

TABELA 17 – SOMATÓRIO DAS COLUNAS DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE RUÍDOS/ VIBRAÇÕES

Subfatores	Aeroporto	Ruas e Av.	Pedreira
Aeroporto	1	1/2	1/3
Ruas e Av.	2	1	1/2
Pedreira	3	2	1
TOTAL	6	7/2	11/6

Aplicando a fórmula 1.2, temos:

$$\bar{v}_i (A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, \dots, n \quad (1.2)$$

TABELA 18 – NORMALIZAÇÃO DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE RUÍDOS/ VIBRAÇÕES

Subfatores	Aeroporto	Ruas e Av.	Pedreira
Aeroporto	1/6	2/14	6/33
Ruas e Av.	2/6	2/7	6/22
Pedreira	3/6	4/7	6/11

Utilizamos agora a fórmula 1.3 para obter o vetor de prioridades.

$$\bar{v}_k (A_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{v}_j (A_j)}{n} \quad i = 1, \dots, n \quad (1.3)$$

$$\text{Aeroporto} = (1/6 + 2/14 + 6/33)/3 = \mathbf{0,1638}$$

$$\text{Ruas e Av.} = (2/6 + 2/7 + 6/22)/3 = \mathbf{0,2973}$$

$$\text{Pedreira} = (3/6 + 4/7 + 6/11)/3 = \mathbf{0,5390}$$

Para se obter o autovetor de RUÍDOS/ VIBRAÇÕES foi necessário aplicar as fórmulas 1.4 e 1.5.

$$Aw = \lambda_{\max} \times w \quad (1.4)$$

$$\lambda_{\max} = 1/n \sum_{i=1}^n [Aw]_i / w_i \quad (1.5)$$

TABELA 19 – AUTOVETOR DE RUÍDOS/ VIBRAÇÕES

1	1/2	1/3		0,1638		0,4921
2	1	1/2	X	0,2973	=	0,8943
3	2	1		0,5390		1,6248

$$\lambda_{\max} = 1/3 (0,4921/0,1638 + 0,8943/0,2973 + 1,6248/0,5390) = 3,0092$$

Com o valor de λ_{\max} podemos agora calcular o valor do índice de consistência (IC) e da razão de consistência (RC) utilizando as fórmulas 1.6 e 1.7.

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (1.6)$$

$$RC = IC / IR \quad (1.7)$$

$$IC = (3,0092 - 3)/(3-1) = 0,0046$$

$$RC = 0,0046/0,58 = \mathbf{0,01}$$

FATOR ESGOTO

TABELA 20 – SOMATÓRIO DAS COLUNAS DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE ESGOTO

Subfatores	R. S ^{ta} M ^a da Vitória	R. Bubu	Bacia 6	B. Nova Carapina	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 4
R. S ^{ta} M ^a da Vitória	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7	1/9
R. Bubu	2	1	1/2	1/3	1/5	1/7	1/9
Bacia 6	3	2	1	1/2	1/5	1/7	1/9
B. Nova Carapina	4	3	2	1	1/3	1/7	1/9
Bacia 5	5	5	5	3	1	1/5	1/7
Bacia 7	7	7	7	7	5	1	1/3
Bacia 4	9	9	9	9	7	3	1
TOTAL	31	55/2	149/6	109/12	209/15	132/35	121/63

Aplicando a formula 1.2, temos:

TABELA 21 – NORMALIZAÇÃO DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE ESGOTO

Subfatores	R. S ^{ta} M ^a da Vitória	R. Bubu	Bacia 6	B. Nova Carapina	Bacia 5	Bacia 7	Bacia 4
R. S ^{ta} M ^a da Vitória	1/ 31	2/ 110	6/ 447	12/ 408	15/ 1045	35/ 924	63/ 1089
R. Bubu	2/ 31	2/ 55	6/ 298	12/ 327	15/ 1045	35/ 924	63/ 1089
Bacia 6	3/ 31	4/ 55	6/ 149	12/ 218	15/ 1045	35/ 924	63/ 1089
B. Nova Carapina	4/ 31	6/ 55	12/ 149	12/ 109	15/ 418	35/ 924	63/ 1089
Bacia 5	5/ 31	10/ 55	30/ 149	36/ 109	15/ 209	35/ 660	63/ 847
Bacia 7	7/ 31	14/ 55	42/ 149	84/ 109	75/ 209	35/ 132	63/ 363
Bacia 4	9/ 31	18/ 55	54/ 149	108/ 109	105/ 209	105/ 132	63/ 121

