Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Instituto de Geografia

Vanessa Ingrid Carvalho Saraiva

Modelagem da erosão laminar na bacia hidrográfica Lagos – São João no Estado do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2014

Vanessa Ingrid Carvalho Saraiva

Modelagem da Erosão Laminar na Bacia Hidrográfica Lagos – São João no Estado do Rio de Janeiro

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão e Estruturação do Espaço Geográfico.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Soares da Silva

Rio de Janeiro

2014

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S243 Saraiva, Vanessa Ingrid Carvalho.
Modelagem da erosão laminar na bacia hidrográfica Lagos – São João no Estado do Rio de Janeiro / Vanessa Ingrid Carvalho Saraiva. – 2014.
189 f.

Orientador: Antonio Soares da Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia.
Bibliografia.

1. Erosão – Lagos São João, Bacia (RJ) - Teses. 2. Solos - Lagos São João, Bacia (RJ) - Teses. 3. Geologia física - Teses. I. Silva, Antonio Soares da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. III. Título.

CDU 551.3.053(815.3)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

_____ _____
Assinatura Data

Vanessa Ingrid Carvalho Saraiva

Modelagem da Erosão Laminar na Bacia Hidrográfica Lagos – São João no Estado do Rio de Janeiro.

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão e Estruturação do espaço Geográfico

Aprovada em 20 de março de 2014.

Banca Examinadora:

_____

Prof. Dr. Antonio Soares da Silva

Instituto de Geografia - UERJ

_____

Antonio José Teixeira Guerra

Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____

Prof. Dr. Alexander Josef Sá Tobias da Costa

Instituto de Geografia - UERJ

Rio de Janeiro

2014

AGRADECIMENTOS

A cada dia que vivo percebo que sozinhos, realmente, não somos muita coisa e nem podemos fazer muitas coisas. A experiência da execução deste mestrado, em minha vida profissional e pessoal, foi sensacional. Foram dois anos de muitos desafios, uma pós-graduação durante o mestrado, uma prova de doutorado, no meio da qualificação, enfim, ufa, realmente agora eu quase cansei.

Este é o meu trabalho que finaliza minha estadia maravilhosa na UERJ, um caso de amor, desde a graduação, por isso, quero iniciar, agradecendo imensamente, a estas lindas paredes cinzas, que me acolheram com tanto amor e carinho. Obrigada UERJ! Obrigada Instituto de Geografia! Obrigada PPGEO, docentes, discentes e funcionários (todos realmente muito eficientes)! Ah, e claro, obrigada CAPES, pelo financiamento da minha formação.

Com certeza essa batalha do mestrado não foi só minha, sendo assim, quero agradecer ao meu orientador, querido, Antonio Soares da Silva, que caminha ao meu lado desde a graduação, passou comigo pela pós-graduação no Museu Nacional, finaliza comigo este projeto de mestrado, e, pasmem, vai me coorientar no doutorado... É realmente muito amor! Muito Obrigada!

Agradeço a outras pessoas e contatos que a UERJ me proporcionou! Querido Miguel Ângelo, obrigada por todas as orientações do PET (Programa de Educação Tutorial), e, muito obrigada, por me esclarecer, que nos agradecimentos de minha dissertação, eu poderia ter esse tom pessoal que escolhi tomar.

Obrigada LAGEFIS e GESOLT, Cássia, Bia, Eduardo, Marcelli, Luciana, Gabriel, Lucas, Sandro, e todos os outros, que contribuíram de alguma forma, para um melhor aproveitamento de minha estadia durante o mestrado.

Um agradecimento especial a minha coorientadora da pós-graduação, Eliane Guedes – Museu Nacional, que tanto me ajudou na minha monografia de especialização e na especial força e otimismo de seus comentários.

Vinda de uma família com pouca instrução e nenhuma tradição no estudo, ou ciência, quero agradecer aos meus familiares, que compraram essa ideia de pesquisa junto comigo. Que me apoiam, mesmo sem entender exatamente o que é mestrado e doutorado. Só consigo me lembrar da minha mãe, me perguntando, quantas formaturas eu ainda teria ao longo de minha vida, risos eternos para este comentário, pois creio que ainda terei outras formaturas... Obrigada pai – Sávio Saraiva, mãe - Vera Carvalho, irmã – Raisa Saraiva, padastro – Edivaldo Pereira,

tia – Sheylla Saraiva e tio Wagner Baldez, e agradeço também a minha família cearense – os Saraivas, que não conheço pessoalmente, mas já me sinto ligada. Amo muito vocês família, vocês são minha base e me fazem nunca esquecer de onde eu vim, e o quanto sou grata por isso!!!

Quero agradecer imensamente a minha outra família! Manoel, Hyeres e Jefferson! Sogra e Sogro, vocês literalmente participaram desta dissertação, me emprestando seu carro para meu trabalho de campo, fora seus ouvidos para ouvir lamúrias e me dar muitas e muitas forças! Vocês são demais! Amo muito!

Jefferson, você foi meu ombro amigo e personal consultor do geoprocessamento. Só você sabe, o quanto te atrapalhei no seu trabalho, para tirar minhas dúvidas! Esse produto também é seu, com toda certeza! Que nós possamos juntos, caminhar nesta senda da vida e da ciência, sempre nos apoiando! Te amo! Muito Obrigada pelo apoio, absolutamente, incondicional!

Agradeço também, aos meus amigos de caminhada, que me ajudam trazendo momentos de felicidade, alegria e risadas! Um beijo especial para Bruna, Tiago, Carol, Denise, Ana Júlia, Henrique, dentre outros queridos, que me trouxeram sempre palavras de apoio e compreensão.

Agradeço a professora Nadja, que participou da qualificação, mas não pode participar de minha defesa, e foi fundamental nos novos rumos tomados na finalização deste projeto. Deixo também, meu muito obrigada, ao professor Guerra, pelos comentários e conselhos oferecidos a este projeto, e, é claro, pelas bibliografias produzidas sobre erosão, tão consultadas nesta pesquisa. Ao professor Alexander, meus agradecimentos especiais, este que acompanhou o projeto, desde o embrião na minha monografia, professor de graduação, professor de disciplina no mestrado, finalmente vou largar do seu pé, risos. Obrigada pela disponibilidade de todos em me ajudar a concluir este estudo!

Finalizando, deixo meu agradecimento a sociedade brasileira, que contribui para que nós, cientistas, possamos tentar avançar, pelo menos um pouco, a respeito do conhecimento desse planeta, tão diverso e difícil; ao Comitê de Bacias, pela recepção entusiasmada deste projeto e os dados fornecidos; e à comunidade cientifica, tão exaustivamente consultada para realização deste trabalho.

Terminando este longo discurso, agradeço a todas as energias benéficas e maléficas, que me guiaram, e guiam, neste caminho da vida, e hoje me trazem aqui para apresentação deste trabalho!

“É grave ser diferente? Não! É grave ser diferente, mas, querer ser igual, porque isso é forçar a natureza, é ir contra as leis de Deus - que, em todos os bosques e florestas do mundo, não criou uma só folha igual a outra."

Paulo Coelho

RESUMO

SARAIVA, Vanessa Ingrid Carvalho. *Modelagem da Erosão Laminar na Bacia Hidrográfica Lagos – São João no Estado do Rio de Janeiro.* 2014. 189 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

A bacia hidrográfica Lagos – São João situa-se a leste do Estado do Rio de Janeiro, compreendendo 13 municípios. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi de realizar uma modelo de erosão laminar e um diagnóstico do estado atual de desenvolvimento dos processos erosivos. Para isto recorreu-se a técnicas de geoprocessamento e à metodologia denominada AHP (Analytic Hierarchy Process), ainda não testada para análise da erosão laminar, somados a trabalho de campo, para a realização do diagnóstico. Foram elaboradas para a bacia em questão bases cartográficas de solos, erodibilidade, erosividade e geomorfologia, e readequada a base de uso e ocupação do solo, após isto, realizou-se a integralização dos dados, definindo notas de 1 a 5, de acordo com a influência nos processos erosivos laminares. O modelo de erosão foi elaborado e validado, encontrando-se na escala de mapeamento de 1:100.000, apresentando cinco classes de suscetibilidade à erosão. As áreas mais suscetíveis à erosão laminar situam-se, na zona central da bacia, no entorno da Represa de Juturnaíba, e mais pontualmente nas porções elevadas da bacia. O fator preponderante para a suscetibilidade à erosão foi o uso do solo. O diagnóstico de erosão da bacia Lagos – São João foi executado por microbacias da área de estudo. Desta forma, a partir do trabalho de campo, criou-se um relatório de diagnóstico de erosão, compreendendo cinco possíveis notas de sinais erosivos, onde a nota 1, foi dada à microbacias onde a erosão era praticamente nula; e a nota 5, foi dada às microbacias onde os processos erosivos laminares foram extremamente severos. Cerca de 30% da área de estudo apresentaram sinais severos, e extremante severos de erosão, concentrando-se a montante e ao norte da Represa de Juturnaíba. As áreas de baixadas que compõem grande parte do área da bacia obtiveram suscetibilidade e diagnóstico da erosão com notas mínimas, devido sua declividade. As áreas de maior desenvolvimento dos processos erosivos foram as áreas com declividade de 20% a 30%, onde o uso do solo era de pastagem, mostrando como este uso pode estar afetando os solos desta bacia.

Palavras-chave: Erosão. Modelo de predição de erosão. Solos. Bacia do rio São João.

ABSTRACT

SARAIVA, Vanessa Ingrid Carvalho. *Modeling Erosion in Basin Lagos – São João in the State of Rio de Janeiro.* 2014. 189f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The watershed Lagos – São João (Lakes – St. John) is located in the east of the State of Rio de Janeiro, comprising 13 municipalities. In this basin was developed studies of soils and geomorphology, however studies of erosion model had not yet been developed. Thus, the aim of this study was to conduct a model sheet erosion and a diagnosis of the current state of development of erosion. For this we used geoprocessing techniques and a methodology called AHP (Analytic Hierarchy Process). This methodology was untested yet for analysis of sheet erosion. Were prepared for the watershed cartographic databases of soil, erodibility, erosivity and geomorphology. After that , there was defining values 1-5 , according influence on laminar erosion. The erosion model was developed and validated, lying on the mapping scale of 1:100,000, with five classes of susceptibility to erosion, very high, high, moderate, low and very low. The areas most susceptible to sheet erosion are located mainly in the central part of the basin, and more occasionally in the high elevation areas. The major factor for susceptibility to erosion was the use of soil. The diagnosis of erosion in the wathersed Lagos – São João, was executed by watersheds of the study area. Thus, from the fieldwork, it was created a diagnostic report of erosion, with five possible values of erosion. The value 1, was given to watersheds where erosion was practically no exist, and the value 5, was given to watersheds where the laminar erosion were extremely severe. Around the 30 % of the study area showed severe and extreme severe erosion presence, focusing upstream and north of the dam Juturnaíba. The lowlands areas that make up much of the basin obtained susceptibility and diagnosis of erosion with minimum values, due to its steepness. The fastest-growing areas of erosion were the areas with slopes of 20 % to 30 %, where the land use was pasture, showing how this use might be affecting the soils of this watershed.

Keywords: Erosion, Model sheet erosion , Watershed Lagos – São João , Soils

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Nomograma de Wischmeier 25
Figura 2 – Organograma de erosão hídrica de Meier e Wischimeier..... 29
Figura 3 – Estrutura básica dos SIG's..... 34
Figura 4 – Mapa da Bacia Hidrográfica Lagos – São João 42
Figura 5 – Mapa de médias de temperaturas (verão) da bacia Lagos - São João ... 47
Figura 6 – Mapa de médias de temperaturas (inverno) da bacia Lagos - São João 48
Figura 7 – Mapa de isoietas da bacia Lagos - São João..... 49
Figura 8 – Mapa de regiões bioclimáticas da bacia Lagos – São João 50
Figura 9 – Fluxograma das etapas metodológicas do estudo 54
Figura 10 – Mapa de pontos e coleta de solos e observação da Bacia Lagos - São João 54
Figura 11 – Mapa de pontos de análise de solos da bacia Lagos – São João 57
Figura 12 – Mapa de localização das estações monitoradas para o cálculo da erosividade 62
Figura 13 – Estrutura da árvore hierárquica do AHP para erosão laminar dos solos 67
Figura 14 – Esquema explicativo da álgebra de mapas 70
Figura 15 – Mapa de localização dos pontos de diagnóstico de erosão da bacia Lagos – São João 78
Figura 16 – Mapa de solos da bacia Lagos - São João 84
Figura 17 – Gráfico da distribuição dos solos da bacia Lagos - São João 85
Figura 18 – Mapa de erodibilidade da bacia Lagos - São João 88
Figura 19 – Gráfico da área das classes de erodibilidade da bacia Lagos - São João 89
Figura 20 – Gráficos de médias mensais de precipitação (mm) e erosividade MJ/ha.mm 94
Figura 21 – Mapa de erosividade da Bacia Lagos – São João 97
Figura 22 – Mapa de declividade da bacia Lagos - São João 100
Figura 23 – Distribuição das unidades de relevo da bacia Lagos – São João 102
Figura 24 – Mapa de geomorfologia da bacia Lagos – São João 105
Figura 25 – Gráfico de uso e ocupação dos solos 106
Figura 26 – Transição entre as colinas com uso de pastagem para o compartimento

	montanhoso florestado	107
Figura 27 –	Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Lagos – São João	108
Figura 28 –	Mapa de integralização da erodibilidade dos solos da bacia Lagos – São João	111
Figura 29 –	Mapa de integralização da erosividade da bacia Lagos – São João	112
Figura 30 –	Mapa de integralização do uso e ocupação do solo da bacia Lagos – São João	113
Figura 31 –	Mapa de integralização da declividade da bacia Lagos - São João	114
Figura 32 –	Mapa de integralização da geomorfologia da bacia Lagos – São João ..	115
Figura 33 –	Foto da erosão marginal – município de Silva Jardim	117
Figura 34 –	Gráfico das áreas de suscetibilidade à erosão laminar da bacia Lagos – São João	118
Figura 35 –	Fotografia das cicatrizes de movimentos de massa no alto curso do rio São João	119
Figura 36 –	Sinais de erosão no setor da Represa de Juturnaíba	120
Figura 37 –	Fotografia da pastagem declivosa com erosão	121
Figura 38 –	Imagem sobrepondo o Mapa de suscetibilidade à erosão com a imagem de satélite	122
Figura 39 –	Mapa de suscetibilidade à erosão laminar da bacia Lagos – São João ..	124
Figura 40 –	Sinais de erosão muito severa em compartimentos de declividade de até 40% e uso de pastagem – rio Aldeia Velha	128
Figura 41 –	Sinais de erosão linear e laminar extremamente severa na microbacia de Saquarema	130
Figura 42 –	Mapa de diagnóstico de erosão por microbacia da bacia Lagos – São João	132
Figura 43 –	Erosão na microbacia do rio Mato Grosso	146
Figura 44 –	Erosão severa bem distribuída – microbacia do Entorno de Juturnaíba	148
Figura 45 –	Visão panorâmica da microbacia do rio Aldeia Velha – ausência de erosão nas áreas florestadas	149
Figura 46 –	Sinais de erosão severa microbacia do rio Aldeia Velha	149
Figura 47 –	Erosão laminar na microbacia do rio Lontra e Dourado	150
Figura 48 –	Erosão linear na microbacia do rio Lontra e Dourado	151
Figura 49 –	Erosão laminar e linear na microbacia do rio Carijó e Godinho	152

Figura 50 – Sinais de erosão severa na microbacia do rio Capivari 153
Figura 51 – Erosão ligeira à moderada na microbacia do rio Maratuã 155
Figura 52 – Erosão linear pontual na microbacia do rio Maratuã 155
Figura 53 – Presença de sinais erosivos nas áreas de pastos e as áreas florestadas sem sinais erosivos – microbacia do rio Maratuã 156
Figura 54 – Microbacia do rio Piriri e das Onças – sinais de erosão moderada em colinas suaves onduladas 157
Figura 55 – Microbacia do rio Ibicuíba – áreas montanhosas 158
Figura 56 – Sinais de erosão moderada nas porções desmatadas e de pastagem na micro bacia do rio Ibiuíba 159
Figura 57 – Erosão laminar ligeira / moderada na microbacia do rio Vermelho 160
Figura 58 – Recuo progressivo das frentes de falésia –microbacia de Búzios 162

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores e influencia na erodibilidade dos solos..... 16
Quadro 2 – Fator k Van der Knijff..... 19
Quadro 3 – Erodibilidade dos solos de São Paulo - Bertoni e Lombardi Neto..... 20
Quadro 4 – Escala de Valores de Comparação do AHP..... 31
Quadro 5 – Índice aleatório do AHP..... 32
Quadro 6 – Estrutura do banco de dados geográficos da bacia Lagos - São João 47
Quadro 7 – Exemplo da estruturação das unidades de mapeamento de solos..... 50
Quadro 8 – Estrutura da tabela de erodibilidade de solos 50
Quadro 9 – Estruturação das classes de declividade 55
Quadro 10 – Síntese das propriedades morfológicas e morfométricas utilizadas para mapeamento dos relevos 56
Quadro 11 – Classes de uso dos solos..... 57
Quadro 12 – Matriz de comparação par a par – AHP, utilizada para suscetibilidade à erosão laminar..... 59
Quadro 13 – Pesos relativos de cada variável analisada..... 60
Quadro 14 – Classes de erodibilidade da bacia Lagos - São João..... 62
Quadro 15 – Classes de integração da erosividade..... 63
Quadro 16 – Integração da declividade da bacia Lagos - São João..... 64
Quadro 17 – Sistematização da integração da geomorfologia..... 64
Quadro 18 – Integração dos dados de uso e ocupação..... 65
Quadro 19 – Escala de concordância do índice kappa..... 66
Quadro 20 – Erodibilidade dos solos analisados..... 75
Quadro 21 – Unidades de mapeamento de solos, classe de erodibilidade e normalização das classes..... 78
Quadro 22 – Área das classes de declividade..... 87
Quadro 23 – Relação do diagnóstico de erosão, por microbacias, da bacia Lagos – São João..... 111
Quadro 24 – Legenda do mapa de solos da bacia Lagos - São João..... 147

Quadro 25 – Composição granulométrica do perfil 2..... 168
Quadro 26 – Composição granulométrica do perfil 5..... 169
Quadro 27 – Composição granulométrica do perfil 8..... 170
Quadro 28 – Composição granulométrica do perfil 12..... 172
Quadro 29 – Composição granulométrica do perfil 19..... 172
Quadro 30 – Composição granulométrica do perfil 37..... 174
Quadro 31 – Composição granulométrica do perfil 50..... 175
Quadro 32 – Composição granulométrica do perfil 53..... 176
Quadro 33 – Composição granulométrica do perfil 56..... 177
Quadro 34 – Composição granulométrica do perfil 58..... 178
Quadro 35 – Composição granulométrica do perfil 67..... 179
Quadro 36 – Composição granulométrica do perfil 83..... 180
Quadro 37 – Composição granulométrica do perfil 94..... 181
Quadro 38 – Composição granulométrica do perfil 96..... 182
Quadro 39 – Composição granulométrica do perfil 96..... 183
Quadro 40 – Composição granulométrica do perfil 101..... 184
Quadro 41 – Composição granulométrica do perfil 103..... 185
Quadro 42 – Composição granulométrica do perfil 109..... 185
Quadro 43 – Composição granulométrica do perfil 110..... 186
Quadro 44 – Composição granulométrica do perfil 114..... 187

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Erodibilidade pela equação de Boyoucos..... 18
Equação 2 – Erodibilidade de Denardin..... 19
Equação 3 – Cálculo da EUPS..... 23
Equação 4 – Equação da MEUPS..... 23
Equação 5 – Função do mapa ponderado..... 29
Equação 6 – Quantidade de comparações a serem realizadas do AHP 31
Equação 7 – Equação do índice de consistência do AHP 32
Equação 8 – Equação da razão da consistência do AHP 32
Equação 9 – Equação da energia cinética da chuva..... 52
Equação 10 – Equação do cálculo da EI30..... 53
Equação 11 – Equação do EI de Bertoni e Lombardi Neto..... 53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGNPS	*Nonpoint Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds*
AHP	*Analytic Hierarchy Process*
ANSWERS	*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*
APA	Área de Proteção Ambiental
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
ARS	Serviço de Pesquisa Agrícola
CLSJ	Consórcio Lagos – São João
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CREAMS	*Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems*
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUPS	Equação Universal de Perda de Solos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
MEUPS	Equação Universal de Perda de Solos Modificada
MTA	Massa Tropical Atlântica
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SIG'S	Sistemas de Informação Geográfica
SWRRB	*Simulator for Water Resources in Rural Basins*
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
WEPP	*Water Erosion Prediction Project*
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	9
1	**REFERENCIAL TEÓRICO CONCEITUAl**.....	11
1.1	**Erosão**.....	12
1.1.1	Processos erosivos e erosão laminar.....	12
1.1.2	Erodibilidade dos solos.....	15
1.1.3	Modelos de erosão.....	21
1.2	**Ferramentas informacionais para análise ambiental**.....	25
1.2.1	Geoprocessamento em erosão dos solos.....	25
1.2.2	Análise Multicritério.....	28
1.2.3	Análise de Processos Hierárquicos.....	29
2	**DESCRIÇÃO DA ÁREA**.....	33
2.1	**Situação, limites e extensão**.....	33
2.2	**Aspectos físicos-ambientais**.....	35
2.2.1	Aspectos pedogeomorfológicos	35
2.2.2	Aspectos bioclimáticos	36
2.3	**Aspectos socioeconômicos gerais**.....	43
3	**METODOLOGIA**.....	46
3.1	**Banco de dados geográficos**	46
3.2	**Bases cartográficas**.....	48
3.2.1	Malha de solos.....	48
3.2.2	Malha de erosividade.....	52
3.2.3	Malha de declividade	55
3.2.4	Malha de geomorfologia.....	55
3.2.5	Malha de uso e ocupação do Solo.....	56
3.3	**Análise Multicritério**.....	57
3.3.1.1	Estrutura da Árvore Hierárquica de Dados.....	58
3.3.1.2	Valoração dos critérios e análise da consistência do julgamento	59
3.3.2	Integração da temática	60
3.3.2.1	Integração da erodibilidade	62
3.3.2.2	Integração da erosividade.....	63

3.3.2.3 Integração da declividade..... 63
3.3.2.4 Integração da geomorfologia..... 64
3.3.2.5 Integração do uso e Ocupação..... 65
3.3.3 Validação do modelo..... 65
3.3.4 Diagnóstico de erosão laminar na bacia Lagos - São João..... 66
4 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**..... 69
4.1 **Bases Cartográficas**..... 69
4.1.1 Solos..... 69
4.1.2 Erodibilidade..... 75
4.1.3 Erosividade..... 81
4.1.4 Declividade..... 87
4.1.5 Dados de geomorfologia..... 89
4.1.6 Uso e ocupação dos solos..... 93
4.2 **Modelo de erosão laminar**..... 96
4.2.1 Integralização dos dados..... 96
4.3 **Modelo de erosão laminar da bacia Lagos - São João**..... 102
4.4 **Diagnóstico da erosão da bacia hidrográfica Lagos – São João**..... 110
5 **CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES**..... 118
REFERENCIAS..... 121
APÊNDICE A – Relatório do diagnóstico de erosão..... 142
APÊNDICE B – Dados brutos de solos 160

INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais com maior disponibilidade na superfície terrestre, fundamental, para grande parte das atividades humanas. O conceito de solo pode ser definido, de acordo com Curi et al. (1993), como matéria mineral não consolidada, na superfície da terrestre, influenciada por fatores genéticos, ambientais e do material de origem, atuando durante um período de tempo, produzindo o solo.

A superfície da Terra não é estática e encontra-se em estado contínuo de modificações. Os rios, os ventos, as geleiras e as enxurradas das chuvas, deslocam, transportam e depositam continuamente as partículas do solo. Este fenômeno é denominado erosão geológica ou erosão natural (LEPSCH, 2002). Foi por intermédio desta erosão natural que foram esculpidos vales e depositados os deltas dos rios.

Em condições físicas naturais, o ambiente, tem um ciclo erosivo equilibrado pela renovação, e é graças a esse equilíbrio que existe vida no planeta. Porém, este ciclo, quando alterado interfere na dinâmica erosiva.

A erosão pode ser definida, de acordo com Lepsch (2002), como o processo de desprendimento e arraste das partículas de solo, causado pela ação da água e do vento. Segundo Goudie (1995), os seres humanos tem sido responsáveis pela aceleração da erosão. Alterando assim a dinâmica dos materiais das encostas. A erosão dos solos é influenciada por fatores naturais e antrópicos, dentre eles destacam-se: a energia cinética da chuva, propriedades químicas, físicas e biológicas, comprimento, forma e declividade das encostas, a natureza na cobertura vegetal, características do relevo e o uso e ocupação do solo (GUERRA e MENDONÇA, 2004).

A erosão acelerada quando não controlada gera uma série de impactos no ambiente. No solo os impactos podem ser expressos pelo: o empobrecimento químico, mudanças dos constituintes físicos, produção exacerbada de sedimentos, acarretando em um desequilíbrio deste sistema, interferindo, inclusive no aspecto econômico e de produção da sociedade.

A fim de entender melhor a atuação da dinâmica erosiva no meio ambiente, muitos estudos debruçaram-se sobre os modelos de predição de erosão, principalmente em escala de vertente. Inicialmente, estes modelos abordavam mais profundamente, os aspectos qualitativos envolvidos nos processos erosivos. Mas, com o avanço tecnológico e o aprimoramento das técnicas de informática, os modelos passaram a serem mais complexos, possibilitando a o uso da modelagem para as mais diversas finalidades.

Uma das vertentes, do estudo dos processos erosivos, desenvolvem e aprimoram os modelos de erosão. Alguns destes modelos voltaram-se para o entendimento e predição da erosão em bacias hidrográficas.

Os modelos de erosão voltados para a escala de bacia hidrográficas simulam a hidrologia e os processos erosivos, e dentre estes pode-se destacar: Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems (CREAMS), Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation (ANSWERS), Nonpoint Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds (AGNPS), Water Erosion Prediction Project (WEPP). Acrescentam-se a estes, os métodos que se utilizam de equações junto aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG'S) a partir de softwares, tais como, SPRING e ArcGIS.

O uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG), através das ferramentas e sistemas de geoprocessamento, para análise da erosão, tem se ampliado, principalmente, por sua capacidade de processamento de dados geocodificados. Dentre as metodologias operacionalizadas em conjunto com as ferramentas de Geoprocessamento para a modelagem ambiental, destaca-se o método denominado AHP (Analytic Hierarchy Process). Este método traduz as análises realizadas pelos pesquisadores, em equações matemáticas, tornando possível a elaboração de um modelo matemático, para as diversas análises ambientais. Sua utilização nas ciências ambientais está mais especificamente voltada para os estudos de movimentos de massa, não sendo este testado na elaboração de modelos de erosão laminar.

No Estado do Rio de Janeiro, estudos de erosão voltados para bacias hidrográficas ainda são em menor proporção, sendo interessante que novas pesquisas possam aprofundar esta temática, auxiliando na produção de dados e no gerenciamento da problemática da erosão nas bacias hidrográficas do Estado. Neste sentido, o presente estudo discorre sobre a temática da erosão na bacia hidrográfica dos Lagos – São João.

Esta bacia se situa a leste do Estado do Rio de Janeiro, perpassando por 13 municípios, banhando, entre outras regiões, a chamada "Região dos Lagos", importante região de turismo do estado. Seu ambiente geomorfológico, geológico e pedológico é bastante variado. O rio de maior importância é o rio São João que já sofreu diversas intervenções antrópicas, descritas e estudadas por Cunha (1999). O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (BASTOS e NAPOLEÃO, 2011) constatou que na bacia Lagos – São João o mais expressivo uso é o de pastagens. Esta atividade é potencializadora de impactos diversos para o meio físico desta, devido a retirada da cobertura florestal originária e o efeito do pisoteio do gado, tornando os solos destas áreas mais suscetíveis aos processos erosivos. Torna-se importante que nas áreas

de atividade de pastagem seja realizado um manejo adequado dos solos, a fim de que o este não se desgaste. Porém, na bacia em questão, ainda não se percebe sistemas de manejo adequados às pastagens em grandes proporções. Trabalhos de campo anteriores, realizados na área (SARAIVA, 2012), evidenciaram a presença de erosão laminar em grande parte da bacia.

A escolha da bacia Lagos – São João como recorte espacial do presente estudo, deveuse a notabilidade dos processos erosivos que ocorrem nesta bacia. Permitindo que este estudo venha a ser utilizado, como uma ferramenta de auxílio, no processo de tomada de decisão por parte do órgão gestor, no manejo dos bens naturais da bacia Lagos – São João.

Desta forma, o objetivo geral do presente estudo é avaliar a suscetibilidade à erosão laminar dos solos da bacia hidrográfica Lagos – São João.

Pode-se elencar como objetivos específicos:

a) Elaborar um modelo de erosão laminar, apresentado a partir de mapa de suscetibilidade à erosão laminar na bacia Lagos – São João, utilizando uma metodologia ainda não testada para estudo dos processos erosivos laminares, denominada AHP (Analytic Hierarchy Process).
b) Elaborar um diagnóstico do estado atual da erosão na bacia Lagos – São João, apresentado a partir de um mapa da situação dos processos erosivos na bacia.

A estrutura do presente trabalho encontra-se dividida em quatro principais partes. O Capitulo 1 estruturou um referencial teórico básico, do que vem sendo produzido e discutido, a respeito da pesquisa de erosão de solos, modelagem da erosão, e os métodos e ferramentas adotadas para a realização desta modelagem.

O Capitulo 2 descreveu a área de estudo, a partir de um panorama geral dos aspectos físicos e sociais da bacia Lagos – São João.

O Capítulo 3 apresentou as etapas metodológicas desta pesquisa, desde a produção de dados, até a descrição dos métodos envolvidos na modelagem da erosão laminar e do diagnóstico de erosão.

O Capítulo 4 apresentou e discutiu os resultados obtidos na presente dissertação, trazendo os dados cartográficos elaborados, o modelo de erosão laminar da bacia Lagos – São João e o diagnóstico de erosão da bacia. Início da parte textual do trabalho.

As considerações finais encerram este estudo, elencando as principais contribuições dadas pelo presente estudo, bem como, suas lacunas e possíveis pesquisas futuras. Os Apêndices A e B apresentam os dados brutos de solos e um relatório preparado especialmente para a utilização de órgãos de gestão e planejamento, fornecendo uma ampla descrição do panorama atual da erosão na bacia Lagos – São João.

1 **REFERENCIAL TEÓRICO CONCEITUAL**

O presente estudo realizou uma pesquisa bibliográfica acerca das temáticas mais notáveis para seu desenvolvimento. Neste capitulo apresentam-se os principais conceitos e temáticas estudadas.

1.1 **Erosão**

A erosão tem papel fundamental na degradação dos solos. Este subcapítulo foi divido em dois: processos erosivos laminares e erodibilidade dos solos. Esta divisão objetiva um maior entendimento da erosão dos solos e o comportamento destes solos em relação à erosão.

1.1.1 Processos erosivos e erosão laminar

A erosão compreende um conjunto de fenômenos naturais envolvendo a formação de materiais detríticos, provenientes da decomposição e desagregação das rochas e dos solos. O termo erosão provém do latim erodere e significa corroer, utilizado para designar o processo de desgaste da superfície terrestre, envolvendo solo ou rocha (CARVALHO, et al., 2006).

Em estado de equilíbrio, esse processo atua em conjunto, com o acúmulo e remoção de materiais e os processos pedogenéticos. Porém, quando se tem o rompimento deste equilíbrio, normalmente impulsionado pela atividade antrópica, se inicia o processo de erosão acelerada (JACK, 1939).

Quando desprovido de sua vegetação natural, o solo fica exposto a uma série de fatores, que tendem a depauperá-lo (MAFRA, 2004). A velocidade com que este depauperamento se processa é variada. O desgaste acelerado sempre existirá quando houver práticas de manejo inadequado do solo.

Com a degradação do solo ocorrem processos tais como: empobrecimento químico e lixiviação, erosão hídrica, erosão eólica, excesso de sais ou salinização, degradação física e

degradação biológica (LEPSCH, 2002). Morgan (2005) destaca alguns fatores que influenciam os processos erosivos:

a) Erosividade: A perda de solos está intimamente ligada ao regime de chuvas, principalmente pela ação das gotas de chuva e do escoamento superficial. Esse fator assume especial importância quando tratamos de erosão superficial e em sulcos, onde a intensidade da chuva tem grande importância. Morgan (2005) ressalta que a perda de solo média por chuva, possui íntima relação com o aumento da intensidade desta, logo, uma chuva curta e intensa pode gerar a mesma perda de materiais, que uma chuva de longa duração e baixa intensidade. O regime climático assume importância diferencial quando tratamos de suscetibilidade à erosão, expondo mais, ou menos, os materiais da superfície às suas intempéries, desagregação e transporte.

b) Natureza do Solo: Independentemente de outros fatores, certos solos por sua organização, composição química e física, se mostram mais, ou menos, suscetíveis à erosão. A esta propriedade se dá o nome de erodibilidade (MORGAN, 2005). Este tópico será abordado de maneira mais detalhada no próximo Subcapítulo.

c) Declividade do Terreno: O grau de inclinação do terreno influencia na concentração, dispersão e velocidade do escoamento superficial, provocando o maior, ou menor, arraste das partículas do solo. Morgan (2005) destaca que em encostas muito íngremes há menor acumulo de material, tornando-se regiões com menores riscos de erosão laminar, devido a menor quantidade de material a ser removido. Morgan (2005) estabelece uma relação curvilínea entre o aumento da declividade e a perda de solo. No início, o acréscimo da declividade implica em maior intensidade da erosão, sendo que isso ocorreria até cerca de 10°. Posteriormente, se teria uma menor da remoção de materiais, com o aumento da declividade da encosta pelo menor aporte de detritos das áreas mais íngremes.

d) Cobertura do Solo: A vegetação atua como uma camada protetora entre a atmosfera e o solo. Suas folhas e caules absorvem a energia das gotas de chuva e as remobilizam. Os diferentes sistemas de raízes podem contribuir para a resistência mecânica do solo. Morgan (2005) exemplifica um experimento com solos argilosos, em que o primeiro foi deixado completamente desprotegido, e o segundo com uma malha de fina protetora que interceptava a

chuva. O segundo sofreu menor perda de materiais, destacando-se assim a importância da cobertura do solo para estudo da erosão.

Existem diversas formas de erosão, mas a provocada pelo escoamento superficial e subsuperficial, nas encostas, é a que possui maior distribuição geográfica em diversos países (JORGE e GUERRA, 2013), sendo assim, o presente estudo procurou dar ênfase na erosão hídrica nas encostas, por estamos em condições climáticas tropicais, onde a água é o principal agente modelador, enfatizando o processo de erosão laminar.

A erosão laminar surge do escoamento da água que não se infiltra. Este escoamento pode, de acordo com, a densidade e velocidade do escoamento, espessura da lamina d'água e inclinação, promover maior, ou menor, arraste das partículas dos solos (CARVALHO et al., 2006). Esse tipo de erosão tem maior amplitude em áreas de uso agrícola e pastagens, onde os solos apresentam-se sem a cobertura vegetal originária, e, no caso das plantações, desnudos em determinadas épocas do ano.

Bertoni e Lombardi Neto (1990) destacam que a erosão laminar é a forma de erosão mais importante do ponto de vista conservacionista, pois, é o estágio inicial deflagrador de processos erosivos mais agressivos. Guerra (2005) faz uma descrição do processo erosivo de maneira bem completa e didática, considerando, o papel do splash, dos processos de infiltração e formação de poças, para a geração do escoamento superficial, que pode vir a formar ravinas e voçorocas.

A seguir se apresenta, de maneira resumida, tal processo, de acordo com Guerra (2005). A ação do splash, também denominada, como erosão por salpicamento, é o estágio mais inicial do processo erosivo.

Este tem seu início com a queda da gota da chuva, sua intensidade varia de acordo com a resistência do solo e com a energia cinética das gotas da chuva. Esse processo gera a ruptura dos agregados em tamanhos menores provocando a formação de crostas e a selagem dos solos (GUERRA, 2005). Com a selagem da superfície inicia-se a produção de runoff. Esta selagem oferece maior resistência a ação do splash, no entanto, aumenta a produção de runoff, que pode atingir altas velocidades (GUERRA, 2005).

Assim, quando se inicia um evento chuvoso a água tem dois destinos básicos, ela pode ser interceptada pela vegetação, evaporando de volta, ou atingir o solo através do fluxo pelo tronco ou pode cair em contato direto com o solo. O solo por sua vez tem dois tipos de resposta a essa água, ou esta infiltra, ou se acumula, nas irregularidades do solo (GUERRA, 2005).

No momento em que a intensidade da chuva ultrapassa a capacidade de infiltração, formando ou não as poças, inicia-se o processo de escoamento superficial. A princípio esse

fluxo é difuso, recobrindo toda a encosta como um lençol (sheetflow). Esse tipo de erosão também é conhecido como erosão laminar.

Neste estágio começa a se desenvolver uma pequena incisão no solo, em especial onde o fluxo de água começa a se concentrar. Porém, a erosão ainda é muito incipiente, localizada e envolve apenas transporte individual dos grãos que compõe o solo. Havendo ainda grandes possibilidades recuperação deste (GUERRA, 2005)

O estágio seguinte ao sheetflow é o do fluxo linear, à medida que o fluxo linear vai se tornando concentrado em canais bem pequenos, em pontos aleatórios da encosta. Iniciando-se assim o processo de erosão linear, podendo a partir deste fluxo se iniciar a formação de microrravinas (micro-rills). Nesse caso, a maior parte da água que escoa está concentrada em pequenos canais bem definidos (GUERRA, 2005)

A formação de microrravinas com cabeceiras (headcuts) é a etapa que coincide com o segundo pico de produção de sedimentos, resultantes da erosão ocorrida dentro das ravinas. Assim, as cabeceiras recuam em direção as partes mais elevadas das encostas e o canal se torna mais largo e profundo.

Assim, uma vez estabelecida na encosta, a ravina tende a evoluir através de bifurcações em pontos de ruptura denominadas knickpoints. Destaca-se que o principal significado geomorfológico, destes pontos de ruptura, é sua participação na evolução dos sistemas de ravinas e sua influência da hidrologia das encostas (GUERRA, 2005). Sendo assim, com a evolução contínua desses processos, dá-se a intensificação dos processos erosivos lineares, com a formação das ravinas, e dependendo das condições, formação de voçorocas, encosta abaixo.

1.1.2 Erodibilidade dos solos

A erodibilidade define a resistência do solo ao sofrer destacamento e transporte. Esta configura um dos principais fatores condicionantes da erosão dos solos. Embora a resistência à erosão de um solo dependa em parte da posição topográfica, declividade e a quantidade de perturbações, as propriedades dos solos são determinantes neste processo (MORGAN, 2005).

Bertoni e Lombardi Neto (1990) destacam que existem diferenças entre as propriedades do solo, que admitem que alguns solos, sejam mais erodidos que outros. No Quadro 1 se relacionam alguns fatores que influenciam na erodibilidade.

Quadro 1 - Fatores e influencia na erodibilidade dos solos.

Fatores	**Influciencia**
Físicos:	
Textura	Influi no destacamento e carreamento das particulas do solo;
	Determina a facilidade com que o solo é dispensado;
	Determina a força limite necessária para o destacamento
Estrutura	Condiciona a formação de agregados que resistem a dispersão, aos efeitos da água de escoamento e ao destacamento;
	Influi no gra de agregação e distribuição de agregados estáveis;
	A rugosidade superficial dos agregados influencia a retenção d'água;
	Condiciona a formação de crosta superficial determinante de alta taxa de escoamento superficial.
Mecânicos	
Resistencia ao cisalhamento	Importante no destacamento de particulas por impacto de gotas ou escomanento superficial;
	Influencia o rolamento e feslizamento de grãos
Hidrológicos	
Retenção dágua	A umidade inicial do solo influencia a resistencia ao destacamento das particulas;
	As poropressões geradas no processo influenciam a resistência ao cisalhamento do solo.
Infiltração e permeabilidade	A taxa de infiltração e a permeabilidade do solo determinam o volume de escoamento superficial
Químicos, biológicos e mineralógicos	
Matéria orgânica	Influencia a textura e as propriedades de retenção e distribuição d`'água
	Fortalece os agregados e os micro-agregados, aumentando suas resistencias à desagregação e a dispersão.
Argilominerais	Influenciam a estrutura e a resistencia do solo;
	Interagem com a matéria orgânica, influenciando a estabilidade de agregados
Características do Perfil	
Morfologia do perfil	Influencia o escoamento superficial pelas musanças nas propriedades hidrológicas dos diferentes horizontes
Substrato rochoso	As características litológicas do substrato rochoso, associadas à intensidade do intemperismo e à natureza da alteração e grau de fraturamento, condicionam a erodibilidade dos solos saprolíticos

Fonte: Adaptado de LAL, 1988.

Morgan (2005) apresentou uma revisão do conceito de erodibilidade ressaltando algumas conclusões. Dentre elas, foi destacado o papel da textura, por exemplo, solos com alto teor de silte, acima de 40%, que são altamente erodíveis devido a esta partícula ser facilmente removível no processo mecânico.

O papel da argila na erodibilidade é fundamental por combinar-se com a matéria orgânica, os solos com baixo teor de argila apresentam menor estabilidade dos agregados (BRADY e BUCKMAN, 1976; MORGAN, 2005).

Solos com argilas do tipo caulinita, clorita e mica, tem menos expansão quando úmidos, devido à qualidade destas argilas. Desta forma, são menos erodíveis, do que solos que contem esmectita e vermiculita, que possuem maior expansão e retração, podendo formar crostas que facilitam o processo de erosão (MORGAN, 2005).

A resistência ao cisalhamento do solo é uma medida de sua coesão e resistência às forças de cisalhamento exercidas pela gravidade e pelos fluídos. Sua força é derivada da resistência de atrito das partículas do solo quando forçados umas contra as outras. Esse processo só pode ser entendido qualitativamente tendo como principais componentes o ângulo de atrito entre as partículas e a força das ligações químicas (MORGAN, 2005).

A capacidade de infiltração do solo é influenciada pelo tamanho dos poros, estabilidade destes e a organização do perfil de solo. Os solos com agregados estáveis mantêm seus poros, enquanto solos com argilas expansivas ou minerais instáveis tendem a ter baixa capacidade de infiltração.

Quando se tem solos que possuem um horizonte arenoso sobreposto com um argiloso, com presença da descontinuidade textural, se diminui consideravelmente a infiltração ao logo do perfil, provocando o escoamento lateral da água (MORGAN, 2005).

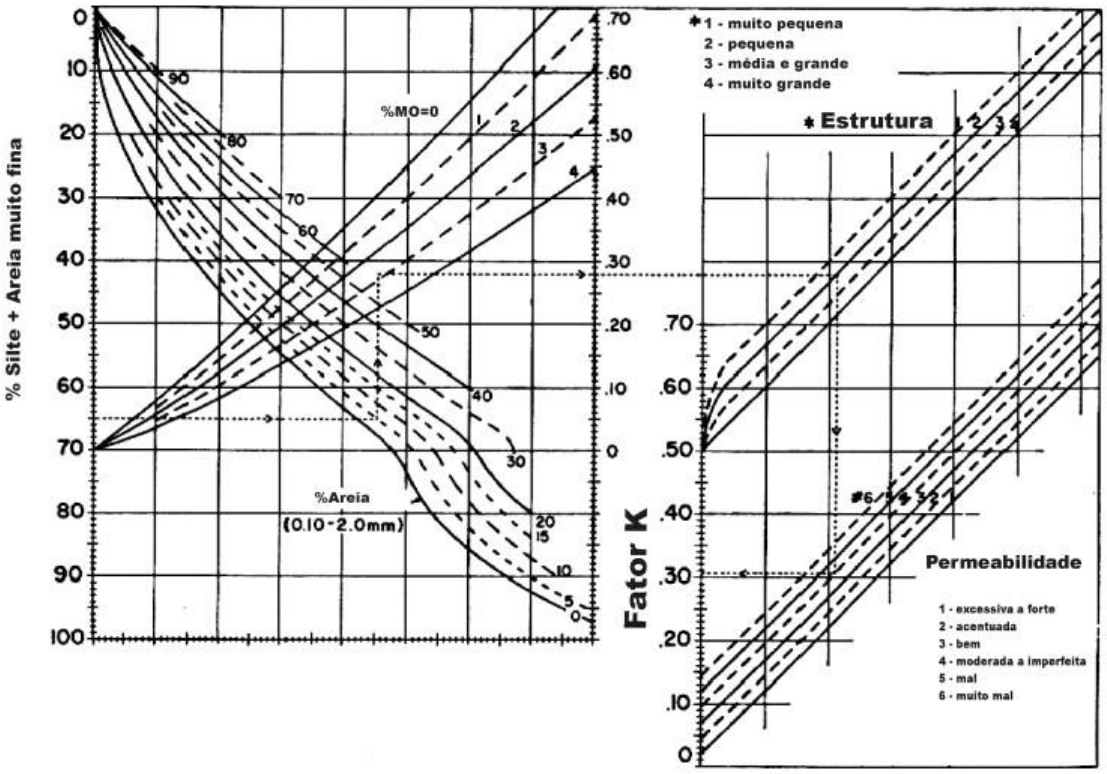
Os constituintes orgânicos do solo são importantes devido à sua influência na estabilidade dos agregados. Voroney et al. (1981, apud MORGAN, 2005) sugerem que a erodibilidade diminui linearmente com o aumento da matéria orgânica ao longo do intervalo de 0 – 10%. No entanto essas relações não podem ser extrapoladas, pois alguns solos com alto teor de matéria orgânica, como os de turfa, não possuem boa estabilidade de agregados, enquanto, outros solos, de baixo conteúdo orgânico, podem ser muito difíceis de serem erodidos, principalmente, sob ação de climas secos (MORGAN, 2005).

Quimicamente o controle mais importante sobre a erodibilidade é a proporção de argilas facilmente dispersáveis no solo. A quantidade de sódio permutável pode causar a rápida deterioração da estrutura do solo, com perda da resistência gerando crostas (MORGAN, 2005.).

