

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA INSTITUTO
DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**ANÁLISE DAS MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS NA LAGOA DA TIJUCA
E O PAPEL DA FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO**

SONIA MENA JARA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA (M. Sc).

ORIENTADORA: ANA LUIZA COELHO NETTO

UFRJ 2014

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANALISE DAS MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS NA LAGOA DA TIJUCA
E O PAPEL DA FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA (M. Sc).**

Aprovada em ___/___/_____ pela banca examinadora:

(Ana Luíza Coelho Netto - DEGEOG/IGEO/UFRJ)

(Paulo Pereira de Gusmão - DEGEOG/IGEO/UFRJ)

(Monica Bahia Schlee - Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro)

Rio de Janeiro, 2014

MENA, SONIA

ANALISE DAS MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS NA LAGOA DA TIJUCA E O PAPEL DA FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO

Rio de Janeiro, 2014. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / UFRJ 159p. DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA (M. Sc).

- 1- Faixa Marginal de Proteção
- 2- Mudanças uso e cobertura do solo
- 3- Assoreamento

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu esposo, Felipe, pelo apoio imenso durante todo o mestrado, por me aturar nos momentos de crise e comemorar nas horas de alegria. Fonte de inspiração e suporte emocional essencial ao longo deste processo.

À minha família no Chile, por acreditar em mim e me apoiar na concretização dos meus sonhos, sempre estiveram perto de mim me entregando carinho e força, mesmo estando longe fisicamente.

À minha família brasileira, pela compreensão das minhas rotinas eternas frente ao computador, pela ajuda e animo constante. Especialmente a Carmen e seus almoços que sempre trouxeram conselhos e valiosas experiências de vida.

À minha orientadora Ana Luiza Coelho Netto, por me fazer sentir confiante, me estimular, instigar e me inspirar durante todo o mestrado, pela sua entrega, muito além de uma orientadora e professora, se tornando uma pessoa inestimável e marcante na estrada da vida.

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Pesquisa GEOHECO, por ter me acolhido com muito carinho desde o início, pela troca de ideias, noção de crescimento em coletividade, fonte de apoio inesgotável e aprendizagem permanente, trazendo o melhor de mim e me fazendo crescer tanto pessoal quanto profissionalmente.

À professora Rita Montezuma da Universidade Federal Fluminense, por me fazer apaixonar pela Baixada de Jacarepaguá, pelas conversas estimulantes que fizeram crescer e dar forma a este projeto, pelo seu carinho espontâneo e amizade.

Ao Bruno Coutinho, pelo apoio técnico permanente, paciência admirável e enorme qualidade humana, me ajudando até os últimos momentos da entrega da dissertação.

Ao professor Jorge Xavier Da Silva pelos conselhos e por compartilhar sua valiosa experiência profissional na baixada de Jacarepaguá.

Aos professores Paulo Menezes do PPGG da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e David Zee do Departamento de Oceanografia Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pela disponibilização de material e boa disposição a ajudar nesta pesquisa.

Ao Brasileiro Vito Fico, SMAC, Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, pela boa disposição de ajudar e compartilhar o valioso material aerofotogramétrico que deu vida a esta pesquisa.

À banca de defesa da dissertação pelas contribuições inestimáveis a este trabalho, Mônica Bahia Schlee, da Prefeitura do rio de Janeiro e o professor Paulo Gusmão Pereira, professor do PPGG.

Á Ninon Machado (in memoriam) do Instituto de Pesquisas Avançadas em Economia e Meio Ambiente, por ser a primeira pessoa a me acolher profissionalmente na minha chegada ao Brasil.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro que me permitiu a realização deste mestrado.

RESUMO

A lagoa da Tijuca, forma parte de um complexo lagunar localizado numa ampla planície fluvio-marinha sob intenso processo da urbanização e sujeito às descargas dos sistemas fluviais que provem dos maciços costeiros adjacentes. Com o objetivo de determinar o papel e eficiência da Faixa Marginal de Proteção (FMP) como figura de resguardo dos sistemas lagunares, analisaram-se as transformações da paisagem que entre 1955-2010 geraram mudanças significativas no corpo lagunar através da análise do uso e cobertura do solo. Os resultados indicam que para uma faixa de 500 m largura entorno do sistema lagunar, houve uma redução de 48% das áreas de manguezal, restingas e brejos, associadas à ocupação urbana formal e informal na área. No entanto, na FMP da lagoa da Tijuca, registrou-se uma relativa conservação da cobertura vegetal às margens do sistema (faixa 30m), reduzindo um 8% no mesmo período. Associada à área da FMP detectou-se a redução da superfície do corpo lagunar pelo assoreamento em aproximadamente 22% (1 km²). A colmatação do corpo lagunar por sedimentos estaria fortemente relacionada com os deslizamentos de terra acontecidos no maciço da Tijuca em décadas passadas, especialmente os eventos de 1966-1967 e 1996, deflagrados pelas fortes precipitações que movimentaram material através dos canais de drenagem desde os maciços para os reservatórios. Da mesma forma, a análise de parâmetros de qualidade das águas da lagoa e na bacia do rio Cachoeira, contribuinte direto ao sistema lagunar, confirmam os altos níveis de poluição produto principalmente da recepção de esgoto sem tratamento tanto das áreas urbanas localizadas na baixada de Jacarepaguá quanto do maciço da Tijuca, agravando o estado ambiental atual. Assim, os níveis de degradação da lagoa da Tijuca levantam questionamentos em relação à eficiência da Faixa Marginal de Proteção na preservação da qualidade da água em sistemas lagunares e no controle de sedimentos.