Utilizando a fórmula 1.3 obtemos:

$$R. S^{ta} M^{a} da Vitória = (1/31 + 2/110 + 6/447 + 6/447 + 15/1045 + 35/924 + 63/1089) / 7 = \mathbf{0,0254}$$

$$R. Bubu = (2/31 + 2/55 + 6/298 + 12/327 + 15/1045 + 35/924 + 63/1089) / 7 = \mathbf{0,0341}$$

$$Bacia 6 = (3/31 + 4/55 + 6/149 + 12/218 + 15/1045 + 35/924 + 63/1089) / 7 = \mathbf{0,0479}$$

$$B. Nova Carapina = (4/31 + 6/55 + 12/149 + 12/109 + 15/418 + 35/924 + 63/1089) / 7 = \mathbf{0,0683}$$

$$Bacia 5 = (5/31 + 10/55 + 30/149 + 36/109 + 15/209 + 35/660 + 63/847) / 7 = \mathbf{0,1250}$$

$$Bacia 7 = (7/31 + 14/55 + 42/149 + 84/109 + 75/209 + 35/132 + 63/363) / 7 = \mathbf{0,2623}$$

$$Bacia 4 = (9/31 + 18/55 + 54/149 + 108/109 + 105/209 + 105/132 + 63/121) / 7 = \mathbf{0,4370}$$

Calculamos o autovetor através das formulas 1.4 e 1.5

TABELA 22 – AUTOVETOR DE ESGOTO

1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7	1/9		0,0254		0,1865
2	1	1/2	1/3	1/5	1/7	1/9		0,0341		0,2427
3	2	1	1/2	1/5	1/7	1/9		0,0479		0,3376
4	3	2	1	1/3	1/7	1/9	X	0,0683	=	0,4959
5	5	5	3	1	1/5	1/7		0,1250		0,9821
7	7	7	7	5	1	1/3		0,2623		2,2631
9	9	9	9	7	3	1		0,4370		3,6805

$$\lambda_{\max} = 1/7 (0,1865/0,0254 + 0,2427/0,0341 + 0,3376/0,0479 + 0,4959/0,0683 + 0,9821/0,1250 + 2,2631/0,2623 + 3,6805/0,4370) = 7,6666$$

Utilizando as fórmulas 1.6 e 1.7, calculamos o valor do índice de consistência (IC) e da razão de consistência (RC).

$$IC = (7,6666 - 7) / (7 - 1) = 0,1111$$

$$RC = 0,1111 / 1,32 = \mathbf{0,08}$$

FATOR URBANIZAÇÃO

TABELA 23 – SOMATÓRIO DAS COLUNAS DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE URBANIZAÇÃO

Subfatores	Linha de Energia	Área construída	Ruas e Av.
Linha de Energia	1	1/3	1/5
Área construída	3	1	1/3
Ruas e Av.	5	3	1
TOTAL	9	13/3	23/15

Normalizando a matriz pela fórmula 1.2, temos:

TABELA 24 – NORMALIZAÇÃO DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS SUBFATORES DE ESGOTO

Subfatores	Linha de Energia	Área construída	Ruas e Av.
Linha de Energia	1/9	3/39	15/345
Área construída	3/9	1/13	15/69
Ruas e Av.	5/9	3/13	15/23

Utilizando a fórmula 1.3 obtemos:

$$\text{Linha de Energia} = (1/9 + 3/39 + 15/345)/3 = \mathbf{0,1062}$$

$$\text{Área construída} = (3/9 + 1/13 + 15/69)/3 = \mathbf{0,2605}$$

$$\text{Ruas e Av.} = (5/9 + 3/13 + 15/23)/3 = \mathbf{0,6333}$$

Calculamos o autovetor através das formulas 1.4 e 1.5

TABELA 25 – AUTOVETOR DE URBANIZAÇÃO

1	1/3	1/5		0,1062	=	0,3197
3	1	1/3	X	0,2605	=	0,7901
5	3	1		0,6333	=	1,9456

$$\lambda_{\max} = 1/3 (0,3197/0,1062 + 0,7901/0,2605 + 1,9456/0,6333) = 3,0387$$

Através das fórmulas 1.6 e 1.7, calculamos o valor do índice de consistência (IC) e da razão de consistência (RC).

$$\text{IC} = (3,0387 - 3)/(3-1) = 0,0194$$

$$\text{RC} = 0,0194/0,58 = \mathbf{0,03}$$

FATORES ANTRÓPICOS – VULNERABILIDADE

TABELA 26 – SOMATÓRIO DAS COLUNAS DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS FATORES

Fatores	Ruído/ Vibrações	Esgoto	Urbanização
Ruído/ Vibrações	1	1/5	1/9
Esgoto	5	1	1/3
Urbanização	9	3	1
TOTAL	15	21/5	13/9

Normalizando a matriz pela fórmula 1.2, temos:

TABELA 27 – NORMALIZAÇÃO DA MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS FATORES

Fatores	Ruído/ Vibrações	Esgoto	Urbanização
Ruído/ Vibrações	1/15	5/105	9/117
Esgoto	5/15	5/21	9/39
Urbanização	9/15	15/21	9/13

Utilizando a fórmula 1.3 obtemos:

$$\text{Ruído/ Vibrações} = (1/15 + 5/105 + 9/117)/3 = \mathbf{0,0637}$$

$$\text{Esgoto} = (5/15 + 5/21 + 9/39)/3 = \mathbf{0,2674}$$

$$\text{Urbanização} = (9/15 + 15/21 + 9/13)/3 = \mathbf{0,6689}$$

Através das formulas 1.4 e 1.5, calculamos o autovetor.