A erodibilidade do solo pode ser calculada, por uma série de modelos e equações matemáticas, onde a erodibilidade é representada pelo “Fator K”. A seguir segue uma breve revisão de alguns modelos selecionados para cálculo da erodibilidade,

a) Nomograma de Wischmeier et al. (1971): Dentre os métodos existentes, o do nomograma de Wischmeier et al. (1971) é o mais utilizado e pode ser analisado na Figura 1. Ele permite a estimativa do valor de K de forma gráfica:

Figura 1 - Nomograma de Wischmeier.



Fonte: WISCHMEIER et al., 1971.

b) Equação de erodibilidade de Boyoucos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; HUDSON, 1982;): Modelo simplista, baseado na textura dos horizontes dos solos. Nesta equação (equação 1), a argila possui um papel fundamental na menor erodibilidade dos solos.

K=((% areia+ % silte)/(% argila))/100 (1)

Onde: o %areia, % silte e % argila representaram as porcentagens das respectivas frações para cada sub-horizonte.

c) Denardin (1990): Silva et al. (1994) efetuaram a comparação da erodibilidade estimada por seis métodos indiretos com o valor medido no campo em um Latossolo Vermelho e um Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos sob Cerrado. O modelo de Denardin (1990) é descrito a partir da equação demonstrada na equação 2.

K (t.ha.h/ ha.MJ.mm)= 0,00000748.M + 0,00448059.P - 0,0631175.DMP + 0,01039567.REL (2)

Onde: M = (%silte+%areia_m_fina)*(100-%argila); P= código da permeabilidade do solo segundo a classificação de Wishmeier; DMP= exp {Σ*f* *ln [(di + di1)/2)]}; REL= [(%MO)/(%0,1mm)]; f= percentual correspondente

ao intervalo de diâmetro, %; di= diâmetro superior do intervalo, mm; di1= diâmetro inferior do intervalo, mm; %MO= percentual de matéria orgânica, %.

d) Van der Knijff et al. (1999): Van der Knijff et al. (1999) desenvolveram um método baseado apenas em dados texturais dos solos, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Fator K de Van der Kinijff.

Valores de K		
Textura	Faixa Granulométrica	K
Grossa	Argila < 18% e Areia > 65%	0,0115
Média	18% <Argila < 35% e Areia > 15% ou Argila < 18% e 15% < Areia < 65%	0,0311
Média a Fina	Argila < 35% e Areia < 15%	0,0438
Fina	35% < Argila < 60%	0,0339
Muito Fina	Argila > 60%	0,0115

Fonte: Adaptado de VAN DER KINIJFF et al., 1999.

Um amplo estudo a respeito da erodibilidade dos solos foi realizado por Bertoni e Lombardi Neto (1990) que definiu valores de erodibilidade para o Estado do São Paulo, sendo estes valores definidos a partir de coletas de dados em campo utilizando como base o modelo EUPS (Quadro 3).

Bertoni e Lombardi Neto (1990) concluíram que os solos que possuem horizonte B textural apresentam comportamento diferenciado, quando comparado aos solos com horizonte B latossólico, em relação à erosão. Os solos com horizonte B textural são mais suscetíveis à erosão, sendo menos tolerantes às perdas de solos, principalmente devido seu gradiente textural, diferentemente dos solos latossólicos, que possuem uma melhor drenabilidade e maior tolerância às perdas. Desta forma o uso e o manejo dos solos com B textural deve ser diferenciado devido sua maior sensibilidade.

Para o Estado do Rio de Janeiro a EMBRAPA Solos (CORRÊA e COSTA et al., 2005) realizou um estudo em uma bacia experimental para determinação dos valores do fator K. A definição desse fator, para as 161 unidades de mapeamento de solo, foi realizada por meio de levantamento bibliográfico, utilizando a média ponderada dos valores de K encontrados nas literaturas para realizar um modelo de suscetibilidade à erosão de todo Estado a partir da EUPS.

Atualmente outros estudos vem sendo realizados para a definição da erodibilidade dos solos, tais como, Almeida et al. (2009) para solos de Roraima; Nunes e Casso (2008) para solos

do Rio Grande do Sul Martins et al. (2011), analisando a erodibilidade dos solos nos Tabuleiros Costeiros; De Castro *et al.* (2011), para solos do Cerrado Goiano, Branco et al. (2013).

Quadro 3 – Erodibilidade dos Solos de São Paulo (continua).

Solos	Erodibilidade	
	H. Superficial	H. Subsuperficial
Com B textural		
Podzolizados com cascalho	0,055	0,027
Podzolizados Lins e Marília, variação Marília	0,049	0,023
Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras	0,043	0,046
Podzolizados Lins e Marília, variação Lins	0,035	0,023
Podzólico Vermelho-Amarelo, variação orto	0,034	0,028
Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Piracicaba	0,028	0,019
Mediterrâneo Vermelho-Amarelo	0,023	0,021
Terra Roxa estruturada	0,018	0,011
Com B Latossólico		
Latossolo Vermelho-Amarelo, orto	0,022	0,009
Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa	0,017	0,012
Latossolo Vermelho-Amarelo, fase rasa	0,017	0,022
Latossolo Vermelho-Escuro, orto	0,015	0,005
Solos de Campos do Jordão	0,015	0,013
Latossolo Vermelho-Amarelo, fase arenosa	0,013	0,007
Latossolo Vermelho-Amarelo, fase terraço	0,012	0,003
Latossolo Roxo	0,012	0,004
Latossolo Vermelho-Amarelo húmico	0,011	0,004

Fonte: Adaptado de BERTONI e LOMBARDI NETO,1990.

1.1.3 Modelos de Erosão

A determinação das perdas sofridas pelos solos por efeito da erosão pode ser feita de várias maneiras. Bertoni e Lombardi Neto (1990) dividem os diferentes métodos de determinação a erosão em dois grandes grupos: os métodos diretos e os métodos indiretos.

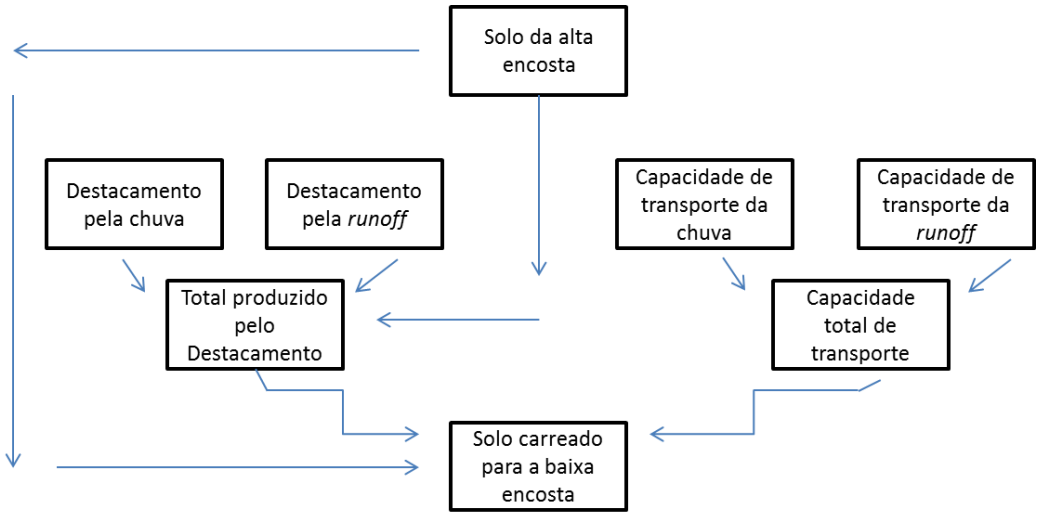
Os métodos diretos correspondem a todos aqueles que se baseiam na coleta, medição e análise do material erodido, a partir da instalação de parcelas coletoras e de medições específicas. Já os métodos indiretos trabalham com levantamentos de tipos de solos, topografia, fotografias aéreas, softwares de modelagem, dentre outras ferramentas.

Os modelos são simplificações da realidade, dependendo do objetivo podem ser mais, ou menos, complexos. O ponto de partida para toda modelagem deve, portanto, ser a elaboração de um objetivo claro.

Os modelos que tem como objetivo a gestão e o planejamento exigem ferramentas relativamente simples, a fim de auxiliar a tomada de decisão, ainda que sobre sistemas bastante complexos (MORGAN, 2005).

Meyer e Wishmeyer (1969) publicaram uma simulação matemática da erosão baseada em uma relação empírica. Ressalta-se que o modelo exposto abaixo, Figura 2, foi elaborado inicialmente para estudos em vertentes.

Figura 2 – Organograma de erosão hídrica de Meyer e Wishmeyer.



Fonte: Adaptado de MEYER e WISHMEYER, 1969.

A modelagem do processo erosivo se constitui da descrição matemática da desagregação, transporte e deposição das partículas na superfície do solo. A primeira descrição físico-matemática do processo erosivo data de 1950, com o surgimento da EUPS.

O avanço da informática permitiu o aprimoramento e evolução dos modelos matemáticos. A partir desta, estes poderiam ser simulados pelo computador, considerando as variações espaciais e temporais dos fatores condicionantes do processo erosivo.

Dentre os modelos desenvolvidos o presente estudo destaca a EUPS e o modelo WEPP, que serão descritos, a seguir, devido à grande quantidade de estudos que o utilizam a Equação Universal de Perda de Solo:A estimativa das perdas de solo através do processo erosivo é importante para se quantificar os sedimentos retirados de uma vertente, revelando o potencial de assoreamento de um manancial e ou reservatório. Neste sentido, dois pesquisadores do Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), W.H. Wischmeier e D.D. Smith (1978) desenvolveram a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) que possibilitou o cálculo dos valores de perda de solo por unidade de área. Sendo elaborada com uma metodologia que correlaciona à predição da média anual de perdas, causada pela erosão laminar, definida por:

$$A = R.\ K.\ L.\ S.\ C.\ P \qquad (3)$$

Onde A = Índice que representa a perda de solo por unidade de área (t/ ha ano); R = erosividade da chuva (MJ / ha· mm. ano); K = erodibilidade do solo (t ha. h/ MJ. ha. mm); L = fator comprimento de rampa (adimensional); S = fator declividade de rampa (adimensional); C =

fator relativo ao uso e manejo do solo (adimensional); e P = fator relativo à prática conservacionista adotada (adimensional).

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) tem por objetivo predizer a erosão que poderá ocorrer em determinada área, visando à adoção de medidas preventivas e/ou mitigadoras para que a magnitude das perdas de solo fique situada dentro de limites toleráveis (CASTRO e VALÉRIO FILHO, 1997; COLODRO et al., 2002).

A aplicação da EUPS em escalas regionais é válida para estudos qualitativos sobre predição de perdas de solos (CHAVES, 1994). Desta forma, a análise qualitativa favorece a espacialização e delimitação de áreas com maior ou menor susceptibilidade a erosão.

O modelo MEUPS é uma variação do modelo EUPS. A diferença está no fator erosividade, que prevê o aporte de sedimentos, oriundo de pequenas e médias bacias hidrográficas, em determinado talvegue, córrego ou reservatório da bacia (ARAÚJO JUNIOR, 1997).

O modelo MEUPS não necessita de relações empíricas adicionais de aporte de sedimentos como o EUPS, e tem a grande vantagem de ser aplicável a eventos isolados de precipitação, o que torna suas previsões mais precisas (WILLIAMS e BERNDT, 1977).

$$Y = 89{,}6 \times (Q \times q_p)^{0{,}56} \times K \times C \times L \times S \times P \qquad (4)$$

Onde, Y é o aporte de sedimentos em um determinado exutório da bacia, após um evento de precipitação; Q é o volume de escoamento superficial total (m^3); q_p é a vazão pico do hidrograma resultante (m^3/s); k é a erodibilidade do solo (t ha. h/ MJ. ha. mm); C é p fator de uso e manejo das culturas; LS é o fator topográfico (declividade e comprimento de vertente); P é o fator prática conservacionista.

O modelo de predição de erosão WEPP foi desenvolvido pelo Agricutural Research Service (ARS) do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), no final da década de 1980, sendo resultado de um esforço de várias agências federais americanas e universidades. Este modelo incorpora processos hidrológicos fundamentais de precipitação, infiltração e escoamento superficial e os processos erosivos básicos de destacamento, transporte e deposição (CHAVES, 1992). O WEPP surgiu como alternativa à Equação Universal de Perda de Solo.

O modelo WEPP possui uma variação para predição de erosão em ambientes mais complexos como as bacias hidrográficas o chamado modelo WEPP Watershed. O modelo WEPP de bacias hidrográficas pode ser aplicado em pequenas bacias, podendo calcular arraste de sedimentos, transporte e deposição no sistema de canal, além de predizer erosão nas diferentes partes das encostas da bacia.

O modelo pode ser conceitualmente dividido em seis componentes: um gerador de clima, componente de hidrologia, componente de crescimento de plantas, componente de solos, componente de erosão/deposição e componente de irrigação.

Esse software é capaz de calcular tanto os impactos decorrentes da erosão nas áreas-fonte, como também é capaz de quantificar os impactos em áreas à jusante, tais como: aporte de sedimento e a relação de enriquecimento do sedimento.

Podemos destacar as seguintes vantagens do modelo: o domínio público, a velocidade com que este faz uma simulação completa (até 30 segundos), a quantidade e variedade de cenários uso/manejo que podem ser simulados e não requer nenhuma tecnologia computacional específica, podendo ser utilizado até mesmo um computador com configurações de uso doméstico (CHAVES, 1992).

Dentre os modelos de predição de erosão o WEPP se destaca pela completude de seus componentes. Porém para chegar a esta análise faz-se necessários estudos, de amplos períodos de tempo, em parcelas experimentais. Este fator dificulta sua utilização pelos órgãos gestores, e até mesmo, para a comunidade científica, devido a grande quantidade de recursos financeiros e técnicos necessários.

Apesar de este modelo ter sido desenvolvido nos Estados Unidos da América (EUA), é possível utilizá-lo nos mais diversos ambientes. Chaves (1992) salienta que para que o modelo WEPP seja adequadamente empregado no Brasil, se faz necessário o conhecimento detalhado da estrutura do modelo, de seus arquivos funcionamentos e limitações.

Mais informações a respeito do modelo WEPP, bem como, sua disponibilização para download, encontram-se no site do Serviço de Pesquisa Agrícola dos Estados Unidos (ARS) no endereço eletrônico (www.ars.usda.gov).

Destacam-se outros modelos de predição da erosão, tais como:

a) Modelo desenvolvido por Kauart e Mouchel: Kauart Leite e Mouchel (1990) desenvolveram um modelo cujo objetivo é simular o transporte de sedimentos em suspensão e de nitrogênio, num intervalo de tempo diário. É constituído de três submodelos: modelo hidrológico, modelo erosão e de nitrogênio.

b) Modelo SWRRB: o modelo SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins) desenvolvido pela ARS (Agricultural Research Service) para a simulação e previsão dos processos hidrológicos em bacias rurais.

c) Modelo ANSWERS: segundo Braud et al. (1999), o modelo ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation) é

constituído por um modelo hidrológico, um modelo de transporte/ destacamento de sedimentos e componentes para modelar várias fases do movimento de água solo, sendo todos submodelos físicos, partindo da equação da continuidade da fase líquida e sólida.

1.2 Ferramentas informacionais para análise ambiental

A análise espacial descreve todos os conceitos e ferramentas necessários para a modelagem da erosão. Neste subcapítulo procurou-se realizar uma breve discussão acerca destes.

1.2.1 Geoprocessamento em erosão dos solos

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados espaciais ocorreram na Inglaterra e nos Estados Unidos, por volta dos anos 50. Seu objetivo era o de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Com o desenvolvimento, na segunda metade do século XX, da tecnologia da informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo as portas para o surgimento do Geoprocessamento (DAVIS e CÂMARA, 2002).

O Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, dentre outras (DAVIS e CÂMARA, 2002).

Este se difere do Sensoriamento Remoto que reúne os conhecimentos aplicados às atividades que envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos (MORAES, 2002).

Os SIG’s são sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações, não somente com base em suas características alfanuméricas, mas também, através de uma localização espacial (XAVIER-DA-SILVA, 2001). O requisito de

armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma dualidade básica para os SIG's (DAVIS e CÂMARA, 2002).

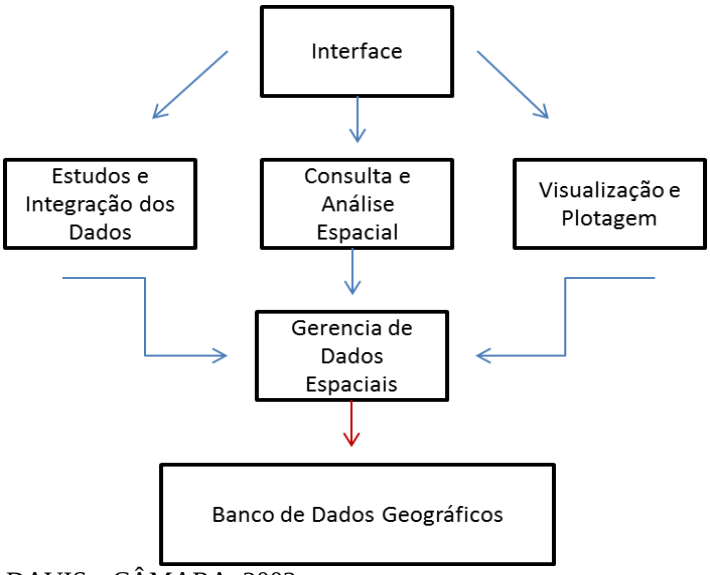
Davis e Câmara (2002) salientam duas principais características dos SIG's:

d) inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, censitários e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos números do terreno.

a) oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Os principais componentes de um SIG são: a interface com o usuário, a entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem e armazenamento e recuperação dos dados, que são organizados através de banco de dados geográficos. Podemos observar a estrutura básica dos SIG's na Figura 3.

Figura 3 - Estrutura básica dos SIG's.



Fonte: Adaptado de DAVIS e CÂMARA, 2002.

Na área ambiental, onde é grande a necessidade de integração de dados de diferentes formatos, desenvolveram-se tecnologias que permitem o tratamento simultâneo de dados matriciais (grades e imagens) junto a dados vetoriais. A esse tipo de SIG, Davis e Câmara (2002) deram o nome de SIG Integrado, ou seja, sistemas que permitem essa maior operabilidade entre os diferentes formatos de entrada de dados. O software utilizado no processamento dos dados do presente trabalho é o ArcGIS 10, da empresa ESRI.

A maior parte dos estudos de erosão que fazem uso do Geoprocessamento utilizam os softwares para a realização da álgebra de mapas através de cálculos matemáticos entre as diferentes bases utilizadas, dentre estes destacamos: Rossi e Pfeifer (1999), Roca et al. (2008), Nekhay et al. (2009), Zhang et al. (2009) Shinde et al. (2010). Outros estudos trabalham com mapeamentos das feições erosivas por meio de SIG e Sensoriamento Remeto, tais como: Romao e De Souza (2011) e Loureiro e Ferreira (2013).

A modelagem a partir de SIG's, onde o pesquisador cria sua própria árvore de decisão, são comuns em estudos de movimento de massa (BAEZA e AYALA, 2010; MARTINI et al., 2006). Porém, para análise da erosão laminar, utiliza-se com maior frequência a árvore de decisão já constituída pela EUPS. Ainda que, estes estudos não obtenham os parâmetros provenientes de parcelas experimentais, realizam-se adaptações nos parâmetros, tornando a avaliação pela EUPS qualitativa.

Os métodos baseados no conhecimento (STEVENS e PFEIFFER, 2010) são capazes de auxiliar o pesquisador na tomada de decisão na elaboração da árvore hierárquica e determinação de notas e pesos. Este caminho de estudo possibilita uma melhor adequação com a realidade local, diminuição de custos, o teste de outras formas de abordagem do tema, uma maior aplicabilidade e uma maior rapidez de execução. Quando estes modelos são bem elaborados tornam-se fidedignos com a realidade atingindo desta forma o principal objetivo da modelagem.

Nos estudos de modelagem da erosão por meio do uso de SIG's é interessante o uso da ferramenta denominada "análise multicritério" pelo fato desta integrar diferentes dimensões do espaço.

1.2.2 Análise Multicritério

A análise multicritério surgiu nos anos 60 como instrumento de apoio à decisão, sendo aplicada na análise comparativa. Através desta técnica podem ser obtidos uma análise de diversos critérios, em simultâneo, simulando uma situação complexa (BUYSSOU, 1993). A análise multicritério é um conjunto de técnicas de Geoprocessamento envolvendo etapas de interpolação de dados georreferenciados, reclassificando e sobrepondo planos de informação (ISHIZACA e NEMERY, 2013).

Trabalhos utilizando a metodologia multicritério para análise, estudo e criação de modelos de erosão são mais recentes, alguns exemplos podem ser encontrados em Diodato et

al. (2010), Lanza e Ude (2010), Dermirci e Karaburun (2011), Fu et al. (2012), Prasannakumar et al. (2011), e Bonilla e Johnson (2012). O software ArcGIS utiliza como método de análise multicritério a média ponderada.

Neste método cada mapa de entrada será utilizado como uma evidência que receberá um peso diferente dependendo da importância para com a hipótese sobre consideração. Neste caso cada plano de informação receberá pesos diferentes, já as respectivas classes dos planos de informação receberão notas. O resultado será um mapa com áreas que expressam um grau de importância relativa através dos valores numéricos de saída (CÂRAMA et al., 2002).

O primeiro passo para a aplicação do método é a ponderação das classes de cada plano de informação, segundo notas, definidos empiricamente. Os planos de informação ponderados são integrados pela média ponderada onde cada plano de informação recebeu pesos segundo sua importância relativa (equação 5).

$$r = (\sum_{-}(i = 1)^{n} [wij * yi])/(\sum_{-}(i = 1)^{n} yi) \qquad (5)$$

Onde wij é o peso da classe “i” do plano de informação “j”, e o yi o peso da informação “j”.

O mapa resultante pode ser ajustado para refletir o julgamento de um especialista, segundo os pesos de importância definidos para cada critério. A maior desvantagem deste método, entretanto, recai provavelmente no caráter linear de adição das evidências.

A definição dos pesos é a ação mais crítica a ser tomada para a aplicação do modelo. O procedimento de atribuir pesos à parâmetros pertencentes a uma cadeia de eventos, e utilizar equações aritméticas visando à tomada de decisões é conhecido na área de inteligência artificial como Equação Neuronal de Rosenblat.

A definição desses pesos pode ser feita de duas maneiras: através de procedimentos heurísticos, nos quais a experiência pessoal é o fator determinante; ou utilizando-se técnicas fuzzy logic, as quais procuram estabelecer critérios de enquadramento do conjunto de dados, definindo limites ou graus de confiança (CÂMARA et al., 2002).

O método que foi utilizado no presente estudo para definir os pesos que cada plano de informação componente da análise multicritério, foi o método de AHP (Analytic Hierarchy Process) que será descrito a seguir.

1.2.3 Análise de Processos Hierárquicos

O método desenvolvido pelo Prof. Thomas Saaty em 1977, na Universidade da Pensilvânia, o AHP traduzido por “Análise de Processos Hierárquicos”, auxilia na atribuição dos pesos dos planos de informação, para determinar a contribuição relativa de cada um, mas ainda assim, o especialista deve definir a hierarquia entre os critérios (CÂMARA et al., 2002, ISHIZAKA e NEMERY, 2013).

O AHP é um método simples e confiável, permite a utilização de dados qualitativos e/ou quantitativos mensuráveis na análise de critérios. Tem sido mundialmente utilizado para auxiliar os processos de decisão considerando os mais diversos fins, sendo sua aplicação nos sistemas ambientais, mais recente (CÂMARA et al., 2002). A aplicação do método AHP pode ser dividida em duas fases: estruturação e valoração.

A primeira envolve a decomposição do problema em uma estrutura hierárquica que mostra as relações entre as metas, os critérios e as alternativas que envolvem a decisão. A segunda fase é caracterizada pela definição das importâncias relativas (pesos) de cada critério através de uma comparação paritária (par a par) entre os critérios (CÂMARA et al. 2002.).

O método baseia-se na capacidade humana de usar a informação e a experiência para estimar magnitudes relativas através de comparações par a par (TOMAS e ASHARIF, 2003; VILAS BOAS, 2005).

O uso do AHP é indicado para problemas que envolvem soluções potenciais por meio da avaliação de um conjunto de critérios (FINNIE e WITTIG, 1999; KIM, 1999). Tem como princípio que para a tomada de decisões, a experiência e o conhecimento dos pesquisadores são pelo menos tão valiosos, quanto os dados utilizados (SCHIMIDT, 2003).

A aplicação do método AHP pode ser dividida em duas fases: estruturação e valoração. A primeira envolve a decomposição do problema em uma estrutura hierárquica que mostra as relações entre as metas, os critérios e as alternativas que envolvem a decisão. A segunda fase é caracterizada pela definição das importâncias relativas (pesos) de cada critério, através de uma comparação paritária (par a par) entre os critérios.

Os pesos expressam a importância, ou ordem de importância, dos critérios no processo de tomada de decisão. Devem ser determinados a partir de estudos quantitativos, ou, na literatura existente, por experiências em aplicações já realizadas. Podendo ainda ser estabelecidos os pesos através da técnica de consulta direta a especialistas.

Feita a árvore hierárquica constrói-se uma matriz de comparações binárias, criando o impacto de cada elemento sobre cada critério de referência do nível superior, definindo assim as prioridades dos critérios. A comparação dois a dois é análoga há uma balança de pratos onde se um sobe o outro desce.

A Escala Fundamental define e explica o conceito dos pesos utilizados no método AHP, cuja quantificação dos julgamentos é realizada por meio de uma escala de valores que varia de 1 a 9 (Quadro 4). Os pesos dos critérios são definidos conforme o julgamento do pesquisador e com base na escala fundamental de Saaty.

Quadro 4 - Escala de Valores de Comparação do AHP.

Valores Numéricos	Termos verbais	Explicação
1	Igual importância	Duas alternativas contribuem igualmente para o objetivo.
2	Valores intermediários	Quando se procura uma condição intermediária entre duas definições.
3	Moderadamente mais importante	Experiência e julgamento favorecem levemente.
4	Valores intermediários	Quando se procura uma condição intermediária entre duas definições.
5	Fortemente mais importante	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma alternativa em relação a outra.
6	Valores intermediários	Quando se procura uma condição intermediária entre duas definições.
7	Muito fortemente mais importante	Alternativa fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática.
8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição intermediária entre duas definições.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece uma alternativa em relação a outra, com grau de certeza mais elevado.

Fonte: Adaptado de SAATY, 1991.

Para calcular a quantidade de comparações (Q) dois a dois a serem realizadas em uma hierarquia deve-se usar a seguinte formula (Equação 6).

$$Q = [n*(n-1)] / 2] \quad (6)$$

Sendo n o número de elementos do nível analisado. Os julgamentos dois a dois são lançados em uma matriz quadrada, que é a base do cálculo dos vetores das preferências, que são os valores que nos indicam as prioridades, os pesos de cada critério.

A metodologia oferece uma equação para analisar a consistência da análise feita pelo operador do modelo. O cálculo do índice de consistência, que deve ser tido em consideração para todas as matrizes binárias do problema, mas só se justifica para matrizes de dimensão igual

ou superior a 3x3. O índice de consistência de uma matriz de comparações paritárias indica quanto o autovalor está afastado do valor teórico esperado n, logo esse desvio é dado pela expressão (λmáx – n). Essa diferença é medida em relação ao número de graus de liberdade da matriz (n – 1). A fórmula do índice de consistência é dada por (equação 7).

$$IC= ((\lambda máx-n))/(n-1) \quad (7)$$

Onde se considera: (n) o número de critérios e Autovalor máximo ($\lambda_{máx}$).

Deve-se calcular posteriormente a Razão de Consistência (RC) que é a razão entre o Índice de Coerência pelo Índice Aleatório, que é dado conforme a tabela 06, proveniente de uma amostra de 500 matrizes recíprocas positivas, de tamanho até 11 por 11, geradas aleatoriamente. O índice de consistência aleatória também é denominado de "índice randômico" (IC), por outros autores. O índice de consistência aleatória (CA) representa o valor que seria obtido em uma matriz de comparações paritárias de ordem n em que não fossem realizados julgamentos lógicos, preenchendo-se os elementos com valores aleatórios.

A razão de consistência permite analisar o grau de violação da proporcionalidade e transitividade dos julgamentos do decisor. A fórmula da razão de consistência é dada pela seguinte equação 8.

$$RC= IC/CA \quad (8)$$

Considera-se aceitável uma razão de consistência menor que 0,10. Para valores de RC maiores que 0,10 sugere-se uma revisão na matriz de comparações (PAMPLONA, 1999).

Quadro 5 – Índice aleatório do AHP.

Dimensão da Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatório	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: PAMPLONA, 1999.

Um dos pontos fortes mais significativos do Método AHP é a capacidade de medir o grau de consistência presente nos julgamentos par a par e, desse modo, ajudar a assegurar que somente ordenações justificáveis sejam usadas como a base para avaliações.

2 **DESCRIÇÃO DA ÁREA**

Neste capítulo se apresenta um panorama geral das características ambientais e socioeconômicas da bacia Lagos – São João. Este possibilita um contato inicial com as características da área de estudo.

2.1 **Situação, limites e extensão**

A bacia hidrográfica dos Lagos e São João, apresentada na Figura 4, é constituída pelas bacias dos rios São João, Una e pela drenagem que deságua no sistema lagunar da Região das Baixadas Litorâneas Possui uma área de aproximadamente 3.800 km², cerca de 8% do território do estado do Rio de Janeiro.

A região hidrográfica perpassa por 13 municípios no total, são eles: Araruama, Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Cachoeira de Macacu, Casemiro de Abreu, Iguaba Grande, Rio Bonito, Rio das Ostras, São Pedro da Aldeia, Saquarema, Silva Jardim e Maricá. Estão integralmente situados na área de estudo: Saquarema, Araruama, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Armação de Búzios e Silva Jardim. (IBGE, 2010).

Tem como limites ao norte, a bacia do rio Macaé, a nordeste, a bacia da Lagoa de Imboassica, a noroeste, a bacia da Baía de Guanabara, a sudoeste, a bacia da Lagoa de Maricá, ao sul e a leste o Oceano Atlântico. Está situada entre as latitudes 22°25" e 23°57" S e as longitudes 42°40" e 41°50" W.

Figura 4 – Mapa da bacia hidrográfica Lagos – São João.

Fonte: O autor, 2014.

Encontra-se inserida na Bacia do Atlântico Sudeste, na sub-bacia Costeira do Sudeste, seu maior rio é o rio São João que possui 120 km, possuindo também centenas de rios e riachos e cerca de 40 lagoas, com destaque para as lagoas de Araruama (220 km²), Saquarema (24 km²), Jaconé (4 km²) e Vermelha (2,5 km²) e para os rios São João, Una e das Ostras (PRIMO, 2005).

2.2 **Aspectos físicos-ambientais**

Neste subcapítulo realizamos uma descrição do ambiente físico da bacia Lagos – São João, isto se torna necessário a fim de desenvolver um conhecimento a respeito da dinâmica ambiental da área de estudo. Sendo assim, serão discutidos os aspectos pedogeomorfológicos e bioclimáticos.

2.2.1 Aspectos pedogeomorfológicos

A fim de promover uma descrição mais geral e relacional das características geomorfológicas e pedológicas da área de estudo, optou-se neste tópico por uma descrição pedogeomorfológica, onde se relacionaram as coberturas pedológicas com os compartimentos geomorfológicos encontrados na bacia.

De maneira geral podemos dividir a bacia Lagos – São João em quatro grandes compartimentos geomorfológicos são eles:

a) Áreas montanhosas e escarpadas;
b) Áreas colinosas e de colinas isoladas;
c) Áreas de planícies fluviais;
d) Áreas de planícies fluviolagunares e costeiras.

O estudo geomorfológico mais detalhado da área foi realizado por Dantas (2003). Neste estudo a bacia hidrográfica Lagos - São João foi inserida no compartimento morfo-estrutural denominado Bacias Sedimentares Cenozoicas. Este grande compartimento foi subdividido nas seguintes unidades morfo-esculturais: Tabuleiros de Bacias Sedimentares, Planícies Fluviomarinhas e Planícies Costeiras.

As unidades geomorfológicas presentes na área de estudo são: Maciço da Região dos Lagos, Maciço do Morro do São João, Escarpas do Espigão da Serra do Santana e Botija, Superfícies Aplainadas da Região dos Lagos, Baixada da Região dos Lagos e a Baixada do rio São João.

Os solos da área de estudo possuem ampla variabilidade, sendo influenciados por esses compartimentos geomorfológicos já mencionados. Nas áreas de relevo montanhoso escarpado, predominam solos profundos como Latossolos, que se desenvolvem nos sopés das montanhas. Nas porções escarpadas os Cambissolos formam associações com solos pouco profundos como os Neossolos Litólicos devido às más condições de acumulação do relevo.

Nas áreas dominadas pelas de Colinas Isoladas, situadas entre a planície e a montanha, predominam solos profundos como os Argissolos Vermelho-Amarelos, a muito profundos, como os Latossolos Vermelho-Amarelos, com argila de atividade baixa, textura média a argilosa ou argilosa a muito argilosa.

No compartimento colinoso tem-se uma maior variedade de solos havendo um maior predomínio dos Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos. Nesta área, as vertentes suaves normalmente terminam por aflorar o lençol freático, onde ocorrem solos de ambientes típicos de áreas planas, com associações de Planossolos e Gleissolos.

Nas áreas de maior altitude, deste mesmo compartimento, encontram-se estabelecidos os Argissolos combinados com Latossolos. Ambos com argila de atividade baixa e textura argilosa a muito argilosa ou média a argilosa.

Nas áreas de Planícies Fluviais, onde o material encontra-se friável e de composição arenosa ocorrem associações de Neossolos Flúvicos e Gleissolos. Já nas Baixadas Fluviolagunares predominam Gleissolos. Nas Planícies Costeiras as unidades de mapeamento de solos mais comuns são os Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos (LUMBRERAS et al., 2001).

2.1.2 Aspectos bioclimáticos

A bacia hidrográfica dos Lagos - São João encontra-se inserida na região sudeste do Brasil, onde permanece a maior parte do ano sob a influência do ponto de vista da circulação atmosférica, do domínio da Massa Tropical Atlântica (MTA) que tem sua origem no Anticiclone Tropical Atlântico.

Em geral, a bacia apresenta temperaturas médias anuais de 18˚C a 24˚C (Figura 6). A intensa radiação solar das latitudes tropicais, a forte umidade relativa e a continua evaporação marítima, características dessa região, dá origem aos ventos predominantes de nordeste, que se verifica, na bacia (BASTOS e NAPOLEÂO, 2010).

A MTA mantém a estabilidade do tempo, embora, haja interferências das Frentes ou Descontinuidades Polares e Linhas de Instabilidade Tropical. Estas frentes promovem a instabilidade do tempo, sendo responsáveis em grande parte, pelos totais pluviométricos anuais. Principalmente, através da contribuição das chuvas estivais.

Estes fatores dinâmicos apresentam uma influência regional. Outros fatores que cabem ser analisados para uma melhor compreensão da dinâmica climática são a posição geográfica e a topografia.

Nos aspectos topográficos, ressalta-se a presença do alinhamento montanhoso da Serra do Mar. Esta serra possui encostas quase sempre escarpadas e altitudes que atingem, em alguns trechos 2000 metros. Esta atravessa o estado do Rio de Janeiro, no sentido WSW para ENE, concordante com a orientação da linha de costa. É um dos fatores responsáveis pela diversificação dos climas do Estado, visto que isola, de certa forma, uma extensão planície litorânea.

As áreas da bacia próxima às encostas e os cimos da Serra do Mar compõem uma faixa de climas mais úmidos amenizados pela altitude (Figura 6). Essas áreas são caracterizadas pelas chuvas orográficas, abundantes durante todo o ano. Na base da serra, registra-se também esse tipo de precipitação, embora as temperaturas se mantenham relativamente elevadas.

No trecho litorâneo há uma forte redução da precipitação (Figura 9). Dois fatores são responsáveis por este fenômeno. O primeiro está associado à maior distância, cerca de 50 km, da Serra do Mar, em relação ao litoral e o segundo fator, está associado ao fenômeno da ressurgência na costa do Arraial do Cabo e Cabo Frio. A subida até a superfície da corrente fria diminui a evaporação da água, diminuindo também a precipitação desta área.

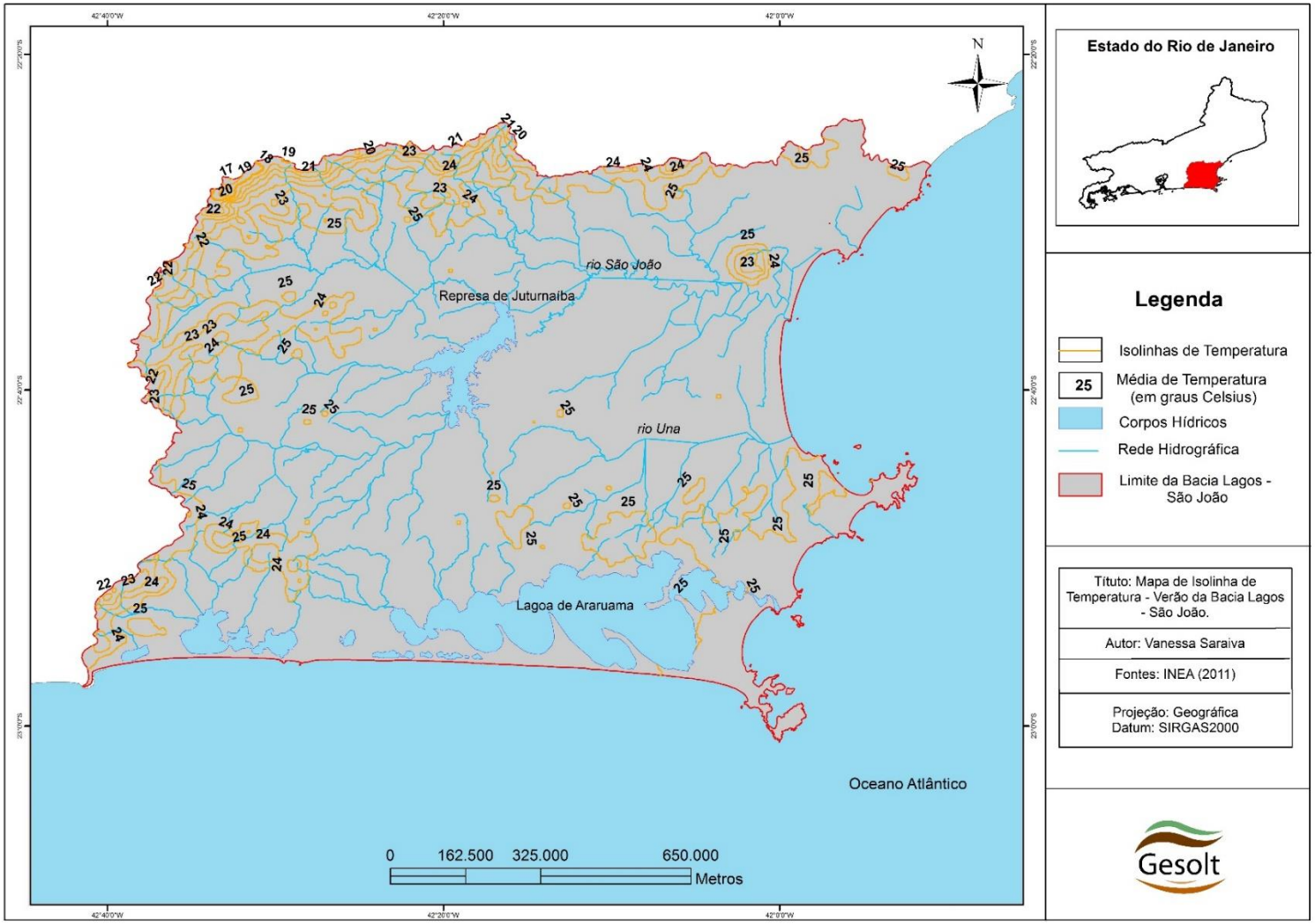
As Figuras 5, 6 e 7 oferecem uma visualização geral dos aspectos de pluviosidade e temperatura no inverno e no verão. A modelagem e espacialização de dados climáticos é sempre dificultoso, porém para uma análise geral esses mapas auxiliam no entendimento da dinâmica climática da área de estudo.

O Instituto Estadual do Ambiente – INEA realizou para todo o estado um estudo Bioclimático onde relaciona clima e vegetação, definindo a distribuição geográfica das comunidades vegetais, em um mapa denominado de Bioclimático (Figura 8).

Ao definir os domínios vegetais presentes nesta bacia o INEA (2011) identificou:

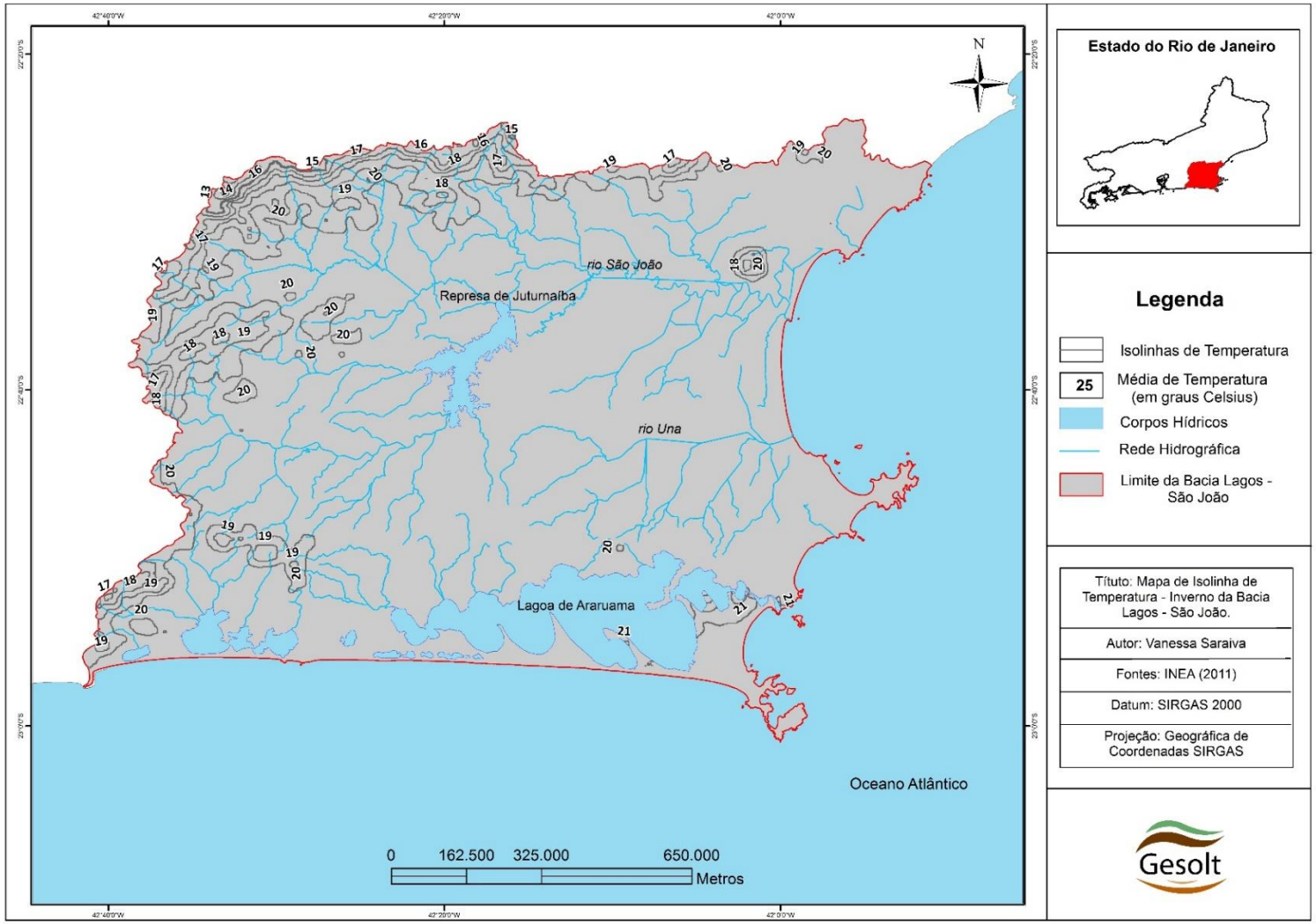
a) Sopés superúmidos - floresta ombrófila densa Montana;
b) Sopés do Desengano - floresta ombrófila submontana;
c) Serra dos Órgãos - floresta ombrófila submontana;
d) Região dos Lagos - floresta estacional semidecidual de terras baixas;
e) Pré-Região dos Lagos - floresta ombrófila densa submontana;
f) Maciços costeiros - floresta ombrófila densa submontana a Montana;
g) Planícies costeiras - floresta estacional decidual.

Figura 5 – Mapa de médias de temperaturas (verão da bacia Lagos – São João.