ABSTRACT

The Tijuca lagoon is part of a complex of lagoons located in a wide fluvial-marine plain that is being heavily urbanized and is subject to fluvial discharge from river systems originating in the adjacent coastal massifs. An analysis of land use and land cover was done in order to determine the role and efficiency of the Riparian Protected Area (FMP by its acronym in Portuguese) as a protective barrier for the lake systems. These landscape modifications generated significant changes in the lake body between 1955 and 2010. The results indicate that for a 500 meter wide strip around the lake system, there was a 48% reduction of mangroves, salt marshes and swamps associated with the formal and informal urban settlements in the area. However, in the Riparian Protected Area of Tijuca lagoon, there was a relative conservation of vegetation cover on the margins of the system (30m strip), and the overall reduction was about 8% over the same period. Linked to the FMP area, a reduction of approximately 22% (1 km²) was detected in the lake surface area due to sedimentation. The clogging of the lake by sediment is closely related to the landslides that occurred in the Tijuca massif over the past decades, especially those of 1966-1967 and 1996, which were triggered by heavy rainfall that moved material through the drainage canals from the mountain to the reservoirs. Furthermore, water quality analysis of the lagoon and the Cachoeira river basin, direct contributor to the lagoon system, confirm the high pollution levels mainly related with the sewage contribution from urban areas located in the lowland of Jacarepaguá as in the Tijuca massif, deteriorating the current environmental status. Thus, the degradation levels of Lake Tijuca raise questions regarding the effectiveness of the FMP in preserving water quality in the lakes and in sediment control.

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO E OBJETIVOS_____ | 1 |
| 2. | EMBASAMENTO TEÓRICO_____ | 10 |
| 2.1 | Abordagem da ecologia da paisagem e conceitos-chave_____ | 10 |
| 2.2 | Funcionamento da vegetação riparia_____ | 13 |
| 2.3 | Legislação sobre as Áreas de Preservação Permanente no Brasil: Faixa Marginal de Proteção_____ | 16 |
| 2.3.1 | Cronologia no estabelecimento e demarcação da Faixa Marginal de Proteção_____ | 16 |
| 2.3.2 | Principais disposições do Código Florestal de 2012_____ | 20 |
| 3. | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO_____ | 22 |
| 3.1 | Transformações e ocupação da bacia de Jacarepaguá_____ | 22 |
| 3.2 | Sistemas biofísicos da bacia hidrográfica de Jacarepaguá_____ | 26 |
| 3.2.1 | Gênese do complexo lagunar de Jacarepaguá_____ | 26 |
| 3.2.2 | Ecossistemas da macrobacia de Jacarepaguá_____ | 32 |
| 3.2.3 | Monitoramento e qualidade das águas das lagoas e sistemas fluviais_____ | 36 |
| 3.3 | Dinâmica hidro-erosiva e processos de sedimentação das planícies_____ | 41 |
| 3.3.1 | Caracterização da bacia do rio Cachoeira_____ | 48 |
| 4 | METODOLOGIAS, MATERIAIS E MÉTODOS_____ | 52 |
| 4.1 | Mapeamentos da cobertura do uso do solo_____ | 54 |
| 4.1.1 | Aquisição das imagens e pré-processamento_____ | 54 |
| 4.1.2 | Uso e cobertura do solo entre os anos 1955 – 2010_____ | 56 |
| 4.1.3 | Caracterização da variação entre cada período de análise_____ | 58 |
| 4.1.4 | Caracterização e mudanças da Faixa Marginal de Proteção_____ | 62 |
| 4.2 | Análise da bacia do rio Cachoeira_____ | 63 |
| 4.2.1 | Análise da qualidade das águas_____ | 65 |
| 4.2.2 | Análise comportamento hidrológico_____ | 68 |
| 5. | RESULTADOS E DISCUSSÃO_____ | 69 |
| 5.1 | Análise multitemporal uso e cobertura do solo da lagoa da tijuca_____ | 69 |
| 5.1.1 | Cobertura e uso do solo em 1955_____ | 75 |
| 5.1.2 | Cobertura e uso do solo em 1975_____ | 77 |
| 5.1.3 | Cobertura e uso do solo em 1999_____ | 79 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 5.1.4 | Cobertura e uso do solo em 2010_____ | 80 |
| 5.2 | Principais tendências nas mudanças da cobertura e uso do solo_____ | 84 |
| 5.2.1 | Crescimento e consolidação das áreas urbanas formais e informais_____ | 91 |
| 5.2.2 | Incrementos e perdas da cobertura vegetal_____ | 92 |
| 5.2.3 | Redução do corpo lagunar e alteração da rede de drenagem_____ | 95 |
| 5.3 | comportamento da bacia do rio cachoeira e sua influência na lagoa da Tijuca _____ | 99 |
| 5.3.1 | Caracterizações da qualidade das águas_____ | 99 |
| 5.3.2 | Comportamentos fluvio-sedimentar bacia do rio Cachoeira_____ | 103 |
| 5.3.3 | Assoreamento da lagoa da Tijuca e mudanças na morfologia lagunar_____ | 110 |
| 5.4 | Análises da Faixa Marginal de Proteção lagoa da Tijuca_____ | 118 |
| 5.4.1 | Composição da Faixa Marginal de Proteção e assoreamento_____ | 119 |
| 5.4.2 | Faixa Marginal de Proteção na visão da paisagem_____ | 125 |
| 5.4.2.1 | Ocupação da Faixa Marginal de Proteção nos rios contribuintes à lagoa_ | 125 |
| 5.4.2.2 | Faixa Marginal de Proteção como corredor ecológico_____ | 127 |
| 5.4.3 | Fichas descritivas da Faixa Marginal de Proteção ano 2014_____ | 131 |
| 6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES_____ | 143 |
| 7 | BIBLIOGRAFIA_____ | 151 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Mapa da bacia de Jacarepaguá onde está inserida a área de estudo | 3 |
| Figura 2. Esquematisação dos principais marcos temporais da evolução urbana do Rio de Janeiro | 4 |
| Figura 3. Esquema indicando o perfil transversal de um rio e seus componentes | 14 |
| Figura 4. Expressa os modos de vida e fisionomia da paisagem no entorno das lagoas | 24 |
| Figura 5. Representa o estágio IV, fase de desenvolvimento atual das lagoas | 28 |
| Figura 6. Mapa sobre os tipos de terrenos na Baixada de Jacarepaguá | 28 |
| Figura 7. Perfil do solo numa seção Transversal Rio das Pedras transversal | 31 |
| Figura 8. Perfil esquemático com a disposição das lentes aquíferas | 32 |
| Figura 9. Ilustrações sobre a fauna que habitava a Baixada de Jacarepaguá na década dos 30' | 35 |
| Figura 10. Localização das estações de amostragem do INEA no complexo lagunar de Jacarepaguá | 37 |
| Figura 11. Localização e distribuição das estações de coleta nos rios contribuintes a bacia de Jacarepaguá | 40 |
| Figura 12. Delimitação das bacias de Jacarepaguá, indicando o sistema de rios e canais principais que drena em direção à baixada | 43 |
| Figura 13. Esquema dos principais rios e canais contribuintes à lagoa da Tijuca | 44 |
| Figura 14. Mapa que representa mensurações batimétricas da lagoa da Tijuca | 46 |
| Figura 15. Representa as áreas que seriam afetadas com um eventual aumento do nível do mar entre 0 e 2 metros | 47 |
| Figura 16.- Localização e delimitação da bacia hidrográfica do rio Cachoeira | 49 |
| Figura 17. Ilustração que representa a cicatriz de deslizamento do evento ocorrido em Furnas de Tijuca, ano 1966 | 50 |
| Figura 18. Delimitação e localização espacial dos recortes analisados nesta pesquisa | 52 |
| Figura 19. Diagrama explicativo da sequência metodológica utilizada na pesquisa | 53 |
| Figura 20. Mapa de uso e cobertura da solo bacia do rio Cachoeira | 64 |
| Figura 21. Variação temporal superfície de uso e cobertura do solo para cada ano analisado | 70 |
| Figura 22. Uso e cobertura do solo 1955 | 71 |
| Figura 23. Uso e cobertura do solo 1975 | 72 |
| Figura 24. Uso e cobertura do solo 1999 | 73 |
| Figura 25. Uso e cobertura do solo 2010 | 74 |
| Figura 26.- Mosaico de fotografias áreas da área da península | 76 |
| Figura 27. Seção do mosaico de fotografias aéreas de 1975 | 78 |
| Figura 28. Extensas áreas de solo exposto nas imediações das construções formais | 81 |
| Figura 29. Empreendimento a ser instalado na beira da lagoa da Tijuca, Península 2 | 83 |
| Figura 30. Cálculo das variações em superfície que mudaram nos três períodos de estudo | 85 |
| Figura 31. Taxa anual das transformações registradas no uso e cobertura do solo das categorias associadas ao processo de urbanização | 86 |
| Figura 32. Taxa anual das transformações registradas no uso e cobertura do solo das categorias associadas ao processo de urbanização | 86 |
| Figura 33. Variação de uso e cobertura do solo 1955-1975 | 87 |
| Figura 34. Variação de uso e cobertura do solo 1975-1999 | 88 |
| Figura 35. Variação de uso e cobertura do solo 1999-2010 | 89 |
| Figura 36. Variação de uso e cobertura do solo 1955-2010 | 90 |
| Figura 37. Imagens que representam uma das áreas que experimentou mudanças mais drásticas na cobertura do solo dentro do recorte analisado | 94 |
| Figura 38. Diminuição da superfície da lagoa da Tijuca nos entre 1955 e 2010 | 96 |
| Figura 39. Imagens comparativas entre a rede de drenagem em 1955 e ano 2010 | 98 |
| Figura 40. Variação temporal da qualidade da água dos parâmetros | 101 |
| Figura 41.- Precipitações acumuladas mensais na estação Capela Mayrink | 104 |
| Figura 42. Relação entre a precipitação diária acumulada e os valores de alturas linimétricas | |