TABELA 28 – AUTOVETOR DOS FATORES

1	1/5	1/9		0,0637		0,1915
5	1	1/3	X	0,2674	=	0,8090
9	3	1		0,6689		2,0447

$$\lambda_{\max} = 1/3 (0,1915/0,0637 + 0,8090/0,2674 + 2,0447/0,6689) = 3,0292$$

Calculamos o valor do índice de consistência (IC) e da razão de consistência (RC) através das fórmulas 1.6 e 1.7.

$$\text{IC} = (3,0292 - 3)/(3-1) = 0,0146$$

$$\text{RC} = 0,0146/0,58 = \mathbf{0,03}$$

9.3 APÊNDICE C – MAPAS INTERMEDIÁRIOS

Mapas de distância euclidiana

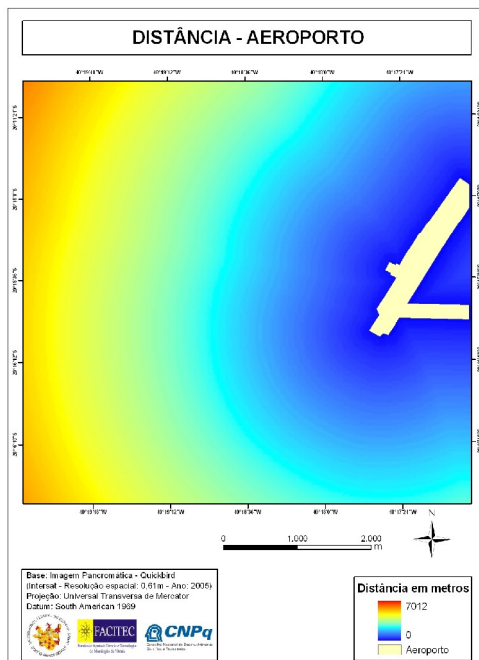


Figura 35. Distância euclidiana em relação ao aeroporto

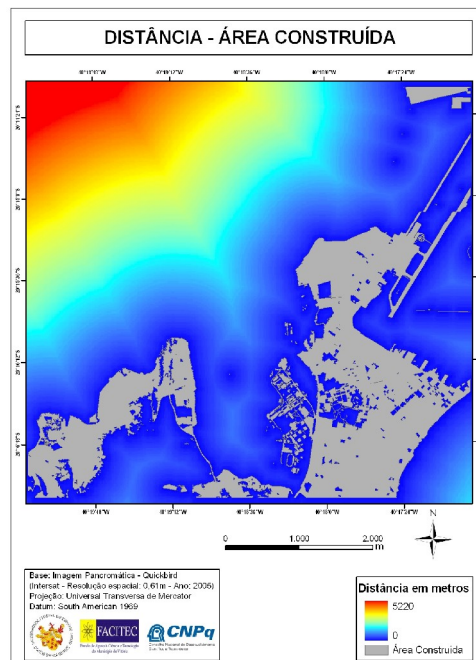


Figura 36. Distância euclidiana em relação à área construída

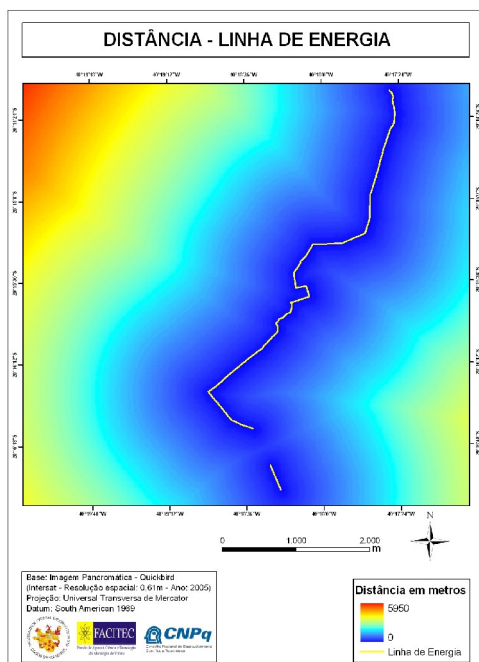


Figura 37. Distância euclidiana em relação à linha de energia

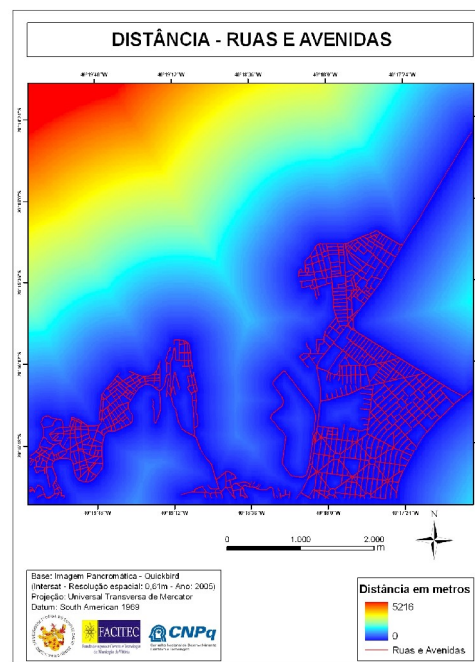


Figura 38. Distância euclidiana em relação às ruas e avenidas.