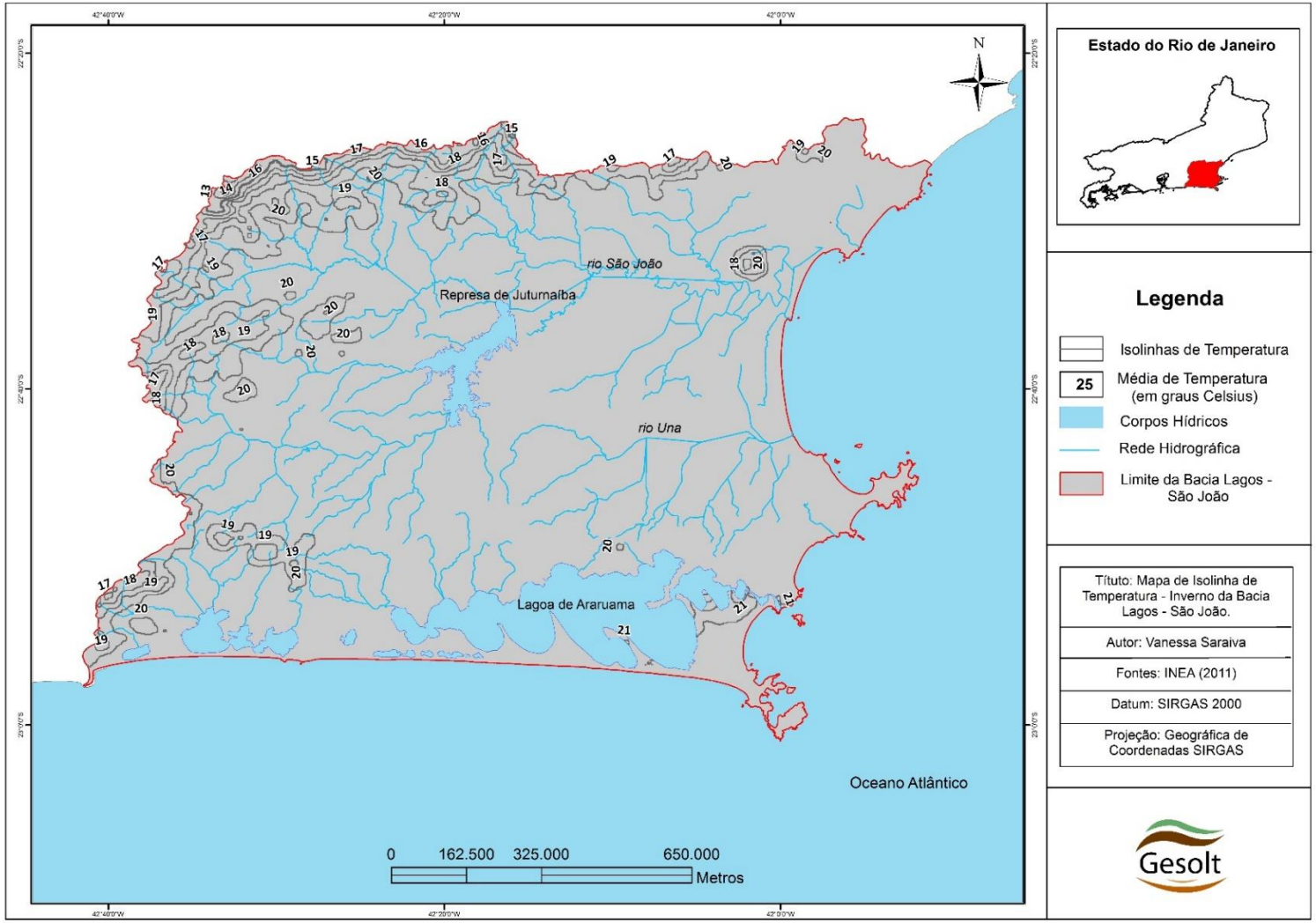
Fonte: O autor, 2014.

Figura 6 – Mapa de médias de temperaturas (inverno) da bacia Lagos – São João.



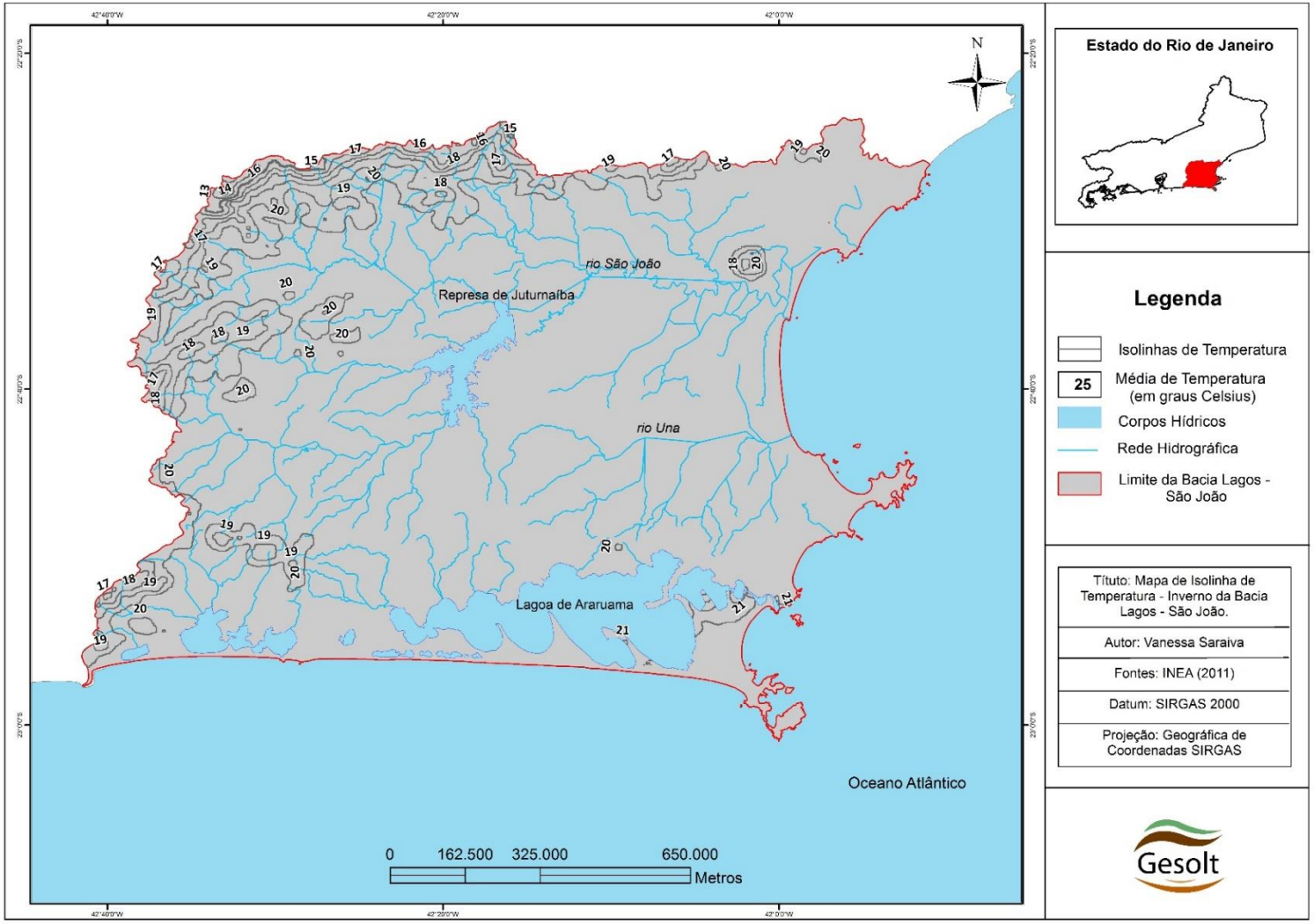
Fonte: O autor, 2014.

Figura 7 – Mapa de isoietas da bacia Lagos – São João.



Fonte: O autor, 2014.

Figura 8 – Mapa de região bioclimáticas da bacia Lagos – São João.



Fonte: O autor, 2014.

2.3 **Aspectos Socioeconômicos**

O uso do solo da área da bacia hidrográfica do rio São João é muito diversificado, visto que esta bacia compõe-se de 13 municípios. A bacia apresenta áreas densamente ocupadas e urbanas, como Arraial do Cabo (175,55 hab/km²), Cabo Frio (453,75 hab/km²). Até, áreas de ocupação mais esparsacomo Silva Jardim (22,77 hab/km²).

A população residente total dos municípios que estão totalmente inseridos na região hidrográfica é de 595.166 habitantes. Apresentando uma média de 245,31 hab/km² (IBGE, 2010). Nos períodos de férias e feriados esse número pode chegar a 1,2 milhões de habitantes (PRIMO, 2005) devido a seu litoral conhecido como Região dos Lagos. As localidades mais importantes da área da bacia são: Cabo Frio, Armação de Búzios, Araruama, Saquarema, Bacaxá, São Pedro da Aldeia, Iguaba Grande, Casemiro de Abreu, Barra de São João, Silva Jardim, Aldeia Velha, Rio das Ostras, Rio Bonito.

O rio São João foi durante muito tempo a via natural de comunicação e de escoamento daprodução das áreas interioranas da região, por este rio foi escoado até o século XIX, madeira, produtos de lavoura, café produzido no setor serrano e alto vale da bacia do rio das Velhas, e o açúcar produzido nos terrenos ondulados e colinosos (LAMEGO, 1946). Com a abolição da escravatura ocorreu uma perda de importância econômica desta região. Mais tarde, passam a serem cultivados na área, as frutas cítricas e a prática da pecuária extensiva de gado (LAMEGO, 1946).

O litoral, até a década de 50, esteve ligado à pesca artesanal, exportação de carvão e da fabricação de artefatos pesqueiros. A condição local, de porto marítimo fluvial, deu origem a cidade de Barra de São João. As áreas de relevo montanhoso e acidentado mantiveram-se com sua cobertura florestal originária, hoje parte destas ainda está ocupada pela floresta. Havendo em pequenas porções, atualmente, usos agrícolas e de pecuária em pequena escala. Nos municípios situados na porção interiorana e montanhosa, podem-se destacar as atividades ligadas a agropecuária, mineração (pontualmente) e o turismo agrorrural, em expansão.

Nas áreas de colinas suaves a atividade principal é a pecuária, tomadas pelo capoeirão e lavouras de subsistência. Nesta área nascem os três principais rios da bacia, os rios São João, Bacaxá e Capivari, o que torna essa área muito vulnerável a impactos de ordem ambiental (BASTOS e NAPOLEÃO, 2011). As áreas colinosas tem ocupação mais antiga por sua melhor acessibilidade. Atualmente desenvolvem-se nesta área atividades agrícolas e de pecuária O mau uso de técnicas agrícolas e pisoteio do gado nestas áreas, acabam por desencadear processos de

erosão laminar carreando grande quantidade de material sedimentar para a bacia (CUNHA, 1999). Dasatividades agropecuárias, a criação de gado bovino extensivo éa mais importante, tanto para corte quanto para leite. Ainda destacam-se a piscicultura e a carcinocultura.

A principal lavoura é a citricultura (com ênfase nas culturas de limão e laranja), seguida da cana-de-açúcar, arroz, mandioca, banana, coco, feijão, inhame, mamão, maracujá e milho. Havendo nessas áreas irrigação à montante da represa de Juturnaíba, presente nas lavouras de olericulturas e cítricos, e a jusante da represa, arroz cítricos e cana-de-açúcar (IBGE, 2010). Os vales não possuem atividades agropecuárias devido à abundância de áreas brejosas e suscetíveis a alagamentos periódicos. As atividades econômicas nos municípios situados à costa de maior destaque são a construção civil, o turismo, a exploração do petróleo off shore e a atividade pesqueira (IBGE, 2010).

Os municípios litorâneos atraem milhares de turistas, com destaque para a alta temporada, nos meses de férias e calor, essa atividade foi grande impulsionadora de crescimento populacional e como consequência gerou uma especulação imobiliária e problemas advindos da falta de regulamentação fundiária e ambiental das moradias (PRIMO, 2005).

A extração de sal é uma atividade de grande potencial no litoral, sendo de fato, durante muito tempo, uma atividade de grande destaque nos municípios costeiros, tais como Cabo Frio e São Pedro da Aldeia. Hoje. Porém, se encontra em decadência, sendo praticada apenas no entorno da Lagoa de Araruama. Um dado importante a respeito do uso do solo são as áreas protegidas (BASTOS e NAPOLEÃO, 2011) dentro da bacia.

Na categoria de Parques e Reservas Ecológicas a área de estudo possui em seu território: Parque Estadual dos Três Picos, Parque Estadual das Dunas, Reserva Ecológica de Massambaba, Reserva Ecológica de Jacarepiá, Parque Ecológico Municipal do Mico-Leão Dourado, Parque Municipal da Boca da Barra, Parque Municipal de Dunas, Parque Municipal da Praia do Forte, Parque Municipal da Gamboa, Parque Municipal da Praia do Forno, Reserva Ecológica da Ilha de Cabo Frio, Parque da Caixa d'Água e o Monumento Natural dos Costões Rochosos. Na categoria de Reservas Biológicas encontra-se inserida em seu território: Reserva Biológica de Poço das Antas, Reserva Biológica União e a Reserva Biológica das Orquídeas. Na categoria de Área de Proteção Ambiental encontra-se na área de estudo: APA do Rio São João/Mico-Leão Dourado, APA de Massambaba, APA da Serra da Sapiatiba, APA do Pau Brasil, APA da Lagoa do Iriri, APA Azeda/Azedinha, ARIE de Itapebussus, ARIE das Ilhas da Lagoa de Araruama. Ainda como unidades de conservação ou de proteção tem-se a Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo (IBAMA), Áreas Tombadas Dunas de Cabo Frio e

Arraial do Cabo (INEPAC), Área Tombada da Serra do Sambe e Área de Preservação Ambiental Municipal.

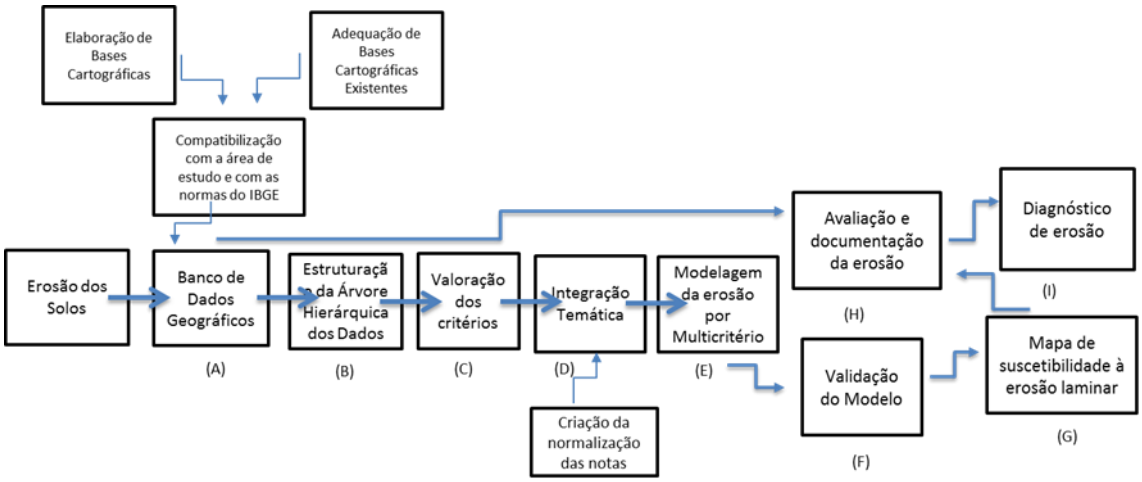
As Reservas Privadas encontradas são: RPPN Três Morros, RPPN Serra Grande, RPPN Quero-Quero, RPPN Ventania, RPPN Lençóis, RPPN Fazenda Bom Retiro, RPPN Reserva União, RPPN Gaviões, RPPN Fazenda Arco Íris, RPPN Granja Redenção, RPPN Mato Grosso, RPPN Sítio Santa Fé, RPPN Sítio Cachoeira Grande e a Reserva Ecológica Tauá, Parque da Preguiça

Merecem destaque algumas áreas protegidas, mas que não estão categorizadas pelo SNUC, são elas:Área de Proteção Permanente Campus da UFF, Matas de Restinga da Marinha do Brasil, APP do Manguezal da Foz do rio São João, APP do Manguezal da Foz do rio das Ostras, APP do Manguezal do Porto do Carro e a APP do Manguezal da Foz do rio das Moças.

3 **METODOLOGIA**

A fim de facilitar o entendimento da metodologia utilizada, elaborou-se um fluxograma, Figura 9, contendo a descrição geral das etapas metodológicas do trabalho. Podese destacar quatro principais fases: obtenção de dados (A), definição da árvore hierárquica (B), Utilização do Método AHP (C), normalização das notas das classes provenientes de cada critério e a integração temática (D), modelagem da erosão (E), validação do modelo por meio do índice Kappa (F), finalização do mapa de erosão laminar (G), Avaliação e diagnóstico da erosão laminar (H), e elaboração do diagnóstico de erosão laminar (I).

Figura 9 – Fluxograma das estapas metodológicas do estudo.



Fonte: O autor, 2014.

3.1 **Banco de dados geográficos**

A elaboração de modelos preditivos em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas necessita da construção da base de dados a partir de um banco de dados geográficos.

O banco de dados elaborado no presente estudo se apresenta em escala de mapeamento de 1:100.000 e segue os parâmetros do Conselho Nacional de Cartografia - CONCAR.

A seguir são apresentados os dados compilados e elaborados na construção do banco de dados geográficos da bacia Lagos – São João (Quadro 6).

Quadro 6 - Estrutura do banco de dados geográficos da bacia Lagos - São João.

Banco de Dados Geográficos de Erosão Lagos – São João			
Nome dos Bancos	Plano de Informação	Modelo	Fonte
Dados Gerais	Limite da Bacia Hidrográfica Lagos - São João	temático	INEA
	Municípios Lagos - São João	temático	INEA
	Lagos e Lagoas	temático	INEA
	Hidrografia	temático	INEA
Dados Erodibilidade	Solos Silva Jardim e Rio das Ostras	temático	EMBRAPA
	Solos Lagos - São João	temático	PRÓPRIO
	Pontos de Coleta de Solos	temático	PRÓPRIO; EMBRAPA
	Pontos de Amostragem da Erodibilidade	temático	EMBRAPA
	Erodibilidade	temático	PRÓPRIO
	Integração da Erodibilidade	temático	PRÓPRIO
Dados de Morfologia	Geomorfologia do Rio de Janeiro - SJ	temático	INEA
	Pontos Cotados	temático	IBGE
	Declividade	numérico	PRÓPRIO
	Curvas de Nível	temático	AMPLA
	Geomorfologia	temático	PRÓPRIO
	Integração da Geomorfologia	temático	PRÓPRIO
	Integração da Erodibilidade	temático	PRÓPRIO
Dados de Uso do Solo	Usos do Solos CLSJ	temático	CLSJ
	Uso dos Solos - revisado	temático	PRÓPRIO
	Classes de Uso	temático	PRÓPRIO
	Integração do Uso e Ocupação	temático	PRÓPRIO
	Áreas de uso adicionais - Urbana / Salinas / Afloramento	temático	CLSJ
Dados de clima	Isoietas do Rio de Janeiro - SJ	temático	INEA
	Temperatura Rio de Janeiro - SJ / verão	temático	INEA
	Temperatura do Rio de Janeiro - SJ/ inverno	temático	INEA
	Bioclimatologia do Rio de Janeiro - SJ	temático	INEA
	Erosividade	temático	PRÓPRIO
	Integração da Erosividade	temático	PRÓPRIO
Dados Diagnóstico de Erosão	Microbacias	temático	CLSJ
	Diagnóstico de Erosão	temático	PRÓPRIO
Dados adicionais	Geologia Lagos - São João	temático	CPRM
	Fotografias Áreas	numérico	IBGE

Fonte: O autor, 2014.

3.2 **Bases cartográficas**

Nesta etapa metodológica foram elaborados os mapeamentos necessários ao objetivo do presente trabalho. Esta é uma importante etapa quando se pretende realizar análises em SIG's, visto que esses produtos serão utilizados como variáveis no estudo final de erosão.

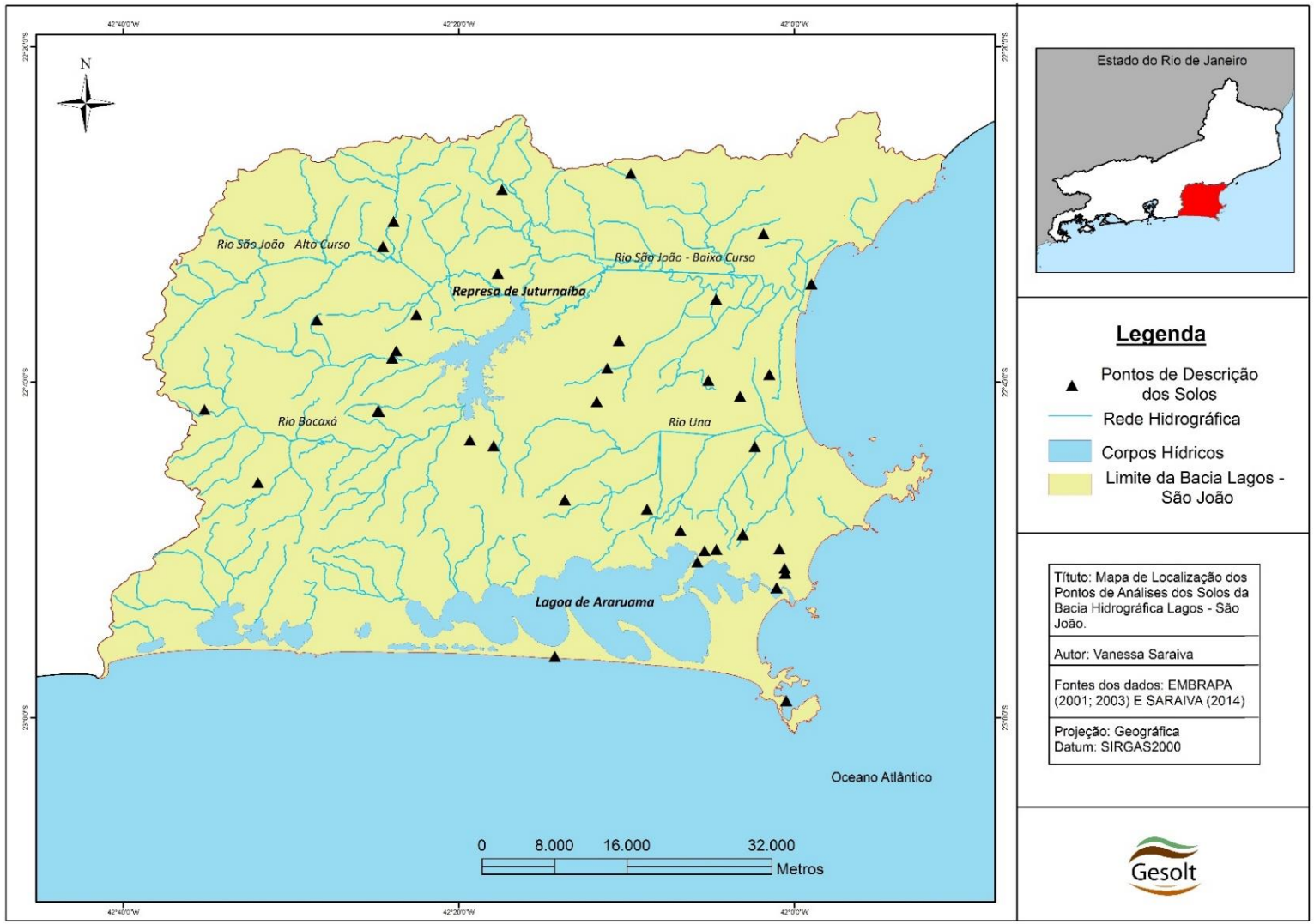
3.2.2 Malha de Solos

A malha de solos foi elaborada a partir do estudo de mapeamento de solos realizado pelo projeto "Degradação das Terras da Bacia do Rio São João", coordenado pelo Prof. Dr. Antonio Soares da Silva - UERJ.

Este estudo realizou uma compatibilização das bases cartográficas de solos produzidas pela Embrapa (LUMBRERAS et al., 2001; 2003) obtendo um mapa dos solos da região da bacia Lagos – São João na escala de 1:100.000.

Para isto foram analisados os dados dos solos referentes aos pontos de observação e coleta de solos. Estes pontos coleta e observação foram feitos pela EMBRAPA (LUMBRERAS et al., 2001; 2003) e pelo presente estudo. A Figura 10 localiza os pontos citados, informações adicionais a respeito das características dos solos coletados poderão ser acessadas no apêndice do presente estudo.

Figura 10 – Mapa de pontos de coleta de solos e observação da bacia Lagos – São João



Fonte: O autor, 2014.

O Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica Lagos – São João se apresenta estruturado em 53 unidades de mapeamento, onde se distribuem até 4 tipos de solos dentro de cada unidade como podemos ver no Quadro 7.

Quadro 7 - Exemplo da estruturação das unidades de mapeamento de solos.

LAd4	Latossolo Amarelo Distrófico argissólico	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissolico	Argissolo Amarelo Distrófico latossólico	Argissolo Amarelo Distrófico abruptico câmbico

Fonte: Adaptado de LUMBRERAS et al., 2001.

A partir deste mapeamento foi possível elaborar um plano de informação de erodibilidade. A erodibilidade foi calculada a partir da escolha de solos tipos. A Figura 11, mostra a localização dos solos modelos utilizados para a análise da erodibilidade.

Utilizou-se para isso os resultados das análises de granulometria, aplicando a seguinte equação, definida por Boyoucos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990):

$$K = (\% \text{ Areia} + \% \text{ Silte} / \% \text{ Argila})/100. \quad (9)$$

Posteriormente ao cálculo da erodibilidade de cada classe de solos foi realizada uma média ponderada de acordo com a representatividade de cada tipo de solo dentro das unidades de mapeamento.

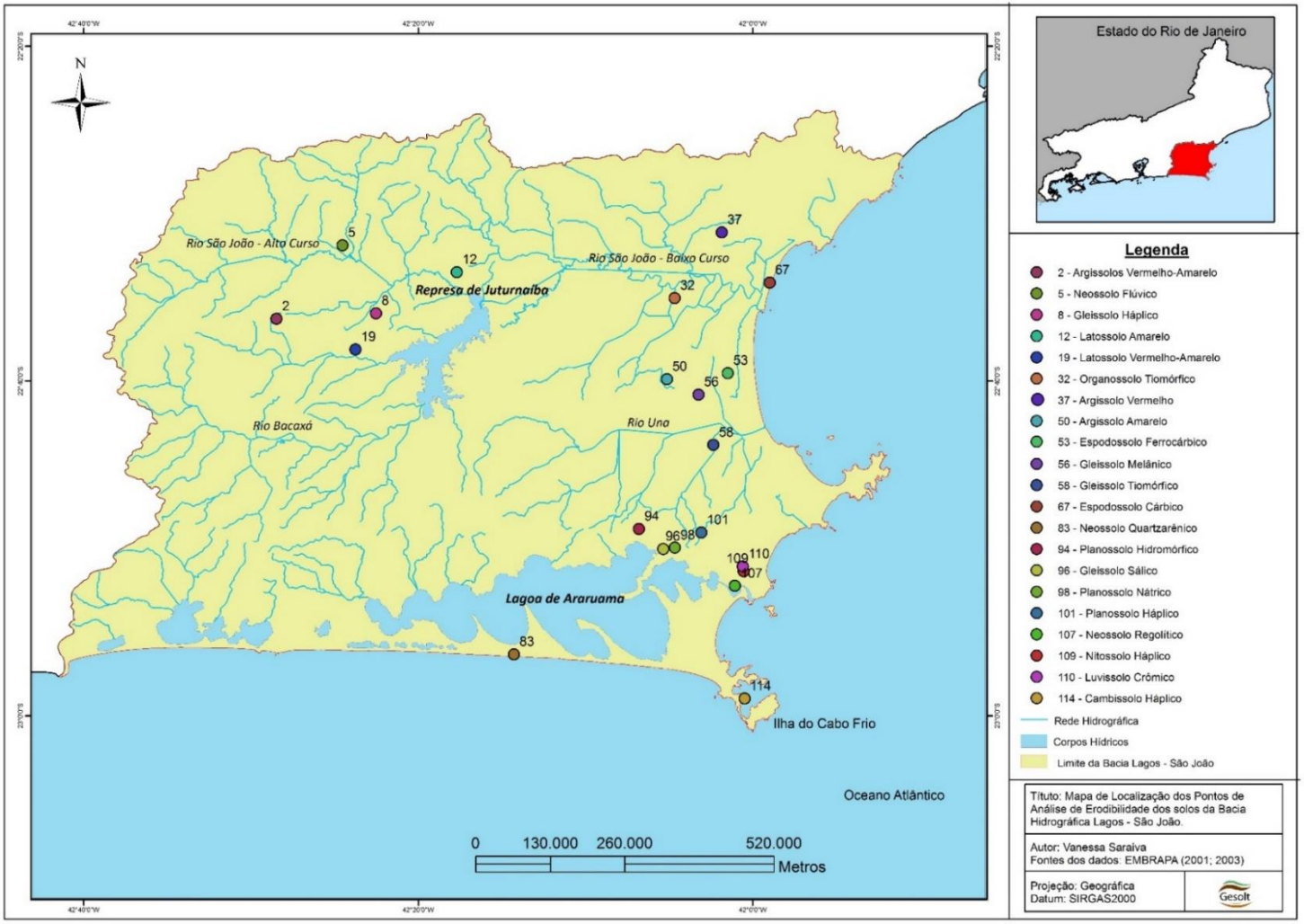
Os intervalos das classes de erodibilidade seguiram a proposta da Gibboshi (1990). Dividindo a erodibilidade em cinco classes que variam de muito baixa, baixa, moderada, forte e muito forte. O Quadro 8 contém o exemplo da Tabela de erodibilidade elaborada no presente estudo, esta apresenta a forma com que foi apurada a erodibilidade de cada unidade de mapeamento de solo.

Quadro 8 - Estrutura da tabela de erodibilidade de solos.

TABELA DE ERODIBILIDADE					
SIGLA	Tipo de Solo	Textura	Representatividade (%)	Erodibilidade	Classificação
PVA1	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrofico Tipico ou Abruptico	M+ARG	30	0,027	Moderada
	Argissolo Amarelo Distrofico Tipico	M+ARG	30		
	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrofico tipico	ARG+M_ARG	20		
	Cambissolo Haplico Tb Distrofico Tipico	M	20		

Fonte: O autor, 2014.

Figura 11 - Mapa de pontos de análise de solos da bacia Lagos - São João.



Fonte: O autor, 2014.

3.2.2 Malha de erosividade

Para elaboração da espacialização da pluviosidade e erosividade foram utilizados dados de estudos já realizados na área de estudo e seu entorno. Neste sentido os dados utilizados na presente dissertação derivam dos levantamentos realizados por Gonçalves et al. (2002), Montebeller et al. (2007) e Parracho (2012). O Quadro 12 lista as estações pluviométricas utilizadas, o município, tipo de dado utilizado e a fonte dos dados. Ressalta-se que todos as séries de dados ultrapassam ou se equivalem ao limite mínimo de anos de monitoramento, 20 anos, como recomenda Bertoni e Lombardi Neto (1999).

Quadro 12 - Estações utilizadas para dados de Erosividade.

Estações Pluviométricas	Município	Tipo de Dado	Fonte dos Dados
Álcalis	Cabo Frio	Erosividade	Montebeller et al.(2007)
Macaé	Macaé	Erosividade	Montebeller et al.(2007)
Rio Mole	Saquarema	Erosividade e Pluviosidade	Gonçalves et al.(2002)
Cachoeiras de Macacu	Cachoeiras de Macacu	Erosividade e Pluviosidade	Gonçalves et al. (2002)
Tanguá	Rio Bonito	Erosividade e Pluviosidade	Gonçalves et al. (2002)
Gaviões	Silva Jardim	Pluviosidade	Parracho (2012)
Fazenda São João	Nova Friburgo	Pluviosidade	Parracho (2012)
Quartéis	Silva Jardim	Pluviosidade	Parracho (2012)

Fonte: O autor, 2014.

Os estudos de Gonçalves (2002) e Montebeller (2007) utilizaram a equações do índice EI30 para o cálculo da erosividade, segundo a Equação 10.

$$Ec=0,119+0,0873 \log I \quad (10)$$

Em que, Ec é a energia cinética por mm de chuva MJ há$^{-1}$ mm^{-1}, e I é a intensidade de chuva, mm.h^{-1} .

A partir do cálculo do Ec foi possível estabelecer o EI30 a partir da relação apresentada na Equação 11.

$$EI30=Ec.I30 \quad (11)$$

Onde o I30 é a a lamina máxima precipitada em 30 minutos em MJ.mm.ha-1.h-1.

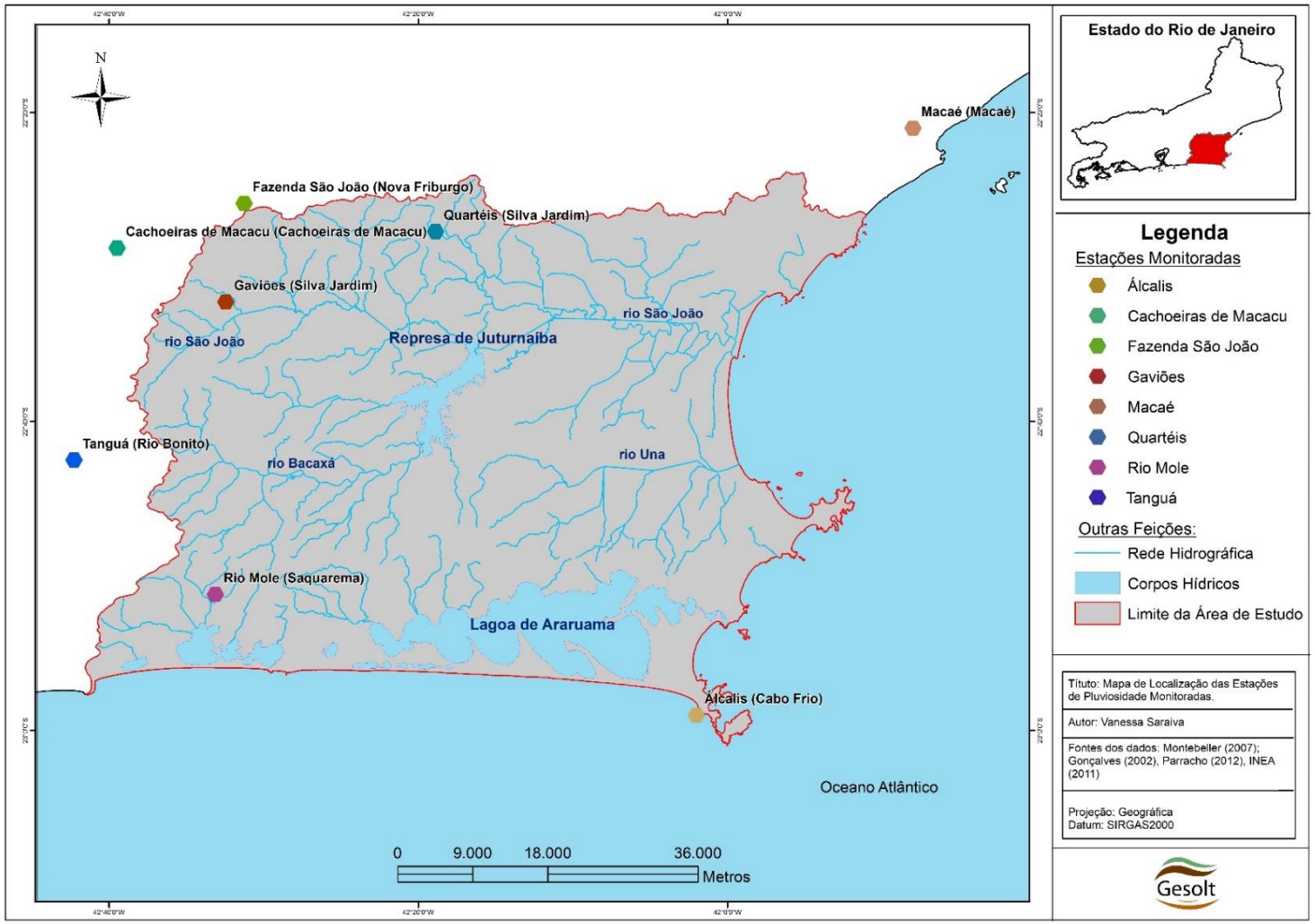
Visando ampliar a malha de pontos analisados na bacia foram compilados os dados de Parracho (2012), que dizem respeito à pluviosidade e calculado a erosividade a partir do cálculo recomendado por Bertoni e Lombardi Neto (1999), Equação 12, para áreas onde não existem dados mais aprofundados de intensidade de chuvas.

$$EI=67,355(r^2/P)^{0,85} \quad (12)$$

Onde EI é a média mensal do índice de erosão, MJ MJ.mm.ha-1.h-1, “r” é a precipitação mensal em milímetros, e “P” a precipitação anual em milímetros. Para obtenção da erosividade somam-se os índices de erosão mensais.

A Figura 12, representa a localização das estações pluviométricas utilizadas. A partir dos resultados de erosividade para cada estação pluviométrica, foi utilizado o modelo de interpolação denominado Krigagem, a partir da ferramenta “*kriging*” do software ArcGIS 10. Obtendo-se desta forma um Mapa de erosividade da bacia Lagos – São João.

Figura 12 – Mapa de Laclização das estações monitoradas para o calculo da erosividade.



Fonte: O autor (2014).

3.2.3 Malha de declividade

A declividade da bacia foi calculada a partir da elaboração de um Modelo Digital de Elevação - MDE. Este modelo foi feito a partir das bases de hipsometria (10 e 10 metros), limite da bacia hidrográfica Lagos – São João e hidrografia.

A declividade foi reclassificada e subdividida seguindo os parâmetros da EMBRAPA (LUMBRERAS et al., 2001) em 6 classes de declividade: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, Quadro 9.

Quadro 9 - Estruturação das classes de declividade.

Classes	Declividade (%)
Classe 1	0 – 3
Classe 2	3 - 8
Classe 3	8 - 20
Classe 4	20 - 45
Classe 5	45 - >

Fonte: O autor, 2014.

3.2.4 Malha de geomorfologia

A compartimentação geomorfológica auxilia na compreensão das singularidades do relevo da área de estudo. Este entendimento é fundamental para estabelecer a relação entre o relevo, escoamento da água e o desencadeamento dos processos erosivos.

No presente trabalho utilizaram-se como embasamento teórico-metodológico do mapeamento geomorfológico os parâmetros geomorfológicos do estudo realizado por Dantas (2002) denominado “Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro”. Este estudo compreende a análise da geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro até o 4° táxon.

Para identificação das unidades de relevo se utilizou a análise de ortofotos 1:50.000 (IBGE), imagens de satélite de alta resolução (5 metros), dados de hipsometria (10 metros), hidrografia, altitude (5 metros), manipulando-os no software ArcGIS 10.2.

Os parâmetros utilizados para este mapeamento são apresentados no Quadro 10, baseados em Dantas (2002), ressalta-se que o compartimento das Planícies, que no estudo

original é detalhado de acordo com sua origem (fluvial, costeira, lagunar), foi simplificado em vista do objetivo do presente estudo - análise da erosão.

Quadro 10 - Síntese das propriedades morfológicas e morfométricas utilizadas para mapeamento dos relevos.

Propriedades Morfológicas e Morfométricas dos Sistemas de Relevo				
Sistema de Relevo	Amplitude Topográfica	Gradiente das Vertentes	Geometria das Vertentes	Coberturas Inconsolidadas
Planícies	Inferior a 20 m	Praticamente nulo	Superfícies sub-horizontais e planas	Depósitos sedimentares de diferentes origens de acordo com a origem da Planície
Colinas Isoladas	Inferior a 100m	Suave	Convexa	Alúvios e Colúvios
Morros e Morrotes	Entre 100 e 200m	Suave a Médio	Convexa e Retilínea	Alúvios e Colúvios
Suave Colinoso	Inferior a 50m	Muito suave	Convexa	Colúvios e Alúvios
Colinoso	Inferior a 100m	Suave	Convexo-côncava	Colúvios e Alúvios
Alinhamentos Serranos Isolados	Superior a 200m	Médio a elevado	Retilínea a côncava, ou escarpada	Colúvios e depósitos de tálus
Maciços Intrusivos Alcalinos	Entre 300 e 700m	Elevado a muito elevado	Retilínea a côncava, ou escarpada	Colúvios e depósitos de tálus
Maciços Costeiros e Interiores	Superior a 300m	Muito elevado	Retilínea a côncava, ou escarpada	Colúvios e depósitos de tálus
Escarpas Serranas	Superior a 500m	Muito elevado	Retilínea a côncava, ou escarpada	Colúvios e depósitos de tálus
Escarpas Serranas Degradadas	Inferior a 500m	Muito elevado	Retilínea a côncava, ou escarpada	Depósitos de tálus e colúvio

Fonte: Adaptado de DANTAS, 2002.

3.2.5 Malha de uso e ocupação do solo

O Mapa de uso e ocupação do solo escolhido para o presente estudo foi elaborado pelo INEA (BASTOS e NAPOLEÃO, 2011) e revisado pelo Comitê de Bacia Lagos – São João (CILSJ).Neste mapa foi realizada uma readequação das classes de uso, com base em Guimarães et al. (2008), a fim de melhor servir aos objetivos do estudo. O Quadro11 contém as definições das classes de uso dos solos utilizadas e suas respectivas descrições.

Quadro 11 - Classes de uso dos solos.

Sigla	Nome da Classe	Descrição
Ag	Agricultura	Corresponde às áreas ocupadas por agricultura de subsistência ou comercial, com ou sem sistema de manejo.
Ptv	Pasto em área de várzea	Corresponde a áreas ocupadas por pastos situados em várzeas onde a declividade é nula.
Ptg	Pastagem	Corresponde a áreas ocupadas por pastos.
Fl	Floresta	Corresponde a áreas ocupadas por floresta em estágio desenvolvido.
Fldes	Vegetação em estado inicial de sucessão	Corresponde a áreas ocupadas por vegetação secundária em estágio inicial e áreas de reflorestamento.
Sexp	Solo Exposto	Correspondem áreas ocupadas por solos em total exposição sem cobertura vegetal.
In	Terrenos alagadiços	Corresponde a áreas sob constante influência do lençol freático permanecendo inundada.
Mg	Manguezais	Corresponde a áreas compostas por mangues.
Dn	Dunas	Corresponde a áreas cobertas por dunas.
Rt	Restinga	Corresponde a áreas de vegetação de restinga.
Sl	Salinas	Corresponde às áreas onde se realiza a extração de sal por meio de salinas.
Urb	Área Urbanizada	Correspondem as áreas onde a urbanização já se faz presente.
Afl	Afloramento Rochoso	Corresponde às áreas onde ocorre a rocha alterada em exposição total.

Fonte: Adaptado GUIMARÃES et al., 2008.

A partir da conclusão desta fase, onde foram elaboradas e/ou readequadas as bases cartográficas selecionadas, na composição do modelo de erosão proposto, torna-se possível iniciar a fase de álgebra de mapas, descrita no subcapítulo seguinte.

3.3 **Análise Multicritério**

A “análise multicritério” foi a metodologia escolhida para a realização da integração dos diferentes planos de informação componentes da modelagem. Esta integração se deu através da álgebra de mapas, com a finalidade de elaborar o modelo de erosão proposto. Para isto, torna-se necessário: a definição dos critérios ou planos de informação utilizados na montagem da arvore hierárquica de decisão e sistematização dos pesos de cada plano, e por fim definir a notas das classes estabelecidas em cada critério analisado. Neste subcapítulo resume-se a linha de pensamento do pesquisador na preparação da análise multicritério.

3.3.1 Estrutura da árvore hierárquica de dados

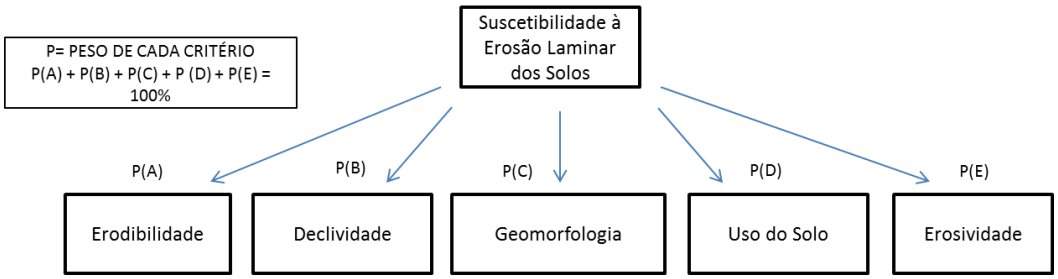
A construção da árvore hierárquica (Figura 13) permitiu a visualização da problemática da erosão laminar de maneira objetiva, destaca-se que foram utilizados como embasamento teórico na seleção das variáveis, principalmente, os estudos de Bertoni e Lombardi Neto (1990), Guerra (2005) e Morgan (2005), adaptando estes postulados teóricos para a realidade da presente análise. Sendo assim estabelecidas cinco variáveis principais:

a) Erodibilidade dos Solos: A erodibilidade dos solos, ou "fator K" (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990) infere quantitativamente a resistência à erosão dos solos, normalmente, esta resistência difere de acordo com o tipo e as característica dos solos. Sendo assim, fundamental para a análise do comportamento dos solos frente aos mecanismos erosivos.
b) Declividade das encostas: A declividade é fundamental para análise da erodibilidade, pois cria o gradiente a ser percorrido pelo escoamento superficial. Desta forma, possui grande influência na velocidade do escoamento da água, sendo este escoamento o principal motivador da erosão laminar.
c) Compartimentação Geomorfológica: O compartimento geomorfológico oferece uma noção geral das características e do comportamento de uma determinada paisagem. É estabelecida, principalmente, a partir de informações de declividade, altitude e hidrografia. Cada compartimento geomorfológico possui uma respectiva taxa de degradação, ou agradação, de seu relevo, assim, a partir destes compartimentos é possível delimitar áreas de maior ou menor suscetibilidade à erosão.
d) Uso do Solo: O tipo de cobertura vegetal, bem como, os tipos de práticas e pressões de origem antrópica na paisagem são fatores fundamentais para o estudo da erosão dos solos. A retirada da cobertura vegetal tem um papel notável neste sentido, visto que expõe sobremaneira a cobertura pedológica às intempéries climáticas. O tipo de função desempenhada em uma determinada área é fundamental. Certas culturas, bem como, o uso de pastagem, quando não manejados de maneira adequada, podem

ser fortes vetores de impactos ao solo, favorecendo assim, o processo de erosão acelerada.

e) Erosividade: também se encontra representada pelo “fator r” (BERTONI e LOBARDI NETO, 1990), expressa, a capacidade das chuvas em promoverem desprendimento e arraste das partículas do solo. Quando ocorre uma precipitação, sua intensidade, duração e frequência são propriedades fundamentais para o entendimento do processo erosivo.

Figura 13 - Estrutura da árvore hierárquica do AHP para erosão laminar dos solos.



Fonte: O Autor, 2014.

3.3.2 Valoração dos critérios e análise da consistência do julgamento

Utilizou-se para a valoração dos critérios a metodologia utilizada no AHP. Esta metodologia já foi discutida e exemplificada anteriormente. Sendo assim, a execução do método AHP foi realizada pelo orientador responsável da presente dissertação junto a autora do estudo.

O Quadro 12 mostra o resultado da comparação par a par realizada, base para a definição dos pesos entre as variáveis no modelo de erosão. Esta matriz permite a comparação entre as diferentes variáveis analisadas, estabelecendo a importância relativa entre elas, em uma escala que varia de 1 a 9, como apresentado no Quadro 5, os valores abaixo de 1, representados por fração, são os chamados valores recíprocos, variando de 1/2 a 1/9.