| | |
|---|-----|
| durante os eventos de chuva do ano (a) 2001 (b) 2009) e (c) 2010_____ | 106 |
| Figura 43. Sólidos Suspensos Totais (SST) ou Resíduos Não Filtráveis Totais (RNFT) para o rio Cachoeira na estação_____ | 108 |
| Figura 44. Análise temporal das cargas de sólidos suspensos transportada pelos rios Cachoeira, Anil, Grande, Retiro e Arroio Fundo_____ | 109 |
| Figura 45.- Imagem levantada, desenhada e impressa pelo Serviço Geográfico do Exército em 1922_____ | 110 |
| Figura 46. Análise do processo de assoreamento da lagoa da Tijuca_____ | 113 |
| Figura 47. Presença de barreira artificial para controle do avanço de plantas aquáticas_____ | 114 |
| Figura 48.- Set de fotografias que expõem processo de formação das ilhas na desembocadura do rio Cachoeira_____ | 116 |
| Figura 49. Tipos de barreiras físicas que impedem acesso à Faixa Marginal de Proteção_____ | 119 |
| Figura 50. Cobertura e uso do solo multitemporal da Faixa Marginal de Proteção_____ | 120 |
| Figura 51. Variação dos usos e cobertura do solo na Faixa Marginal de Proteção da lagoa da Tijuca para os quatro anos analisados em m ² _____ | 121 |
| Figura 52. Comparação em % superfície dos Usos Permitidos e Não Permitidos dentro da Faixa Marginal de Proteção_____ | 122 |
| Figura 53. Mobilidade da FMP pelo assoreamento, faixa de cor verde claro representa a FMP em 1955 e a linha vermelha mostra a FMP no ano 2010_____ | 124 |
| Figura 54.- Ocupação da Faixa Marginal de Proteção nos sistemas fluviais da baixada de Jacarepaguá_____ | 126 |
| Figura 55. Larguras adequadas para as funções da zona ripária_____ | 128 |
| Figura 56.- Comparação entre diferentes configurações da vegetação no entorno da Faixa Marginal de Proteção_____ | 129 |
| Figura 57.- Zonas de amortecimento adjacentes à Faixa Marginal de Proteção Recomendadas_ | 130 |
| Fichas descritivas que caracterizam e tipificam as diversas situações existentes dentro da Faixa Marginal de Proteção_____ | 133 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1. Listado estações de coleta e os parâmetros mensurados no complexo lagunar de Jacarepaguá | 36 |
| Tabela 2. Disponibilidade temporal de registros para os diferentes parâmetros mensurados no complexo lagunar de Jacarepaguá | 38 |
| Tabela 3. Principais rios, arroios e canais contribuintes as lagoas Jacarepaguá, Camorim e Tijuca | 40 |
| Tabela 4. Vazão e transporte de sedimentos dos principais rios contribuintes ao complexo lagunar de Jacarepaguá | 44 |
| Tabela 5. – Informações sobre as fotografias aéreas e imagens de satélite do setor da Baixada de Jacarepaguá | 54 |
| Tabela 6. Cruzamento das classes de uso e cobertura do solo e classes resultantes da variação entre cada categoria | 61 |
| Tabela 7.- Parâmetros selecionados para análise de qualidade das águas | 66 |
| Tabela 8. Valores de superfície para uso e cobertura do solo na lagoa da Tijuca | 69 |
| Tabela 9. Valor de superfície em Km ² das categorias de variação do uso e cobertura do solo | 84 |
| Tabela 10.- Taxa anual de variação porcentual (%) para categorias de cobertura e uso do solo | 85 |
| Tabela 11.- Registros de sólidos Suspensos Totais (INEA) para os rios analisados durante Fevereiro de 2010 e Maio de 2012 | 109 |
| Tabela 12.- Superfície de uso e cobertura do solo na Faixa Marginal de Proteção (30 m) | 121 |