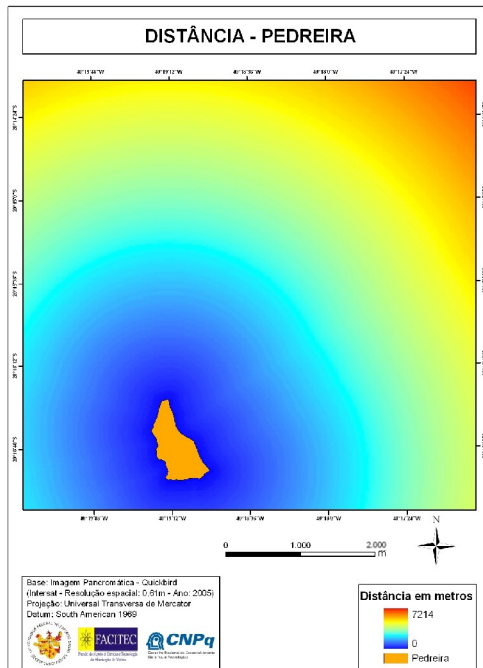


Figura 39. Distância euclidiana em relação à pedraira.

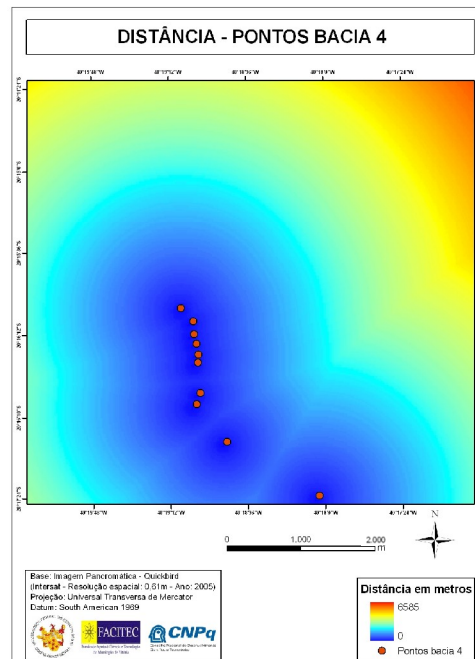


Figura 40. Distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 4.

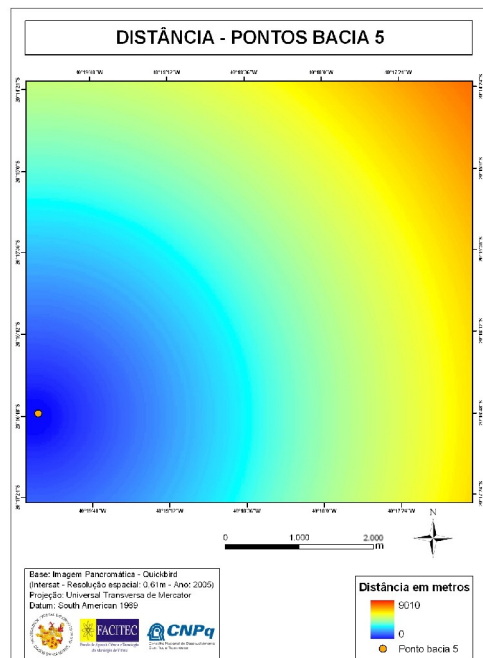


Figura 41. Distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 5.

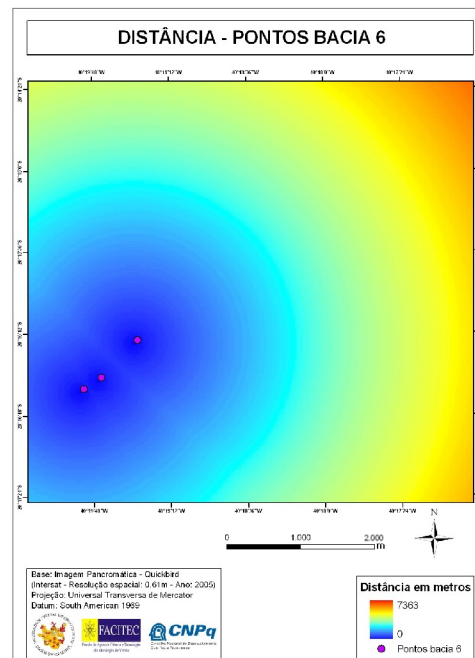


Figura 42. Distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 6.