Quadro 12 - Matriz de comparação par a par – AHP, utilizada para suscetibilidade à erosão laminar.

Variáveis		Escala AHP			
	Geomorfologia	Solos	Clima	Declividade	Uso
Geomorfologia	1	1/2	1/3	1/3	1/7
Solos	2	1	1/2	1/3	1/7
Clima	3	2	1	1	1/3
Declividade	3	3	1/3	1	1/3
Uso	7	7	3	3	1

Legenda: Peso 1 – igual importância; Peso 2 – intermediário entre o peso 1 e 3; Peso 3 – moderadamente importante; Peso 7 – muito fortemente mais importante; 1/2 – intermediário entre 1 e 1/3; 1/3 moderadamente menos importante; 1/7 – muito fortemente menos importante.

Fonte: A autora, 2014.

Após a comparação par a par o método AHP é executado e resulta nos pesos finais para cada plano de informação selecionado na suscetibilidade à erosão laminar, o Quadro 13, traz assim, o peso relativo de cada variável.

Quadro 13 - Quadro de pesos relativos de cada variável analisada.

Pesos Finais - AHP (%)	
Geomorfologia	6
Solos	9
Pluviosidade	22
Declividade	15
Uso e Ocupação do Solo	48
Total	100

Fonte: O autor, 2014.

O modelo AHP tem seu próprio método de análise de consistência. A análise da consistência do julgamento auxilia no estabelecimento dos pesos das variáveis de forma mais coerente e lógica, este coeficiente não deve ultrapassar o valor “0,1”. Esta foi a última etapa do processo AHP, obtendo o resultado 0,05, abaixo de 1, o que significa que a análise realizada apresenta coerência.

Finalizando esta etapa, onde foram definidas as variáveis e seus pesos na análise da suscetibilidade à erosão laminar, torna-se importante promover a integração dos dados, ou seja, normalizar as classes de cada variável escolhida, a fim de possibilitar o cruzamento de informações realizado pela “analise multicritério”.

3.3.3 Integração temática

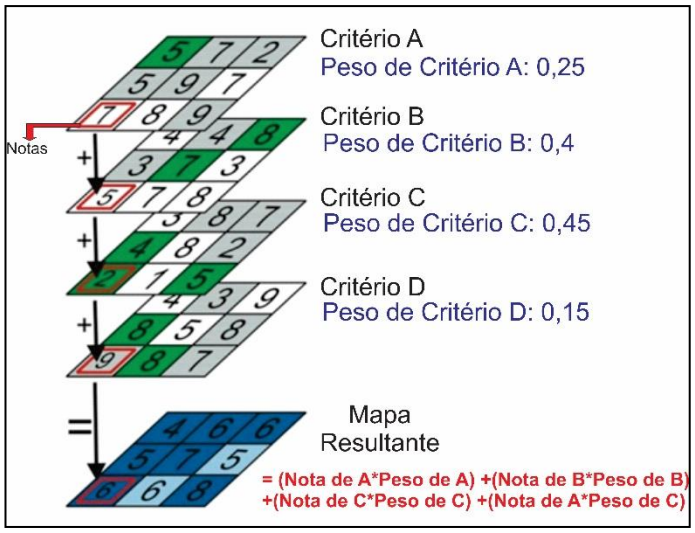
Além do peso de cada critério definido no presente estudo pela metodologia AHP, faz-se necessário definir as notas de cada classe de mapeamento. Pois, os diferentes mapeamentos irão conter dentro de suas informações, classes que interagem de maneira diferenciada com a erosão dos solos. Algumas classes são mais, e outras menos importantes para a análise da erosão laminar. Esta etapa chama-se integração da base de dados, ou seja, a preparação das bases para a realização do cruzamento destes.

O mapa final será gerado pelo "Método da Combinação Linear Ponderada" onde os mapas bases (planos de informação) receberam pesos previamente definidos através da metodologia AHP. Uma vez que os planos de informação tenham recebido os pesos padronizados, torna-se fundamental a definição das notas das classes internas para cada critério utilizado no modelo. É uma questão de multiplicar cada mapa (isto é, cada célula, ou pixel, de cada mapa), que contém a informação da nota pelo seu peso, e então realizar o cálculo da média ponderada entre os planos de informação através de ferramentas de geoprocessamento usadas em álgebra de mapas.

Esta metodologia consiste na utilização de álgebra de mapas onde os diferentes planos de informação serão cruzados com seus pesos e notas gerando um mapa resultante com valores que irão varia no mesmo padrão das notas dos mapas base (Figura 14).

Assim a erosão laminar da bacia Lagos – São João será a resultante da interação dos diferentes critérios elencados e posteriormente analisados pelos especialistas. Todos esses procedimentos se darão num ambiente de informações georreferenciadas e trabalhadas através do programa ArcGIS 10.

Figura 14 - Esquema explicativo da álgebra de mapas.



Fonte: Adaptado do software ArcGIS 10.

Deve-se esclarecer que a integração visou uma melhor compatibilização com o objetivo do trabalho – erosão laminar na bacia Lagos – São João. Estabeleceu-se classes de normalização, que vão da nota de 1 a 5, de acordo com o impacto de cada variável na relação à erosão laminar:

a) Nota 1 - Muito Baixo: receberão esta nota as classes que compõem um impacto praticamente nulo na contribuição para a erosão laminar dos solos da bacia Lagos – São João.
b) Nota 2 –Baixo: receberão esta nota, as classes que compõem uma contribuição pequena para a erosão laminar dos solos da bacia Lagos – São João.
c) Nota 3 – Moderado: receberão esta nota, as classes que compõem uma contribuição moderada para a erosão laminar dos solos da bacia Lagos – São João.
d) Nota 4 – Forte: receberão esta nota, as classes que possuem uma forte contribuição para o aumento da erosão laminar dos solos da bacia Lagos – São João.
e) Nota 5 - Muito Forte: receberão esta nota, as classes que possuem uma alta contribuição para o aumento da erosão laminar dos solos da bacia Lagos – São João.

A seguir serão descritas as normalizações realizadas nas variáveis, representadas pelos planos de informações de erodibilidade, declividade, geomorfologia, uso e ocupação do solo e erosividade.

3.3.3.1 Padronização da erodibilidade

Para a padronização dos dados referentes à análise da erodibilidade dos solos, esta variável foi dividida em 5 classes (Quadro 14) seguindo a metodologia proposta por Gibboshi (1990).

Quadro 14 - Classes de erodibilidade da bacia Lagos - São João.

Normalização	Fator K - Erodibilidade (ton.h.ha/ha.MJ.mm)
Nota 1	<= 0.010
Nota 2	0.010 <= K< 0.020
Nota 3	0.020 <= K< 0.030
Nota 4	0.030 <= K <= K< 0.040
Nota 5	K> 0.040

Fonte: Adaptado de GIBBOSHI, 1990.

Sendo assim, o mapa final, com os valores de erodibilidade foi reclassificado, de acordo com as classes estabelecidas, confeccionando integração de erodibilidade, que pode ser visualizado nos resultados do presente estudo.

3.3.3.2 Padronização da erosividade

A partir da criação do Mapa de erosividade da bacia Lagos – São João, foi estabelecida classes de erosividade, utilizando os parâmetros adaptados de Carvalho et al.(2008). Na classificação original existem cinco classes, porém, para a bacia Lagos – São João, não ocorreu a classe de erosividade “muito baixa”, desta forma, as notas foram distribuídas variando de 2 a 5 (Quadro 15), totalizando 4 classes finais no Mapa de notas de erosividade.

Quadro 15 - Classes de integração da erosividade.

Erosividade	Classes de Erosividade	Notas
< 2452	muito baixa	não existe
2452 - 4905	baixa	2
4905 - 7300	moderada	3
7300 - 9300	alta	4
>9300	muito alta	5

Fonte: Adaptado de CARVALHO et al., 2008.

3.3.3.3 Padronizaão da declividade

A fim de sistematizar a declividade e seu grau de relevância com relação à erosão laminar, foi elaborada uma tabela dividindo as declividades em 5 classes, a seguir, se pode observar a descrição de cada classe de declividade adotada.

a) Plano: Superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.
b) Suave Ondulado: Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
c) Ondulado: Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.
d) Forte Ondulado: Superfície de topografia pouco movimentada, formada por morros e, raramente, colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
e) Montanhoso e Escarpado: Superfície de topografia com predomínio de formas acidentadas, normalmente relevos do tipo de morros, montanhas e maciços montanhosos, com declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%, ou superiores.

Este agrupamento ocorreu baseado nos estudos de Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Florenzano (2008), considerando que, o aumento progressivo da declividade, influencia na velocidade do escoamento da água, ao longo da encosta, aumentando a suscetibilidade aos processos erosivos. O Quadro 16 resume as notas dadas para cada classe de suscetibilidade.

Quadro 16 - Integração da declividade da bacia Lagos - São João.

Classes	Declividade (%)	Normalização
Classe 1	0 – 3	Nota 1
Classe 2	3 - 8	Nota 2
Classe 3	8 - 20	Nota 3
Classe 4	20 -30	Nota 4
Classe 5	>30	Nota 5

Fonte: Adaptado de FLORENZANO, 2008.

3.3.3.4 Padronização da geomorfologia

As morfologias mapeadas no Mapa de geomorfologia da bacia do rio São João foram agrupadas em cinco classes. Em seguida, foram dadas as notas que variam de 1 a 5 (muito baixa a muito forte) de acordo com a suscetibilidade de cada compartimento geomorfológico, como embasamento para esta etapa, foram utilizados os estudos de Faria et al. (2003), Pedrosa et al. (2012) e Florenzano (2008). O Quadro 17 apresenta os sistemas de relevo, agrupados de acordo com suas notas.

Quadro 17 - Sistematização da integração da geomorfologia.

Classes	Sistemas de Relevo	Notas
1	Planícies	1
2	Suave Colinoso	2
3	Colinoso e Colinas Isoladas	3
4	Morros e Morrotes	4
5	Alinhamentos Serranos, Escarpas Serranas e Maciços	5

Fonte: O autor, 2014.

3.3.3.5 Padronização do uso e ocupação do solo

Os diferentes usos notados pelo na bacia Lagos – São João foram sistematizados em 5 classes de uso do solo. Para a categorização do uso do solo, foram consultados os trabalhos de Bertoni e Lombardi Neto (1995) e Crepani et al. (2008).

No Quadro 18é possível visualizar o agrupamento das classes de uso, bem como, a sistematização do grau de impacto, ou contribuição, destas para a suscetibilidade à erosão laminar.

Quadro 18 - Integração dos dados de uso e ocupação.

Classes de Uso	Sigla do Uso	Normalização
Classe 1	In; Mg; Dn; Rt	Nota 1
Classe 2	Fl, Ptv	Nota 2
Classe 3	Fldes	Nota 3
Classe 4	Ag	Nota 4
Classe 5	PTg e Sexp	Nota 5

Fonte: O autor, 2014.

Após a integração das notas estabelecidas e definição dos pesos de cada variável analisada foi possível executar o modelo de erosão laminar da bacia Lagos – São João. Finalizando este modelo, torna-se fundamental a validação da modelagem obtida, avaliando a proximidade do modelo com a realidade. Este processo de validação é explicado no próximo subcapitulo.

3.3.4 Validação do Modelo

A validação do Mapa de suscetibilidade à erosão laminar da bacia Lagos – São João foi obtida através do denominado "índice *kappa*". O índice *kappa* pode ser definido como uma medida de concordância usada em escalas nominais, onde se pode estabelecer o quanto as observações se afastam daquelas esperadas (COHEN, 1960).

O Quadro 19 apresenta a escala de concordância do índice *kappa*. No presente estudo utilizou-se uma variação do *kappa*, denominado "*kappa* ponderado" (COHEN, 1968), que se adequa melhor às variáveis ordinárias.

Quadro 18 - Escala de concordância do índice *kappa.*

Escala de Concordância do Índice Kappa	
Kappa	Concordância
<0,00	Nenhuma
0,00 - 0,20	Fraca
O,21 - 0,20	Sofrível
0,41 - 0,60	Regular
0,61 - 0,80	Boa
0,81 - 1	Ótima

Fonte: Adaptado de LANDIS e KOCH, 1977.

Foram estabelecidos 20 pontos para a realização do *kappa*, estes pontos foram gerados aleatoriamente, sendo analisados em trabalho de campo um total de 19 pontos. Este trabalho de campo foi realizado no período de 8 a 10 de janeiro do ano de 2013, o vigésimo ponto não pôde ser visitado por motivos de logísticas de transito.

O valor final do *kappa* para o presente estudo foi de 0,7 valor este considerado bom, de acordo com a escala de Landis e Koch (1977). Desta forma, tendo o modelo sido validado, pode-se ter um maior nível de confiabilidade no dado gerado, possibilitando sua utilização para as mais diversas finalidades.

O modelo de suscetibilidade à erosão é importante no que tange a previsão de áreas de maior suscetibilidade a processos erosivos. Porém, para um maior entendimento da dinâmica erosiva atual foi desenvolvida uma metodologia a fim de identificar áreas que já apresentam sinais erosivos, este método é apresentado no subcapitulo a seguir.

3.3.5 Diagnóstico de Erosão Laminar na bacia Lagos - São João

A fim de ampliar o entendimento da erosão laminar na bacia Lagos – São João, e auxiliar o Comitê de bacia Lagos e São João - CSLJ, órgão gestor da área de estudo, foi realizado um diagnóstico do estado atual dos processos erosivos nesta bacia.

Este diagnóstico foi realizado a partir de um trabalho de campo adicional, com duração de 3 dias (8 a 10 de janeiro do ano de 2014), onde foram analisados visualmente e documentados os sinais erosivos já existentes na bacia Lagos – São João.

Estes dados foram espacializados, distribuídos de acordo com microbacias da área de estudo, gerando um mapeamento onde se obteve um panorama geral da erosão na bacia. A Figura 14 localiza os pontos que foram analisados dentro da bacia Lagos – São João.

A erosão laminar pode ser classificada, segundo o manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso (BELLINAZZI JUNIOR et al., 1991), em cinco estágios. Estes foram adaptados para o presente estudo e são apresentados a seguir.

a) Ligeira: onde já é perceptível notando-se os sinais inicias da erosão laminar com a exposição do horizonte A;
b) Moderada: onde nota-se que o horizonte A encontra-se parcialmente erodido, havendo uma perda significativa de material;
c) Moderada à Severa: onde já é possível notar uma grande degradação do horizonte A, havendo também uma exposição inicial do horizonte B;
d) Muito Severa: quando não se encontra o horizonte A e o horizonte B já se encontra com sinais de degradação; e
e) Extremamente Severa: quando já ocorre uma exposição do horizonte C, ou mesmo, sua ausência.

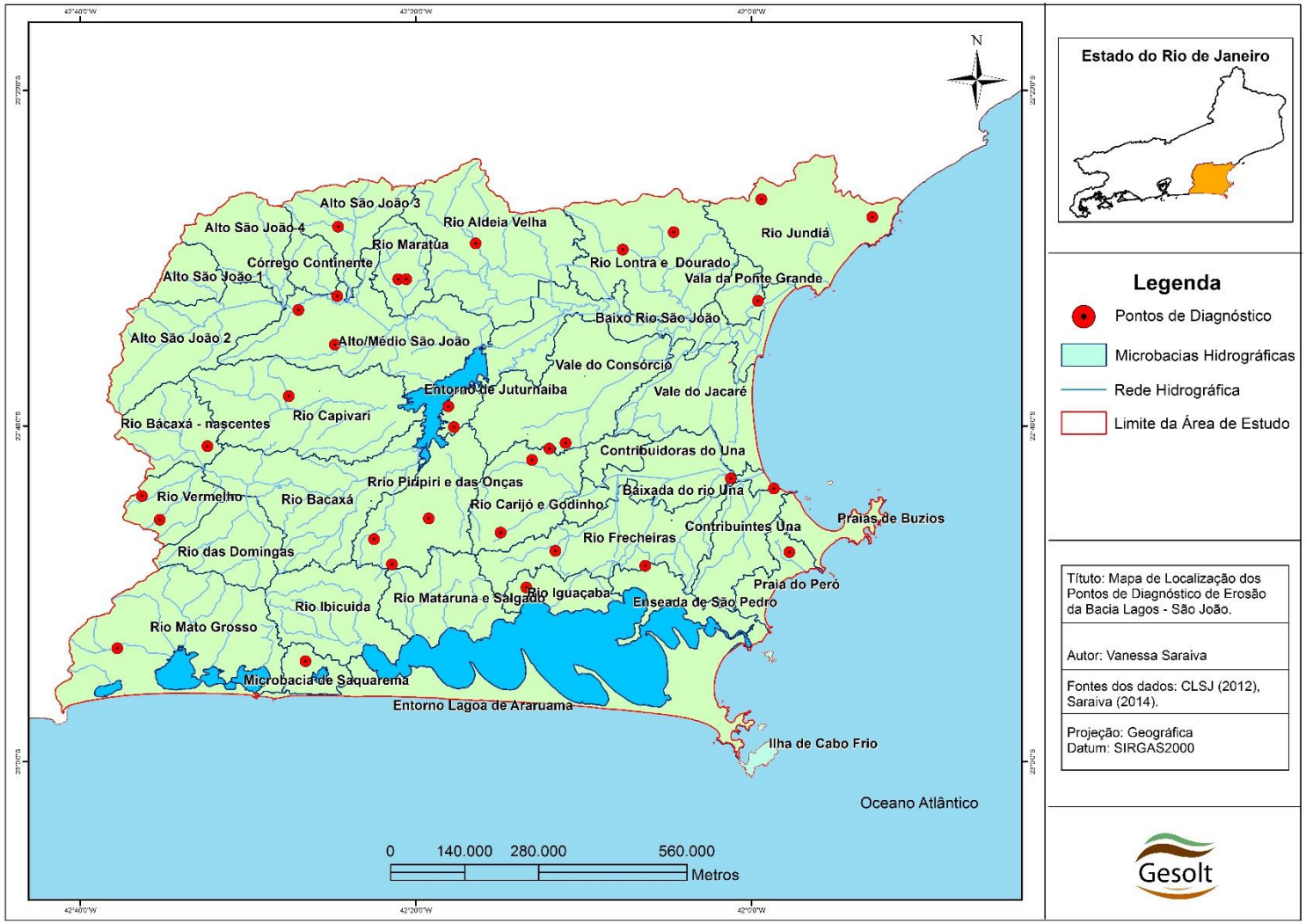
Assim, foram avaliados presencialmente33 pontos em três dias de trabalho de campo. No apêndice do presente estudo encontra-se o relatório completo deste mapeamento, que será

enviado para o Comitê de Bacias Lagos e São João. No corpo do texto foram discutidos os resultados de maneira mais geral.

Para as microbacias onde não foi possível a marcação de um ponto e avaliação presencial, principalmente, por questões de dificuldade de acesso, foi realizada uma interpretação visual a partir de imagens e satélite de alta resolução (5 metros) identificando o estado da erosão nestas.

Sendo assim, foi gerado o diagnóstico de erosão da bacia Lagos – São João que será exposto e analisado no capítulo a seguir de resultados.

Figura 15 - Mapa de localização dos pontos de diagnóstico de erosão da bacia Lagos – São João.



Fonte: O autor, 2014.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da presente dissertação dividem-se em: bases cartográficas, onde são apresentadas e discutidas as bases cartográficas elaboradas; modelo de erosão laminar, onde é apresentado o modelo de suscetibilidade à erosão laminar; e por fim os dados referentes ao diagnóstico de erosão da bacia Lagos São João.

4.1 **Bases cartográficas**

Uma das principais etapas deste trabalho, foi a elaboração e/ou adequação das bases cartográficas, neste subcapitulo, são apresentados os dados referentes a cada variável utilizada para o modelo de erosão: solos e erodibilidade dos solos, declividade, geomorfologia, uso e ocupação dos solos e erosividade. Sendo assim, podem-se analisar separadamente como estas variáveis se comportam na área de estudo.

4.1.1 Solos

O Mapa de solos da bacia Lagos – São João é apresentado na Figura 16. Foram identificadas 53 unidades de mapeamento de solos na bacia hidrográfica dos Lagos e São João.

A espacialização geral dos solos da bacia segue a seguinte conformação: na região litorânea predominam associações de solos do tipo Espodossolo e Gleissolo; na região central associações de Argissolo, seguidos por Gleissolo e Planossolos; nas áreas próximas à rede de drenagem: Neossolo e Gleissolo; e no interior da bacia, próximo ao setor montanhoso predominam Latossolos e Argissolos, associados à Cambissolo e Neossolo Litólico nas áreas mais íngremes.

A seguir são descritas as principais características dos solos encontrados na bacia Lagos – São João, baseadas em Lumbreras et al. (2001), Lumbreras et al. (2003) e Saraiva (2012).

Os Planossolos compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com o horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B plânico subjacente, adensado, com acentuada concentração de argila e permeabilidade muito lenta, por vezes, ocasiona uma formação de lençol d'água suspenso. Os Planossolos Nátricos apresentam caráter sódico no horizonte B plânico. Os Planossolos Hidromórficos são solos com horizonte glei coincidindo com o horizonte B plânico e, em adição, foram considerados os solos que são mal drenados. Compreende solos mal drenados, com sequência de horizontes do tipo A-Btg-C ou A-E-Btg-C. A classe dos Planossolos Háplicos não se enquadra nas classes anteriores. Diferencia-se do Planossolo Hidromórfico, entre outros aspectos, por manifestar drenagem imperfeita. Compreende solos imperfeitamente drenados, com sequência de horizontes do tipo ABt- C ou A-E-Bt-C, sendo comum a ocorrência de descontinuidades no material de origem.

Os Gleissolos são solos minerais, hidromórficos, com horizonte A seguido de horizonte glei e ausência de horizonte E. Os Gleissolos Melânicos apresentam horizonte H hístico com menos de 40cm de espessura, ou horizonte A húmico, proeminente ou chernozênico. São solos muito mal drenados, com lençol freático elevado na maior parte do ano, e sequência de horizontes do tipo A-Cg ou H-Cg. São solos relativamente recentes, pouco desenvolvidos. Os Gleissolos Háplicos diferenciam-se do Gleissolo Melânico por ter horizonte superficial A moderado. Apresentam horizonte A moderado, com espessura de 10 a 20 cm, cores bruno-acinzentadas a pretas (matizes da ordem de 2,5Y, 5Y e 10YR), textura areia franca a muito argilosa. O horizonte Cg apresenta cores acinzentadas com, sendo frequente a presença de mosqueados. Possuem textura média a muito argilosa.

Os Neossolos Flúvicos são solos derivados de sedimentos aluviais com o horizonte A sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. Possuem sequência de horizontes do tipo A-C, em geral de textura média leve e arenosa, moderada e imperfeitamente drenados, com evidências de gleização em subsuperfície.

Os Neossolos Quartzarênicos são solos com sequência de horizontes A-C, com textura areia ou areia-franca até, no mínimo, a profundidade de 150 cm ou até o contato do embasamento. São essencialmente quartzosos, praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo.

Os Latossolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto H hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, em resultado das transformações no material constitutivo. Os Latossolos da área estudada são

predominantemente cauliníticos, bem e acentuadamente drenados e argilosos. Os Latossolos Amarelos Solos com matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA), apresenta solos muito profundos, bem e acentuadamente drenados, com sequência de horizontes do tipo A-Bw-C. A classe dos Latossolos Vermelho-Amarelos são solos com matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).Esta classe é constituída por solos com horizonte B latossólico geralmente muito profundos (horizonte C abaixo de 200 cm de profundidade), bem e acentuadamente drenados e com sequência de horizontes do tipo A-Bw-C, sendo dominantemente cauliníticos.

Os Argissolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural (Bt) caracterizado por aumento da fração argila em relação ao horizonte A sobrejacente, com argila de baixa atividade. Os Argissolos que ocorrem na bacia dos Lagos - São João são predominantemente cauliníticos, geralmente bem drenados, de textura média/argilosa. A classe de Argissolos Amarelos é constituída por solos com horizonte B textural com matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Apresentam perfis com espessura do solum superior a 150 cm, bem drenados, com sequência de horizontes do tipo A-Bt-C. A classe de Argissolos Vermelho-Amarelos é constituída por solos com horizonte B textural com matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Apresentam perfis bem drenados, com espessura do solum superior a 100 cm, e sequência de horizontes do tipo A-Bt-C. A classe de Argissolos Vermelhos constituída por solos com horizonte B textural com matiz 2,5YR ou mais vermelho nos primeiros 100 cm do horizonte B (exclusive BC). Tem sequência de horizontes do tipo A-Bt-C, são bem drenados, com o saprolito a profundidades de 50 a 200 cm.

Os Espodossolos compreendem solos minerais com horizonte B espódico precedido de horizonte E álbico, horizonte A ou horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura. São, portanto, solos com nítida diferenciação de horizontes, usualmente com sequência do tipo A-E-Bh ou Bs. A classe dos Espodossolos Cárbicos apresenta acúmulo, principalmente, de carbono orgânico e alumínio no horizonte B espódico, com presença de horizonte Bh dentro de 200 cm da superfície do solo. São mal e imperfeitamente drenados. Apresentam horizonte A moderado, com espessura de 30 cm, cor cinzenta muito escura, textura arenosa. A estrutura é fraca pequena granular e grãos simples.

Os Cambissolos compreende solos minerais, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte A, ou horizonte hístico com espessura inferior a 40 cm. Tem

sequência de horizontes do tipo A (ou hístico)-Bi-C, com ou sem R. A classe de Cambissolos possuem um horizonte Bi (incipiente) subjacente a horizonte A de qualquer tipo, exceto A húmico ou horizonte hístico. São bem drenados e possuem espessura do solum em torno de 60cm. Possuem horizonte A moderado ou proeminente, com espessura de 20 a 25 cm e horizonte B de textura média ou argilosa.

Os Neossolos Litólicos são solos pouco desenvolvidos, com contato lítico dentro dos primeiros 50 cm apresentando, portanto, em suas propriedades, influência marcante do material de origem. São solos com contato lítico dentro de 50 cm e estão normalmente associados aos afloramentos de rochas, com sequência de horizontes A-C-R, A-R, sendo bem drenados, e habitualmente pouco profundos.

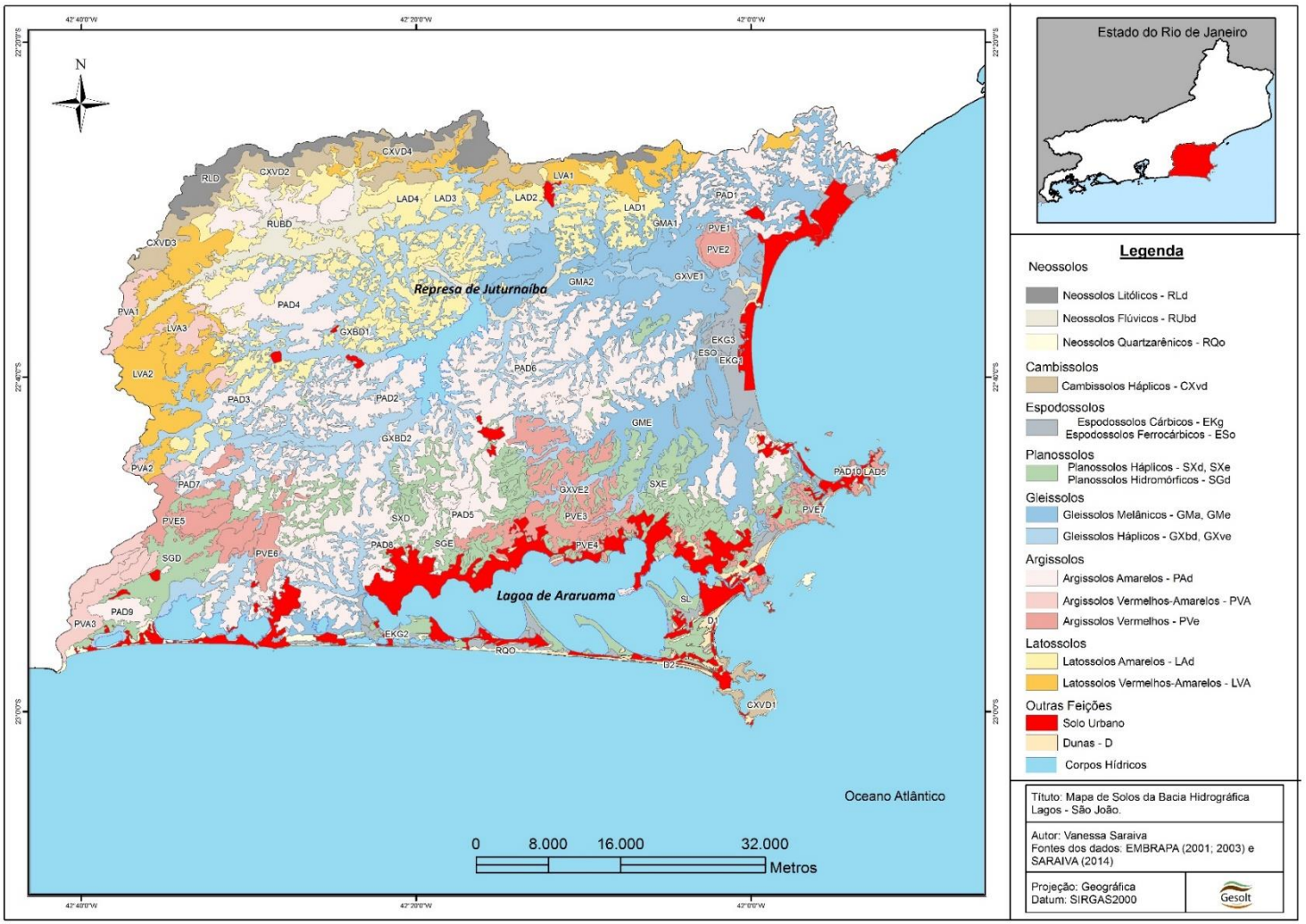
Os Neossolos Regolíticos são solos com horizonte A sobrejacente ao horizonte C ou Cr, e apresentando contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm. Compreende solos minerais, não hidromórficos, pouco desenvolvidos e com sequência de horizontes do tipo A-C-R ou A-Cr-R. São bem e moderadamente drenados, por vezes pouco profundos (substrato rochoso entre 51 e 100 cm de profundidade).

Os Luvissolos são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural ou B nítico, com argila de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente abaixo de um horizonte A fraco, moderado ou proeminente, ou de horizonte. Os solos do tipo Luvissolos Crômicos possuem caráter crômico na maior parte do horizonte B (inclusive BA). São pouco espessos, geralmente com solum de 40 a 90cm, bem drenados, de textura média/argilosa.

Os Nitossolos compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico de argila de atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos ou prismática moderada ou forte, com a preença de cerosidade e/ou superfícies de compressão, subjacente a horizonte A de qualquer tipo. Solos com matiz mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Exibem sequência de horizontes do tipo A-B-C, são bem drenados.

No Mapa de solos da bacia Lagos – São João, Figura 16, o mapeamento se deu pela formação das chamadas unidades de mapeamento de solos (LAd, PAd, PVe e etc.), onde são agrupadas diferentes classes de solos, que se se distribuem sobre uma mesma determinada área, o Quadro 24 (Apêndice B) apresenta os solos presentes em cada unidade de mapeamento. A sigla exibida na legenda do mapa é dada pelo solo de maior predomínio em toda a associação.

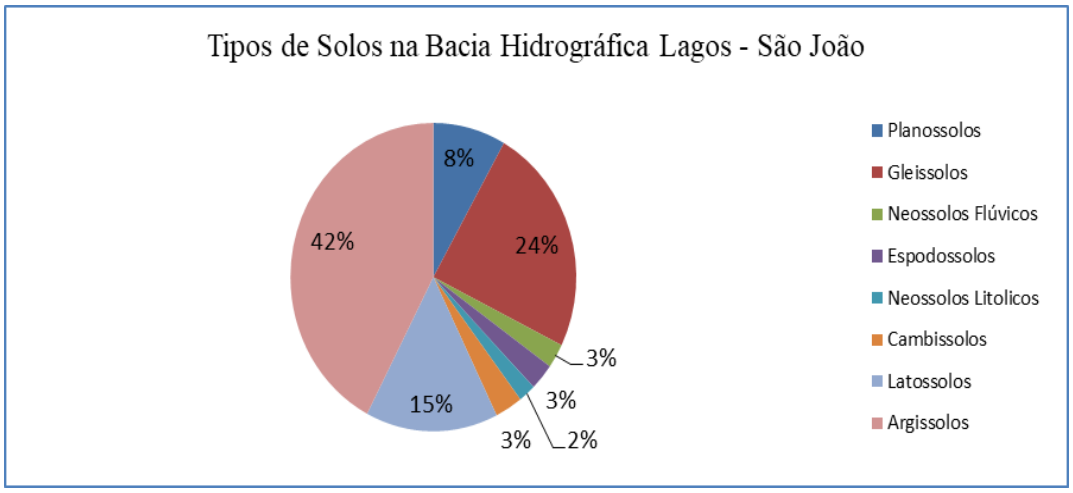
Figura 16 - Mapa de solos da bacia Lagos - São João.



Fonte: O autor, 2014.

Na Figura 17 são apresentadas as áreas ocupadas por cada tipo de solo. Nota-se o maior predomínio das associações de Argissolos (PAd, PVe, PVA), que ocupam uma área de 1.503 km², compondo, assim, as associações de solo mais recorrente na região da bacia representando um total de 42% de todas as associações mapeadas (Figura 17).

Figura 17 - Gráfico da distribuição dos solos da bacia Lagos - São João.



Fonte: O autor, 2014.

A unidade de mapeamento PAd (Argissolos Amarelos predominantemente) é a associação de Argissolo mais recorrente, ocupou uma área equivalente a 868 km², correspondendo a 25% do total de solos mapeados dentro da bacia.

Os solos do tipo Latossolo, somam uma área de 532 km², representando cerca de 15% das associações mapeadas na área de estudo. Os Latossolos Amarelos (denominados LAd) ocupam uma área de 330 km² (9,3%), sendo os predominantes nesta categoria, já os Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) ocupam uma área de 202 km² (5,7%).

O Neossolo Litólico (RLd) e Cambissolo (CXvd) são solos típicos de áreas de alta declividade juntas, estas associações somam 5% dos solos mapeados na bacia. As associações de Cambissolo ocupam uma área de 110 km². No mapeamento foram estipuladas quatro unidades de mapeamento para esse tipo de solo e suas associações. A classe de maior proporção é a CXvd4, obtendo 48% da área das unidades de Cambissolo.

As unidades referentes aos Gleissolos (GXbd, GXve) ocupam 24 % da bacia, correspondendo a uma área de 855 km². Estas unidades de solos podem ser encontradas em toda a área da bacia, principalmente no entorno das áreas de drenagem e áreas inundáveis próximas a lagos e à represa de Juturnaíba.

Os Planossolos (SGD, SGe, SXe) somam uma área de 292 km², cerca de 8% de todos os solos mapeados. As associações O Neossolo Flúvico (RUbd) se estende ao longo das

drenagens do rio São João e Una. O Neossolo Quartzarênico (RQo) representado pela sigla RQo ocorre junto ao litoral na porção sul da bacia, juntas essas duas unidades somam 91 km², apenas 2,5% de todos os solos mapeados na bacia.

Os Espodossolos (ESo e EKg) distribuem-se por todo litoral associado a terrenos arenosos de origem marinha. Estas associações ocupam uma área de 99 km², cerca de 3% do total de solos mapeados.

Os dados do mapeamento dos solos foram fundamentais para o cálculo da erodibilidade dos solos, assim sendo, considerou-se necessário uma apresentação destes dados, no presente subcapitulo, oferecendo ao leitor acesso a todo o processo de elaboração dos dados da presente dissertação. Os dados de erodibilidade, fundamental para o modelo de erosão, são apresentados no subcapítulo 5.1.2.

4.1.2 Erodibilidade

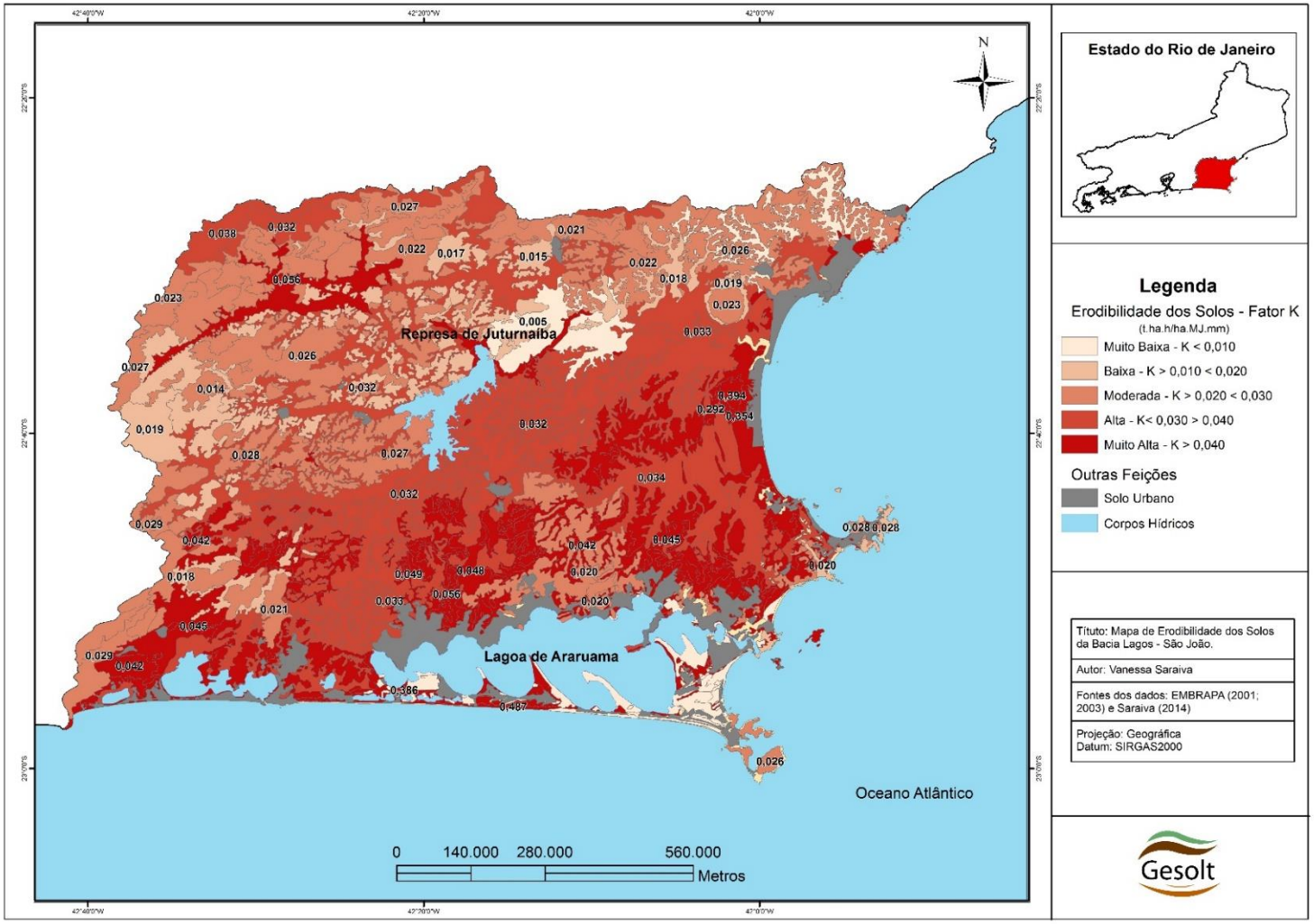
O Mapa erodibilidade dos solos da bacia Lagos – São João pode ser visualizada na Figura 18. Esta foi realizada a partir da média ponderada, de acordo com a representatividade de cada tipo de solo, dentro da associação de solos. Os dados de erodibilidade utilizados para a elaboração deste mapeamento podem ser observado no Quadro 20.

Quadro 20 – Erodibilidade dos solos analisados.

Solo Tipo	Fonte da Informação	Erodibilidade (até 20 cm) (ton.ha.h/ha.MJ.mm)
Argissolos		
Argissolo Vermelho -Amarelo	Embrapa - P2	0,017
Argissolo Vermelho	Embrapa - P37	0,019
Argissolo Amarelo	Embrapa - P50	0,042
Latossolos		
Latossolo Vermelho - Amarelo	Embrapa - P19	0,011
Latossolo Vermelho	Carvalho Filho	0,015
Latossolo Amarelo	Embrapa P12	0,017
Cambissolos		
Cambissolo Háplico	Embrapa - P114	0,033
Neossolos		
Neossolo Regolítico	Embrapa - P107	0,012
Neossolo Litólico	Carvalho Filho	0,039
Nitssolos		
Nitossolo Háplico	Embrapa - P109	0,012
Luvissolos		
Luvissolo Crômico	Embrapa - P110	0,024
Planossolos		
Planossolo Háplico	Embrapa - P101	0,056
Planossolo Nátrico	Embrapa - P98	0,120
Planossolo Hidromórfico	Embrapa - P94	0,041
Gleissolos		
Gleissolo Háplico	Embrapa - P8	0,043
Gleissolo Melânico	Embrapa - P56	0,005
Gleissolo Tiomórfico	Embrapa - P58	0,004
Gleissolo Sálico	Embrapa - P96	0,219
Espodossolos		
Espodossolo Ferrocárbico	Embrapa - P53	0,218
Espodossolo Cárbico	Embrapa - P67	0,355
Neossolos		
Neossolo Flúvico	Embrapa - P5	0,043
Neossolo Quartzarênico	Embrapa - P63	0,487

Fonte: O autor, 2014.

Figura 18 – Mapa de erodibilidade da bacia Lagos – São João.

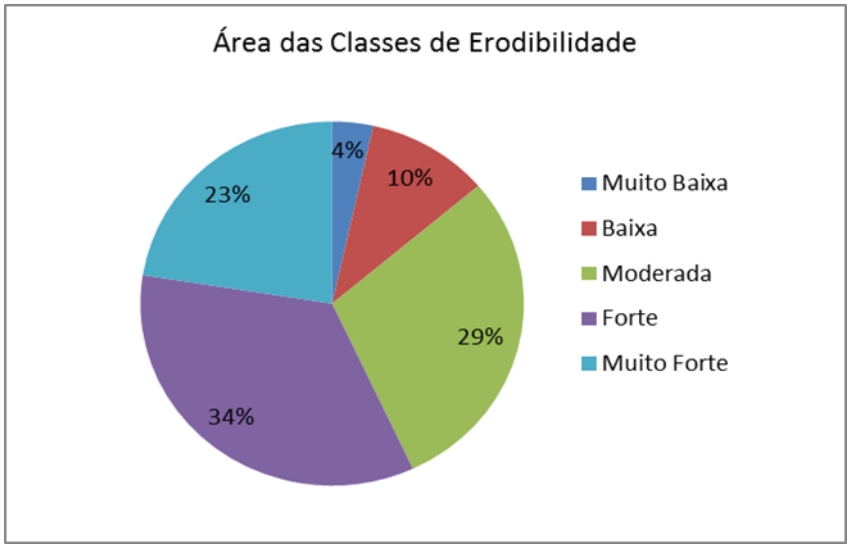


Fonte: O autor, 2014.

A erodibilidade foi agrupada em cinco classes. O principal fator contribuinte para a inclusão das unidades de solos nas classes de erodibilidade foi a composição granulométrica, devido a equação escolhida pelo presente estudo.

A Figura 19apresenta a representatividade espacial de cada classe de erodibilidade da bacia Lagos – São João. A classe de maior predomínio é a classe Forte (34%), seguida da classe Moderada (29%), posteriormente da classe Muito Forte (23%). As classes de menor domínio espacial são as classes Baixa e Muito Baixa, que juntas somam 14%.

Figura 19 - Gráfico da área das classes de erodibilidade da bacia Lagos - São João.



Fonte: O autor, 2014.

A descrição das unidades de solos por classe de erodibilidade pode ser analisada no Quadro 21, onde se agrupou as unidades de mapeamento de solos de acordo com a erodibilidade apresentada.

Quadro 21 - Unidades de mapeamento de solos, classe de erodibilidade e normalização das classes (continua).

Classes de Solos e Erodibilidade		
Unidade de Solos	Classe de Erodibilidade	Normalização
GMa2	Muito Baixa	Nota 1
GMa1; LVA3; LVA2; LAd3; LAd2; PVe7; PVe5; PVe1.	Baixa	Nota 2
CXvd4; CXvd3; CXvd1; LVA1; LAd5; LAd4; LAd1; PVA3; PVA2; PVA1; PVe6; PVe4; PVe3; PVe2; PAd10; PAd4; PAd3; PAd2; PAd1	Moderada	Nota 3
GMe; GXve1; GXbd2; GXbd1; RLd; CXvd2; PAd7; PAd6	Forte	Nota 4
SGe; SXe; SGd; SXd; GXve2; RUbd; Rqo; Eso; EKg3; EKg2; EKg1; PAd9; PAd8; PAd5	Muito Forte	Nota 5

Fonte: O autor, 2014.

A classe forte é composta das unidades de mapeamento de Gleissolos (GME, GXve1, GXbd2, GXbd1), seguido pelas de Argissolos Amarelos (PAd6, PAd7), Cambissolo (CXvd2) e Neossolo Litólico (RLD).

Este resultado, no que diz respeito aos Argissolos Amarelos, Cambissolo e Neossolo Litólico explica-se devido à composição textural mais arenosa, nas camadas mais superficiais do solo, junto a um baixo teor de argila nas mesmas.

O Argissolo Amarelo analisado, por exemplo, apresentou uma erodibilidade de 0,042 ton.h.ha/ha.MJ.mm (Quadro 20), classificada como muito alta, logo, as associações de solos que apresentavam o Argissolo Amarelo em sua composição tiveram o valor de erodibilidade elevado.

O mesmo ocorre com as unidades de Cambissolos, a unidade de mapeamento CXbd2é composta por 80% de Cambissolo Háplico (Quadro 24), que apresentou uma erodibilidade de 0,033 ton.h.ha/ha.MJ.mm, classificada como alta, o que refletiu na unidade de mapeamento como um todo.

O Gleissolo Háplico analisado (Quadro 20), obteve um valor de erodibilidade classificado como muito forte (0,043 ton.h.ha/ha.MJ.mm), porém, cabe ressaltar que apesar desta alta erodibilidade, estes solos, dificilmente, apresentam sinais de erosão devido sua posição topográfica pois, Gleissolos, são solos de áreas planas, não apresentando comumente sinais de erosão laminar.