1 INTRODUÇÃO

O complexo lagunar de Jacarepaguá está inserido no bioma da mata atlântica, que foi reconhecido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) como Reserva da Biosfera à devido sua particularidade de ser um ambiente megadiverso composto por um amplo complexo de regiões com formações vegetacionais e geológicas férteis e exuberantes. Em virtude de sua riqueza biológica e dos alarmantes níveis de ameaça, a Mata atlântica foi indicada por especialistas como um dos *hotspots*, ou seja, uma das prioridades para conservação de biodiversidade em todo o mundo (CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL, 2012).

Neste contexto, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), que é a maior aglomeração urbana da zona costeira brasileira, está inserida dentro deste bioma. A população desta região é de cerca de 11,5 milhões de habitantes (IBGE, 2010), e equivale à soma dos que residem nas áreas metropolitanas de Porto Alegre, Recife e Salvador, que constituem os grandes aglomerados populacionais litorâneos brasileiros (EGLER & GUSMÃO, 2014). Do ponto de vista natural, a RMRJ é formada por um conjunto diversificado e heterogêneo de unidades morfológicas - delimitado ao norte pelas escarpas da Serra do Mar e ao sul pelo Oceano Atlântico. Existe uma complexa interação entre os processos: tectônicos e da dinâmica costeira, os paleoclimáticos e os ocorridos atualmente, que são responsáveis pela definição da morfologia peculiar desta porção do litoral brasileiro que inclui escarpas abruptas, cordões arenosos, lagoas costeiras, maciços litorâneos e duas extensas baías: Guanabara e Sepetiba (EGLER & GUSMÃO, 2014).

Dentro da RMRJ, o estado do Rio de Janeiro constitui uma porção estratégica ao longo dos remanescentes contínuos da Mata atlântica, por concentrar elevada riqueza de espécies e endemismos para a flora e fauna, resultando em diversas áreas consideradas de “extrema importância biológica” (ROCHA *et al.*, 2003). A vegetação das planícies costeiras brasileiras é bastante heterogênea tanto em termos estruturais quanto em relação à diversidade florística (MONTEZUMA e OLIVEIRA, 2010), devido à proximidade do lençol freático e à rede dentrítica de drenagem.

Com relação à área de estudo, a mesma situa-se na Planície Costeira de Jacarepaguá, localizada no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, e é limitada em seu interior pelos maciços da Tijuca e Pedra Branca e, junto ao mar, pela praia da

Barra da Tijuca, de acordo com a figura 1 (MARQUES, 1985). A bacia hidrográfica de Jacarepaguá abrange uma área de cerca de 300 km² e a baixada onde está localizada encontra-se sobre uma planície arenosa costeira de aproximadamente 180 km², apresentando topografia plana ou com pouca declividade e de baixa altitude sendo, portanto, áreas de sedimentação (MARQUES, 2012).

Historicamente, há milhares de anos atrás, no período anterior ao Holoceno, ocorreu o último avanço do mar de maior proporção, e posteriormente a tal fato, intercorreram-se pequenas oscilações até que alcançasse o nível atual. A baixada de Jacarepaguá foi uma enseada que, subseqüentemente, foi agregada aos terrenos continentais a partir da formação de restingas, num processo similar ao que ocorreu na construção de outras baixadas fluminenses (MARQUES, 2012). Assim, esta planície foi formada a partir da progressão de dois cordões arenosos litorâneos que deu origem a dois sistemas lagunares distintos: um mais ao norte de formação mais antiga e outro mais ao sul, próximo à linha da costa, de formação mais recente. Desta forma, se deu origem ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá que hoje está formado por três lagoas principais: Tijuca, Jacarepaguá e Marapendi.

A lagoa de Camorim funciona atualmente como canal de ligação entre a lagoa da Jacarepaguá e Tijuca e estas lagoas se ligam ao mar pelo canal da Barra da Tijuca (ou canal da Joatinga), permitindo a troca de água com o mar (figura 1). Neste sentido, e em termos conceituais, a “lagoa” da Tijuca corresponderia especificamente a uma *laguna*, que de acordo com Amador (1985 e 1986)¹ o termo é exclusivo para as lagoas costeiras que tiveram origem marinha, independentemente de seu estágio atual de evolução. Porém, segundo Guerra e Guerra (1997) lagunas são depressões contendo água salobra ou salgada, localizada na borda litorânea.

As lagoas são, portanto, ambientes que se desenvolveram a partir da influência de processos marinhos e fluviais e os ecossistemas presentes na Baixada de Jacarepaguá formam um mosaico físico-ambiental com alta diversidade em termos de variabilidade de ecossistemas (GOMES, NAME & MONTEZUMA, 2011). Dentre estes ecossistemas, as áreas de restingas e manguezais se distribuem formando comunidades em zonas de diferente influência marinha, adaptadas à salinidade e à mobilidade do solo (MARTINELLI, 2012). Apesar do alto valor ambiental destas áreas,

¹ Amador E.S. (1985) – “Lagunas fluminenses: Classificação com base na origem, idade e processos de evolução”. An. Acad. Brasil. Ciênc. 57 (4): 526-527.

não estão devidamente protegidas em Unidades de Conservação na Região Costeira do Rio de Janeiro (Conservação Internacional, 2011).