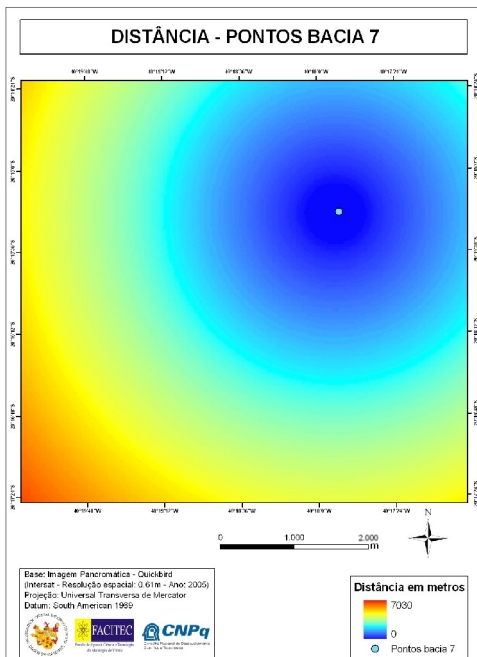


Figura 43. Distância euclidiana em relação ao ponto da bacia 7.

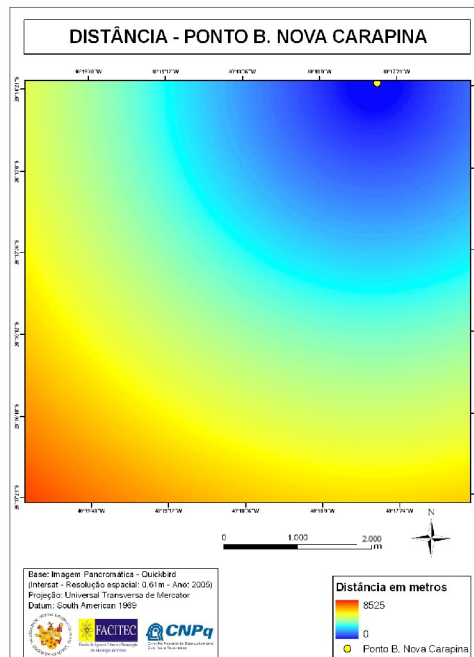


Figura 44. Distância euclidiana em relação ao ponto do bairro Nova Carapina.

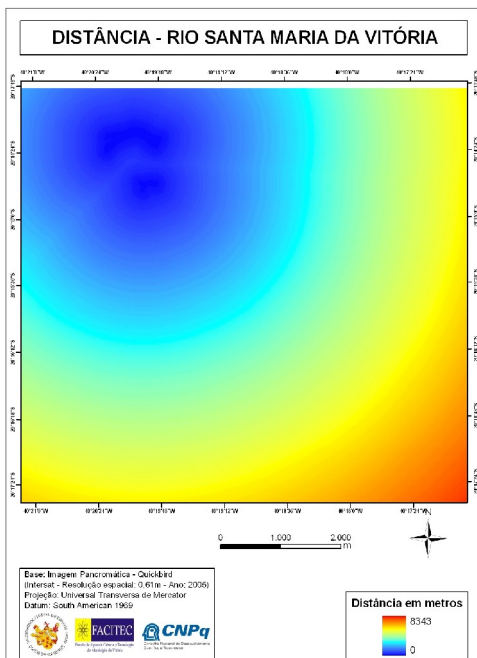


Figura 45. Distância euclidiana em relação ao Rio Santa Maria da Vitória.

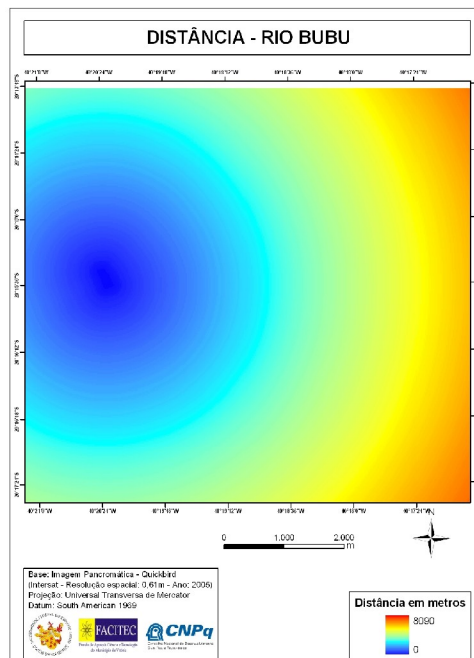


Figura 46. Distância euclidiana em relação ao Rio Bubu.