A classe de erodibilidade forte ocorre, predominantemente, na região central da bacia, onde se distribuem os Gleissolos e Argissolos, ocorrendo também, de maneira pontual, a noroeste da bacia, onde se encontram os Cambissolos e Neossolos Litólicos.

A classe de erodibilidade moderada é segunda maior classe de na bacia Lagos – São João. Esta classe é composta pelas seguintes unidades de mapeamento: unidades de Argissolo Vermelho (PVe2, PVe3, PVe4, PVe6), Argissolo Amarelo (PAd1, PAd2, PAd3, PAd4, PAd10), Latossolo Amarelo (LAd1, LAd4, LAd5), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA1, PVA2, PVA3), Cambissolo (CXvd1, CXvd3, CXvd4) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA1).

A classe de erodibilidade moderada distribui-se por toda porção norte e oeste da bacia, acompanhando a ocorrência dos solos do tipo Latossolo, Argissolo e Cambissolo.

Cabe destacar, nesta classe, a presença do Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo. Estes solos, diferentemente do Argissolo Amarelo, apresentaram uma baixa erodibilidade (0,017 e 0,019 ton.h.ha/ha.MJ.mm). Logo as associações onde estes solos tiveram maior representatividade tiveram seus valores de erodibilidade rebaixados.

Os Latossolos (Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo) apresentaram uma erodibilidade classificada como baixa (Quadro 20). Estes solos apresentaram um maior equilíbrio em sua composição textural, refletindo nesta menor erodibilidade.

A classe de erodibilidade muito forte obteve ampla ocorrência na bacia, 23% de representatividade. Esta é uma classe importante, pois indicam os solos de maior propensão à erosão.

Associados a esta classe estão os Planossolos que ocorrem na bacia (SXd, SXe, SGd, SGe), os Argissolos (PAd5, PAd8, PAd9), Gleissolos (GXve2), Espodossolos (EKg1, EKg2, EKg3) e Neossolos Flúvicos (RUbd).

Os Planossolos analisados possuem uma erodibilidade muito alta (Quadro 19). Logo as unidades compostas de Planossolo refletiram esse comportamento, se situando na classe de erodibilidade muito forte.

Os Planossolos apresentam um horizonte A e E arenosos, e um horizonte B argiloso (Apêndice B). Este contraste textural, também se apresenta nos Argissolos analisados (Apêndice B), sendo que nos Argissolos Amarelos esta relação foi acentuada, quando comparados com Argissolo Vermelho-Amarelo e com Argissolo Vermelho (Apêndice B).

Este adensamento do horizonte B, típico dos Planossolos e Argissolos, bem como, o alto teor de areia em seus horizontes A e E, tornam estes solos especialmente preocupantes do ponto de vista da suscetibilidade à erosão. A infiltração da água da chuva torna-se dificultosa a partir do horizonte B, enquanto é facilitada nos horizontes superiores. Desta forma, dependendo da declividade e do uso destes solos, o escoamento superficial é facilitado, o que pode provocar uma “lavagem” dos horizontes superiores acelerando o processo de erosão.

Os Argissolos presentes na classe de erodibilidade muito alta apresentam esta erodibilidade exacerbada devido serem formados principalmente por Argissolos Amarelos, ou ainda por estarem associados aos Planossolos.

A classe de erodibilidade muito alta encontra-se dispersa por toda bacia. Sua maior ocorrência está situada porção inferior da bacia, onde ocorrem os solos do tipo Planossolo e Espodossolo, e na porção central onde se tem os Argissolos. Na porção noroeste da bacia a ocorrência desta classe deve-se a presença do Gleissolo da unidade GXve2.

A classe de erodibilidade baixa apresenta como unidades de solos constituintes as unidades de Latossolo Amarelo (LAd2, LAd3), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA2, LVA3), Argissolo Vermelho (PVe1, PVe5, PVe7) e uma classe de Gleissolo Melânico (GMa1).

Os Latossolos da área apresentaram equilíbrio em sua composição textural, o que refletiu em uma baixa erodibilidade. Assim, as unidadesLAd3, LAd2, LVA3 e LVA2, que

possuíam maior proporção de Latossolos (Quadro 24) em sua composição, obtiveram menor erodibilidade.

Por exemplo, a unidade LVA3 possui 70% de Latossolos em sua composição, e os outros 30% são de Argissolos Vermelho, ambos são solos de menor erodibilidade (Quadro 20), assim, esta unidade foi incluída na classe de erodibilidade baixa.

A unidade GMa1 é composta principalmente pelo Gleissolo Melânico (60%) e de Gleissolo Háplico (30%). O Gleissolo Melânico é um solo em que composição textural com maior teor de argila e uma erodibilidade quase nula (Quadro 20). Desta forma, esta unidade apresentou uma baixa erodibilidade.

A classe de erodibilidade baixa ocorre principalmente nas porções norte e noroeste da bacia, onde se percebe a ocorrência das unidades dos Latossolos e Argissolos que ocorrem nesta classe.

A classe de erodibilidade muito baixa é composta de apenas uma unidade de solos que é a unidade de Gleissolos (GMa2). Esta unidade é composta majoritariamente pelo Gleissolo Melânico, que como já foi explicado, possui uma erodibilidade quase nula. Desta forma, esta unidade apresentou uma erodibilidade muito baixa. Esta classe está localizada na porção nordeste da bacia.

A partir da erodibilidade, pode-se entender o comportamento dos solos da bacia Lagos – São João, frente aos mecanismos erosivos, no entanto, outro importante fator a ser analisado na compreensão dos processos erosivos é a erosividade das chuvas, esta foi analisada e é apresentada no subcapitulo a seguir.

4.1.3 Erosividade

A bacia Lagos – São João possui microclimas variados de seu litoral até a porção inteiorana. A presença da Serra do Mar provoca chuvas orográficas no interior da bacia, e o fenomeno da ressurgencia no litoral de Cabo Frio e Arraial do Cabo, diminui consideravelmente a precipitação na porção litorânea, juntos estes dois fatores podem ser apontados como os principais motivadores de tamanha diversidade climática, o que interfere na erosividade das chuvas da área.

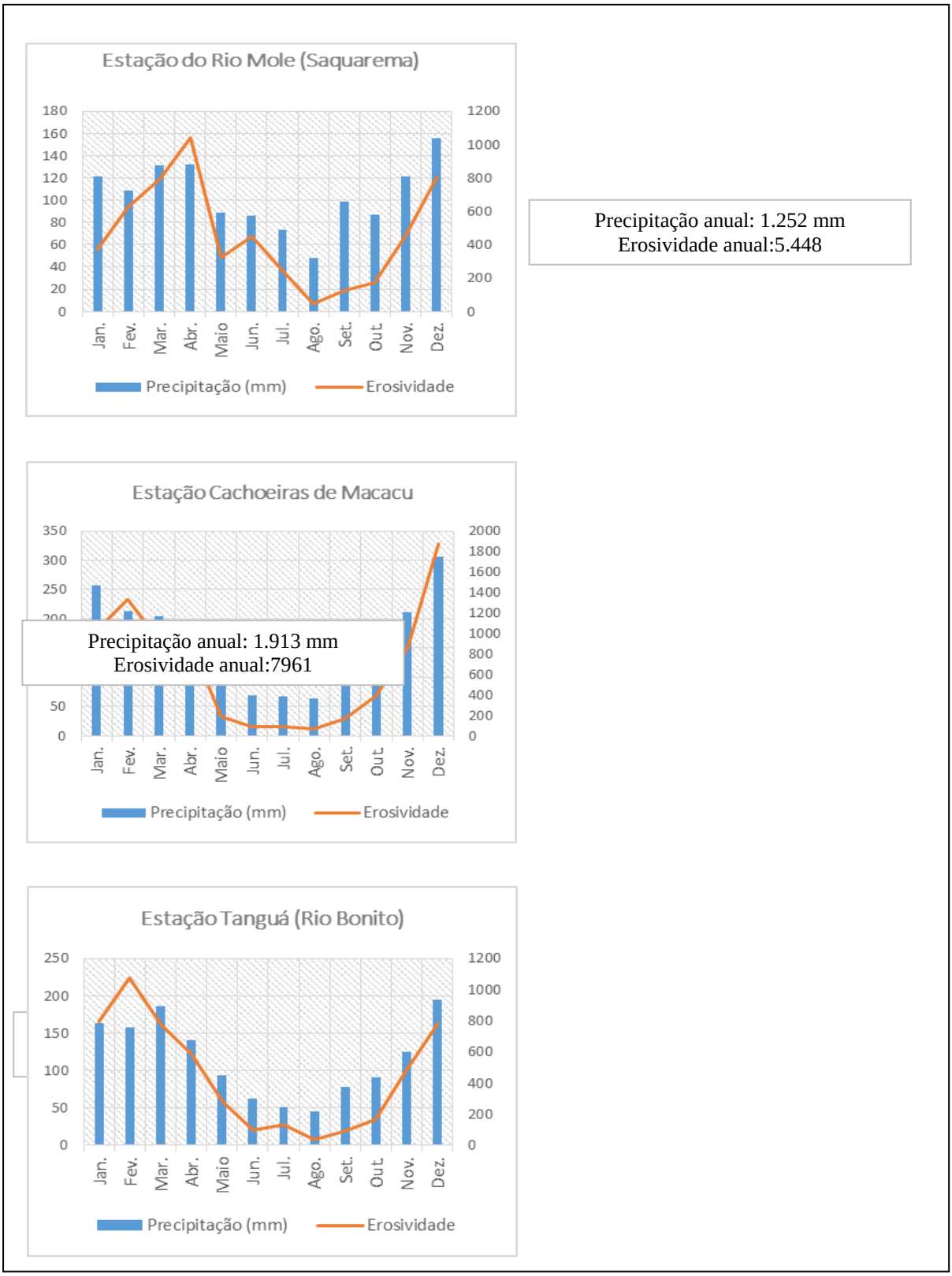
A precipitação varia de 770 mm/ano, no município de Cabo Frio (Estação de Alcalis - Figura 20) até cerca de 2.400mm/ano, no muncipio de Silva Jardim (Estação de Quartéis – Figura 20). Analisando as médias de precipitação anuais fica evidente a diferenciação da região de Cabo Frio em relação à precipitação, quando comparada as médias anuais de outras regiões da bacia Lagos – São João e do estado do Rio de Janeiro (COE e CARVALHO, 2013). Enquanto

que no estado do Rio de Janeiro, as médias de precipitação foram acimas de 1.110 mm/ano, a média de Cabo Frio foi similar às médias de regiões da Caatinga brasileira.

Essa diferenciação climática tem consequências principalmente na biota da bacia, onde na porção interiorana se estabelece floresta de maior densidade, em vista do clima mais úmido, e como consequência tem-se solos mais espessos e lixiviados. Nas porções litorâneas, predominam vegetações de menor porte, sendo considerada por Ab'Saber (2003) um enclave fitogeográfico devido a semelhança com áreas secas do Brasil.

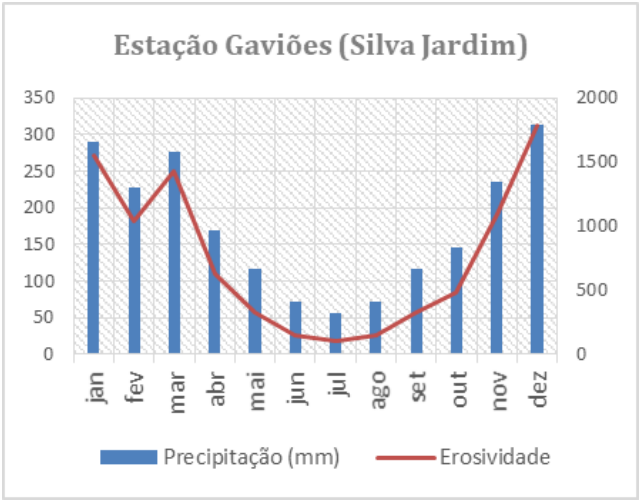
A porção central é a área de maior carência de dados de monitoramento de climático, principalmente a respeito da pluviosidade, sendo assim, aprofundar o comportamento climático e das chuvas nestas áreas não foi possivel para o presente estudo. Por isso escolheu-se fazer uso de de modelos matemáticos e dados secundários para o entendimento destas áreas. A Figura 20 mostra as médias mensais e o total anual da pluviosidade e erosividade dos pontos monitorados na bacia.

Figura 20 - Gráficos de médias mensais de precipitação (mm) e erosividade MJ/ha.mm – parte 1.

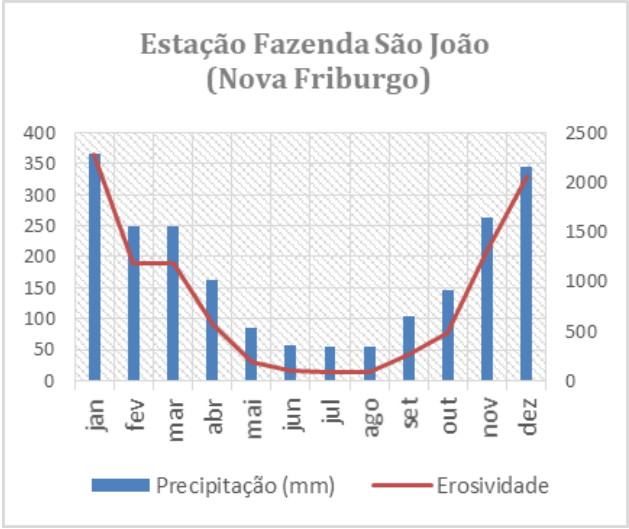


Fonte: O autor, 2014.

Figura 21 - Gráficos de médias mensais de precipitação (mm) e erosividade MJ/ha.mm – parte 2.



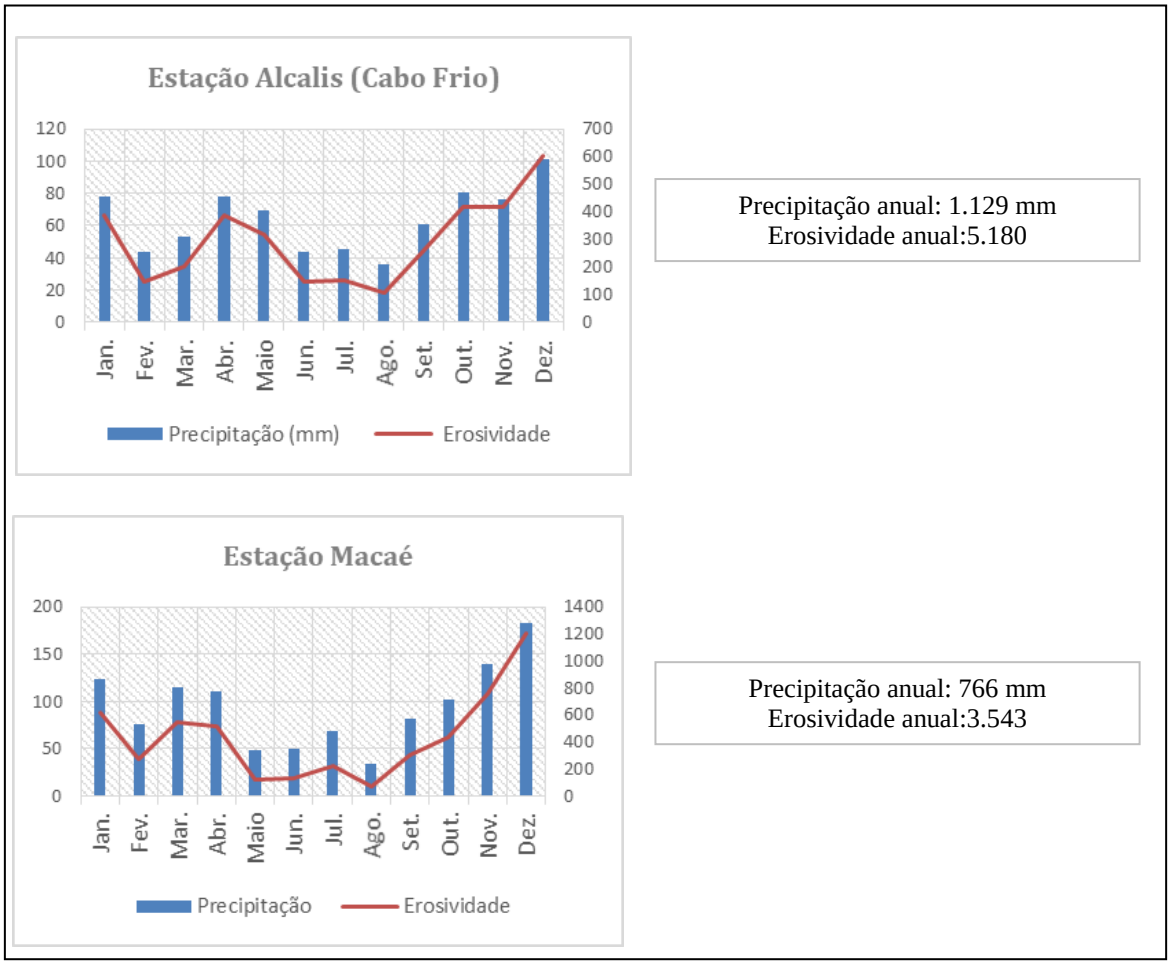
Precipitação anual: 2.089 mm
Erosividade anual:9.039



Precipitação anual: 2.142 mm
Erosividade anual:9.779

Precipitação anual: 2.404 mm
Erosividade anual:10.076

Figura 22 - Gráficos de médias mensais de precipitação (mm) e erosividade MJ/ha.mm – parte 3



Fonte: O autor, 2014.

De maneira geral, houve uma tendência de concentração das chuvas nos meses de dezembro até março. Essa concentração é mais evidente nas estações localizadas nos municípios mais interiores, enquanto as estações de Alcalis e Macaé apresentaram menor variação em sua pluviosidade.

A erosividade leva em consideração principalmente a precipitação, desta forma, houve uma tendência da erosividade acompanhar a maior, ou menor, pluviosidade. Porém, estações como Tanguá e Cachoeiras de Macacu (Figura 20),apresentaram diferenciações nos meses de janeiro e fevereiro, isso se dá devido ao calculo da EI30 ter como base a intensidade da chuva e não o total da precipitação.

O método de krigagem utilizado na presente dissertação tornou possivel a espacialização da erosividade.A Figura 21mostra o Mapa de erosividade da bacia Lagos – São João.

A erosividade variou de 3.543 MJ/ha.mm (Álcalis) até 10.076 MJ/ha.mm (próximo à estação Quartéis) mostrando correlação com a máxima e a minima taxa de precipitação da bacia. Pode-se notar o aumento gradual da precipitação e erosividade desde o litoral até os divisores de água da bacia, situados em Silva Jardim.

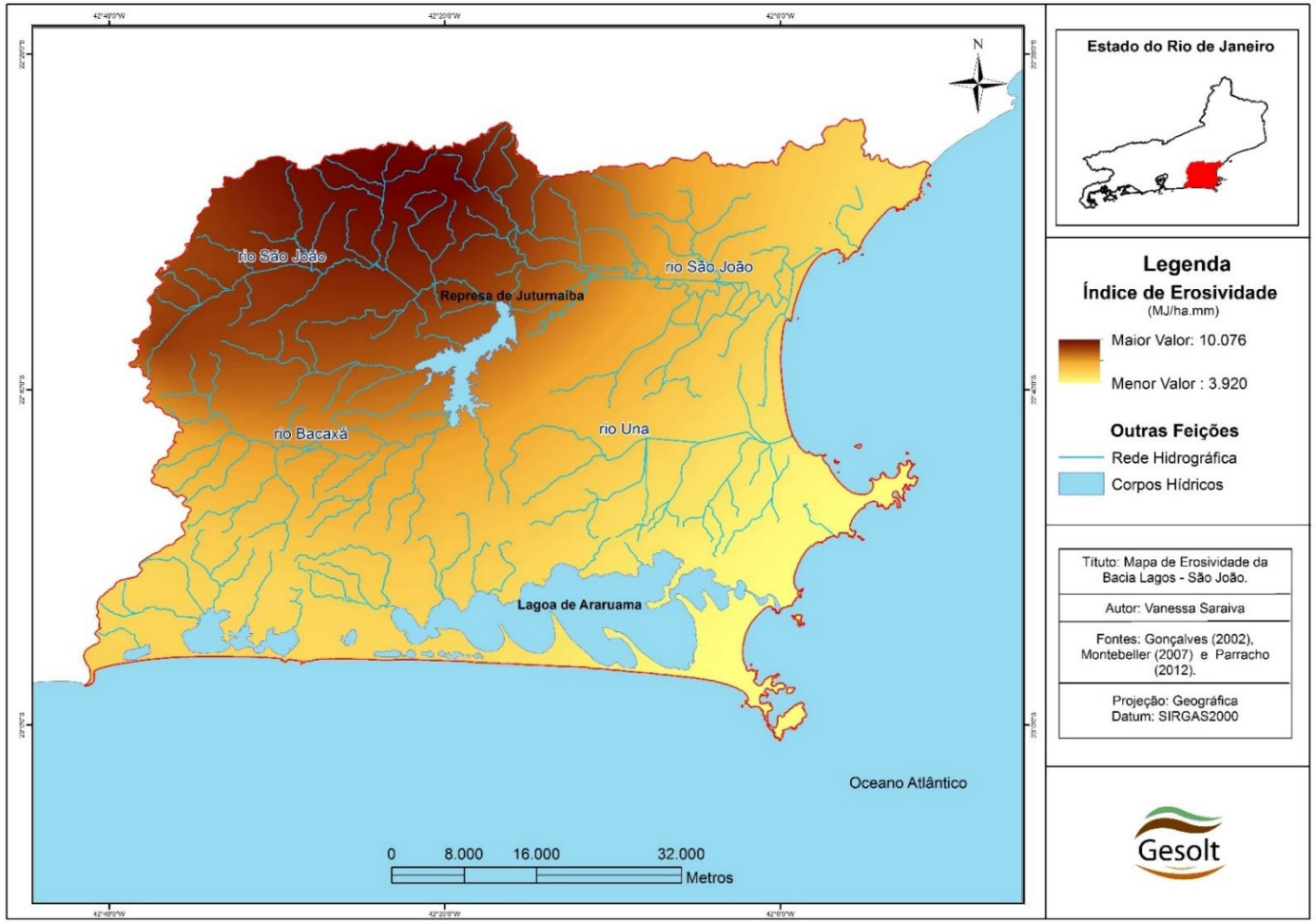
Essa diferenciação em termos de erosividade pode ter consequências no desenvolvimento dos processos erosivos, visto que, as áreas próximas ao litoral, encontram-se sob um regime de chuvas mais ameno, enquanto, as porções centrais e interioranas estão sob um regime climático de maior quantidade de chuvas e maior erosividade.

Toda a área da bacia que apresenta a taxa de erosividade maior que 7.300 MJ.mm.ha. encontra-se sob uma alta e muito alta erosividade das chuvas. Observando a Figura 21, nota-se que a porção centro-noroeste da bacia encontra-se, assim, muito suscetível a chuvas de alta e muito alta erosividade.

Interessante ressaltar, que mesmo com o baixo índice pluviométrico da região de Cabo Frio, a classe considerada muito baixa (menor do que 2.452 MJ/ ha.mm), não ocorre na bacia, ocorrendo nesta porção a classe baixa.

A região central da bacia torna-se faixa de transição das taxas de erosividades moderadas para muito alta. Desta forma, a bacia como um todo possui grande parte de seu território sob influencia da erosividade moderada, alta, e muito alta a que torna mais potencialmente suscetível à erosão.

Figura 23 – Mapa de erosividade da bacia Lagos – São João.



Fonte: O autor, 2014.

4.1.4 Declividade

A declividade da bacia pode ser visualizada na Figura 22. A classe de declividade de maior ocorrência da bacia foi a de até 3% de declividade, que possui uma representatividade de 47% de toda a área da bacia (Quadro 22). Estas áreas planas evidenciam uma característica do relevo da bacia, de vastos domínios de Planícies de origens diferenciadas.

Quadro 22 – Área das classes de declividade.

Área da declividade		
Classes de declividade (%)	Área (km²)	Área (%)
0 – 3	1656,5	47,2
3 – 8	366,5	10,5
8 – 20	457,0	13,0
20 – 45	546,0	15,6
45 – 75	388,0	11,1
75 – 100	92,1	2,6

Fonte: O autor, 2014.

A classe de 3% até 8% de declividade possui uma representatividade em torno de 10%. Esta classe tem sua ocorrência espalhada por toda a área da bacia, apenas se concentrando na porção central da bacia, onde ocorrem áreas suaves colinosas de declive mais suavizado.

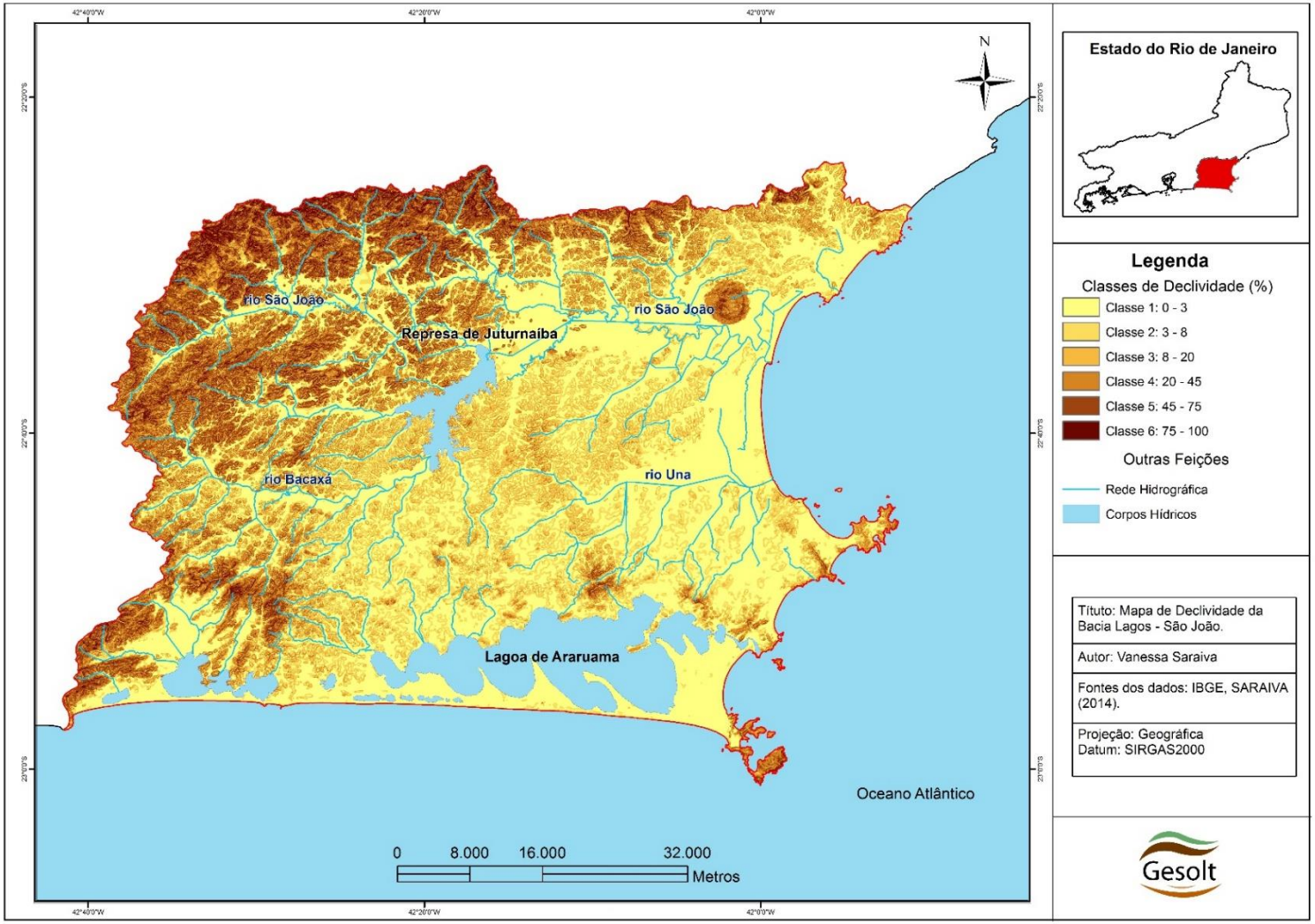
A classe de declividade que variou de 8% a 20% representa um total de 13%. Esta classe também teve ocorrência em quase toda a bacia, se concentrando, em sua maior parte, na porção central, e nas bordas das áreas montanhosas e escarpadas.

A declividade que vai de 20% a 45% apresentou uma representatividade de 16%. Sua ocorrência está associada aos alinhamentos serranos ao longo da bacia, concentrando-se na área do Morro São João e nas porções interioranas da bacia, nas áreas próximas a Serra do Mar.

A classe de declividade que varia de 45% a 75% teve uma representatividade de 11% da área da bacia. Possui uma ocorrência similar a classe de declividade anterior, se alinhando junto às áreas mais elevadas da bacia, porém em maior concentração nos domínios montanhosos.

A classe de declividade mais elevada, que varia de 75% a 100%, e tem a menor ocorrência dentro da bacia, com uma representatividade de 2,6%. Esta classe se distribui de maneira mais pontual, nas áreas mais elevadas da bacia, nos alinhamentos de maior altitude.

Figura 24 – Mapa de declividade da bacia Lagos – São João.



Fonte: O Autor, 2014.

4.1.5 Geomorfologia

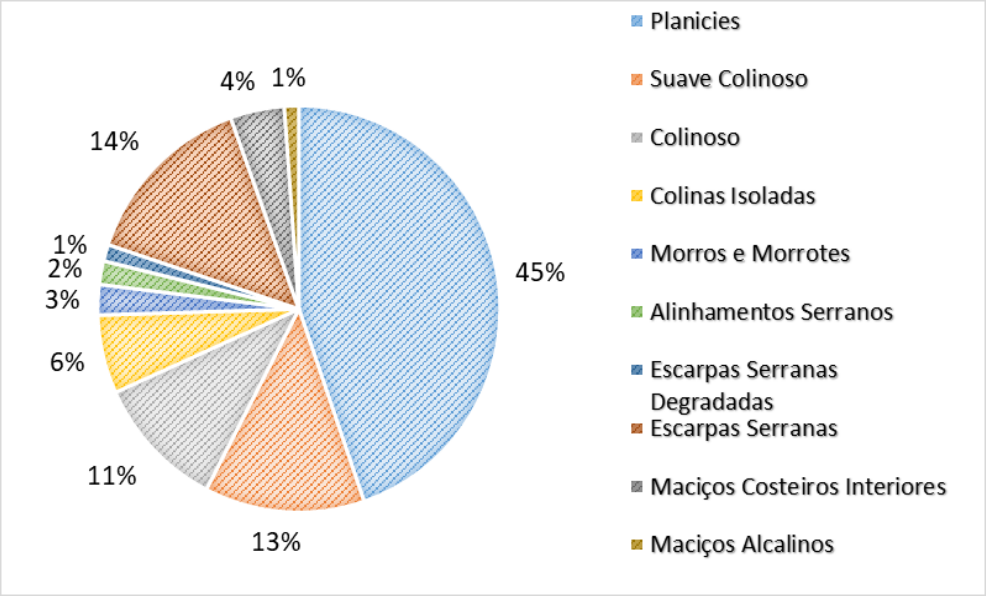
O Estado do Rio de Janeiro pode ser dividido em dois compartimentos morfo-estruturais: O Cinturão Orogênico do Atlântico e as Bacias Sedimentares Cenozoicas. O Cinturão Orogênico do Atlântico pode-se subdividir nas seguintes unidades morfo-esculturais: Maciços Costeiros e Interiores, Maciços Alcalinos Intrusivos, Superfícies Aplainadas nas Baixadas Litorâneas, Escarpas Serranas, Planalto Residuais, Depressões Interplanálticas e Depressões Interplanálticas com Alinhamentos Serranos Escalonados (Dantas, 2002).

As Bacias Sedimentares Cenozoicas podem ser subdivididas nas seguintes unidades morfo-esculturais: Tabuleiros de Bacias Sedimentares, Planícies Fluviomarinhas (baixadas) e Planícies Costeiras. Estas unidades morfo-esculturais ainda se dividem em unidades geomorfológicas.

As unidades geomorfológicas presentes na área de estudo são compostas por 10 unidades de mapeamento: Alinhamentos Serranos Isolados, Escarpas Serranas, Escarpas Serranas Degradadas, Maciços Intrusivos Alcalinos, Maciços Costeiros e Interiores, Morros e Morrotes Domínio Suave Colinoso, Colinas Isoladas, e as Planícies Aluviais, Fluviolagunares, e Costeiras, que são apresentadas como um único compartimento. Na Figura 22, pode-se visualizar o domínio espacial de cada compartimento morfológico, o Mapa geomorfológico da bacia Lagos – São João é apresentado na Figura 24.

A unidade de maior expressão dentro da bacia são as Planícies (Figura 23) somando 45% (1,573 km²), estas, distribuem-se principalmente pelas regiões costeiras da bacia. Existem dois tipos de baixadas na bacia, a Baixada da Região dos Lagos e a Baixada do Rio São João. A unidade geomorfológica Baixada da Região dos Lagos pertence à unidade morfo-escultural das Planícies Fluviomarinhas (Baixadas), ela se estende por boa parte do litoral da Bacia do rio São João, representa uma sequência de baixadas Fluviomarinhas alinhadas num trecho retilíneo do litoral, de direção WE entre as cidades de Niterói e Cabo Frio.

Figura 25 – Distribuição das unidades de relevo da bacia Lagos – São João.



Fonte: O autor, 2014.

Essas baixadas forma originadas a partir da formação de um duplo sistema de ilha barreiras, a partir do último máximo transgressivo Holoceno, sendo frequente a ocorrência de pequenas lagunas alongadas de brejo e intercordões entre os dois alinhamentos de cristas arenosas (DANTAS, 2002).

A Baixada do rio São João é uma unidade geomorfológica pertence ao domínio morfo-escultural das Planícies Fluviomarinhas (Baixadas), e compreendem os extensos fundos de vales dos rios São João, Una e das Ostras, preenchidos por sedimentos de origem fluvial e fluviolagunar. Esses fundos de vales são limitados pelas colinas baixas da Superfície Aplainada da Região dos Lagos ou por colinas isoladas e vertentes íngremes situados no sopé da escarpa da Serra do Taquaruçu. Essas baixadas foram originadas a partir do empilhamento de uma sequência de cristas de cordões arenosos, a partir do último máximo transgressivo no reembaíamento compreendido entre o cabo e Búzios e o promontório de Rio das Ostras. A sedimentação marinha isolou a sua retaguarda corpos lagunares que ocupam os fundos de vales dos rios citados (DANTAS, 2002).

As Escarpas Serranas somam 14% (504 km²) das morfologias mapeadas na bacia (Figura 23). A área de estudo possui em seu interior as Serras do Santana e Botija. Essas serras fazem parte do domínio morfo-escultural das Escarpas Serranas. Consistem em um alinhamento serrano, no sentido SSW-NNE, bastante dissecado que se projeta da Serra do Mar, próximo às cabeceiras do rio Macacu, em direção as baixadas litorâneas. Trata-se de um típico espigão destacado que sofreu recuo erosivo menos acentuado em relação ao escarpamento principal da

Serra do Mar. É o principal divisor de águas entre as Bacias dos rios Macacu e São João, sua altitude varia ente 800 e 1300 metros.

Os Domínios Colinosos (Suave Colinoso, Colinoso e Colinas Isoladas) somam juntos cerca de 30% (cerca de 1.000 km²) de toda área das morfologias da bacia. Dentre estes, 13% (453 km²) são de Colinas Suaves, 11% de Colinas (374 km²) e 6% (220 km²) de Colinas Isoladas. Estas Colinas pertencem a unidade geomorfológica das Superfícies Aplainadas. Nesta mesma unidade, encontram-se os Morros e Morrotes, que somam 3% (85 km²) da área da bacia mapeada, ocorrem pontualmente próximo à zona costeira da bacia e em seu interior.

As Superfícies Aplainadas da Região dos Lagos consiste em uma extensa zona colinosa, com topografia uniforme e topos nivelados de baixa amplitude de relevo, em cotas que variam de 50 a 120 metros de altitude.

Na área de estudo a zonas colinosas ocorrem na porção central e leste. Dantas (2001) descreve na porção leste das Superfícies Aplainadas da Região dos Lagos uma suave dissecação de pediplanos e pedimentos mais recentes produzindo colinas em cotas mais baixas, junto à baixada do rio Una, o contato com as colinas está frequentemente marcado por escarpas de paleofalésias atestando níveis marinhos diferenciados.

Em toda a área de estudo distribuem-se os seguintes maciços: Maciço da Região dos Lagos, Morro do São João, Ilha do Cabo Frio e uma parte do Tanguá- Rio Bonito. Os Maciços e Alinhamentos Serranos Isolados correspondem a 12% (260 km²) da área mapeada.

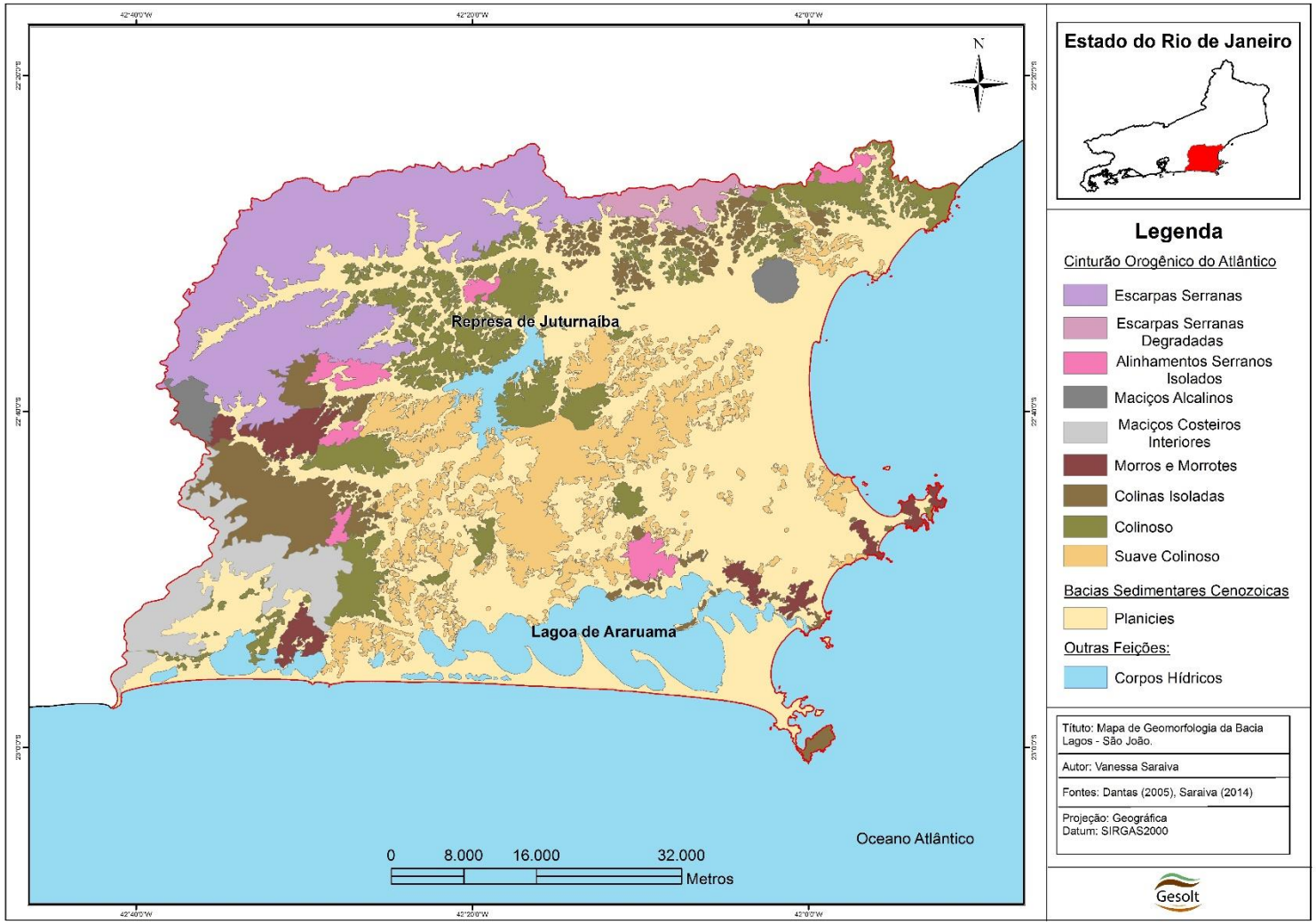
O Maciço da Região dos Lagos constitui um conjunto de alinhamentos serranos que se prolongam a leste da Baía de Guanabara, estes atuam como zona dispersora de águas entre o relevo que se converge para a Baixada Fluminense e as baixadas confinadas dos sistemas lagunares de Piratininga, Itaipu, Maricá e Saquarema.

O Maciço de Tanguá - Rio Bonito é uma unidade representada por três maciços intrusivos, com morfologia circular e semicircular dispostos em formação triangular próximos uns aos outros, apresentando formas dômicas bem definidas conectadas à escarpa da Serra do Mar pelo espigão constituídos pelas Serras do Santana e do Botija. Esse conjunto atua como dispersor de águas entre a Bacia da Guanabara e a Bacia do rio São João.

O Maciço do Morro São João consiste num pequeno maciço montanhoso intrusivo, bastante preservado dos processos de dissecação do relevo, localizado no baixo curso da Baixada Fluviolagunar do rio São João.

O Maciço de Ilha do Cabo Frio consiste em um pequeno maciço montanhoso insular, bastante preservado dos processos de dissecação do relevo, com um topo suavizado por processos de aplainamento.

Figura 26 – Mapa de geomorfologia da bacia Lagos – São João.

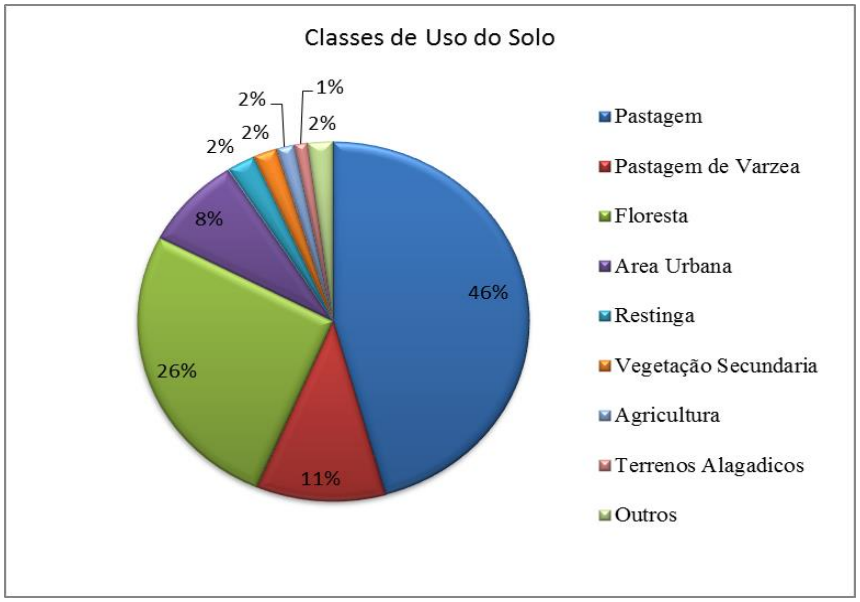


Fonte: O autor, 2014.

4.1.6 Uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação pode ser visualizado na Figura 27. O principal uso dentro da área da bacia é o uso de pastagem, ocupando 57% da área da bacia (Figura 25). Este uso distribui-se por toda a área de estudo, sendo especialmente concentrado na porção central da bacia.

Figura 27 – Gráfico de uso e ocupação dos solos.



Fonte: O autor, 2014.

A pecuária presente na bacia é do tipo extensiva. Ao percorrer a área em trabalhos de campo podem-se visualizar extensas áreas de pastagem nas colinas suaves da bacia, não sendo notada nenhuma prática conservacionista (Figura 26).

Esta atividade é especialmente problemática para a deflagração dos processos erosivos, devido à retirada da vegetação nativa para implantação do pasto, e posteriormente a compactação dos horizontes superficiais gerada pelo pisoteio do gado.

Figura 28 - Transição entre as colinas com uso de pastagem para o compartimento montanhoso florestado (vista do município de Silva Jardim).

Fonte: INEA (2011).

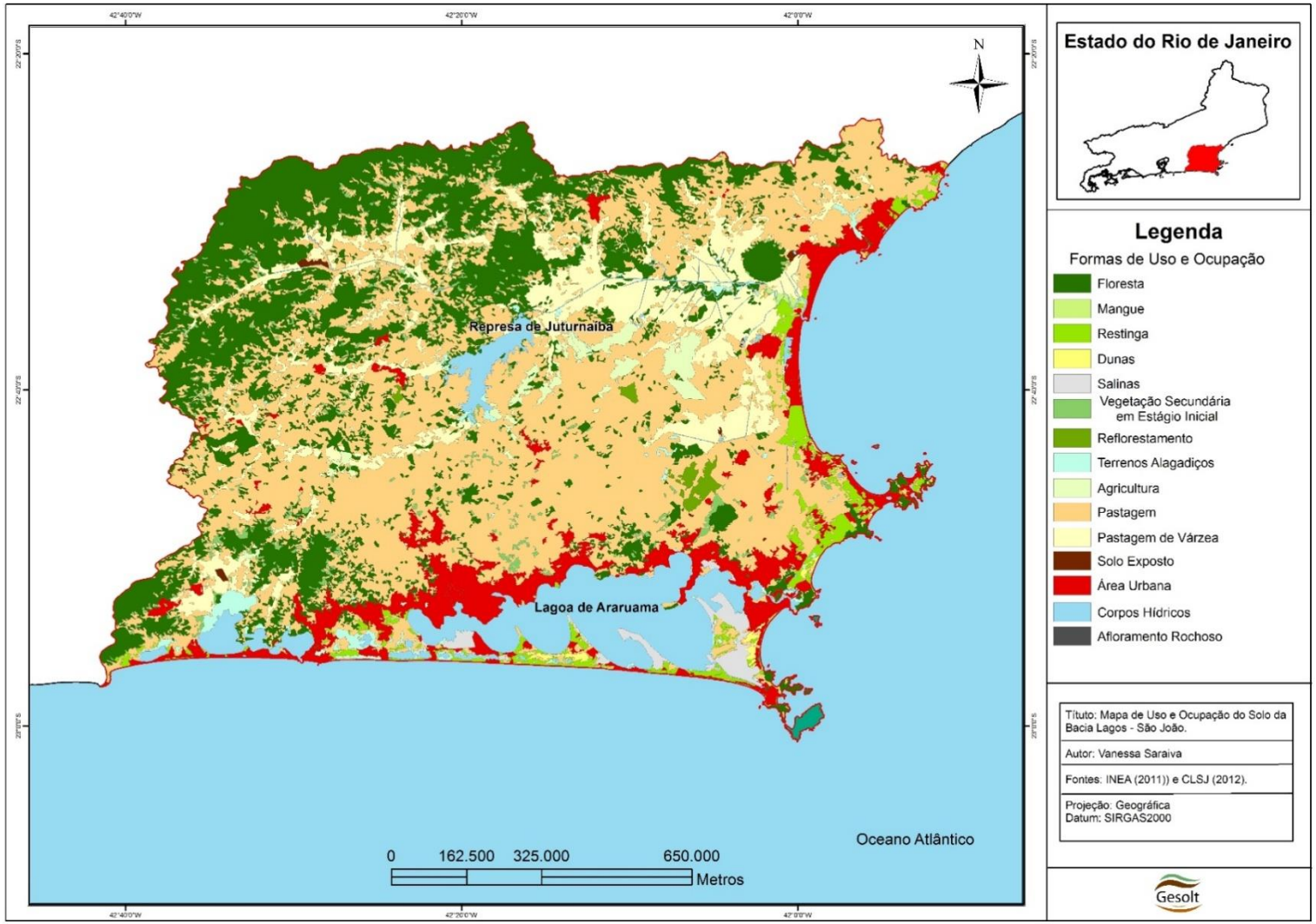
O segundo mais importante uso na bacia, são as áreas florestadas, ocupando 26% da bacia. Estas áreas mais protegidas situam-se, principalmente, na região montanhosa e escarpada (Figura 25).