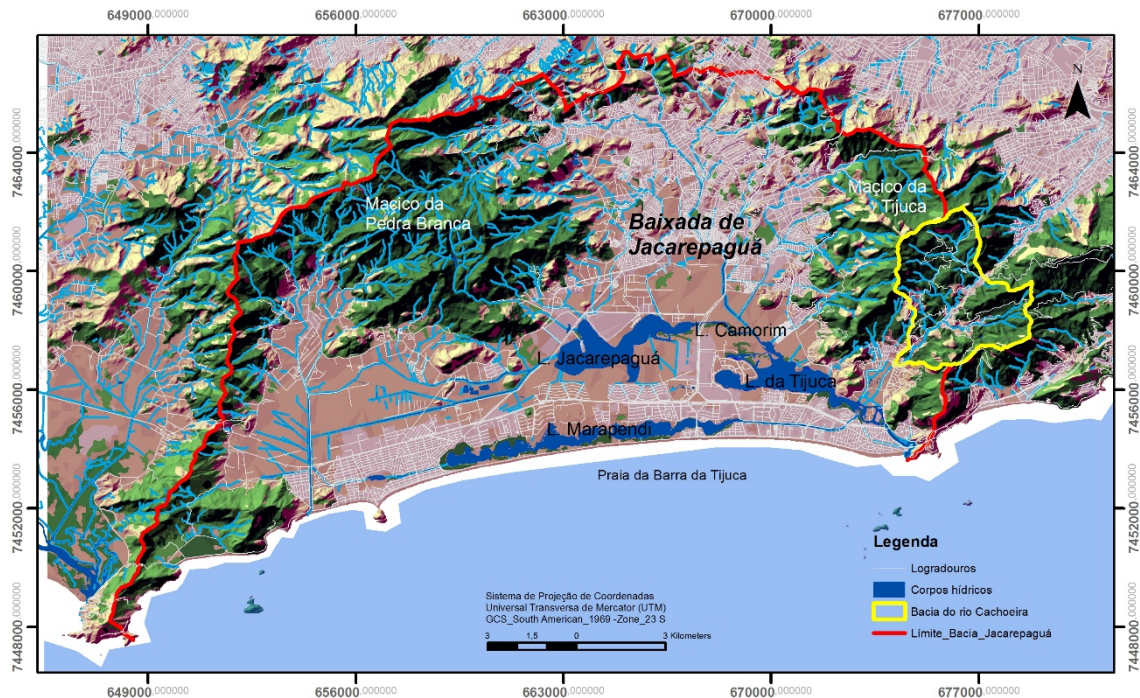


Figura 1. Mapa da bacia de Jacarepaguá onde está inserida a área de estudo.
Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao processo de ocupação urbana da região, um episódio marcante contribuiu para o desmatamento das encostas na Serra Carioca (posteriormente transformada no Parque Nacional da Tijuca), que foi o plantio de café, gerando uma crise no abastecimento da água consumida pelos habitantes da cidade (seca de 1843). Segundo Martinelli (2012), os mananciais que garantiam o fornecimento hídrico provinham das encostas florestadas, e diante desta situação, foi necessário um grande esforço para a recuperação e reflorestamento destas áreas durante dezenas de anos (Figura 2).