Mapas de distância euclidiana padronizados

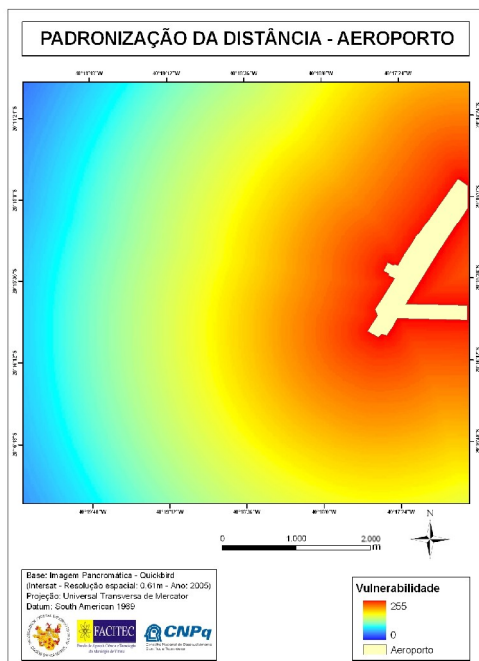


Figura 47. Padronização da distância euclidiana em relação à pedraira.

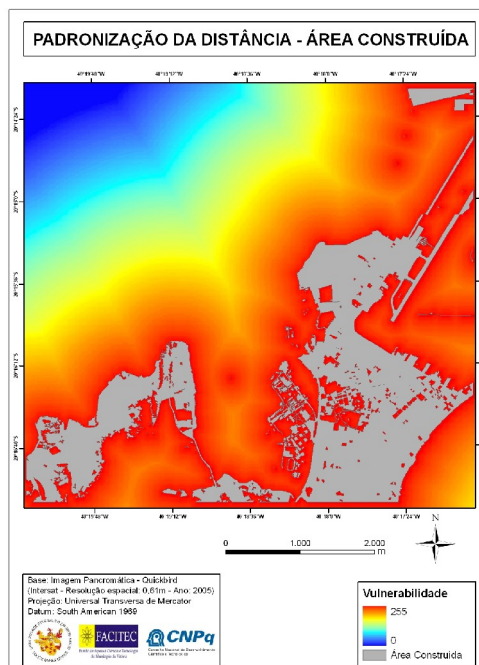


Figura 48. Padronização da distância euclidiana em relação à área construída.

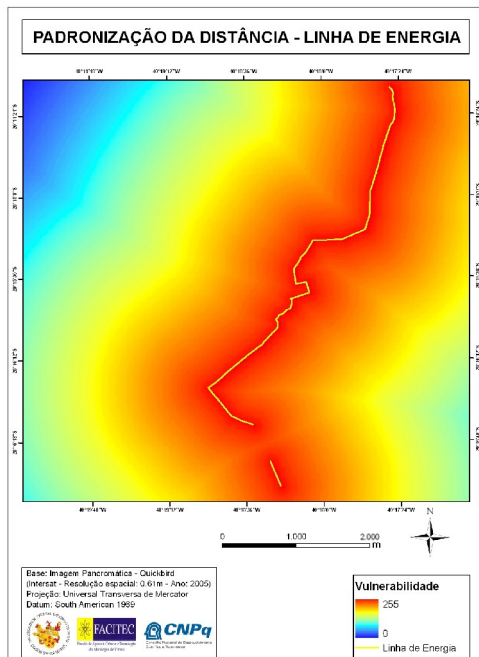


Figura 49. Padronização da distância euclidiana em relação à linha de energia.

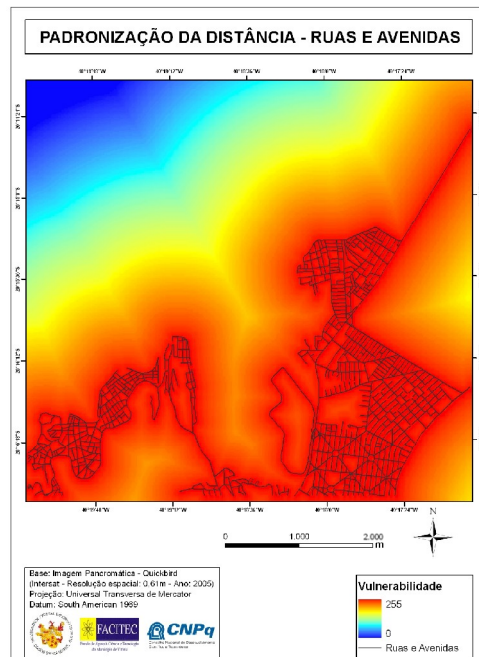


Figura 50. Padronização da distância euclidiana em relação às Ruas e Av.