Importante ressaltar neste tipo de uso do solo a existência de áreas de proteção ambiental de diferentes níveis, o que poderia explicar o estado de conservação destas áreas florestadas na bacia.

Das áreas florestadas que estão sob algum tipo de proteção ambiental destacamos: a porção noroeste da bacia, protegida pela Área de Proteção Ambiental – APA do Rio São João; a região centro-norte, protegida pela Reserva Biológica – REBIO de Poço das Antas; e situada na porção centro sul, uma área florestada sob a proteção da Área de APA da Serra de Sapiatiba.

Outras áreas de proteção presentes na bacia situam-se, principalmente, na região litorânea desta, onde se estendem manguezais e restingas, principalmente. Tais como, a APA de Massambaba, a APA Pau Brasil, dentre outras.

Figura 29 – Mapa de uso e ocupação do solo da bacia Lagos – São João.



Fonte: O autor, 2014.

As áreas urbanizadas não serão trabalhadas no presente estudo, pois estas se encontram em sua maior parte com os solos impermeabilizados. Desta forma, devido à cobertura pedológica recoberta ou parcialmente recoberta, os mecanismos erosivos atuam de forma diferenciada, não sendo objetivo deste trabalho analisa-los.

A agricultura na região é pouco desenvolvida, sendo praticada em apenas 2% da área da bacia. Os cultivos de destaque são: cana de açúcar, frutas cítricas e coco.

A classe denominada outros inclui as salinas, que apesar de pouco expressiva quando se analisa a bacia como um todo, é bastante recorrente na região litorânea de Cabo Frio e Arraial do Cabo. Inclui também regiões de afloramento rochosos, dunas e mangues. Estas classes foram agrupadas, somente para melhor representação gráfica, pois representam sozinhas apenas 1% da bacia.

No subcapitulo 4.1 foram apresentadas todas as bases cartográficas que foram incluídas no modelo de erosão da bacia Lagos – São João, etapa importante na elaboração do presente trabalho. O subcapítulo 4.2, que segue, apresenta os resultados da etapa da geração do modelo de erosão laminar.

4.2 **Modelo de erosão laminar**

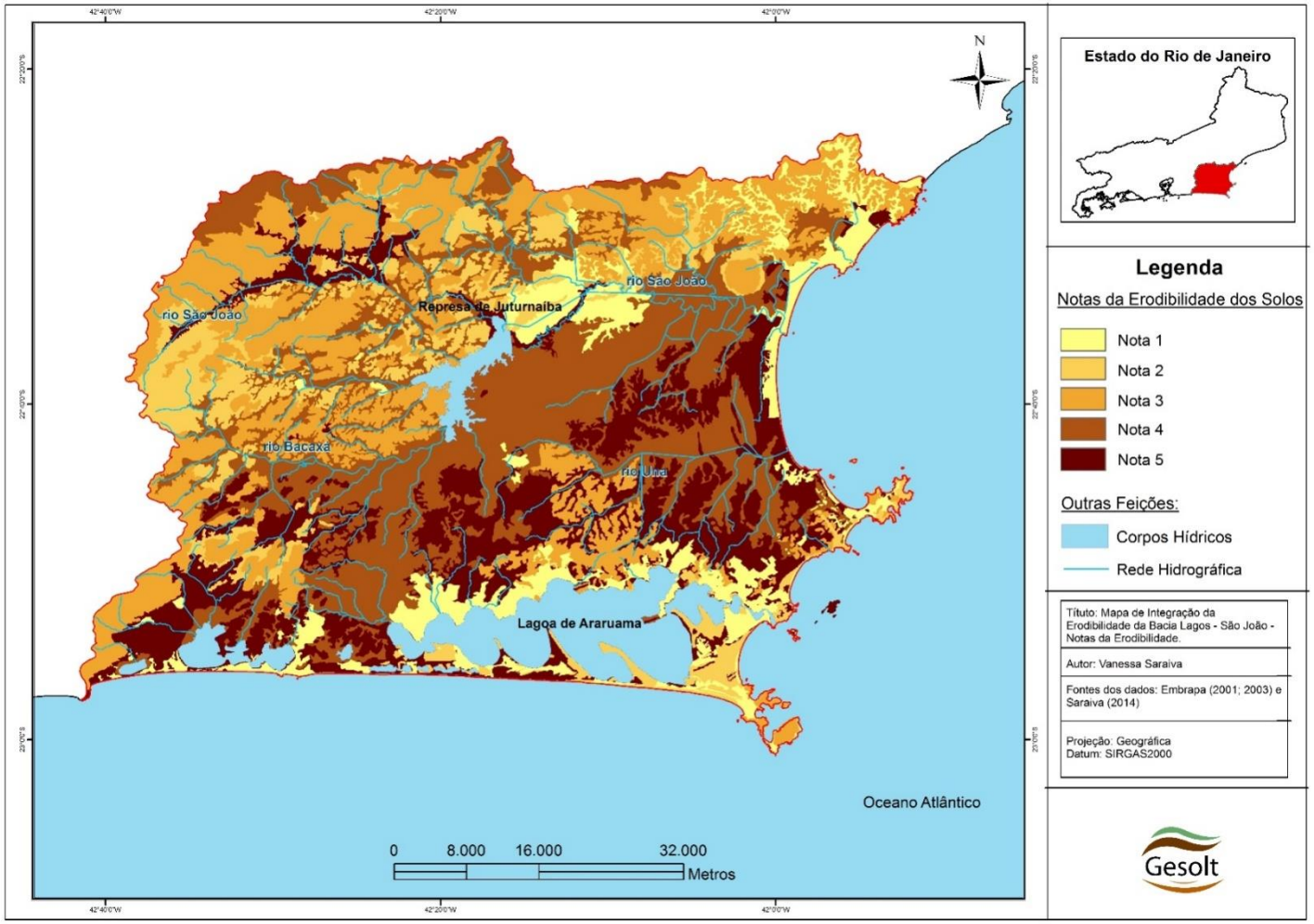
Este subcapitulo apresenta os resultados do modelo de erosão laminar, primeiramente, foi necessária a padronização/normalização dos dados, normalizando as classes de cada variável estudada, etapa apresentada no subcapítulo 5.2.1. No subcapítulo 5.2.2 é exibido e discutido o resultado final do modelo de erosão laminar elaborado pela presente dissertação.

4.2.1 Padronização dos planso de informação

A padronização/normalização dos dados foi fundamental para a análise multivariada realizada na presente pesquisa. Foram definidas cinco notas possíveis para cada plano de informação, variando de muito baixa a multo alta. A seguir são apresentados os mapas temáticos resultantes da padronização dos planos de informação utilizados: erodibilidade (Figura 28), erosividade (Figura 29), uso e ocupação dos solos (Figura 30), declividade (Figura 31), e

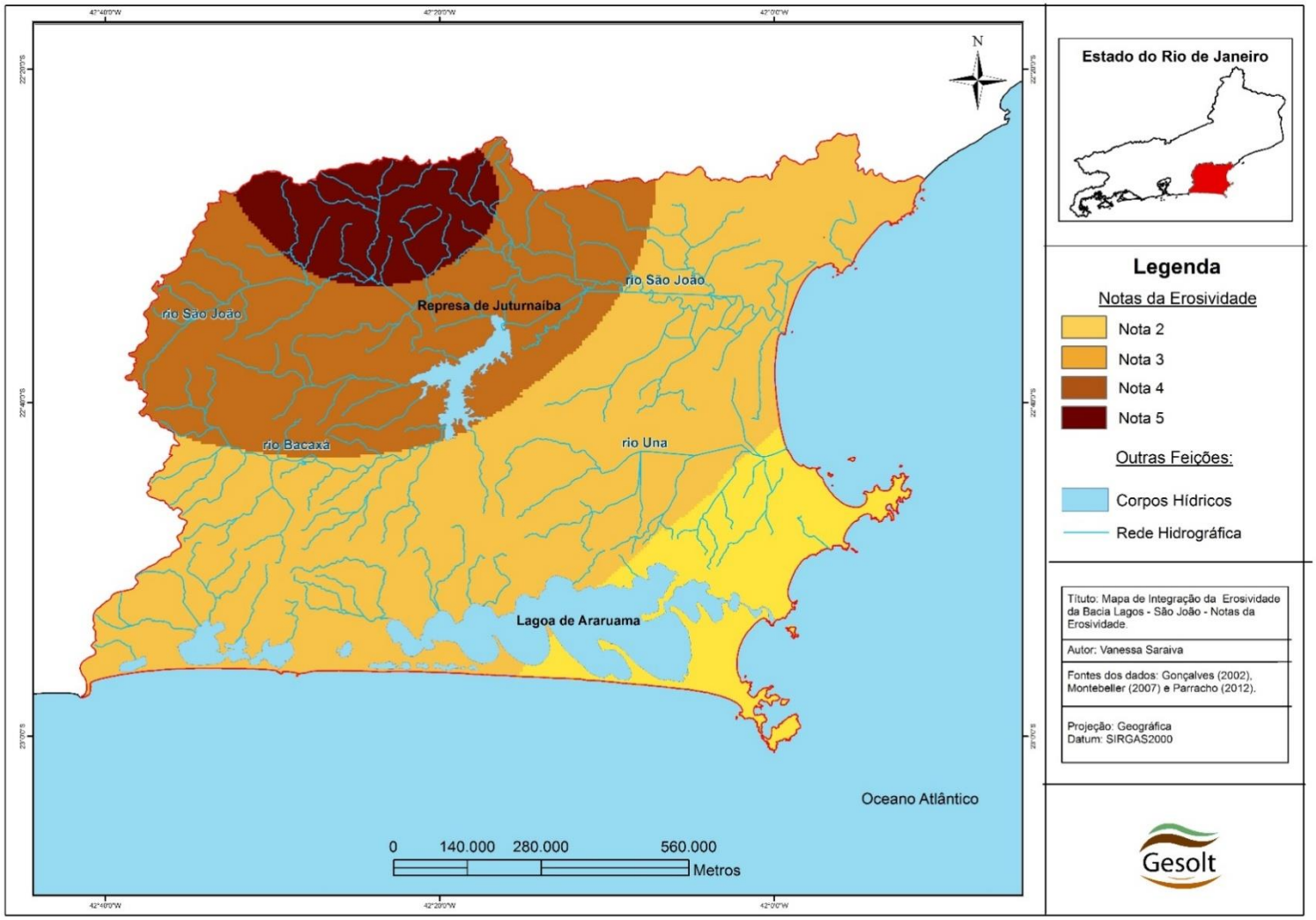
geomorfologia (Figura 32). Esta etapa compreende apenas a apresentação dos planos de informação utilizados na “análise multicritério”, sendo assim, não serão analisados individualmente.

Figura 30 - Mapa de integralização da erodibilidade dos solos da bacia Lagos – São João.



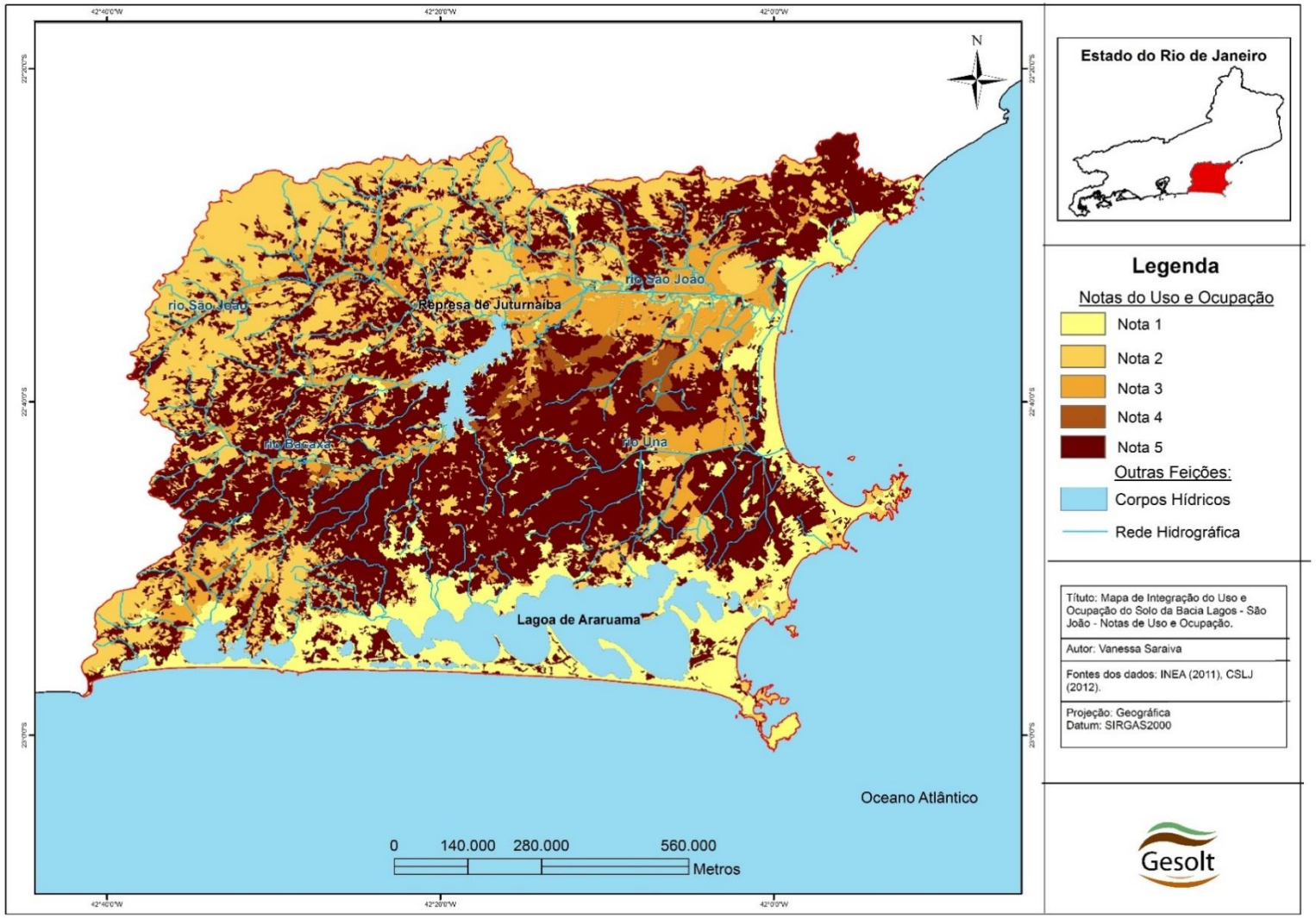
Fonte: O autor, 2014.

Figura 31 - Mapa de integralização da erosividade da bacia Lagos – São João.



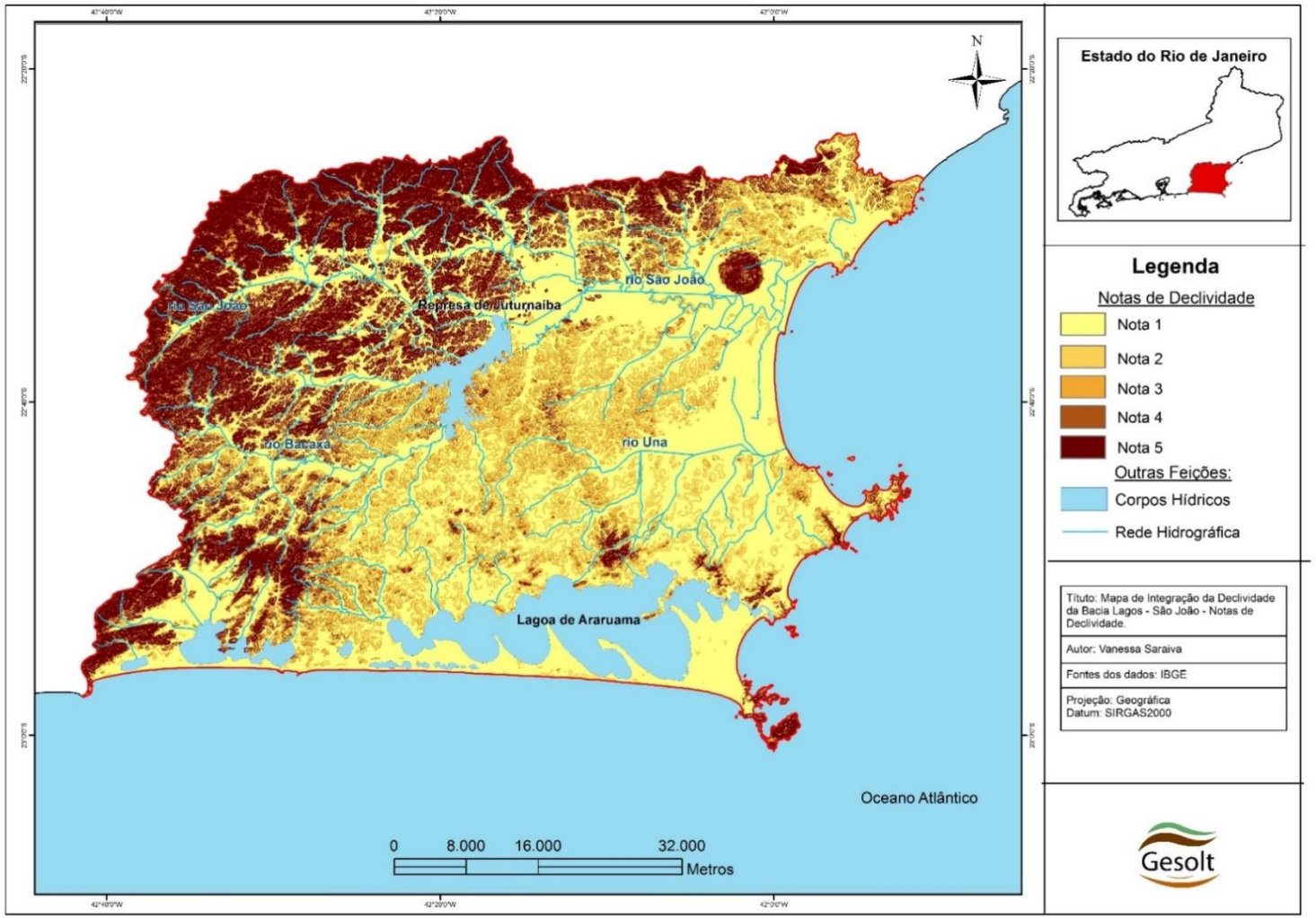
Fonte: O autor, 2014.

Figura 32 - Mapa de integralização do uso e ocupação do solo da bacia Lagos – São João.



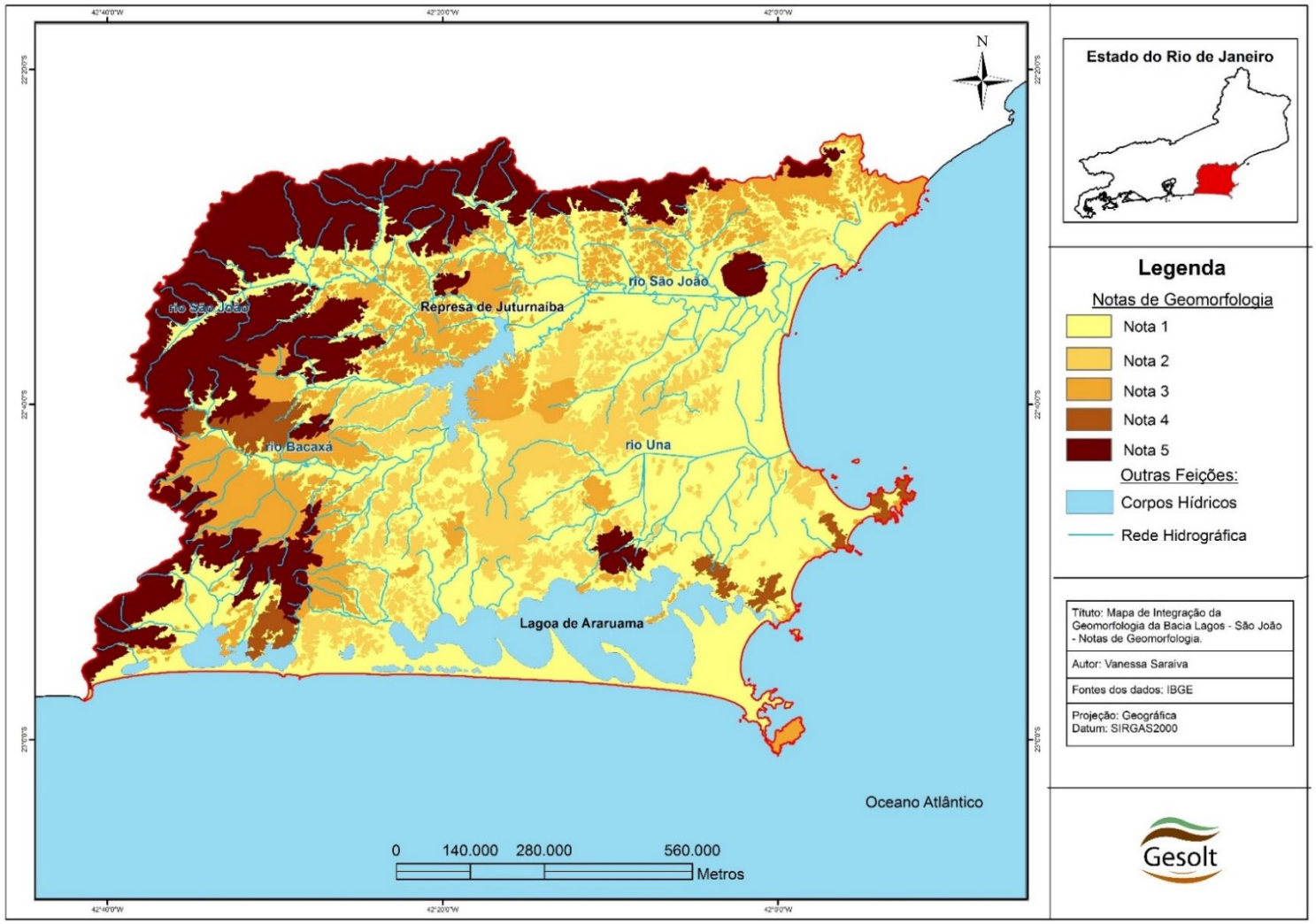
Fonte: O autor, 2014.

Figura 33 - Mapa de integralização da declividade da bacia Lagos - São João.



Fonte: O autor, 2014.

Figura 34 - Mapa de integralização da geomorfologia da bacia Lagos – São João.



Fonte: O autor, 2014.

4.3 **Modelo de erosão laminar da bacia Lagos – São João**

O modelo de erosão laminar proposto por este estudo é apresentado na Figura 38, a partir do Mapa de Suscetibilidade à erosão laminar da bacia Lagos – São João. Este foi dividido em cinco classes de suscetibilidade, muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta. A seguir são descritas as principais características destas classes de suscetibilidade.

De maneira geral, a classe muito baixa, concentrou-se nas porções litorâneas e junto às áreas das drenagens; a classe baixa, ocorreu de forma pontual, sedo notada nas áreas de menor declividade e com cobertura vegetal; a classe moderada pode ser notada nas porções interioranas, inclusive seguindo as áreas de maciços e as zonas florestadas; a classe alta concentrou-se na porção central da bacia; e a classe muito alta ocorreu de forma pontual, normalmente em áreas de alta declividade e uso de pastagem.

A classe de suscetibilidade muito baixa é composta pelas regiões de baixadas, onde se desenvolvem as planícies de diferentes origens. Nesta classe, devido à declividade ser inferior a 3%, o risco à erosão laminar é praticamente nulo.

O uso desta classe é predominantemente de áreas de pastagens de várzea, não havendo proteção da faixa marginal dos rios, o que desencadeia o processo de erosão marginal, ocasionado possivelmente pelo caminhar do gado em direção aos rios. A Figura 33retrata exatamente essa situação que ocorre nas margens ocupadas com pastagem na bacia dos Lagos - São João.

Figura 35 - Foto da erosão marginal – município de Silva Jardim.

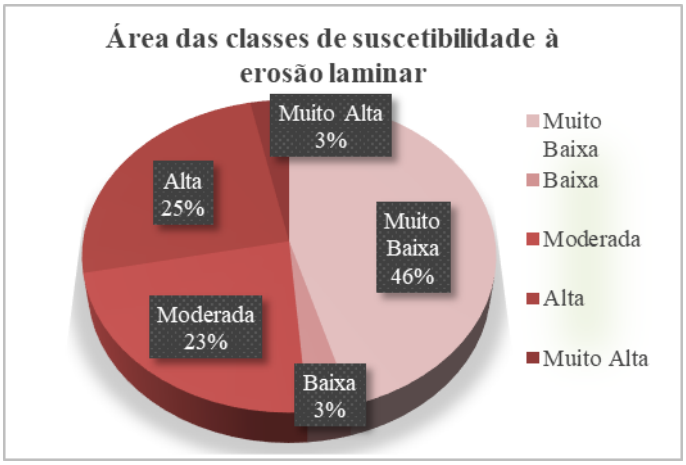
Foto: Acervo Pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

Os solos que compõem esta classe são solos de alta erodibilidade, tais como, os Gleissolos Háplicos, com baixo teor de argila, porém devido à declividade estes solos não se encontram suscetíveis aos processos de erosão laminar.

Esta classe estende-se em todo litoral da bacia adentrando nas áreas das planícies fluviais, representada pela tonalidade de amarelo claro no mapa da Figura 36. Onde nota-se que esta é a classe de maior domínio espacial da bacia, ocupando cerca de 46% (1.580 km²) das áreas (Figura 34).

A classe de baixa suscetibilidade é composta principalmente pelas áreas de relevo suave colinoso, onde a declividade se estabelece entre 3 a 8 %, ou seja áreas suaves onduladas, situadas principalmente nas porções do entorno da Lagoa de Araruama, onde a erosividade é baixa à moderada. O tipo de uso e ocupação varia de campo aberto, a pastagens pontuais, onde também se estabelecem construções antrópicas esparsas. Esta é a menor classe de suscetibilidade da bacia, ocupa cerca de 3% (112 km²), como pode ser observado na Figura 33.

Figura 36 - Gráfico das áreas de suscetibilidade à erosão laminar da bacia Lagos – São João.



Fonte: O Autor, 2014.

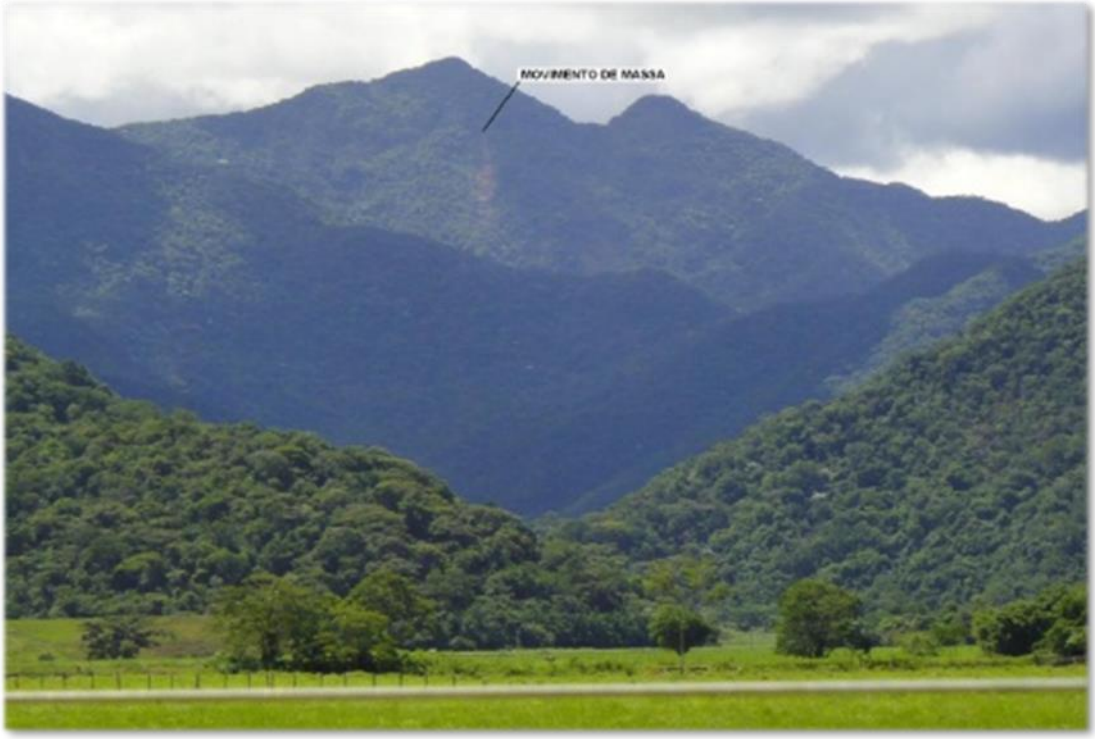
A classe moderada desenvolve-se em diferentes setores da bacia Lagos – São João, ocupa cerca de 23% (805 km²) das áreas mapeadas da bacia (Figura 34). Nas porções situadas a norte e noroeste, esta classe se estabelece principalmente em áreas florestadas. Estas áreas, apesar de apresentarem um relevo escarpado e com declividade acentuada (acima de 30%), tem na cobertura vegetal de floresta sua proteção para desenvolvimento de processos erosivos laminares. Sendo assim, foi classificada como moderada suscetibilidade à erosão laminar.

Processos de movimentos de massa são comuns neste compartimento, Parracho (2012) analisa a importância da precipitação (superior a 2.000 mm/ano) na deflagração destes movimentos. A Figura 35 apresenta um dos movimentos de massa descritos pelo estudo de Parracho (2012).

Os solos desta área são principalmente Cambissolos e Neossolos Litólicos nas porções íngremes, junto a Latossolos nas porções menos declivosas. A erodibilidade nesta área varia de alta à moderada. Sendo assim, conjugando seu clima, declividade e solos tem-se como consequência um ambiente suscetível a processos erosivos. O que torna fundamental a manutenção das áreas florestadas neste compartimento.

A classe moderada também ocorre nas porções colinosas a norte da bacia, nestas áreas a declividade varia até cerca de 30%, compostas principalmente por Argissolos. Porém, seu uso é o de floresta, constituindo algumas áreas protegidas. Desta forma, sua suscetibilidade à erosão foi considerada moderada.

Figura 37 - Fotografia das cicatrizes de movimentos de massa no alto curso do rio São João.



Fonte: Parracho (2012).

A sudoeste da bacia (Figura 39) tem-se uma conformação semelhante à situação a noroeste da bacia, onde a predomina no compartimento declividade acima de 30%, em áreas escarpadas, porém com presença de cobertura de florestal.

Sendo assim, nota-se que, para a classe de suscetibilidade moderada, o tipo do uso foi fundamental, visto que a cobertura vegetal de floresta (nota 2 para suscetibilidade à erosão), foi fundamental, conferindo proteção às áreas de alta declividade da bacia.

A classe alta é a segunda classe de maior ocorrência dentro da bacia Lagos – São João, ocupa 25% da área mapeada da bacia, ou seja, cerca de 870 km². Concentra-se principalmente na porção central da bacia, ocorrendo de forma pontual a nordeste e a centro-oeste (Figura 39).

Na porção central da bacia ocorrem as associações de solos de maior erodibilidade, os Argissolos junto à Planossolos, estas associações são especialmente preocupantes do ponto de vista da erosão laminar, pois se unem em uma mesma paisagem dois tipos de solos que apresentam uma erodibilidade muito alta. Estes solos, na área de estudo, se desenvolvem nas porções colinosas que ocorrem em toda a zona central da bacia, nesta mesma área, o uso principal é o de pastagens que impactam substancialmente o solo. A erosividade desta região é predominantemente moderada, em torno de 7.000 MJ/ha.mm, o que pode atenuar a suscetibilidade à erosão laminar destes solos, porém já ocorrendo quantidade de chuva o suficiente para a deflagração de processos erosivos.

Barbosa e Fearnside (2000) para solos da região amazônica, implantaram um experimento para monitoramento da erosão laminar, onde concluíram que a erosão do solo provocada pelas chuvas nas áreas de pastagem, em declive de 20%, foi 7,5 vezes maior, estatisticamente, do que as áreas florestadas. Ressaltando assim a importância da pastagem para a deflagração dos processos de erosão laminar. Apesar de não ter havido monitoramento da erosão laminar neste trabalho, nas áreas de pastagens da bacia, trabalhos de campo documentaram este fenômeno nas porções colinosas do município de Silva Jardim.

Figura 38 - Sinais de erosão no setor da Represa de Juturnaíba

Foto: Acervo Pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

Nas áreas de suscetibilidade alta, a nordeste da bacia (Figura 36 e 39), o principal fator contribuinte para esta suscetibilidade foi o uso do solo, onde ocorrem predominantemente pastagens, com declives de 20 a 30%.

Nas porções situadas a centro-oeste da bacia, que apresentam alta suscetibilidade à erosão laminar, tem-se áreas de alta declividade (acima de 20%, predominando declividades maiores que 30%), onde se estabelecem Colinas, Morros e Maciços. A erodibilidade predominante varia de moderada a alta, e a erosividade gira em torno de 5.000 a 7.000 MJ/ha.mm, considerada moderada. O uso varia de pastagem, majoritariamente com porções florestadas localizadas mais esparsamente.

As áreas de muito alta suscetibilidade à erosão laminar, formam a segunda menor classe de suscetibilidade da bacia, ocupa cerca de 116 km², cerca de 3% da área mapeada. Pode-se encontrar esta classe espalhada por todo interior da bacia, localizadas de forma esparsa. Para a

obtenção desta classe foi necessário haver as maiores notas na maior parte dos estudos realizados.

Assim, nesta classe, predominam as classes de declividade superior a 30% (nota 5); uso de pastagem (nota 5); erosividade moderada ou superior (igual ou superior à nota 3); erodibilidade moderada (igual ou superior à nota 3) ou superior; e morfologia de Morros e Morrotes, Escarpas ou Maciços (nota 4 e 5).

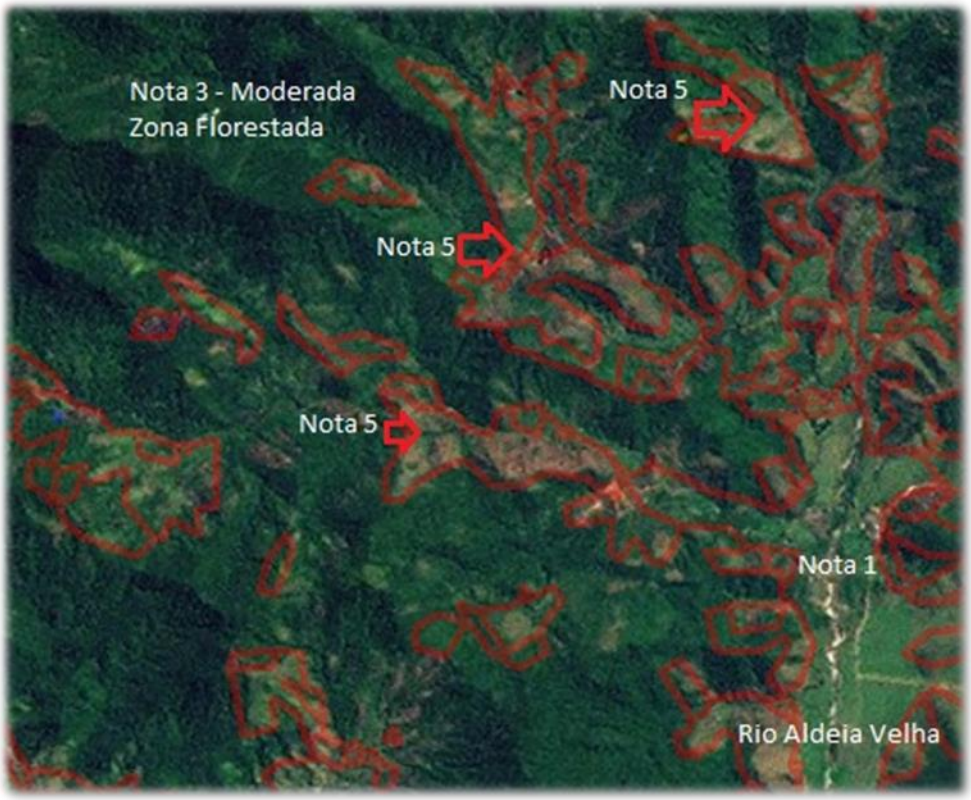
Trabalhos de campo evidenciaram exatamente este cenário mas porções interioranas e de maior declive, dentro da bacia Lagos – São João, onde devido principalmente à declividade, junto às chuvas, era possível notar sinais de erosão severa nas áreas interioranas onde se tinham pastagens em áreas declivosas (Figura 37).

Figura 39 - Fotografia da pastagem declivosa com erosão.

Fonte: Silva, 2014.

Com o intuito de melhor perceber a acuidade do mapeamento realizado, a Figura 38apresenta o Mapa de suscetibilidade à erosão laminar da bacia Lagos – São João, plotado sobre imagem de satélite atual, fornecida pela acervo do software ArcGIS 10.0. Este mapa é um zoom da porção norte da bacia, situada no município de Silva Jardim, próximo ao rio Aldeia Velha. Nesta área, ocorrem basicamente as porções escarpadas, junto à planície fluvial formada pelo rio Aldeia Velha. Nesta imagem é possível notar a ocorrência de três principais classes de suscetibilidade à erosão laminar: a moderada, sob uso de floresta; a muito alta, onde se estabelecem as pastagens de zonas declivosas, e a muito baixa, situada junto à planície fluvial do rio São João. Observa-se o padrão de cor diferenciado, na imagem, nas áreas de muito alta suscetibilidade.

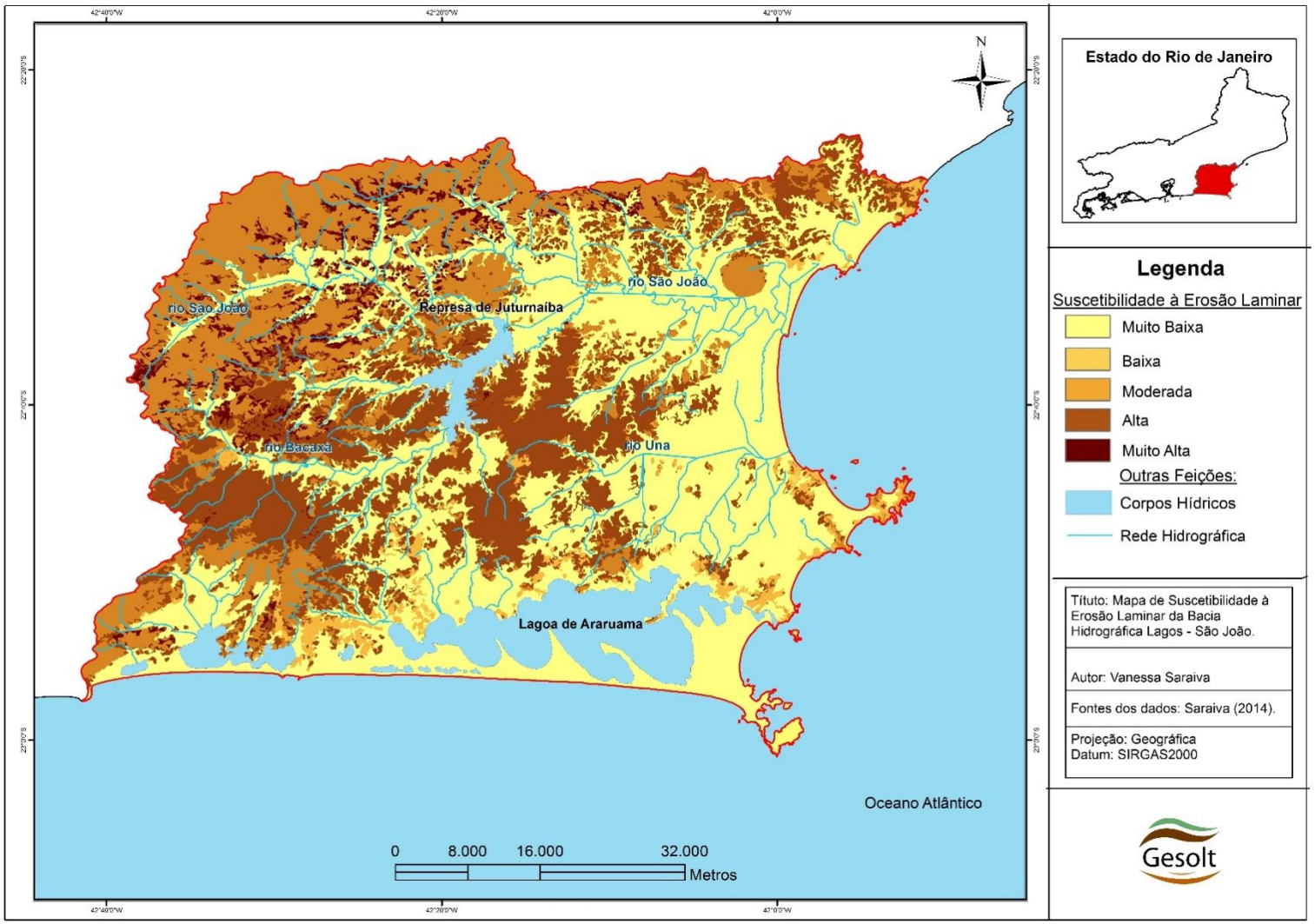
Figura 40 - Imagem sobrepondo o Mapa de suscetibilidade à erosão com a imagem de satélite.



Fonte: Modificado da base de dados do BASEMAP - ARCGIS, 2014

O modelo de erosão laminar elaborado pelo presente trabalho, a partir do método AHP, utilizando as ferramentas de geoprocessamento mostrou-se fidedigno com a realidade da bacia, o que pode ser comprovado não só pelo índice kappa, como também, pelos trabalhos de campo realizados na área de estudo. Este foi um importante resultado, visto que o método AHP ainda não havia sido testado para erosão laminar especificamente.

Figura 41 - Mapa de suscetibilidade à erosão laminar da bacia Lagos – São João.



Fonte: O autor, 2014.

4.4 Diagnóstico da erosão da bacia hidrográfica Lagos – São João.

Foram analisadas 29 microbacias ao longo da bacia Lagos – São João. A análise detalhada por microbacias encontra-se em um relatório descritivo do estado da erosão, apresentado no Apêndice A da presente dissertação. Escolheu-se esta forma de apresentação, a fim de fornecer ao Comitê de Bacias Hidrográficas Lagos e São João, um estudo mais detalhado. Sendo assim, o presente subcapítulo pretendeu fazer um resumo e análise dos principais resultados do diagnóstico de erosão.

As microbacias que apresentavam sinais de erosão ligeira, ou ausência de erosão receberam nota1; as que apresentavam sinais de erosão moderada apenas, receberam nota 2; aquelas bacias que apresentaram erosão moderada à severa, receberam nota 3; as que apresentaram sinais de erosão muito severa, em estágio inicial, nota4; e as microbacias que apresentaram sinais erosivos muito severos, e até mesmo erosões lineares, nota 5. Sendo assim, as notas foram dadas de acordo com os tipos de erosão encontrados e a proporção espacial tomada por estes sinais (Quadro 23).

A Figura 42, apresenta o Mapa de diagnóstico de erosão da bacia Lagos - São João. Observa-se que em toda a área da bacia, apenas as áreas de relevo totalmente plano não apresentaram sinais de erosão. Estas bacias obtiveram o diagnóstico de ausência sinais de erosão, com erosão laminar ligeira pontualmente, em declives suavizados locais. A única microbacia, de nota 1, que apresentava relevo mais declivoso (> 20%), foi a microbacia de Búzios, que devido a seu uso urbano, ou recoberto por floresta, não apresentava sinais de erosão.

As microbacias de nota 1 situam-se principalmente nas regiões costeiras da bacia Lagos – São João, sendo que a microbacia do baixo curso do rio São João adentra até a região central, seguindo a planície fluvial desenvolvida por este rio.

Quadro 23 - Relação do diagnóstico de erosão, por microbacias, da bacia Lagos – São João.

Microbacias	Diagnóstico
Enseada de São Pedro	1
Microbacia de Búzios	
Microbacia da	
Baixada do rio Una	
Entorno Lagoa de Araruama	
Baixada do Baixo Rio São João	
Vala da Ponte Grande	2
Rio Mataruna e Salgado	
Contribuidoras do Una	
Microbacia de Saquarema	
Microbacia do Vale do Jacaré	
Microbacia do rio Vermelho	
Microbacia do Alto São João1, 2, 3 e 4	3
Microbacia do Vale do Consórcio	
Microbacia do rio Piripiri e das Onças	
Microbacia do rio Frecheiras	
Microbacia do rio Ibicéida	
Microbacia do rio Maratéa	
Microbacia do rio Iguapaba	
Microbacia do rio Jundiá	
Microbacia Bacaxá - nascentes	
Microbacia do rio Lontra e rio Dourado	4
Microbacia do rio Aldeia Velha	
Rio Capivari	
Microbacia do rio das Domingas	
Microbacia do rio Carijó e Godinho	
Microbacia do rio Bacaxá	
Córrego Continente/ Riachão	5
Microbacia do Entorno de Juturnaíba	
Médio - Alto São João	
Rio Jundiá e Mato Grosso	

Fonte: O autor, 2019.