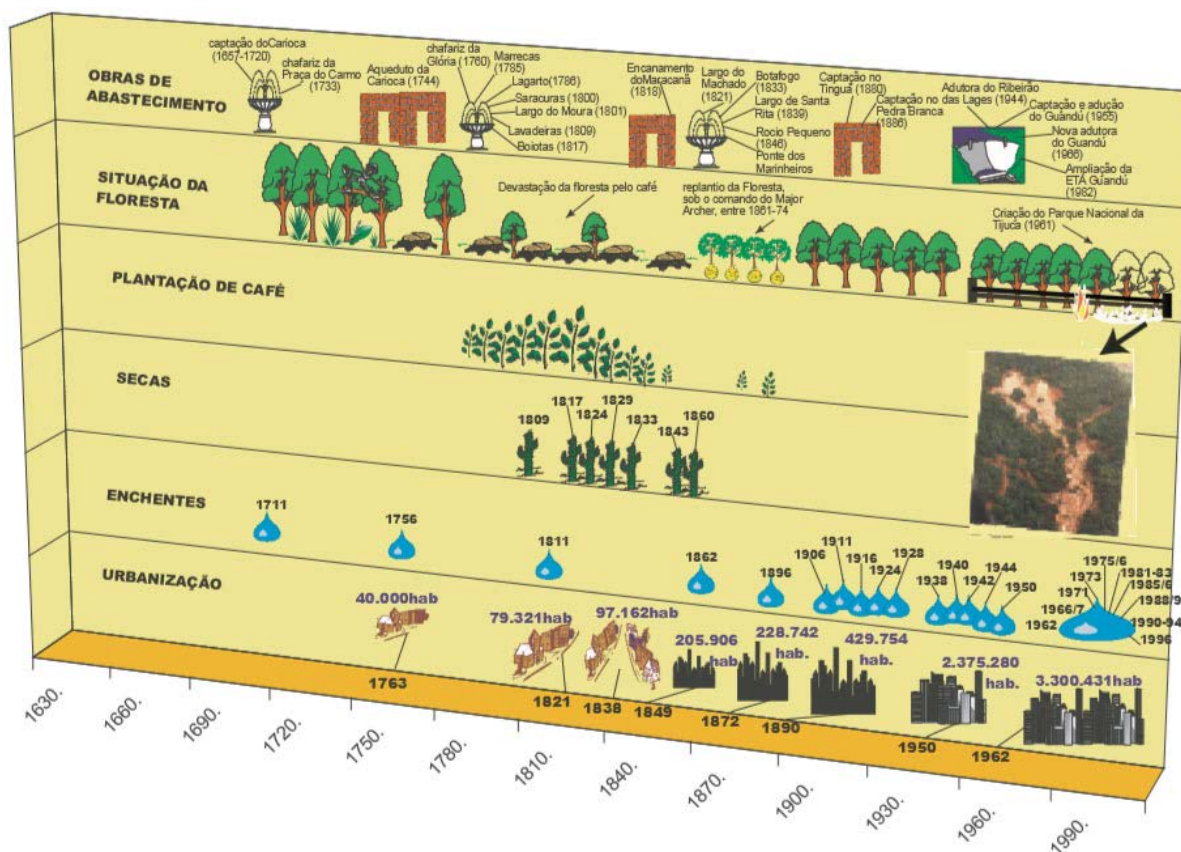


Figura 2. Esquematização dos principais marcos temporais da evolução urbana do Rio de Janeiro, presente nos textos de Abreu (1992 e 1997), Brandão (1992, 1997 e 2001) e Drummond (1997). Fonte: Figueró (2005).

Desta forma, diante dos problemas de abastecimento de água e em busca de locais mais amplos para se desenvolver, a cidade foi se expandindo em direção as baixadas. A conquista do solo que até então era insalubre a assentamentos humanos, se deu através da canalização de cursos de água, desmatamentos, e o aterro palmo-a-palmo de mangues, brejos e lagoas (AMADOR, 1997).

Em termos urbanísticos, a Baixada de Jacarepaguá foi uma das últimas áreas a serem urbanizadas no Rio de Janeiro, já que era uma das últimas áreas disponíveis para onde a cidade poderia se expandir (ARAUJO, 2004). A demora em incorporar a Baixada de Jacarepaguá à cidade se deve à presença dos maciços litorâneos. Devido às condições geológico-geomorfológicas cariocas a Baixada de Jacarepaguá ficou praticamente isolada da expansão do tecido urbano do Rio de Janeiro, demorando quase quatro séculos para que a urbanização atingisse essa área (PIMENTA, 2009). Até o final dos anos 50, residiam na Baixada de Jacarepaguá principalmente pescadores e produtores rurais. Em 1969, o governo do Rio de Janeiro instaura o

Plano Lúcio Costa, projeto piloto de urbanização da Baixada de Jacarepaguá, voltado principalmente para o ordenamento da faixa costeira. A partir da década de 60 em diante a Baixada passa a ser considerada como o novo vetor de crescimento do município do Rio de Janeiro, fazendo com que sua ocupação ocorresse de forma acelerada e descontrolada. Desde então, a região tem absorvido mudanças ambientais significativas que podem ser percebidas principalmente através do estado de degradação dos ambientes lagunares (PIMENTA, 2009).

Um dos maiores problemas ambientais atuais é a poluição das águas no complexo lagunar, fortemente ligado ao ingresso de quantidades enormes de esgoto através dos rios que drenam em direção às lagoas, constituindo cerca de 2.000 litros/segundo de esgoto (SEA, 2013). Segundo a FEEMA (2006) o Complexo Lagunar de Jacarepaguá, bem como os rios e canais de sua bacia hidrográfica encontram-se sob intensa influência de águas residuais, ricas em matéria orgânica, oriundas de fontes urbanas e/ou industriais. Segundo RIGUETTI (2009), em relação ao estado trófico das lagoas, estas podem ser classificadas como um corpo d'água em estado hipereutrófico, considerando as categorias definidas pela OECD em 1992.

O problema se acentua quando computamos os efeitos subsequentes à devastação florestal, particularmente no que se diz respeito às alterações nas condições climáticas, hidrológicas e erosivo-deposicionais (COELHO NETTO, 2005b). Este quadro é bem marcado no maciço da Tijuca, onde a transformação contínua da paisagem contribui para a modificação do comportamento hidrológico, caracterizando o desenvolvimento de condições favoráveis ao aumento de processos erosivos por diferentes mecanismos, e conseqüentemente, contribuindo para um aumento das descargas líquidas e sólidas nos canais fluviais. Durante os eventos pluviométricos mais intensos essas descargas tornam-se maiores e mais rápidas, gerando mais frequentemente as inundações nas porções inferiores dos vales e baixadas adjacentes (COELHO NETTO, 2005b). Como exemplo podemos citar os casos registrados em 1966, 1967, 1988 e 1996, que assumiram um caráter catastrófico, principalmente nas áreas habitadas por populações mais pobres, em face da carência de infraestrutura urbana, assim como da precariedade das construções aí localizadas.

Segundo Marques (1990), ocorre grande movimentação de massa (sedimentos) associada a fortes chuvas na região dos maciços da Tijuca e da Pedra Branca, cujo material mais fino tem como destino final as lagoas da Baixada de

Jacarepaguá. ZEE (1993) caracteriza o ecossistema de Jacarepaguá como extremamente vulnerável ao assoreamento, indicando que bem antes de sua ocupação antrópica na região, vem sendo registrado uma contínua regressão das áreas lagunares, provocada pela colmatação natural e no último século pela devastação da cobertura vegetal de toda bacia de drenagem.

Nesse contexto, os eventos climáticos extremos e a combinação sinérgica da elevação do nível do mar tenderiam a agravar os conhecidos problemas de inundações, alagamentos e escorregamentos de encostas, assim como as também conhecidas consequências em termos de vidas e patrimônios desperdiçados e de degradação das condições sanitárias/ambientais (EGLER & GUSMÃO, 2014).

Desta forma, em um cenário de fortes pressões urbanas e aquelas próprias da evolução geomorfológica da paisagem, o estabelecimento de áreas de preservação ambiental na luta contra a degradação dos sistemas aquáticos, torna-se uma ferramenta de conservação da natureza fundamental. O ano 1934, com o Código Florestal, foi o ponto de início na proteção das áreas ribeirinhas e posteriormente, no 1965, com a elaboração do Código Florestal (Lei Federal 4.771), criou-se uma faixa de proteção nomeada como Áreas de Preservação Permanente, referindo-se às florestas e demais formas de vegetação ao longo dos cursos d'água. A lei determina um tipo específico de Áreas de Preservação Permanente (APP), designada Faixa Marginal de Proteção (FMP), definida pela Lei Estadual nº 1.130/87, como *“faixas de terra necessárias à proteção, à defesa, à conservação e operação de sistemas fluviais e lacustres, determinadas em projeção horizontal e considerados os níveis máximos de água (NMA)”*.