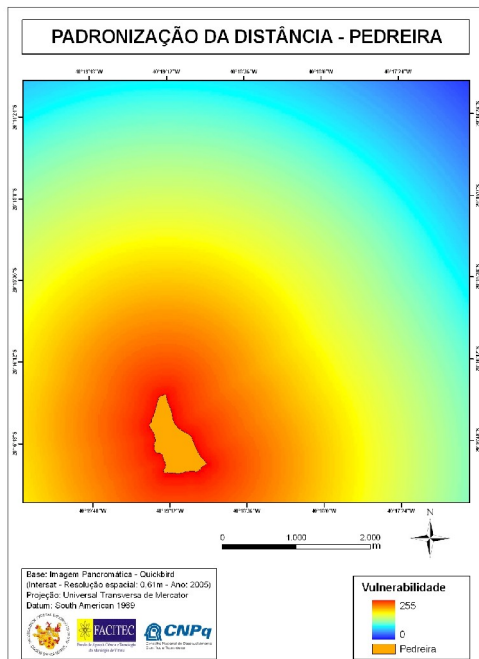


Figura 51. Padronização da distância euclidiana em relação a pedreira.

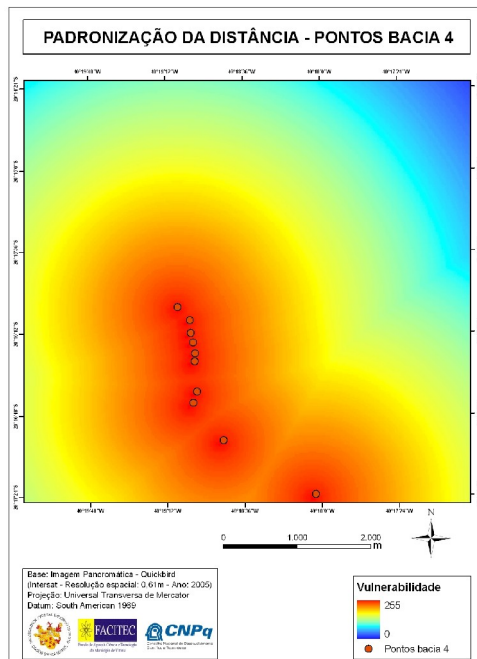


Figura 52. Padronização da distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 4

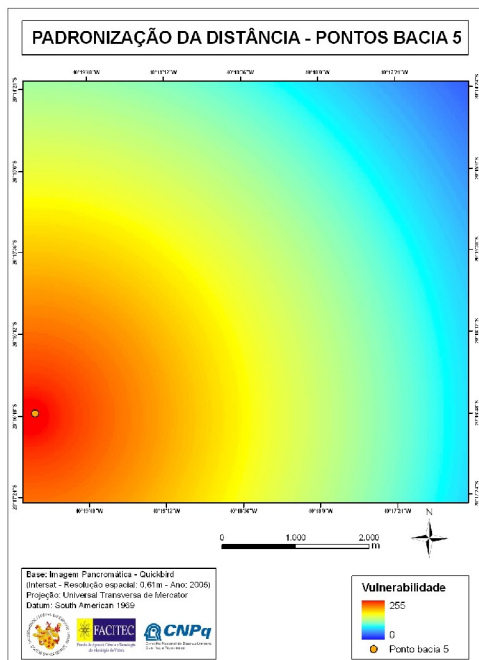


Figura 53. Padronização da distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 5.

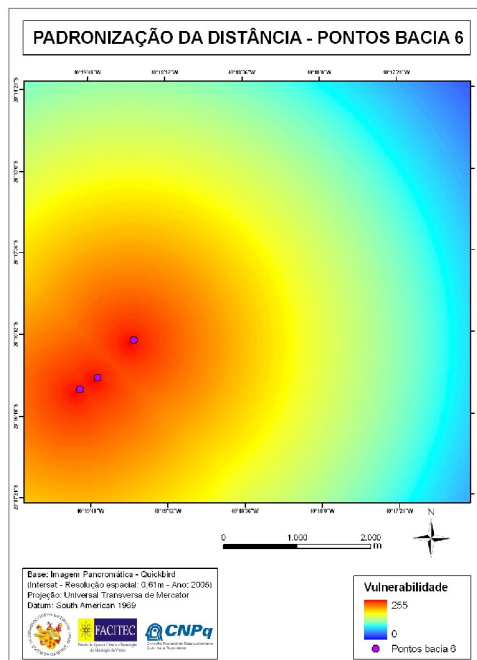


Figura 54. Padronização da distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 6.

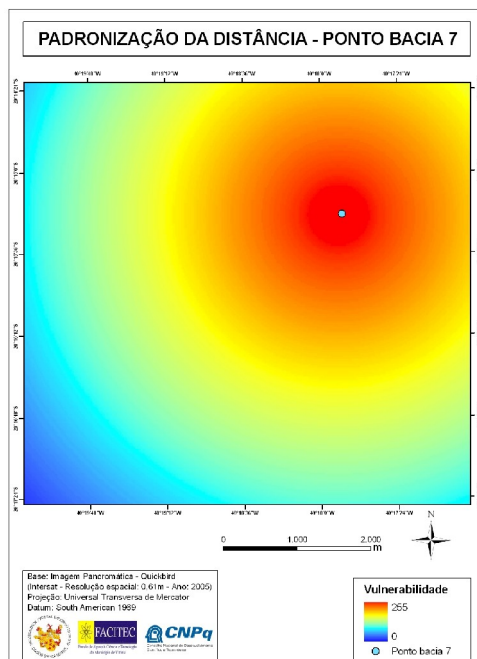


Figura 55. Padronização da distância euclidiana em relação aos pontos da bacia 7.