O diagnóstico de nota 2, erosão moderada, foi dado a seis microbacias, são elas: Vala da Ponte Grande, rio Maratuna e Salgado, Contribuidoras do rio Una, Microbacia de Saquarema, Vale do Jacaré e Microbacia do rio vermelho.

A característica em comum destas microbacias foi o relevo suave colinoso e a declividade, que variou até 8%.Os solos variaram, em geral, de Argissolos com Planossolos e solos hidromórficos. A única exceção, com relação a solos e relevo, foi a microbacia do rio Vermelho, localizada em Rio Bonito. Nesta microbacia a declividade é, em média, superior a

20%, e seus solos são em geral Latossolos. O uso do solo de todas as microbacias variou de áreas florestadas a pastagens.

Interessante ressaltar que a precipitação média destas áreas foi de 1.500 mm/ano, e a precipitação máxima não passou de 1.700 mm/ano, sendo a erosividade apresentada foi de moderada. O uso de pastagem é encontrado nas microbacias desta classe, em algumas áreas foi possível notar manejo dos pastos, de forma pontual e principalmente em propriedades de maior porte.

As microbacias que tiveram nota 3, apresentaram sinais de erosão moderada à erosão severa, no diagnóstico do estado da erosão foram, ao todo onze microbacias: as microbacias do alto curso do rio São João, Vale do Consórcio, Microbacia do rio Piripiri e das Onças, Microbacia do rio Frecheiras, Microbacia do rio Ibicéida, Microbacia do rio Maratuã, Microbacia do rio Iguaçaba, Microbacia do rio Jundiá.

A nota 3 foi a nota de maior recorrência, espacialmente recobriu diferentes compartimentos geomorfológico e climáticos. As microbacias do alto curso do rio São João apesar de possuírem alta declividade, maior de 30%, e uma morfologia suscetível a processos erosivos, tem sua cobertura vegetal preservada, o que ocasionou uma proteção destas áreas, em relação aos processos erosivos acelerados.

Importante ressaltar que nestas microbacias existem áreas onde são desenvolvidas atividades de pastoreio. Nestas áreas a erosão apresentada varia de severa a muito severa, porém espacialmente não ocorre em grandes proporções.

A microbacia do rio Jundiá, encontra-se à lesta da bacia Lagos - São João. Esta bacia apresenta maior declividade (20 – 30%), tem seu uso variando entre áreas cobertas por vegetação e áreas de pastagens de uso menos intensivo, a média de pluviosidade é de 1.600 mm/ano. Nesta microbacia as áreas de pasto situam-se nas zonas menos declivosas, e ainda assim desencadeiam processos erosivos moderados, onde o horizonte A foi parcialmente removido.

As outras microbacias de nota 3 situam-se na zona central da bacia Lagos - São João. São áreas que apresentam declividade moderada, até 20%, zonas suaves colinosas e colinosas, onde se encontram, em geral, os Argissolos.

A média de pluviosidade varia entre 1.000 mm/ano a 1.600 mm/ano, a erosividade varia de baixa a moderada. O uso predominante é o de pastagens, com fragmentos florestais. Os processos erosivos notados nestas áreas são processos menos intensos, porém recobrem extensas áreas.

As microbacias que obtiveram nota 4, em que foram registradas sinais de erosão muito severa, foram: microbacia do rio Lontra e rio Dourado, microbacia do rio Aldeia Velha (Figura 40), microbacia do rio Capivari, microbacia do rio das Domingas, microbacia do rio Carijó e Godinho, microbacia do rio Bacaxá.

Estas microbacias situam-se na zona central e norte da bacia Lagos – São João. As microbacias situadas ao norte são as do rio Lontra e Aldeia Velha. A microbacia do rio Aldeia Velha apresenta declividades superiores a 30% em média, seus solos variam de Cambissolos, Latossolos e Argissolos. Nesta microbacia o uso de pastagem é predominante, apesar de não recobrir as porções mais íngremes. Processos erosivos severos podem ser encontrados em todas as áreas de uso de pastagem.

A microbacia do rio Lontra possui o ambiente menos declivoso em relação à microbacia do rio Aldeia Velha. As pastagens são mais comuns, assim como os processos erosivos mais constantes. Ambas microbacias tem precipitação acima de 2.000 mm/ano, e erosividade alta.

Figura 42 - Sinais de erosão muito severa em compartimentos de declividade de até 40% e uso de pastagem – rio Aldeia Velha.

Foto: Acervo Pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A microbacia do rio Carijó e Godinho tem o relevo mais suavizado, porém seu uso intenso de pastagens provoca erosão laminares severas, bem distribuídas, espacialmente pelas microbacias. Os solos são em geral Argissolos e Planossolos.

As outras três microbacias de nota 4 situam-se na região centro-leste da bacia Lagos – São João. O relevo destas microbacias são em geral colinoso, apresentando porções escarpadas em menor proporção. Os solos variam de Argissolos e Latossolos, principalmente, ocorrendo ainda solos de planícies, como os Gleissolos.

A precipitação varia de 1.300 a 2.000 mm/ano, e a erosividade de moderada a alta. As microbacias de maior amplitude do relevo (> 30%), têm menor precipitação (1.500 mm/ano), e as de menor amplitude (até 20%) tem precipitações maiores (2.000 mm/ano).

Os uso varia de áreas florestadas até áreas de pastagens, sendo que, as microbacias próximas a Represa de Juturnaíba, são ocupadas predominantemente por pastagens. Nas áreas onde este uso se desenvolve, tem-se o desenvolvimento de erosões severas.

Quatro bacias foram consideradas com erosões extremamente severas, recebendo nota 5, são elas: Córrego Continente/ Riachão, Entorno de Juturnaíba, médio e alto curso do rio São João, e microbacia do rio Jundiá e Mato Grosso.

As microbacias do Córrego Continente e Riachão, médio alto curso do rio São João e entorno de Juturnaíba possuem algumas semelhanças entre si, são em sua maior parte constituídas por colinas, de Argissolos em sua maior parte. A erosão extremamente severa, com sinais de voçorocamento, as recobrem amplamente, principalmente associada às áreas de pastagem.

A precipitação varia de 1.900 até 2.300 mm/ano, apresentando erosividade alta e muito alta. Áreas de baixos declives também apresentam sinais de erosão laminar muito severa. Na microbacia do Córrego Continente e Riachão a declividade é mais acentuada e os processos erosivos mais desenvolvidos.

A microbacia do rio Jundiá e Mato Grosso (Figura 41) situam-se no município de Saquarema, são constituídas basicamente da encosta e da planície. Suas encostas são de alta declividade, acima de 30%, compondo o domínio escarpado desta microbacia. A pastagem em áreas declivosas é muito comum em todo maciço, e onde os processos erosivos eram evidentes. Sinais de ravinamento e voçorocamento eram constantes.

Figura 43 - Sinais de erosão linear e laminar extremamente severa na microbacia de Saquarema.

Foto: Acervo Pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A partir da análise do diagnóstico de erosão, pode-se notar que o uso do tipo pastagem foi fundamental para o desenvolvimento dos processos erosivos laminares. Mesmo em porções de alta declividade, quando encontravam-se florestadas, não havia sinais de erosão nas áreas, somente processos de movimentos de massa. Porém, em áreas onde a agricultura foi estabelecida, foi possível notar sinais de erosão de intensidade variadas.

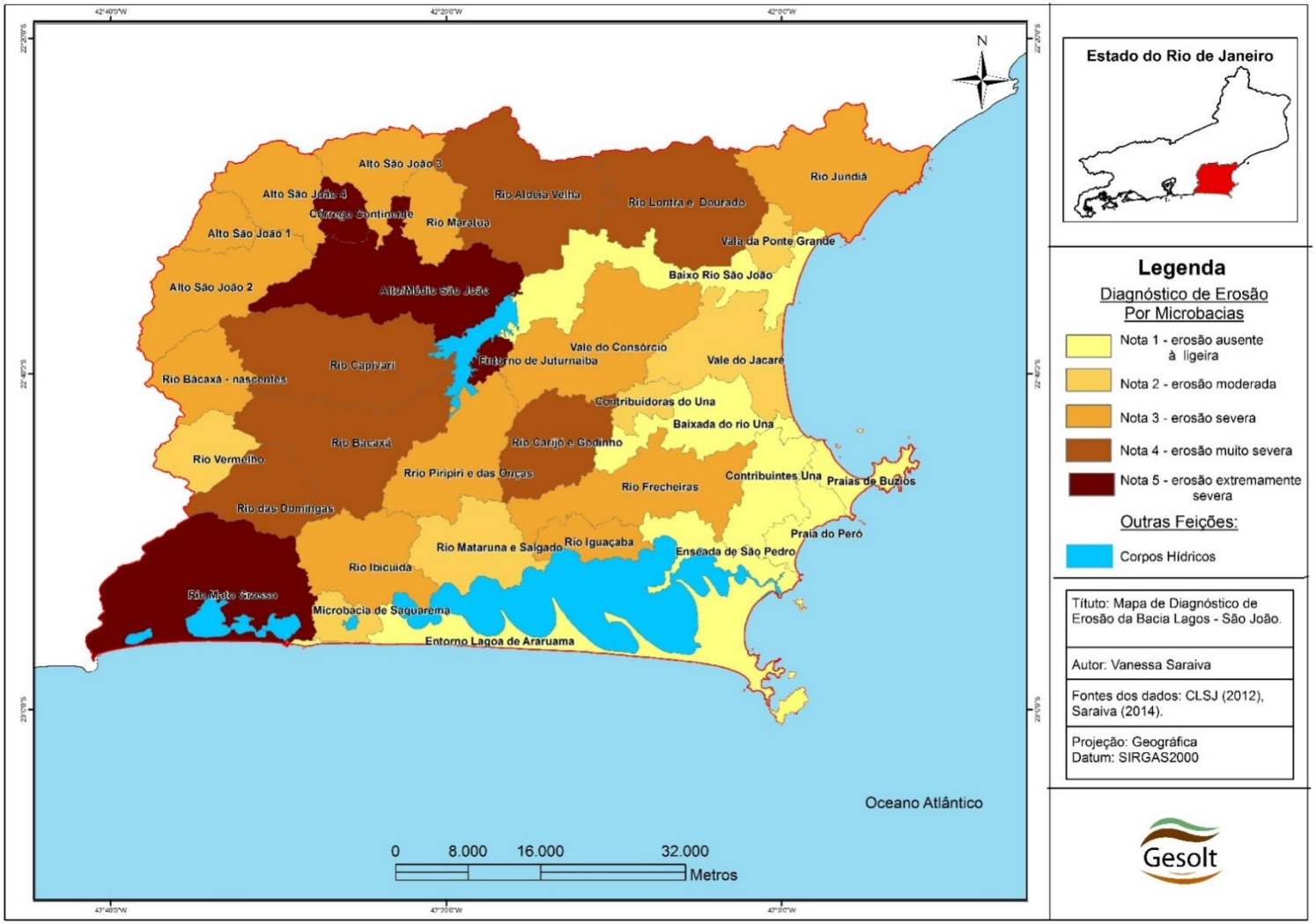
Importante ressaltar o papel da declividade e geomorfologia, pois os processos erosivos só puderam ser notados, nas áreas que além do uso de pastagem, apresentavam declividade superior a 3%. A declividade mais problemática para a bacia no geral foi a partir de 15 – 20%, principalmente nos compartimentos colinosos. Nesta declividade, as áreas não apresentam desafios à implantação dos pastos, logo, somando a declividade e o uso de pastos, podem ser notados processos erosivos bem desenvolvidos, como no caso das microbacias de diagnóstico de nota 4.

As microbacias de nota 2 são mais diferenciais, dentro desta análise, visto que, apesar das pastagens ali encontradas, sinais erosivos severos não foram comuns. Nestas microbacias, a declividade variou, principalmente, em torno de 3 – 8%. Sinais de manejo também foram notados nos pastos de maior porte, e nestas áreas não foram notados sinais de erosão. Sendo assim, pode-se concluir que nesta faixa de declividade, junto a atividades de manejo nos pastos, o problema das erosões podem ser reduzidos, mesmo que os solos sejam propensos a estes processos.

Ao todo, dez microbacias apresentaram diagnostico de erosão severa, ou muito severa, que juntas somam cerca de 30% da bacia, um percentual preocupante, visto que todo o material retirado destas encostas pode provocar o assoreamento dos canais da bacia Lagos – São João.

A partir do Mapa de diagnóstico de erosão da bacia Lagos – São João foi possível definir áreas, em que os processos erosivos já atuam de forma mais severa. Sendo assim, acredita-se que este mapa pode ser uma importante ferramenta para possíveis manejos das áreas.

Figura 44 - Mapa de diagnóstico de erosão por microbacia da bacia Lagos – São João



Fonte: O autor, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O objetivo do presente estudo foi avaliar a suscetibilidade à erosão laminar dos solos da bacia Lagos – São João. Para atingir este objetivo, foi elaborado e testado um método ainda não utilizado para análise da erosão laminar – o método AHP. Adicionalmente, como objetivo especifico analisou-se o panorama atual da erosão dos solos da bacia Lagos – São João, a partir de um diagnóstico de erosão.

O método AHP simplificou a necessidade de dados quantitativos nos modelos de suscetibilidade à erosão, como os modelos do tipo EUPS e MEUPS. A maior flexibilidade na escolha e entrada de dados oferece aos pesquisadores maior autonomia, além de possibilitar o teste de novas formulações teóricas para análise da erosão, permite maior adequação com a realidade local.

A elaboração e/ou adequação das bases cartográficas na escala da bacia Lagos – São João torna possível seu para fins de gestão e planejamento. Visto que, a bacia Lagos São João é atualmente gerenciada pelo Comitê de Bacias Lagos e São João – CSLJ, espera-se que os dados de solos, erodibilidade, geomorfologia, declividade, uso e ocupação, erosividade, suscetibilidade à erosão laminar e diagnóstico de erosão, possam vir a ser utilizados por este órgão gestor, a fim de contribuir para melhoria do ambiente da bacia.

O Mapa de suscetibilidade à erosão Laminar dos Solos da Bacia Lagos – São João demonstrou a sensibilidade do ambiente da bacia, com ênfase nos solos, concluindo que, principalmente, na região central da bacia, a suscetibilidade aos processos erosivos é maior.

O uso e ocupação do solo foi fundamental nesta análise, devido à intensa prática da pastoreio, presente em toda a área da bacia. Este uso, como foi demonstrado no trabalho, necessita de manejo adequado, pois a retirada da vegetação originária, exposição constante do solo, junto ao pisoteio do gado, confere às áreas de pastagem, prognósticos de aumento da erosão laminar dos solos.

O mapa também demonstrou que as áreas de alta declividade (montanhosas e escarpadas), que hoje estão sendo incorporadas às atividades de pastagem, possuem uma suscetibilidade à erosão laminar muito alta. Estas áreas, que além de declivosas, situam-se sob regime de alta pluviosidade, já são naturalmente propensas a mecanismos de movimentos de massa, e, com uso de pastagem, podem se tornar ainda mais propensas aos processos erosivos.

Uma observação mais detalhada da distribuição do uso e ocupação dos solos da bacia e sua suscetibilidade à erosão, evidencia a necessidade de um melhor planejamento de ocupação

dos municípios existentes na bacia Lagos – São João. Muitas áreas de alta suscetibilidade a processos erosivos (nota 4 ou 5) desenvolvem como atividade principal o pasto, o que pode acarretar em um desequilíbrio nestes sistemas ambientais, como exemplo principal pode-se observar as áreas centrais da bacia, principalmente à montante da Represa de Juturnaíba, onde a suscetibilidade é alta e o uso é de pastagem.

Uma comparação entre a suscetibilidade à erosão laminar e o diagnóstico de erosão permite notar algumas semelhanças entre as análises, o que pode comprovar a fidelidade do modelo com a realidade.

Como similaridades destacam-se as áreas planas, que são poucos suscetíveis e apresentam sinais de erosão laminar ausente ou ligeira; as áreas escarpadas e florestadas, que apresentam moderada suscetibilidade à erosão laminar, e sinais de erosão moderada à severa pontual; e as microbacias da zona central, que apresentam alta suscetibilidade à erosão, e em sua maioria, apresentaram sinais de erosão muito severos à extremamente severos.

Cabe destacar, como exemplo de uma área que não possuiu boa relação entre suscetibilidade e diagnóstico, a microbacia do rio Mato Grosso, localizada no município de Saquarema, esta foi classificada como suscetibilidade moderada (nota 3) em sua maior parte, e seu diagnóstico foi de erosão extremamente severa (nota 5). E isto pode ser explicado devido à escala do mapeamento da suscetibilidade à erosão, que foi realizado em de maior detalhe, do que, a escala do diagnostico, que utilizou os limites das microbacias, situação semelhante ocorreu com a microbacia do alto/médio São João.

Outra discordância a ser notada foi entre as microbacias próximas às baixadas do rio São João e Una, que apresentaram suscetibilidade maior, do que, o diagnóstico. Estas áreas apresentam solos de alta erodibilidade, como Argissolos e Planossolos, morfologia suave colinosa, e uso predominante de pastagem, porém, tiveram diagnóstico entre as notas 2 e 3, ou seja, erosão moderada a moderada severa, enquanto sua suscetibilidade era, em sua maior parte nota 4 até 5 – alta suscetibilidade.

As áreas de notas 1 e 2, apresentaram poucos sinais erosivos, em relação ao restante da bacia, se mostrando mais adequadas para a implantação de pastagens, que hoje já existem em menor proporção, do que na zona central. O fator limitante destas áreas é a baixa precipitação, pois, são áreas extremamente secas.

Este estudo buscou proporcionar elucidações e questionamentos referentes aos processos erosivos na bacia Lagos – São João. Esta área do Estado do Rio de Janeiro apresenta um panorama ambiental diverso, fator que amplifica as possibilidades de pesquisa nesta bacia.

Estudos verticalizados, em parcelas experimentais, por exemplo, para monitoramento local e quantitativo da erosão, são importantes, podendo ocorrer nos diferentes compartimentos geomorfológicos e sob diferentes usos, possibilitando um maior entendimento das particularidades da erosão nesta área.

Notou-se também no levantamento de dados, desta dissertação, uma menor quantidade de dados de variáveis climáticas, principalmente na área central da bacia. Esta deficiência limitou uma análise mais profunda da erosividade das chuvas. Sendo interessante o maior aprofundamento destas questões na bacia.

Sendo assim, espera-se que o presente estudo possa contribuir para o conhecimento desta bacia, e até mesmo, que possa instigar novas análises e pesquisas que visem compreender o ambiente da bacia hidrográfica Lagos – São João.

REFERENCIAS

AB'SABER. A.N. Relevo, estrutura e rede hidrográfica do Brasil. *Boletim Geográfico*. v. 12, p 255-268, 1956.

Ab' Sáber, A. N.. *Os domínios de natureza no Brasil*: potencialidades paisagísticas. 3. ed. São Paulo. Ateliê Editorial. 2003

ALMEIDA, D.A., WOLNEY, C.P.J., BESERRA NETA, L.C., COSTA,M.L. Erodibilidade do solo e erosividade da chuva na Serra do Tepequém – Roraima. Revista ACTA Geográfica. v.3. n.6. pp.39-49. 2009

ARAUJO JUNIOR, G.J.L.D.de. *Aplicação dos Modelos EUPS e MEUPS na Bacia do Ribeirão Bonito (SP) Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.* 2003. 124p. Dissertação (Mestrado) – INPE, São José dos Campos, 2003.

BAEZA, R.C.B; AYALA, I.A., Susceptibility to mass movement processes in the municipaly of Tlatlauquipec, Sierra Norte de Puebla. *Investigaciones Geográficas*. México, Vol. 73.p. 7-*21. 2010*

BARBIERI, E.B. Cabo frio e Iguaba Grande: dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In LACERDA, L.D.; ARAÚJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURQ, B. *Restingas:* Origem, Estruturas, Processos. Niterói: CEUFF, 1984.

BARBIERI, E.B. Origin and evoluton of Quaternary coastal palin beetween Guaratiba and cape Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In Knoppers, B.A., Bidione, E.D. & Abrão, .J.J.. *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon System of Rio de Janeiro Brazil*. Série Geoquímica Ambiental, 6: 47-56 pp. 1999

BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. Erosão do solo na Amazônia: Estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. *Acta Amazonia*.v. 30. pp.601-613, 2000.

BASTOS, J.; NAPOLEÂO, P., *O Estado do Ambiente*: Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro de 2010. Rio de Janeiro: INEA, 2010.

BELLINAZZI JUNIOR, R., *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciênca do Solo. 1983. 175 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F., *Conservação do Solo*. Ed. Ícone. 1. Ed., São Paulo. 1990

BONILLA, C.A.; JOHNSON, O.I., Soil Erodibility mapping and its correlation with soil properties in Central Chile. *Geoderma.* Vol. 189-190. p.116-123. 2012.

BOTELHO, R.G.M., SILVA, A. S. da. *Bacia Hidrográfica e qualidade ambiental.* In: VITTE, A.C., GUERRA, A.J.T. (Orgs.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. p. 153-192. 2004

BRADY, N. C.; BUCKMAN, H. O., *Natureza e propriedades dos solos*. Tradução de Antônio B. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro: F. Bastos., 594 p. 1976

BRAUD, P.C. FERNÁNDEZ, F., Study of the rainfall–runoff process in the Andes region using a continuous distributed model.*Journal Hydrology,* Vol. 216, p. 155–171. 1999

BUYSSOU D., *Aide Multicritère à la décision: Méthodes et Cas*, Paris. 1993

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A M.V.; CARVALHO, M. S.; DRUCK, S., *Análise Espacial de dados Geográficos.* 2002. Disponível em: www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/

CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo de resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, Vol.14, p. 227-234, 1990.

CARVALHO, J.C.de; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.de; MELO, M.T.da S., *Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro*. Ed. FINATEC, Brasília. 2006

CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacias sob diferentes manejos florestais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol.21, Nm.2, p.419-426, 1997.

CHAVES, H.M.L. O modelo WEPP e sua aplicação no Brasil: I. Descrição do modelo. B.inf. da SBCS, Campinas, 17(2): 41-43, 1992.

CHRISTOFOLETTI., A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo. 236p. 1999

COLODRO, G., CARVALHO, M. P. , ROQUE, C. G., PRADO, R. M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodora Sampaio(SP). *Revista Brasileira Ciência do Solo*,.Viçosa, Vol. 26, Nm. 3, p. 809-818, 2002.

CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J. F., *Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Embrapa Solos,. 197 p. 2003

COE.H.H.G; DE-CARVALHO.C.N. Cabo Frio – um enclave semiárido no litoral úmido do Estado do Rio de Janeiro: Respostas do clima atual e da vegetação pretérita. *Revista GEOUSP*. m.33. pp.136-151. 2013

COHEN J. Acoefficient of agreement for nominal scales. *Education Psychology Measurement*. Vol.20. Nm.1. p.37-46. 1960

COHEN, J. Weighted kappa: nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychol.* Washington, v. 70, n. 4, p. 213-220, 1968.

CORRÊA, T.; COSTA, C. da; LUMBRERAS, J.F.; ZARONI, M.J.; NAIME, U.J.; GUIMARÃES, S.P.; UZEDA, M.C.Estimativas de Perdas de Solo para Microbacias Hidrográficas do Estado do Rio da Janeiro. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* n.78. EMBRAPA Solos. 2005.

CUNHA, S. B.1999. *Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da Bacia do rio São João*. Rio de Janeiro. 1999.

CUNHA, S. B. da., GUERRA, A. J. T., *Degradação ambiental*. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. (Orgs.) Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. p. 337-366. 2003

CURI, N. LARACH, J.O.I.; KAMPF, N.; MONIS, A.C.; FONTES, L.E.F., *Vocabulário de ciência do solo*. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1993

DAVIS, C. CÂMARA, G.; Fundamentos de geoprocessamento. INPE, 2002. Disponível em:http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro

DE CASTRO, W.J. ; LEMKE-DE-CASTRO, M.L. ; DE OLIVEIRA LIMA, J. ; DE OLIVEIRA, L.F.C. ; RODRIGUES, C. ; DE FIGUEIREDO, C.C.Erodibilidade de solos do cerrado Goiano. Revista em Agronegocio e Meio Ambiente, Vol.4. Nm.2, pp.305-320. 2011

DENARDIN, J.E. *Erodibilidade do solo estimada através de parâmetros físicos e químicos.* Piracicaba, SP.113p. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, 1990.

DEMIRCI, A. – KARABURUN, A., Estimation of soil erosion using RUSLE in a GIS framework: a case study in the Buyukcekmece Lake watershed, northwest Turkey. *Environmental Earth Science*. 2011

DIODATO N., FAGNANO M., ALBERICO I., CHIRICO G.B., Mapping soil erodibility from composed data set in Sele River Basin, Italy. *Natural Hazard*. 2010

FARIA, A.L.L DE, XAVIER DA SILVA, J., GOES, M.H. de B., Análise Ambiental por Geoprocessamento em Áreas com Suscetibilidade à Erosão do Solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora. Revista Caminhos da Geografia. Uberlandia. Nm.4. pp. 55-65. 2003

FINNIE, G.R.; WITTIG, G.E., *An Intelligent Web Tool for Collection of Comparative Survey Data*. School of Information Technology Bond University, Austrália. 1999

FREIRE. O., *Solos das Regiões Tropicais.* Ed. FEPAC., Botucatu. 2006

FU, B.; WANG, Y.; XU, P.; YAN, K., Assessment of the Performance of the WEPP in Purple Soil Area with Simulated Rainfall Experiments. *Journal Mt. Science.* Vol. 9. p.570-579. 2012

GIBBOSHI, M.L. *Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra*. Campinas. Universidade Estadual de Campinas. Tese de Mestrado. 77p. 1999

GONÇALVES, F.A. *Erosividade das chuvas no Estado do Rio de Janeiro.* Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. 132p. 2002

GOUDIE, A., *The changing Earth – rates of geomorphological processes.* Oxford, Blackwell. 1995

GUERRA, A. J. T. *Processos Erosivos nas Encostas.* In: Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B (Org.). Rio de Janeiro. 1994. p.149-196.

GUERRA, A. J. T. *O início do Processo Erosivo*. In: Erosão e Conservação dos solos – Conceitos, Temas e Aplicações. GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. DA, BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2ed. 2005. p. 15-55.

GUERRA, A. J. T., MENDONÇA J. K. S. *Erosão dos solos e a questão ambiental*. In: GUERRA, A. J. T. & VITTE, A. C.(Orgs). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro. Bertrand. p. 225-256. 2004

HENCK, A.C.; HUNTINGTON, K.W.; STONE, J.O.; MONTGNOMERY, D.R., BERNARD, H. Spatial controls on erosion in Three Rivers Region, southeastern Tibet and southwestern China. In: *Earth and Planetary Science Letters*. Vol.303, Nm.1, p.71-83. 2010

HUDSON, N., *Conservacion del suelo*. Barcelona. 1982

IBGE. *Manual técnico de pedologia*., Rio de Janeiro, 2007.

ISHIZACA, A.; NEMERY, P., *Multicriteria Decision Alalysis: Methods and Software*. India. 2013

JACKS, G.V., *Soil Erosion*. In: The Rape of the Earth. A Survey of Soil Erosion. JACKS, G., V.; WHYTE, R. O. (Orgs). London. 1939

JORGE, MARIA-DO-CARMO.O.; GUERRA, A.J.T. Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação dde áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. JORGE, MARIA-DO-CARMO.O.; GUERRA, A.J.T (orgs.). pp.7-30. Ed. Oficina de Textos. São Paulo. 2013.

KAMPF, N.; CURI, N., *Argilominerais em Solos Brasileiros*. In: Tópicos em Ciência do Solo. CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.de.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H.V. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Vol.3. Viçosa. 2003

KAUART LEITE, L.A.; MOUCHEL, J.M. Contribuição a modelagem da poluição difusa de origem agrícola: transporte de sólidos em suspenso e de nitrogênio em pequenas bacias hidrográficas. *RBE – Caderno de Recursos Hídricos*. Vol.8, Nm.1, p. 5-20. 1990

KIM, S. C., *Statistical Issues in Combining Expert Opinions for Analytic Hierarchy Process.* Soongsil University, Coréia. 1999

LAL, R. *Erodibility and erosivity.* In: LAL, R. et al. Soil erosion research methods. Washington: Soil and Water Conservation Society. p. 141-160. 1988

LAMEGO, A.R., *O Homem e a Restinga*. Rio de Janeiro. 1946

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* Vol.33, Nm.1, p.159 174, 1977.

LANZA, G.,UDE, J., Multidimensional evaluation of value added networks. *CIRP Annals – Manufacturing Technology* . Vol. 59. Nm.1. 2010

LEPSCH, I. F. *Formação e Conservação dos Solos.* São Paulo. Oficina de textos, 179 p. 2002
LOUREIRO, H.A.S.; FERREIRA, S.M. O papel das geotecnologias no estudo de feições erosivas e de movimentos de massa no Brasil. In: *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. JORGE, MARIA-DO-CARMO.O.; GUERRA, A.J.T (orgs.). pp.95-125. Ed. Oficina de Textos. São Paulo. 2013.

LUMBRERAS, J. F. et al.*Levantamento pedológico, vulnerabilidade e potencialidade ao uso das terras – Quadrículas de Silva Jardim e Rio das Ostras.* Rio de Janeiro. Embrapa Solos. CD-ROM. Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa ; Nm. 23. 2001

MAFRA, M. N. C. *Erosão e planificação de uso do solo.* In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. da, BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro. Bertrand. p. 301-322. 1999

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO M. DE P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. R*evista Acta Scientiarum.* Vol.24, Nm.5, p.1335-1340, 2002.

MARTINI, L.C.P.; UBERTI, A.; SCHEIBE, L.F.; COMIN, J.J.; OLIVEIRA, M;A;T;de. Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas.*Geologia USP*. Vol. 5., Nm.2. São Paulo. p. 1-10. 2006

MARTINS, S.G. ; AVANZI JR., C. ; SILVA, M.L.N. ; CURI, N. ; FONSECA, S., Erodibilidade do solo nos Tabuleiros costeiros. Revista da Pesquisa Agropecuaria Tropical, 2011, Vol.41. Nm.3, pp.322-327. 2011

MEYER, L.D.; WISHMEIER, W.H., *American Society of Agricultural Engineers.* p. 754-758. Vol 12. 1969

MONTEBELLER, C.A.; CEDDIA, M.B.; DE-CARVALHO. D.F.; VIEIRA, S.R.; FRANCO, E.M. Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro**.** *Revista de Engenharia Agrícola*. 2007, v.27, n.2, pp. 426-435. 2007

MORAES, E. C. de. *Fundamentos de sensoriamento remoto.* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2002.

MORGAN, R.P.C., *Soil Erosion and Conservation.* Ed. Blackwell. 3., Malden. 2005
NEAKHAY, O.; ARRIAZA, M.; BOERBOOM, L., Evaluation of the erosion risk using Analytic Network Process and GIS: A case study from Spanish mountain olive plantations. *Journal of Environmental Management*. Vol. 90. Nm:10. Pp.3091-3104. 2009.

NUNES, M.C.M., CASSOL, E.A., Estimativa da erodibilidade em entressulcol de Latossolos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* v.32. ed especial. pp.2839-2855. 2008

PAMPLONA, Edson de O. *Contribuição para a Análise Crítica do Sistema de Custos ABC Através da Avaliação de Direcionadores de Custos*. Tese de Doutorado. FGV. 1997

PARK, S.; OH, C.; JEON, S.; JUNG, H.; CHOI, C., Soil erosion risk in Korean watersheds, assessed usgin the revise universal soil loss equation. Journal od Hydrology, Vol. 399. Nm.3. Pp.263-273. 2011

PARRACHO.S.C. Interações sobre a pluviosidade em áreas de encostas de clima tropical úmido e os movimentos de masssa: o caso de sub-bacias do alto rio São João. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 120p. 2012

PEDROSA, A. de S., ROCHA, E.A.V., RODRIGUES, S.C., Proposta de Modelagem a Erosão Laminar. Um estudo de caso na bacia do Riibeirão Vai-Vem (GO). Revista Geonorte. Ed Especial. Vol.2., Nm.4., pp.1720-1720, 2012

PRASANNAKUMAR, V., VIJITH, H., GEETHA N., Terrain evaluation through the assessment of geomorphometic parameters using DEM and GIS: case study of two major sub-watersheds in Attapady, South India. *Arab. Journal Geoscience.* Vol.20. 2011

PRIMO, P.B. da. S., *Plano das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos e do rio São João. Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira – CSLSJ*. 153 p. 2005.

ROCA, E.; GAMBOA, G.; TABARA, JD., Assessing the multidimensionality of coastal erosion risks: Public participation and multicriteria analysis in a mediterranean coastal system. *Risk Analysis.* Vol. 28. Nm.2. p. 399-412. 2008

ROMAO, A.C.B.C, DE-SOUZA, M;L. Análise do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão de São Tomé, Paraná. *Revista Ra'ega*. v.21. n.28. pp.337-354. 2011

ROSSI, M.; PFEIFER, R. M. Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP). Bragantina, Vol. 58, Nm. 1, p.41-156.1999.

RESENDE, M; CURI, N.; REZENDE, S. B; CORREA, G. F. *Pedologia Base para distinção de ambientes*. Viçosa. p 338. 2002

SARAIVA. V.I.C. *Suscetibilidade à erosão da bacia do rio São João*.Monografia (Bacharel). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 113p. 2012

SAATY, T. L., *Método de Análise Hierárquica*. Makron Books do Brasil Editora Ltda.1991

SCHMIDT, Â. M. A. *Processo de apoio à tomada de decisão – Abordagens: AHP e MACBETH*. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis. 2003

SHINDE, V.; SHARMA, A.; TIWARI, K.N.; SINGH, M., Quantitative Determination of Soil Erosion ad Prioritization of Micro-watersheds Using Remote Sensing and GIS. *Journal Indian Society Remote Sense.* Vol. 39. Nm.2. p.181-192. 2011

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; OLIVEIRA, M.S.; FERREIRA, M.M.; LOMBARDI NETO, F. Comparação de métodos direto e indiretos para determinação da erodibilidade em latossolos sob cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* Brasília, Vol.29, Nm.11, p.1751-1761, nov. 1994.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.* São Carlos. 138 p. 2003

SOIL SURVEY DIVISION STAFF.*Soil survey manual. Soil Conservation Service*. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.1993

STEVENS, K.B.; PFEIFFER, D.U., Spatial modeling of disease using data – and knowledge-driven approaches. Spatial and Spatio-temporal Epidemiology. V.l.2, Nm.3. South Carolina. USA. pp. 125-133. 2006

TOMAS, T.; ASHARIF, M. R. AHP coefficients optimization technique based on GA. *Department of Information Engineering of University of Ryukyus.*2003

TUCCI, C. E. M., Hidrologia: ciência e aplicação. *Coleção ABRH de Recursos Hídricos*, Vol.4. 1997

WILLIAMS, J. R.; BERNDT, H. D.*Determining the universal soil loss equation's length-slope factor for watersheds.* In: Soil erosion: prediction and control, Ankeny. P. 217 – 225. 1977

WISCHMEIER, W.H., JOHNSON, C. B. E CROSS, B.V., A soil erodibility nomograph for farmland and constrution sites. *Journal Soil Weather. Conservation.,* Vol.26, p.189-193. 1971

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.* Washington, D.C. USDA, 57 p. USDA. Agricultural Handbook. 1978

VALLE JUNIOR, J.F., BARROS, L. da. S.; SOUSA, M.I.L. de; UCHÔA, S.C.P., Erodibilidade e suscetibilidade à erosão dos solos de cerrado com plantio de Acacia Mangium em Roraima. *Revista Agroambiente.* Vol. 3. Nm.1. pp.1-8. 2009.

VAN DER KNIJFF, J.M., JONES, R.J.A., MONTANARELLA, L. (1999).*Soil erosion risk assessment in Italy*. European Soil Bureau. 52p.

VERDADE, F. da C. *O Conceito de Solo e Evolução da Pedologia.* In: Elementos de Pedologia. MONIZ, A.C. (Org). Ed. Universidade de São Paulo. 1972

VILAS BOAS, C. de L., *Análise da aplicação de métodos multicritérios de apoio à decisão (MMAD) na gestão de recursos hídricos.* Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. UMB. 2005.

XAVIER-DA-SILVA, J. *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. Rio de Janeiro, 2001. 228 p.

ZHANG, Y.; DEGROOTE, J.; WOLTER, C.; SUGUMARAN, R., Integration of Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) Into a GIS Framework to Assess Soil Erosion. *Land Degradation e Development.* Vol. 20. p.84-91. 2008

APÊNDICE A - Relatório do diagnóstico de erosão

A seguir é apresentado o diagnóstico de erosão da bacia Lagos – São João por microbacias. Este relatório visa contribuir para o manejo e preservação do ambiente da bacia, apresentando as áreas onde os processos erosivos concentram-se de forma severa.

A Microbacia do rio Jundiaí e Mato Grosso formada principalmente por dois compartimentos, os Maciços e Morros (declividade acima de 30%), onde se tem os Argissolos predominando; e a Planície composta por Planossolos. O uso do solos é de pastagens e áreas florestadas em sua maior parte, e a precipitação é de cerca de 1.300 mm/ano.

Observações de campo notaram sinais de erosão severa e muito severa, o uso de pastagem desta microbacia espalha-se nas áreas escarpadas, o que contribui para a evolução dos processos erosivos sendo notado ravinamentos e voçorocas nesta área. Nas áreas florestadas, no entanto, não há presença de sinais erosivos.

Diagnóstico de Erosão: Nota 5 – remoção quase total do horizonte B, havendo áreas de exposição do horizonte C, e até mesmo sua ausência.

Figura 45 - Erosão na microbacia do rio Mato Grosso.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A Microbacia do Médio-Alto São João possiu relevo é dominado pelas colinas, porém a jusante tem-se as Escarpas Serranas, a declividade dessa forma predomina em superior a 20%. Planícies também se desenvolvem entorno das drenagens. O principal uso é o de pastagens, porém nas porções escarpadas tem-se ainda preservadas as coberturas de florestas. A pluviosidade desta porção já é consideravelmente alta, cerca de 2.000 mm/ano, e o principal solo é o Argissolo Amarelo.

A erosão se estende por todo compartimento colinoso e escarpado, onde se desenvolvem pastagens. As áreas florestadas, no entanto, mesmo em fragmentos, mantêm os solos protegidos da ação erosiva das chuvas nesta área.

Diagnóstico de erosão: Nota 5 – Sinais de erosão severa.

A microbacia do Riachão situa-se entre o alto e médio São João, sua morfologia é basicamente comporta por Escarpas Serranas, onde se distribuem os Argissolos Amarelos. A precipitação chega a 2.300 mm/ano, e o uso varia de área florestada à pastagens, muitas destas situadas em áreas de declividade superior a 30%.

A erosão é presente em toda a área descampada, onde se desenvolve a atividade de pastagem.

Diagnóstico de erosão: Nota 5 – erosão severa em toda a porção não coberta por floresta.

A Microbacia do Entorno de Juturnaíba (Figura 44) desenvolve-se no entorno da Represa de Juturnaíba, sua drenagem nasce nas colinas desta microbacia, correndo em direção a Represa. Sua morfologia é basicamente constituída de colinas, e seus solos são os Argissolos Amarelo. Nesta microbacia desenvolvem-se extensas pastagens, e a pluviosidade chega à 1.800 mm/ano.

Seu solo encontra-se em sua maior parte erodidos, a erosão diagnosticada chega a muito severa, havendo ravinamento mesmo em declividade baixa.

Diagnostico de erosão: Nota 5 – erosão severa bem distribuída.

Figura 46 - Erosão severa bem distribuída – microbacia do Entorno de Juturnaíba.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A Microbacia do rio Aldeia Velha pode-se dividir a microbacia do rio Aldeia Velha em três grande compartimentos morfológicos, a área escarpada, onde predominam Latossolos e Cambissolos; o compartimento colinoso, onde predominam os Argissolos; e a planície onde ocorrem os Gleissolos Háplicos.

A média de precipitação nesta área é de 2.300 mm/ano, o uso é predominantemente de pastagens, tanto em áreas de várzea quanto em áreas dominadas pelas colinas e sopés das montanhas. Apesar da área apresentar sinais de erosão severa e muito severa, estas erosão são pontuais, predominando nas porções onde se desenvolvem pastagens em áreas declivosas (Figura 45 e 46).

Diagnóstico de erosão: Nota 4 – erosão severa e muito severa pontual.

Figura 47 - Visão panorâmica da microbacia do rio Aldeia Velha – ausência de erosão nas áreas florestadas.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

Figura 48 - Sinais de erosão severa microbacia do rio Aldeia Velha.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A microbacia do rio Lontra e Dourado situa-se a norte da bacia Lagos – São João. Nesta microbacia ocorrem as morfologias de serras, morros e colinas. Os principais solos são os Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos, e em menor proporção os Argissolos Amarelos. O uso é em sua maior parte, de pastagens, e a pluviosidade gira em torno de 2.000 mm/ano.

A microbacia apresenta sinais de erosão, distribuídos sobre as pastagens em declividade superior à 8%. Movimentos de massa também são comuns como pode ser notado na Figura 47 e 48.

Diagnóstico de erosão: Nota 4 – erosão severa sobre as áreas de pastagem, com ravinamento pontual.

Figura 49 - Erosão laminar na microbacia do rio Lontra e Dourado.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014

Figura 50 - Erosão linear na microbacia do rio Lontra e Dourado.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014

A Microbacia do rio Carijó e Godinho se desenvolve ainda no domínio suave colinoso, porém seus solos apresentam maior variabilidade, distribuindo-se Argissolos Amarelos, Vermelhos e Planossolos. O uso é de pastagem, e a pluviosidade gira em torno de 1.400 mm/ano.

O tipo de erosão encontrada é a erosão laminar moderada e em menor proporção severa.

Diagnóstico de erosão: Nota 4 – erosão moderada e severa.

Figura 51 - Erosão laminar e linear na microbacia do rio Carijó e Godinho.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014

A microbacia do rio Capivari é uma das microbacias que desaguam na Represa de Juturnaíba. Seu ambiente varia, a montante o uso é predominantemente de florestas, a morfologia mais íngreme, formada por Escarpas Serranas, e o solo predominante é o Latossolo Amarelo. A jusante Desenvolve-se o domínio colinoso e suave colinoso, com solos do tipo Argissolos, e os solos passam para Argissolos Amarelos. A média de Pluviosidade é de 1.800 mm/ano.

Nesta bacia desenvolvem-se sinais erosivos nas áreas de pastagem. A jusante da bacia este processo fica mais intenso, devido a maior intensidade do número de pastagens. Nestas áreas notamos erosão que variam de moderada e severa (Figura 50).

Diagnóstico da erosão: Nota 4 – sinais erosivos moderados à severos em toda a área dominada por pastagens.

Figura 52 - Sinais de erosão severa na microbacia do rio Capivari.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

Microbacia do rio Bacaxá é dominada principalmente por colinas, o solo predominante é o Argissolo Amarelo, junto ao Planossolo. O principal uso é o de pastagem, a precipitação é de cerca de 1550 mm/ano.

Nas áreas colinosas, onde se desenvolvem pastagens é possível notar sinais erosivos moderados.

Diagnóstico de erosão: Nota 4 – erosão moderada amplamente distribuída.

A Microbacia do rio Domingas é formada, principalmente por colinas, onde ocorrem os Argissolos Vermelho e Amarelo, e Planossolos em menores proporções, havendo também em seu interior os Maciços, onde ocorrem os Argissolos. Sua declividade varia de 20 até superior, e o uso do solo é quase em sua totalidade de pastagens. A precipitação é em média de 1.500 mm/ano.

Em suas porções colinosas sinais de erosão severa, distribuídas nas colinas de uso de pastagem, onde ocorrem as associações de Argissolos e Planossolos, notadas a partir de análise de imagem de satélites.

Diagnóstico de Erosão: Nota 4 – presença em grande quantidade de sinais de erosão severa, com remoção parcial do horizonte A.

A Microbacias do Alto São João é uma junção entre as diferentes microbacias do rio São João que servem como nascentes do rio São João. Sendo estas numeradas de 1 a 4, essa opção foi feita devido a semelhança nas características ambientais e no diagnóstico da erosão.

Sua morfologia é dominada pelas Escarpas Serranas, onde se encontram as maiores altitudes de toda a bacia, dividindo este domínio escarpado, tem-se a planície fluvial associada ao rio São João. A maior parte desta área encontra-se ou florestada, ou sob uso de pastagens em

áreas de várzea (sobre a planície). Porém encontram-se pontualmente pastagens em áreas de alta declividade, onde estas se estabelecem é possível notar, tanto em campo, quanto em imagens de satélites, o desenvolvimento de processos erosivos severos, porém estes ocorrem mais pontualmente. Estas microbacias encontram-se suscetíveis a movimentos de massa, já retratados por Parracho (2012).

A erosão nestas microbacias fica restrita às erosões do tipo marginal, devido ao caminhar do gado nas margens descobertas dos rios, e erosões severas pontuais nas pastagens de alta declividade.

Nota do diagnóstico de erosão: Nota 3

A Microbacia do rio Bacaxá – Nascentes é dominada por regiões montanhosas, representadas pelas Escarpas Serranas e Maciços, junto à áreas de morros e colinas, os solos predominantes são do tipo Latossolos Vermelho-Amarelo. O uso é de predomínio de pastagens junto a áreas florestadas, próximos às regiões escarpadas. A média de precipitação é de 1.700 mm/ano.

Nesta microbacia notam-se sinais erosivos moderados nas porções ocupadas por pastagem de gado, as áreas mais íngremes estão predominantemente florestadas não havendo sinais erosivos.

Diagnóstico da erosão: Nota 3 – erosão moderada nas áreas de morros.

A Microbacia do rio Maratuã situada a montante da bacia do médio São João, possui uma alta preservação de sua floresta, sua morfologia é basicamente escarpada. A pluviosidade chega a 2.300 mm/ano, e seus solos são do tipo Latossolo.