Pela sua localização espacial, a Faixa Marginal de Proteção configura um espaço vulnerável aos impactos antrópicos e é propenso às múltiplas transformações da paisagem, estando historicamente sujeita a ocupações irregulares e degradação de seus componentes ambientais. Nesse contexto, a contribuição que busca desenvolver esta pesquisa refere-se à análise sobre o papel da Faixa Marginal de Proteção estabelecida na lei 12.651 de 2012, do Código Florestal, como figura de proteção dos sistemas lagunares, principalmente em relação às funções de proteção dos recursos hídricos, com a preservação da qualidade das águas e controle no ingresso de sedimentos.

A discussão toma como base a análise e caracterização das transformações no uso e cobertura do solo da FMP da lagoa da Tijuca e seu entorno nos últimos 55 anos, buscando compreender o ritmo e tipo de ocupação urbana ao redor da lagoa. Desta maneira, foi realizada uma análise multi-temporal para os anos 1955, 1975, 1999 e 2010, considerando uma faixa de análise de 500 metros desde a borda do corpo hídrico e outra faixa de 30 metros de largura, correspondente à Faixa Marginal de Proteção (FMP) da lagoa da Tijuca. Dessa forma, obtiveram-se indicadores das mudanças espaço-temporais em duas escalas que representassem de forma mais adequada a dinâmica da urbanização e ao mesmo tempo a magnitude da perda dos ecossistemas costeiros nos bairros da Barra da Tijuca e Jacarepaguá nas últimas décadas. Dessa maneira, as transformações da paisagem registradas, permitiram caracterizar o processo de perda de superfície da lagoa em função do assoreamento. Nesse sentido, procurou-se determinar a influência dos eventos marcantes de precipitações extremas e deslizamento de terra no maciço da Tijuca sobre o processo de assoreamento do corpo lagunar, principalmente os ocorridos nos anos 1966-1967 e 1996.

Com o objetivo de determinar o grau de deterioração da qualidade das águas em relação à normativa, analisaram-se dados secundários da qualidade das águas da bacia do rio Cachoeira, que constitui uma das principais contribuintes ao sistema lagunar e desemboca diretamente na lagoa da Tijuca. Os parâmetros adotados foram aqueles que refletissem a presença de poluentes associados ao esgoto doméstico nas águas do sistema fluvial.

A evolução e transformações ambientais registradas estiveram complementadas com uma discussão sobre a legislação ambiental na área de estudo, fundamentalmente a respeito da aplicação e estabelecimento da Faixa Marginal de Proteção na laguna, suas limitações e possíveis aprimoramentos no estabelecimento neste tipo de Área de Preservação Permanente.

No que tange ao período de análise 1955 a 2010, Viola (1987) *apud* Guerra & Cunha (2010), enfatiza que o Brasil passou por um processo acelerado de crescimento econômico nas últimas quatro décadas, e em decorrência disto, instaurou-se uma crise ecológica, eclodindo diversos movimentos ecológicos no país. Alguns eventos internacionais que envolvem a política ambiental e a tomada de consciência sobre a importância da questão ambiental em nível global aconteceram

nas últimas décadas, a primeira grande conferência internacional para discutir o problema ambiental foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo (1972). A mais importante reunião, depois de Estocolmo, aconteceu no Rio de Janeiro, em 1992, denominada de a Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento - ECO 92, que estabeleceu a grande marca de internacionalização definitiva da proteção ambiental e das questões ambientais ligadas ao desenvolvimento, criando elementos importantes como a Agenda 21 e o Fundo Global para o Meio Ambiente, do Banco Mundial.

Até meados de 1980, o Estado ditou, de forma centralizada, a política ambiental a ser seguida no Brasil. A partir de então, o processo de formulação e implementação da política ambiental no país passou de ser, cada vez mais, produto da interação entre ideias, valores e estratégias de ação de atores sociais diversos, num campo marcado por contradições, alianças e conflitos que emergem da multiplicidade de interesses envolvidos com o problema da proteção do meio ambiente.

A gestão ambiental faz parte de um processo mais amplo de gestão do território, aspecto para o qual ainda não se deu a devida relevância. A complexidade dos processos físicos merece ser adequadamente considerada, da mesma forma que as relações sociais e as desigualdades que dela emergem. Assim, o território reflete a diferente espacialização dos processos de modernização, bem como os ritmos e padrões de degradação ambiental (CUNHA & COELHO, 2003). Nesse contexto, a presente pesquisa, por meio de uma visão ecossistêmica e multi-escalar, busca contribuir em ampliar a discussão sobre o gerenciamento das lagoas costeiras inseridas em ambientes urbanos, junto à necessidade de uma revisão das metodologias e critérios utilizados atualmente no estabelecimento da Faixa Marginal de Proteção.

OBJETIVOS

Objetivo geral

- Realizar uma avaliação integrada sobre o papel, mudanças e funcionamento da Faixa Marginal de Proteção da lagoa da Tijuca.

Objetivos específicos

- Analisar as transformações da paisagem no entorno da lagoa da Tijuca nos últimos 55 anos, com base nas mudanças do uso do solo.
- Analisar o processo de assoreamento do corpo lagunar e determinar a relação com os deslizamentos acontecidos no maciço da Tijuca em décadas passadas.
- Caracterizar a influência da bacia do rio Cachoeira sobre a lagoa da Tijuca em termos fluvio-sedimentares e de qualidade das águas.
- Elaborar recomendações para o aprimoramento da Faixa Marginal de Proteção como figura de proteção em sistemas lagunares, acrescentando a discussão sobre os critérios metodológicos e técnicos que são atualmente utilizados na sua delimitação e estabelecimento.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Abordagem da ecologia da paisagem e conceitos-chave

Cada paisagem é o resultado de uma evolução específica, condicionada por fatores geológicos, processos fisiográficos, história climática e variação temporal. Assim, a composição da paisagem é uma soma de influências naturais e de ações humanas num determinado tempo.