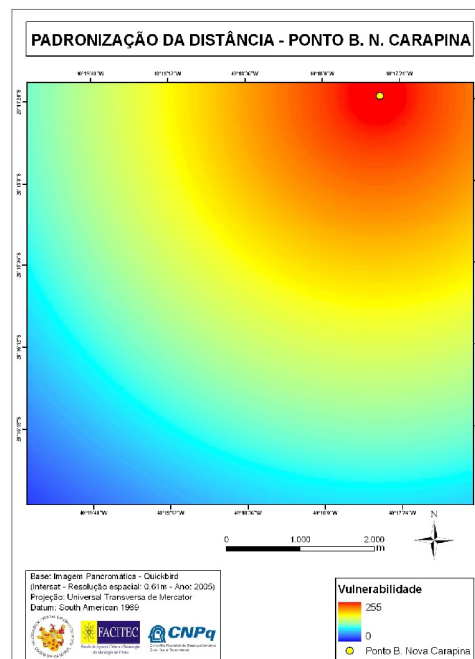


Figura 56. Padronização da distância euclidiana em relação ao ponto do bairro Nova Carapina

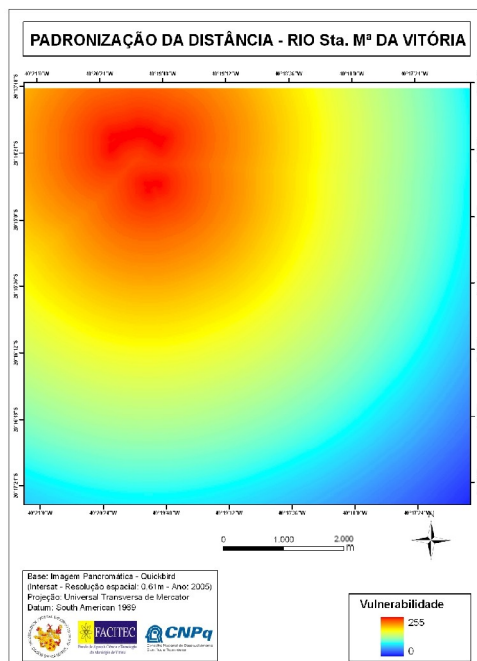


Figura 57. Padronização da distância euclidiana em relação ao Rio Santa Maria da Vitória

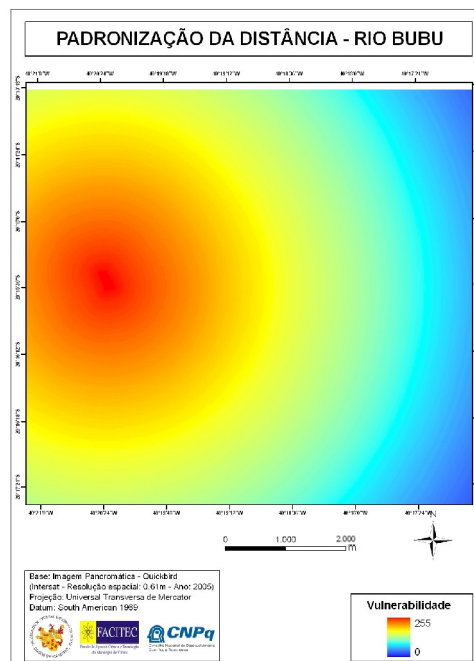


Figura 58. Padronização da distância euclidiana em relação ao rio Bubu

Mapa de vulnerabilidade para toda a área estudada

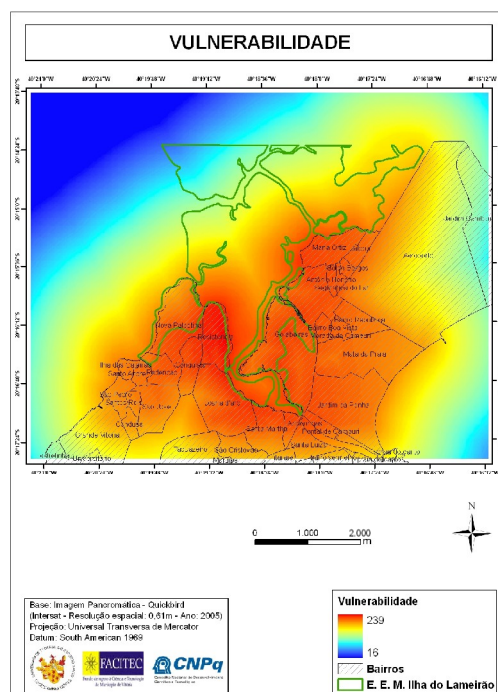


Figura 59. Vulnerabilidade para toda a área estudada.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.