Sinais erosivos encontram-se pontualmente devido ao uso de pastagem em áreas de maior declividade (Figura 51, 52 e 53).

Diagnostico de erosão: Nota 3 – erosão moderada pontualmente.

Figura 53 - Erosão ligeira à moderada na microbacia do rio Maratuã.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

Figura 54 - Erosão linear pontual na microbacia do rio Maratuã.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

Figura 55 - Presença de sinais erosivos nas áreas de pastos e as áreas florestadas sem sinais erosivos – microbacia do rio Maratuã.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A Microbacia do rio Piripiri e rio das Onças situa-se entre a Lagoa de Araruama e a Represa de Juturnaíba. Desenvolve-se nesta extensas colinas suaves, de declive entre 3 – 8 %. Neste domínio têm-se as associações de Argissolos junto às associações de Planossolos.

A pluviosidade varia entre 1.300 mm/ano à 1.500 mm/ano, o uso desenvolvido sobre esta microbacia é principalmente o de pastagens.

Erosão do tipo moderada e ligeira pode ser encontrada nas pastagens sobre colinas suaves (Figura 54). Ocorre nesta microbacia também agricultura de citrus.

Diagnóstico de erosão: Nota 3 – erosão moderada e ligeira sobre o domínio suave colinoso.

Figura 56 - Microbacia do rio Piriri e das Onças – sinais de erosão moderada em colinas suaves onduladas.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A Microbacia do rio Frecheiras situa-se já próxima à Lagoa de Araruama. Podem-se encontrar as morfologias de planície em metade da microbacia, a outra metade desenvolve morros e colinas. Os solos variam de Argissolos Vermelhos à Planossolos. O uso predominante é o de pastagem, e a pluviosidade é de cerca de 1.000 mm/ano.

Diagnóstico de erosão: Nota 3 – erosão ligeira e moderada nas porções colinosa e morros sob uso de pastagem.

A Microbacia do Vale do Consórcio situa-se entre o litoral e a Represa de Juturnaíba, É dominada pelas colinas suave ondulas, de declividade entre 3 - %, com porções colinosa, até 20% de declive. O uso predominante é o de pastagens, a pluviosidade gira em torno de 1.500 mm/ano. Os Argissolos Amarelos dominam toda a região colinosa, e os Gleissolos Háplicos as áreas planas.

Diagnóstico de erosão: Nota 3 – erosão ligeira e moderada nas porções colinosa de uso de pastagem.

A Microbacia do rio Iguaçaba desenvolve-se sobre colinas suaves onduladas, predominando Planossolos, e em menor proporção Argissolos. O Uso de pastagem é menos intenso, ainda que cubra boa parte da microbacia. A precipitação nestas áreas já é bem baixa, chegando a 800 mm/ano.

Os sinais de erosão são moderados, desenvolvidos sobre as pastagens de uso mais intensivo.

Diagnostico de erosão: Nota 3 – erosão moderada.

A Microbacia do rio Ibicuíba apresenta relevo colinoso, suave colinoso, e montanhoso, seus solos são predominantemente Argissolos Amarelos. Os usos distribuem-se em pastagens, área urbanizada e áreas florestadas (porções íngremes). A pluviosidade ainda é muito baixa, girando em torno de 1.000 mm/ano.

A erosão é ligeira a moderada nas áreas de pastagem, nas áreas florestadas não ocorre erosão.

Diagnóstico de erosão: Nota 3.

Figura 57 - Microbacia do rio Ibicuíba – áreas montanhosas.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

Figura 58 - Sinais de erosão moderada nas porções desmatadas e de pastagem na micro bacia do rio Ibiuíba.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A Microbacia do rio Jundiá situa-se no extremo nordeste da bacia Lagos – São João, alguns autores apontam esta microbacia como fazendo parte da bacia do rio Macaé, porém o presente estudo a adota como sendo território da bacia Lagos – São João.

Sua morfologia predominante é a de colinas, junto a planícies. O principal solo mapeado nesta microbacia é o Argissolo, junto a Gleissolos Háplicos O uso predominante é o de pastagens, junto às áreas florestadas, mais comum a montante da microbacia, a pluviosidade gira em torno do 1.600 mm/ano.

Sinais erosivos são poucos comuns, podendo ser observados nas áreas de pastagens, erosões do tipo moderada.

Diagnóstico de erosão: Nota 3 – erosão moderada.

A Microbacia do rio Vermelho apresenta morfologia colinosa à Montanhosa (nas áreas dos Maciços), o principal solo é o Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo. O uso predominante é o de pastagem, a precipitação média é de 1.550 mm/ano.

Interessante destacar nesta microbacia que apesar do uso do solo ser de pastagens, em áreas de declividade de cerca de 20% ou superior, existe muito poucos sinais de erosão, e esta quando ocorre é apenas ligeira, apesar de apresentar situação semelhante a microbacia do rio Domingas, que obteve nota 4.

Diagnóstico de erosão: Nota 2 – sinais de erosão ligeira em áreas de pastagens de colinas. Apenas centrados nos caminhos do gado existem alguns sinais erosivos mais severos.

Figura 59 - Erosão laminar ligeira / moderada na microbacia do rio Vermelho.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A Microbacia da Vala da Ponte Grande é basicamente constituída do Morro São João, junto a colinas suave onduladas, de declividade em média de 6%, junto a uma planície. Os solos são Argissolos Amarelos e Vermelhos, junto a Gleissolos. O uso predominante é o de pastagens em áreas de várzea, a pluviosidade é de 1.600 mm/ano.

Sinais erosivos são pouco frequentes, sendo notados apenas nas porções suaves colinosas sob uso de pastagem.

Diagnostico de erosão: Nota 2 – erosão ligeira.

A Microbacia do rio Maratuna e Salgado situa-se no entorno da Lagoa de Araruama, onde se encontra sob uso de áreas urbanizadas. À montante, porém, desenvolvem-se pastagens sobre colinas suaves onduladas.

Sinais erosivos são reduzidos, os solos são predominantemente os Planossolos, porém a declividade não passa de 6%, além do clima seco, fatores que diminuem a propensão destes solos à erosão.

Diagnostico de erosão: Nota 2 – erosão ligeira.

A Microbacia do Vale do Jacaré se desenvolve sobre uma extensa planície, junto a colinas suave onduladas. O uso predominante é pastagem e ocupação humana (na região próxima ao litoral). Os sinais erosivos desta microbacia se resumem à erosão ligeira em sua porção colinosa. Os solos desenvolvidos são Argissolos Amarelos, junto à Gleissolos Háplicos.

Diagnóstico de erosão: Nota 2 – erosão ligeira, sobre as colinas com uso de pastagem.

A Microbacia de Saquarema desenvolve-se sobre colinas suaves, os solos são os Argissolos, junto à Espodossolos. Nas áreas de pastagens apresenta sinais erosivos, porém de forma pontual. O uso apesar de ser de pastagem, estas são esparsas umas em relação as outras.

Diagnostico de erosão: Nota 2

A Microbacia baixo São João apresenta relevo predominante é o das baixadas, formados pelas planícies fluviais e fluviomarinhas, os solos mais comuns são os Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos.

Esta microbacia tem uso de pastagem de várzea, porém sinais de erosão laminar não são notados devido ao baixo gradiente de declividade.

Diagnóstico de erosão: Nota 1

A Microbacia baixado do rio Uma é formada pelas áreas do baixo curso do rio Una, assim como a microbacia do baixo São João, não são notados sinais erosivos devido a sua declividade de até 3%, e altitude de média de 10 metros de altitude.

Diagnóstico de erosão: Nota 1

A Microbacia de Búzios Esta microbacia situa-se no Cabo de Búzios, seu relevo é acidentado e sua declividade, em geral, maior do que 20%. Os solos são principalmente os Neossolos Regolíticos.

Esta microbacia tem uso urbano, em especial, turístico. As áreas não construídas possuem suas áreas cobertas por floresta. Desta forma, não foi constatado sinais de erosão laminar.

Porém, outro problema de ordem ambiental e urbanística, notado para esta área, foram as construções, edificadas sobre sedimentos Barreiras, estes depósitos próximo as zonas de praia sofrem recuo progressivo das frentes de falésia. A foto da Figura 57 mostra exatamente esta problemática, que necessita de atenção.

Diagnóstico de erosão: Nota 1

Figura 60 - Recuo progressivo das frentes de falésia –microbacia de Búzios.

Fonte: Acervo pessoal de Antonio Soares da Silva, 2014.

A Microbacia da enseada de São Pedro e adjacências possui relevo predominantemente plano e seu principal uso é voltado para moradias. Desta forma, não foi notado sinais de erosão laminar passiveis de diagnóstico, devido a cobertura do solo por asfalto.

Diagnóstico de erosão: Nota 1

A Microbacia do entorno da Lagoa de Araruama tem situação semelhante a de São Pedro. Situa-se em uma área fortemente edificada, dessa forma, não foi possível uma avaliação mais acurada da erosão laminar, pois, boa parte dos solos estava encobertos.

Nota de diagnóstico de erosão: Nota 1

APÊNDICE B - Dados brutos de solos

Este apêndice apresenta os dados brutos utilizados no presente estudo. O quadro 24, abaixo, caracteriza cada unidade de mapeamento de solo, descrevendo os principais tipos de solo e seu percentual de ocorrência dentro da unidade.

Quadro 24 - Legenda do mapa de solos da bacia Lagos - São João (continua).

Sigla	Solo 1	%	Solo 2	%	Solo 3	%	Solo 4	%
Sl	Salinas							
D2	Duna em processo de revegetação							
D1	Duna propriamente dita							
SGe	Planossolo Hidromórfico Distrófico flúvico solódico	30%	Planossolo Háplico Distrófico arênico solódico	20%	Planossolo Nátrico Sálico duripanico flúvico	20%	Gleissolo Háplico Ta Eutrófico salino solódico	20%
SXe	Planossolo Háplico Eutrófico solódico	30%	Planossolo Háplico Distrófico arênico solódico	20%	Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico	20%	Argissolo Amarelo Distrófico planossolico	20%
SGd	Planossolo Hidromórfico Distrófico flúvico	40%	Planossolo Háplico Distrófico típico	30%	Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico	20%		
SXd	Planossolo Háplico Distrófico típico	50%	Argissolo Amarelo Distrófico planossolico	40%				
GMa2	Gleissolo Melânico Aluminico hístico	70%	Gleissolo Melânico Aluminico típico	20%				
GMa1	Gleissolo Melânico Aluminico hístico	60%	Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico	30%				
GMe	Gleissolo Melânico Eutrófico salino	30%	Gleissolo Háplico Ta Eutrófico típico	20%	Gleissolo Háplico Ta Eutrófico típico	20%	Gleissolo Háplico Ta Eutrófico calcarico salino	20%
GXve2	Gleissolo Háplico Ta Eutrófico solódico	50%	Planossolo Hidromórfico Eutrófico flúvico solódico	40%				
GXve1	Gleissolo Háplico Ta Eutrófico solódico	65%	Gleissolo Melânico Eutrófico típico	25%				
GXbd2	Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico	60%	Gleissolo Melânico Aluminico típico	30%				
GXbd1	Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico	60%	Gleissolo Melânico Distrófico típico	25%				
RUbd	Neossolo flúvico Tb Distrófico gleico	40%	Neossolo flúvico Ta Distrófico gleico	25%	Gleissolo Háplico Tb Distoófico típico	20%		

RQo	Neossolo Quartzarênico Órtico típico	60%	Neossolo Quartzarênico Órtico gleico alico	30%				
ESo	Espodossolo Ferrocárbico Órtico arênico eutrico hiperEutrófico	65%	Neossolo Quartzarênico Órtico gleico	25%				
EKg3	Espodossolo Cárbico Hidromórfico arênico	65%	Neossolo Quartzarênico Hidromórfico espodico	25%				
EKg2	Espodossolo Cárbico Hidromórfico arênico	65%	Neossolo Quartzarênico Órtico gleico	20%				
EKg1	Espodossolo Cárbico Hidromórfico arênico alico	45%	Espodossolo Ferrocárbico Órtico arênico eutrico hipereutrófico	20%	Neossolo Quartzarênico Órtico gleico alico	20%		
RLd	Neossolo Litólico Distrófico típico	80%	Cambissolo Háplico Tb Distrófico leptico ou típico	20%				
CXvd4	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico	60%	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	20%	Latossolo Vermelho Distrófico típico	20%	Neossolo Litólico Distrófico típico	
CXvd3	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico	50%	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	30%	Latossolo Amarelo Distrófico típico	20%	Neossolo Litólico Distrófico típico	
CXvd2	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico	80%	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	20%	Neossolo Litólico Distrófico típico			
CXvd1	Cambissolo Háplico Ta Distrófico leptico solódicos	50%	Neossolo Regolítico Eutrófico chernossolico saprolíticos	30%				
LVA3	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	40%	Latossolo Amarelo Distrófico típico	30%	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	30%		
LVA2	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	40%	Latossolo Amarelo Distrófico típico	30%	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico	30%		
LVA1	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	40%	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico	40%	Latossolo Amarelo Distrófico câmbico ou típico	20%		
LAd5	Latossolo Amarelo Distrófico típico	50%	Argissolo Amarelo Distrófico latossolico	40%				
LAd4	Latossolo Amarelo Distrófico argissolico	35%	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissolico	25%	Argissolo Amarelo Distrófico latossolico	25%	Argissolo Amarelo Distrófico abruptico cambico	

LAd3	Latossolo Amarelo Distrófico típico	70%	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissolico	20%				
LAd2	Latossolo Amarelo Distrófico típico	70%	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissolico	20%				
LAd1	Latossolo Amarelo Distrófico típico	40%	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissolico	25%	Argissolo Amarelo Distrófico latossolico	25%		
PVA3	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico ou abruptico	50%	Argissolo Amarelo Distrófico típico ou abruptico	45%				
PVA2	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico ou abruptico	50%	Argissolo Amarelo Distrófico cambico ou típico	45%				
PVA1	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico ou Abruptico	30%	Argissolo Amarelo Distrófico típico	25%	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	20%	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico	20%
PVe7	Argissolo Vermelho Eutrófico abruptico solódico	25%	Luvissolo Cromico Órtico leptico solódico	20%	Nitossolo Háplico Eutrófico argissolico saprolítico	20%	Neossolo Regolítico Eutrófico chernossolico leptico	20%
PVe6	Argissolo Vermelho Eutrófico típico	40%	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico cambico	30%	Cambissolo Hßplico Tb Distrófico argissólico saprolítico	20%		
PVe5	Argissolo Vermelho Eutrófico típico	40%	Argissolo Vermelho Eutrófico abruptico	25%	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico	25%		
PVe4	Argissolo Vermelho Eutrófico típico	65%	Luvissolo Cromico Órtico leptico solódico	25%				
PVe3	Argissolo Vermelho Eutrófico típico	25%	Argissolo Vermelho Distrófico típico	20%	Argissolo Vermelho Eutrófico abruptico saprolítico solódico	20%	Luvissolo Cromico Órtico típico	20%
PVe2	Argissolo Vermelho Eutrófico típico	35%	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico cambico	25%	Cambissolo Háplico Distrófico argissolico saprolítico	25%		
PVe1	Argissolo Vermelho Eutrófico típico	60%	Argissolo Vermelho Eutrófico cambico	30%				
PAd10	Argissolo Amarelo Distrófico latossolico	40%	Latossolo Amarelo Distrófico típico	30%	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico	20%		
PAd9	Argissolo Amarelo Distrófico típico	40%	Argissolo Amarelo Distrófico latossolico	25%	Argissolo Amarelo Distrófico abruptico	20%		
PAd8	Argissolo Amarelo Distrófico típico	35%	Argissolo Amarelo Distrófico cambico	25%	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico	25%		

PAd7	Argissolo Amarelo Distrófico típico	60%	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico	30%				
PAd6	Argissolo Amarelo Distrófico típico	40%	Argissolo Amarelo Distrófico abruptico	20%	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico	20%	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico	15%
PAd5	Argissolo Amarelo Distrófico planossolico	50%	Planossolo Háplico Distrófico típico	40%				
PAd4	Argissolo Amarelo Distrófico típico	30%	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	25%	Latossolo Amarelo Distrófico cambico	25%		
PAd3	Argissolo Amarelo Distrófico típico	35%	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossolico	25%	Latossolo Amarelo Distrófico argissolico	25%		
PAd2	Argissolo Amarelo Distrófico típico	35%	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossolico	25%	Latossolo Amarelo Distrófico argissolico	25%		
PAd1	Argissolo Amarelo Distrófico típico	35%	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossolico	30%	Latossolo Amarelo Distrófico argissolico	25%		

Fonte: Adaptado de Lumbreras et al., 2001.

A descrição resumida dos perfis de solos utilizados nas análises de solo e erodibilidade do presente estudo é importante para que o leitor possa ter acesso aos dados brutos utilizados na equação de erodibilidade. A seguir serão aprrsentados os perfis de solos analisados e sua numeração.

Descrição geral dos perfis de solos.

Perfil n˚: 2

Data de coleta: 30/10/98

Classificação: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO

Unidade de mapeamento: PAD 4

Coordenadas:22°36’26”S e 42°28’33”WGr.

Descrição morfológica

A 0-17cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); franco-arenosa; fraca média granular e pequena blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

AB 17-29cm, bruno-amarelado (10YR 5/4); franco-argiloarenosa; fraca média e pequena blocos subangulares; muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

2BA 29-56cm, bruno-amarelado (9YR 5/6); franco-argiloarenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

2Bt1 56-90cm, vermelho-amarelado (5YR 5/6); argiloarenosa; moderada média e pequena blocos subangulares e angulares; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

2Bt2 90-125cm+, vermelho-amarelado (5YR 5/8); argila; moderada média e pequena blocos subangulares e angulares; friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Raízes: Muitas finas, comuns médias e poucas grossas no A; comuns finas e poucas médias no AB; poucas finas e raras médias no 2BA; poucas finas no 2Bt1; raras finas no 2Bt2.

Observações: muitos poros médios e grandes no A, muitos poros pequenos e comuns médiosno AB, muitos poros muito pequenos e pequenos e comuns médios no 2BA,poros comuns pequenos e muito pequenos nos demais horizontes;

Quadro 25 – Composição granulométrica do perfil 2.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A	0-17	599	97	122	182	0,67
AB	29	556	95	127	222	0,57
2BA	56	462	75	118	345	0,34
2Bt1	90	403	51	77	469	0,16
2Bt2	125	353	51	106	490	0,22

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 5

Data de coleta: 29/10/98

Classificação: NEOSSOLO FLÚVICO

Unidade de mapeamento: RUbd

Coordenadas: 22°32’12”S e 42°24’33”WGr

Descrição morfológica

Ap 0-9cm, bruno (10YR 4/3); franco-argilosa; fraca a moderada pequena e média granular; friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

CA 9-27 cm, bruno-oliváceo-claro (2,5Y 5/4), mosqueado pouco pequeno e difuso bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); franca; fraca a moderada média blocos subangulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

2C1 27-39cm, bruno-oliváceo (2,5Y 4/4), mosqueado pouco pequeno e difuso brunoamarelado-escuro (10YR 4/6); franco-arenosa; fraca média blocos subangulares; muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

3C2 39-48cm, bruno-oliváceo-claro (2,5Y 5/4), mosqueado pouco pequeno e difuso bruno-oliváceo (1,5Y 4/4); areia-franca; fraca pequena média blocos subangulares; friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.

4C3 48-80cm, bruno-oliváceo (2,5Y 4/3); franco-arenosa (micácea); grãos simples com aspecto de maciça; solta e não plástica.

Raízes: muitas finas e poucas médias no Ap, comuns finas no CA, poucas finas no 2C1 e 3C2 e raras finas no 4C3.

Observações: lençol freático a partir de 80cm de profundidade.

Quadro 26 - Composição granulométrica do perfil 5.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
Ap	0-9	54	233	424	289	1,47
CA	27	54	345	333	268	1,24
AC1	39	69	576	233	122	1,91
2C2	48	290	511	138	61	2,26
4C3	80	51	519	288	142	2,03

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 8

Data de coleta: 28/10/98

Classificação: GLEISSOLO HÁPLICO

Unidade de mapeamento: GXbd1

Coordenadas: 22°36’18”S e 42°22’48” WGr.

Descrição morfológica

Ap1 0-9cm, bruno-acinzentado-escuro (2,5Y 4/2, úmido); franco-arenosa; fraca média blocos subangulares; friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

A2 9-25 cm, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2, úmido); franco-arenosa; fraca média blocos subangulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Cg1 25-62cm, coloração variegada, composta de cinzento-oliváceo-claro (5Y 6/2, úmido) e amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido); franco-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Cg2 62-110cm, cinzento-oliváceo-claro (5Y 6/2, úmido), mosqueado abundante médio e grande proeminente bruno-forte (7,5YR 5/8); franca; fraca pequena e média blocos subangulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

2Cg3 110-150cm+, coloração variegada, composta de cinzento (2,5Y 6/1, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); argila.

Raízes: comuns finas no Ap1 e A2 e raras no Cg1 e Cg2.

Observações: entre 13 e 25cm existe horizonte transicional AC, que foi coletado junto com o A2; área recém-arada, com material em decomposição nos horizontes Ap1 e A2.

Quadro 27 - Composição granulométrica do perfil 8.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
Ap1	0-9	407	200	231	162	1,43
A2	25	464	190	205	141	1,45
Cg1	62	434	184	221	161	1,37
Cg2	110	303	145	350	202	1,73
2Cg3	150	279	138	175	408	0,43

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 12

Data de coleta: 27/10/98

Classificação: LATOSSOLO AMARELO

Unidade de mapeamento:LAd3

Coordenadas: 22°33’04”S e 42°17’05”WGr.

Descrição morfológica

A 0-10cm, bruno (10YR 4/3); franco-argiloarenosa; moderada pequena e média granular muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB 10-16cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); argiloarenosa; fraca pequena blocos subangulares e moderada pequena e média granular; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

BA 16-35cm, bruno-forte (7,5YR 4/6); argiloarenosa; fraca pequena e média blocos subangulares e forte pequena e muito pequena granular; friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bw1 35-65cm, bruno-forte (7,5YR 4/6); argila; fraca pequena e média blocos subangulares e forte pequena e muito pequena granular; muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bw2 65-100cm, bruno-forte (6,5YR 5/6); argila; forte pequena e muito pequena granular e fraca pequena blocos subangulares; muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bw3 100-150cm, vermelho-amarelado (6YR 5/6); argila; forte pequena e muito pequena granular; muito friável, plástica e pegajosa.

Bw4 150-210cm, vermelho-amarelado (6YR 5/6); argila; plástica e pegajosa.

Bw5 210-290cm, vermelho-amarelado (6YR 5/6); argila; plástica e pegajosa.

Raízes: muitas finas, comuns médias e poucas grossas no A; comuns finas e médias e poucas grossas no AB; comuns finas, poucas médias e poucas grossas no BA e Bw1; raras médias no Bw2 e Bw3.

Observações: muitos poros muito pequenos e pequenos e comuns médios e grandes ao longodo perfil; entre 150 e 210cm aparecem fragmentos de rocha; presença de bolsões de atividade biológica (cupins, formigas e buracos de tatu).

Quadro 28 - Composição granulométrica do perfil 12.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A	0-10	510	65	120	305	0,39
AB	16	432	79	82	407	0,2
BA	35	423	71	77	429	0,18
Bw1	65	356	66	57	512	0,11
Bw2	100	372	63	56	509	0,11
Bw3	150	336	63	79	522	0,15

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 19

Data de coleta: 24/09/91

Classificação: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO

Unidade de mapeamento:LAd3

Coordenadas: 22º38'10"S e 42º23'45"WGr

Descrição morfológica:

A 0-10cm, bruno-avermelhado (5YR 4/5, úmido); argila; moderada pequena e grande granular.

Bw 40-80cm, vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); argila; fraca média a grande blocos subangulares e angulares; cerosidade pouca e fraca.

Observações: o solo é intermediário para Argissolo Vermelho-Amarelo, sendo as transições difusas entre os subhorizontes do B; o perfil tem mais de 2 metros de espessura.

Quadro 29 - Composição granulométrica do perfil 19.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A	0-10	380	90	100	430	0,23
Bw	40-80	260	70	70	600	0,12

Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 32

Data de coleta: 26/10/88

Classificação: ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO

Unidade de mapeamento: GMe

Coordenadas: 22º35'09"S e 42º04'43"WGr.

Descrição morfológica

Hd 110-60cm, preto (N 2/, úmido); franca; muck.

Hoj 60-0cm, preto (5YR 2,5/1, úmido); peat.

Cg 0-10cm+, cinzento (7,5 YR 5/1, úmido); areia-franca.

Observação: água a 60cm de profundidade.

Perfil n˚: 37

Data de coleta: 26/10/98

Classificação: ARGISSOLO VERMELHO

Unidade de mapeamento: PVe1

Coordenadas: 22°31’20”S e 42°01’45”WGr.

Descrição morfológica

A 0-12cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2); franco-argiloarenosa; moderada pequena e média granular e blocos subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BA 12-32cm, bruno-avermelhado (2,5YR 4/4); argila; moderada pequena e média blocos subangulares e angulares; cerosidade pouca e fraca; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Bt1 32-68cm, vermelho (2,5YR 5/6); muito argilosa; moderada a forte pequena e média blocos subangulares e angulares; cerosidade comum e moderada; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa.

Bt2 68-127cm, vermelho (2,5YR 4/6); muito argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares e angulares; cerosidade comum e moderada; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa.

Bt3 127-160cm, vermelho (2,5YR 4/6); muito argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares e angulares; cerosidade comum e moderada; friável, muito plástica e muito pegajosa.

tradagem

160-200cm, idem ao anterior.

Bt4 200-280cm, vermelho (2,5YR 4/8); muito argilosa; muito plástica e muito pegajosa.

BC 280-300cm+, vermelho (10R 4/6); argila; plástica e pegajosa.

Raízes: comuns finas nos horizontes A, BA, Bt1 e Bt2 e poucas finas no Bt3.

Observações: poros muito pequenos e médios nos horizontes A, BA e Bt1 e poros pequenos emuitos pequenos no restante do perfil; muito pouca rochosidade nas proximidades; muita atividade biológica ao longo do perfil.

Quadro 30 - Composição granulométrica do perfil 37.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A	0 - 12	337	116	241	306	0,79
BA	32	284	112	155	449	0,35
Bt1	68	164	68	90	678	0,13
Bt2	127	134	53	92	721	0,13
Bt3	160	113	49	97	741	0,13

Lumbreras et al., 2001..

Perfil n˚: 50

Data de coleta: 23/04/1987

Classificação: ARGISSOLO AMARELO

Unidade de mapeamento: PAd9

Coordenadas: 22º40’00”S e 42º05´10”WGr

Descrição morfológica

Ap 0-20cm, bruno (10YR 5/3, úmido e úmido amassado) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco e seco triturado); franco-arenosa; moderada pequena e média granular e grãos simples; ligeiramente dura, solta, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB 20-40cm, bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, úmido e úmido amassado) e brunoclaro-acinzentado (10YR 6/3, seco e seco triturado); franco-argiloarenosa; fraca pequena a média granular e grãos simples; dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BA 40-80cm, bruno-amarelado (9YR 5/8); argila; moderada pequena a média blocos subangulares e angulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa.

Bt1 80-135cm, amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8); argila; moderada pequena a média blocos subangulares e angulares; cerosidade comum e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa.

Bt2 135-160cm+, bruno-forte (7,5YR 5/8); muito argilosa; moderada pequena a média blocos subangulares e angulares; cerosidade comum e moderada; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa.

Raízes: comuns no horizonte Ap, poucas no horizonte AB, raras no horizonte BA, com diâmetro variando de 0,5mm a 0,5cm, e ausentes no horizonte Bt1 e Bt2.

Observações: ocorrência de murundus (formiga e cupim), aproximadamente 30 cupinzeirospor hectare, com 1,5m de altura e 3m de diâmetro; muitos poros, muito pequenos e pequenos, comuns médios e poucos grandesnos horizontes Ap, AB e BA; poros comuns, muito pequenos e pequenos epoucos poros médios e grandes nos demais horizontes.

Quadro 31 - Composição granulométrica do perfil 50.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
Ap	0-20	590	170	80	160	0,5
AB	40	450	131	120	240	0,5
BA	80	270	120	80	530	0,15
Bt1	135	240	90	80	590	0,14
Bt2	160	240	80	70	610	0,11

Lumbreras et al., 2001.

Perfil n°: 53

Data de coleta: 30/06/87

Classificação: ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO

Unidade de mapeamento: EKg1

Coordenadas: 22º39´51”S e 42º01´27”WGr

Descrição morfológica

A1 0-10cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido), bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido amassado) e cinzento muito escuro (10YR 2,5/1, seco); areia; moderada muito pequena e pequena granular e grãos simples; solta, macia, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

A2 10-40cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido e úmido amassado); areia; grãos simples não coerentes; solta, macia, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e clara (35-45cm).

E 40-65cm, bruno-acinzentado-claro (10YR 6/2,5); areia; grãos simples não coerentes; solta, macia, não plástica e não pegajosa; transição plana e abrupta.

Bhs 65-110cm, coloração variegada, composta de bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6) e bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4); areia-franca; maciça coesa que se desfaz em grãos simples; ligeiramente dura e dura, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e abrupta.

C 110-140cm+, bruno-acinzentado (10YR 5/2); areia; maciça muito pouco coesa que se desfaz em grãos simples; macia, macia, não plástica e não pegajosa.

Raízes: abundantes no A1, muitas no A2, poucas no E e Bhs e raras no C, com diâmetro de 0,1 a 1mm.

Observações: ocorrência no Bs, em apenas um canto da trincheira, de conchas marinhas emavançado estádio de decomposição, formando carbonatos (idem ao perfilCampos Novos 2); lençol freático a 1,70m de profundidade.

Quadro 32 - Composição granulométrica do perfil 53.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A1	0-10	830	90	40	40	1
A2	40	860	110	10	20	0,5
E	65	880	90	20	10	2
Bhs	110	850	80	30	40	0,75
C	140	840	110	20	30	0,67

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n°: 56

Data de coleta: 34/06/87

Classificação: GLEISSOLO MELÂNICO

Unidade de mapeamento: GMe

Coordenadas: 22º40´50”S e 42º03´20”WGr

Descrição morfológica

Ap 0-25cm, preto (N 2/); muito argilosa; plástica e pegajosa.

Cgz1 25-40cm, cinzento-oliváceo (5Y 5/2), mosqueado comum pequeno a médio e difuso cinzento (N 5/) e comum pequeno a médio proeminente amarelo-oliváceo (2,5Y 6/8); muito argilosa; plástica e muito pegajosa.

Cgz2 40-80cm, coloração variegada, composta de cinzento (N 6/), amarelo (2,5Y 7/6) e amarelo-brunado (10YR 6/6); muito argilosa; plástica e muito pegajosa.

Observações: coletado com trado;água acima da superfície, na maior parte da área.

Quadro 33 - Composição granulométrica do perfil 56.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
Ap	0-25	10	30	330	630	0,52
Cgz1	40	10	10	120	860	0,14
Cgz2	80	10	10	50	930	0,05

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 58

Data de coleta: 29/03/98

Classificação: GLEISSOLO TIOMÓRFICO

Unidade de mapeamento: GMe

Coordenadas: 22º43’50”S e 42º02’17”WGr

Descrição morfológica

Hdz 10-0cm, preto (N 2/); franco-argilosa; fraca pequena a média granular; dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e abrupta.

Az 0-25cm, preto (N 2/, úmido) e cinzento muito escuro (N 3/, seco); mosqueado abundante médio e distinto vermelho-amarelado (5YR 4/8); muito argilosa; moderada grande prismática; extremamente dura, extremamente firme, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e clara.

ACgz 25-45cm, cinzento-escuro (N 4,5/, úmido) e cinzento (N 5/, seco), mosqueado comum médio e distinto vermelho-escuro (2,5YR 3/6) e vermelho-amarelado (5YR 4/8); muito argilosa; moderada grande prismática composta de moderada pequena a grandes blocos angulares e subangulares; extremamente dura,extremamente firme, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Cgjz1 45-80cm, cinzento (10YR 5,5/1), mosqueado comum médio e distinto vermelhoamarelado (5YR 5/8) e bruno-amarelado (10YR 5/8), e quando oxidado a cor do fundo passa a amarelo-avermelhado (5YR 6,5/1); muito argilosa; moderada grande prismática composta de moderada pequena a grande blocos angulares e subangulares; muito plástica e muito pegajosa; transição plana e clara.

Cgjz2 80-115cm, cinzento-escuro (5Y 4/1), mosqueado comum médio e proeminente bruno-escuro (7,5 YR 4/4); muito argilosa; muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Cgzn 115-140cm+, cinzento-escuro (5Y 3,5/1); muito argilosa; muito plástica e muito pegajosa.

Raízes: abundantes no Hdz, muitas no Az, ACgz e Cgjz1 e comuns no Cgjz2, sendo que muitas em estado de decomposição;

Observações: os mosqueados que ocorrem no perfil são, na quase totalidade, verticais eprovenientes da oxidação causada pela penetração das raízes.

Quadro 34 - Composição granulométrica do perfil 58.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
Hdz	10-0	10	20	290	680	0,43
Az	25	10	10	200	780	0,26
Acgz	45	10	10	100	880	0,11
Cgiz1	80	10	10	90	890	0,1
Cgzn	115	10	10	280	700	0,4

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 67

Data de coleta: 29/03/98

Classificação: ESPODOSSOLO CÁRBICO

Unidade de mapeamento: EKg1

Coordenadas: 22º34’05”S e 41º59’05”WGr

Descrição morfológica

A1 0-20cm, preto (N 2/, úmido), cinzento muito escuro (N 3/, úmido amassado) e cinzento (N 5/, seco e seco triturado); areia; fraca muito pequena a pequena granular; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

A2 20-30cm, cinzento-escuro (N 4,5/, úmido), cinzento muito escuro (N 3,5/, úmido amassado) e cinzento (N 5,5/, seco e seco triturado); areia; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição descontínua e clara.

E 30-60cm, cinzento (10YR 5/1, úmido e úmido amassado) e branco (10YR 7,5/1, seco e seco triturado); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição descontínua e abrupta.

Bh1 60-125cm, preto (N 2/); areia; maciça; muito dura, firme e muito firme, quebradiça, não plástica e não pegajosa; fracamente cimentada; transição plana e gradual.

Bh2 125-180cm+, vermelho muito escuro (2,5YR 2/2); areia; maciça; muito dura, firme e muito firme, quebradiça, não plástica e não pegajosa; fracamente cimentada.

Observações: trincheira de 180cm de profundidade; raízes abundantes no A1, poucas no A2 e raras no E;o horizonte Bh1 apresenta algumas manchas de material da cor do horizonteBh2, bem como alguns bolsões de material semelhante ao horizonte E.

Quadro 35 - Composição granulométrica do perfil 67.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A1	0-20	670	270	40	20	2
A2	30	650	320	20	10	2
E	60	660	420	20	10	2
Bh1	125	440	480	50	30	1,67
Bh2	180	420	520	30	30	1

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 83

Data de coleta: 04/11/98

Classificação: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

Unidade de mapeamento: RQo

Coordenadas: 22º56’20”S e 42º14’20”WGr

Descrição morfológica

A 0-11cm, cinzento-escuro (10YR 4/1); areia; grãos simples e fraca pequena granular; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.

C1 11-58cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e difusa.

C2 58-115cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e difusa.

C3 115-150cm, cinzento-rosado (7,5YR 6/2); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa.

C4 150-270cm, cinzento-brunado-claro (10YR 6/2); areia; não plástica e não pegajosa.

Raízes: abundantes finas e médias ao longo do perfil.

Observações: muitos poros muito pequenos e médios ao longo do perfil; tradagem a partir de 150cm até 270cm de profundidade; vegetação de baixo porte, com presença de muitas cactáceas.

Quadro 36 - Composição granulométrica do perfil 83.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A	0-11	901	6	73	20	3,65
C1	58	900	6	74	20	3,7
C2	115	900	6	74	20	3,7
C3	150	900	6	74	20	3,7

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 94

Data de coleta: 30/05/89

Classificação: PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO

Unidade de mapeamento: SGe

Coordenadas: 22º48’50”S e 42º06’50”WGr

Descrição morfológica

A 0-10cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) e bruno-claroacinzentado (10YR 3/3, seco); franco-arenosa; fraca pequena a média granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.

2Btng 15-50cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido), mosqueado pouco pequeno e proeminente bruno-forte (7,5YR 5/8); franco-argiloarenosa; moderada média a grande prismática composta de forte média a grande blocos angulares; muito dura, muito firme, plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

2BCn 50-70cm, coloração variegada, composta de cinzento-oliváceo, bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); franco-argiloarenosa.

3Cn 80-120cm, franco-arenosa.

Quadro 37 - Composição granulométrica do perfil 94.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A	0-10	370	230	250	150	1,67
2Btng	15-50	340	160	160	340	0,47
3Cn	80-120	350	250	250	150	1,67

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 96

Data de coleta: 30/03/78

Classificação: GLEISSOLO SÁLICO

Unidade de mapeamento: SGe

Coordenadas: 22º50’S e 42º05’WGr

Descrição morfológica

Crosta 1-0cm, crosta de eflorescências, textura arenosa com cristalização de sais.

Azn1 0-20cm, cinzento muito escuro (10YR 3,5/1, úmido e úmido amassado); francoarenosa; fraca muito pequena a pequena granular; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

2Azn2 20-28cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido e úmido amassado); francoarenosa; maciça muito pouco coerente; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

3Cgzn1 28-46cm, coloração variegada, composta de cinzento (10YR 4,5/1), cinzentoescuro (10YR 4/1), bruno-amarelado (10YR 5/4) e amarelo-brunado (10YR 6/6); franco-argiloarenosa; superfícies de fricção; plástica e pegajosa; transição plana e clara.

4Cgzn2 46-70cm, cinzento (N 4,5/), mosqueado abundante médio a grande e distinto bruno-amarelado (10YR 5/8); argiloarenosa; superfícies de fricção; muito plástica e muito pegajosa; transição plana e clara.

5Cgzn3 70-100cm, cinzento (N 5,5/), mosqueado pouco médio a grande e proeminente bruno-forte (7,5YR 5/8) e amarelo-brunado (10YR 6/8); argiloarenosa; superfícies de fricção; muito plástica e muito pegajosa; transição ondulada e abrupta (15-45cm).

6Cgzn4 100-175cm+, coloração variegada, composta de bruno-acinzentado (2,5Y 5/2), amarelo-claro-acinzentado (2,5Y 7/4), cinzento (N 5,5/) e bruno-amareladoescuro (10YR 4/4); franco-argiloarenosa; plástica e pegajosa.

Raízes: raízes comuns no Azn1 e 2Azn2, poucas no 3Cgzn1 e raras no 4Cgzn2.

Observações: ocorrência de línguas escuras no 3Cgzn1, provenientes do horizonte 2Azn2;não foi possível a verificação da estrutura de vários horizontes, em virtude doperfil se apresentar com alto teor de umidade.

Quadro 38 - Composição granulométrica do perfil 96.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
crosta	1-0	700	260	20	20	
Azn1	0-20	410	290	220	80	2,75
2Azn2	28	550	160	130	160	0,81
3Cgzn1	46	470	120	130	280	0,46
4Cgzn2	70	360	100	110	430	0,26
5Cgzn3	100	350	140	150	360	0,42
6Cgzn4	175	420	170	120	290	0,41

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 98

Data de coleta: 31/03/78

Classificação: PLANOSSOLO NÁTRICO

Unidade de mapeamento: SGe

Coordenadas: 22º49’55”S e 42º04’45”WGr.

Descrição morfológica

Ap 0-20cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido), cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido amassado) e cinzento (10YR 4,5/1, seco e seco triturado); areia-franca; fraca muito pequena a pequena granular; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

E 20-28cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido), bruno-acinzentadoescuro (10YR 3,5/2, úmido amassado) e cinzento-claro (10YR 7/1, seco e seco triturado); areia-franca; maciça; ligeiramente dura, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e abrupta. (4 - 12 cm)

2Bt 28-58cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); franco-argiloarenosa; forte grande colunar composta de moderada média a grande blocos angulares, sendo maciça no topo das colunas; extremamente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa; transição ondulada e clara. (22 - 36 cm).

2Btznm 58-100cm, bruno-amarelado (10YR 5,5/8), mosqueado comum médio e distinto bruno-amarelado-escuro (9YR 4/4); franco-argiloarenosa; moderada média a grande prismática composta de moderada média a grande blocos angulares; extremamente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

3Cznm 100-125cm+, bruno-amarelado-claro (10YR 5,5/4), mosqueado pouco médio e distinto bruno-amarelado-escuro (9YR 4/4); franco-arenosa; maciça; extremamente dura, extremamente firme, plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes: abundantes no Ap e E e raras no 2Bt.

Observações: solo intermediário, na classificação anterior, para Solonchak;revestimentos siltosos de forma reticular e pontuações esbranquiçadas nas superfícies das fendas do 2Btznm e 3Cznm.

Quadro 39 - Composição granulométrica do perfil 98.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
Ap	0-20	510	220	210	60	3,5
E	28	490	260	190	60	3,17
2Bt	58	390	150	170	290	0,59
2Btznm	100	440	120	170	270	0,63
4Cznm	125	540	160	150	150	1

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 101

Data de coleta: 29/05/89

Classificação: PLANOSSOLO HÁPLICO

Unidade de mapeamento: SXe

Coordenadas: 22º49'03"S e 42º03'05"WGr.

Descrição morfológica

A 0-20cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); franco-arenosa; fraca pequena a média granular e grãos simples; solta, macia, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

E 20-70cm, cinzento-claro (10YR 6/1, úmido); franco-arenosa; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e abrupta.

2Btng 70-110cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido), mosqueado comum pequeno vermelho (2,5YR 4/6); argila.

2C 110-190cm+.

Observações: os horizontes A e E foram coletados em conjunto;a ocorrência de plintita é esporádica nestes solos.

Quadro 40 - Composição granulométrica do perfil 101.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A+E	0-70	500	270	120	110	1,09
2Btng	110	500	100	100	500	0,2

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 103

Data de coleta: 29/05/89

Classificação: NEOSSOLO REGOLÍTICO

Unidade de mapeamento: PVe7

Coordenadas: 22º52’05”S e 42º01’05”WGr

Descrição morfológica

A 0-45cm, bruno muito escuro (10YR 2,5/2, úmido), bruno-escuro (10YR 3/3, úmido amassado), bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seco) e bruno (10YR 4/3, seco triturado); franco-argilosa; moderada pequena a média granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

C 45-70cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); franco-argiloarenosa; moderada pequena a grande blocos subangulares;

R/Cr 70-200cm+, rocha básica (diabásio) alterada, de cor castanho-esverdeada; estrutura maciça e granulometria fina.

Observações: coletado em dia chuvoso e nublado; presença de muitos minerais primários no horizonte C.

Quadro 41 - Composição granulométrica do perfil 103.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A	0-45	230	170	230	370	0,62
C	70	350	160	230	260	0,88

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 109

Data de coleta: 27/05/89

Classificação: NITOSSOLO HÁPLICO

Unidade de mapeamento: PVe7

Coordenadas: 22º51'20"S e 42º00'40”WGr

Descrição morfológica

Ap 0-10cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido) e bruno-escuro (6YR 4/4, úmido amassado); franco-argiloarenosa pouco cascalhenta.

Bt 20-60cm, vermelho (3,5YR 3,5/6, úmido); argiloarenosa pouco cascalhenta; moderada pequena a média blocos angulares e subangulares; cerosidade comum e moderada.

C 70-160cm+.

Observações: na área ocorrem solos com horizonte A chernozêmico (vide perfil 107);presença de minerais primários, provenientes de gnaisse semi-alterado subjacente; ocorrem solos cascalhentos;o solo parece influenciado por rocha básica, principalmente nas áreas cascalhentas.

Quadro 42 - Composição granulométrica do perfil 109.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
Ap	0-10	380	190	180	250	0,72
Bt	20-60	320	160	140	380	0,37

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 110

Data de coleta: 28/10/98

Classificação: LUVISSOLO CRÔMICO

Unidade de mapeamento: PVe7

Coordenadas: 22º51’05”S e 42º00’40”WGr.

Descrição morfológica

A 0-17cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); franco-argiloarenosa; moderada pequena a grande granular e blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, lástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt 17-42cm, vermelho-escuro (2,5YR 3/6); argila; moderada a média blocos subangulares e angulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

BCn 42-70cm, bruno-avermelhado (2,5YR 4/4); franco-argiloarenosa; fraca média blocos angulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição ondulada e clara (21-36cm).

R 70-150cm, rocha gnáissica.

Raízes: comuns finas no A, poucas finas no Bt e raras finas no BC.

Observações: muitos poros pequenos no A, muitos pequenos e muito pequenos no Bt ecomuns poros muito pequenos no BCn;muitos diques de diabásio nas proximidades.

Quadro 43 - Composição granulométrica do perfil 110.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A2	0-17	331	170	253	246	1,03
Bt	42	280	117	142	461	0,31
BCn	70	437	130	123	310	0,4

Fonte: Lumbreras et al., 2001.

Perfil n˚: 114

Data de coleta: 28/10/98

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO

Unidade de mapeamento: CXvd

Coordenadas: 22º58’55”S e 42º00’35”WGr

Descrição morfológica

A 0-25cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2); franco-arenosa; muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Bi 25-60cm, bruno-escuro (7,5YR 3/4); franco-argiloarenosa pouco cascalhenta; fraca pequena e média blocos angulares e subangulares; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

CB 60-78, bruno-escuro (10YR 3/3); franco-argiloarenosa pouco cascalhenta; maciça a fraca pequena blocos angulares; friável, muito plástica e pegajosa; transição ondulada e clara (6-30cm).

R 78-150cm+, gnaisse.

Raízes: muitas finas no A, comuns finas no Bi e poucas finas no CB.

Observações: muitos poros pequenos e médios no A, muitos pequenos no Bi e comuns porosequenos e muito pequenos no CB; comuns fragmentos de rocha no Bi e muitos no CB; poucos calhaus no A e Bi e comuns no CB.

Quadro 44 - Composição granulométrica do perfil 114.

Composição granulométrica g/kg						
Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
A	0-25	366	217	234	183	1,28
Bi	60	329	149	236	286	0,83
CB	78	384	151	158	158	0,51

Fonte: Lumbreras et al., 2001.