A **Ecologia de Paisagens** é definida como uma ecologia espacialmente explícita, que estuda a estrutura e a dinâmica de mosaicos heterogêneos e suas causas e consequências ecológicas. Ao enfatizar a importância da heterogeneidade espacial e da escala de observação no entendimento dos processos ecológicos, em particular naqueles que determinam o padrão de ocorrência e abundância dos organismos, esta área de conhecimento traz uma nova perspectiva aos estudos ecológicos (PIVELLO & METZGER, 2007).

Segundo Forman & Godron (1986), a **estrutura de uma paisagem** é composta por três tipos de elementos: *Patches* (manchas, áreas, polígonos), *corridors* (corredores) e *matrix* (matriz). Estes elementos base são a raiz cognitiva que permite a comparação entre paisagens distintas, permitindo desenvolver princípios gerais. A linguagem espacial torna-se evidente “quando se considera como as manchas, corredores e matriz se combinam para formar o *land mosaic* na terra” (DRAMSTAD, OLSON E FORMAN, 1996).

O Arranjo ou **padrão estrutural** das manchas, corredores e a matriz que constituem uma paisagem é o maior determinante dos fluxos funcionais e movimentos através da paisagem e mudanças nos padrões e processos no tempo (FORMAN & GODRON, 1986). A forma ou estrutura (o que vemos hoje) foi produzido por fluxos de ontem. No entanto, uma ligação ou feedback entre estrutura e função é evidente, não somente os fluxos criam a estrutura, mas a estrutura determina os fluxos e movimentos.

A **função** dentro da paisagem refere-se às interações entre os elementos espaciais, representadas pelos **fluxos** de energia, materiais e espécies entre os ecossistemas presentes.

No que condiz à energia, nutrientes e espécies, constata-se que estes movimentam-se desde um elemento da paisagem para outro elemento, percebe-se assim, que nenhum é estático. Estes movimentos ou fluxos dependem de quatro grandes vetores ou mecanismos de transporte: água, vento, animais e pessoas.

No solo, quase todos os fluxos dependem da água como um vetor de transporte. Como a água flui basicamente pelas encostas, os elementos da paisagem que recebem os fluxos localizam-se geralmente em mais baixa altitude, como os pântanos, lagos e estuários que recebem esses fluxos terrestres (FORMAN E GODRON, 1986).

A **mudança da paisagem** refere-se à modificação na estrutura e na função do mosaico ecológico (TURNER, GARDNER & O'NEILL, 2001), considerando que a dinâmica paisagística depende das relações entre as sociedades e seu ambiente, criando estruturas modificadas no espaço e no tempo, e que essa heterogeneidade controla numerosos movimentos e fluxos de organismos, matéria e energia (BUREL E BAUDRY, 2002).

À respeito deste assunto, Solnetsev (1948), fundamenta a importância das mudanças na paisagem quando coloca em relevância a seguinte ideia:

During the subsequent life of the landscape, numerous changes in geographic processes may occur that cause changes to the landscapes, but each such change will mark not the so-called birth date of the landscape but only a new stage in its life and a significant landmark in its development (Solnetsev, 1948, p. 23).

Na ecologia da paisagem, fatores antropogênicos são explicitamente incluídos no reconhecimento do potencial do homem em influenciar a estrutura e função da paisagem. Por tanto, o estudo da Ecologia da Paisagem se concentra não somente nas dimensões biológicas e físicas de um ambiente, mas também nos aspectos históricos, culturais, socioeconômicos da ecologia humana, que se encontram conectados aos diferentes usos do solo. Assim, como afirmado por NAVEH (1991) “Na ecologia da paisagem, o homem não representa apenas um fator de perturbação externa aos ecossistemas naturais, mas sim um componente interativo e co-evolucionário”.

Para a compreensão das mudanças e dinâmica evolutiva dos sistemas ambientais várias noções surgem como fundamentais. Em primeiro lugar, destacam-se as perspectivas ligadas com a estabilidade e resiliência dos sistemas, incluindo as

dos distúrbios e tempo de reação. Os sistemas ambientais, em sua estrutura e funcionamento, alcançam uma organização ajustada às condições das forças controladoras, denunciando um estado de equilíbrio. Todavia, o estado de estabilidade não é indicador de equilíbrio estático. As forças controladoras apresentam variações em sua intensidade e frequência, de modo que o sistema pode apresentar uma dinâmica em seu funcionamento para oferecer reações perante essa variabilidade na frequência e magnitude das entradas (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O conceito de mudança está muito relacionado com o **regímen de distúrbio**: definido como “todo evento relativamente discreto no tempo que perturba o ecossistema, submetendo-o a uma dinâmica de transformações, adaptações e renovações”. O regime de distúrbios se define por atributos como magnitude, extensão frequência e previsibilidade, entre outros (TURNER, GARDNER & O'NEILL, 2001).

Em relação às mudanças em sistemas geomorfológicos e hidrológicos, as modificações nos fatores externos induzem ajustamentos aos novos estados de equilíbrio. Essas mudanças não ocorrem mantendo a mesma intensidade, mas observa-se a presença de fases episódicas de alta magnitude na atuação de processos. No caso da bacia hidrográfica, a sua evolução pode ser marcada por episódios de altas taxas no trabalho geomorfológico, evidenciadas por elevada produção de sedimentos. Christofolletti (1999) exemplificava as mudanças episódicas nos sistemas fluviais como desencadeadas com as mudanças no regime de precipitação.

As atividades humanas estão interferindo sobre as características do ciclo hidrológico em muitos locais e bacias de drenagem. Os impactos do uso das terras associadas às atividades antropogênicas que afetam a superfície do solo incluem a urbanização, atividades agrícolas, desmatamentos, silvicultura, etc. Estas atividades podem causar, local e regionalmente, mudanças significativas na evaporação, balanço hídrico, frequência de cheias e das secas, quantidade e qualidade das águas superficiais e subterrâneas (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O estudo dessas mudanças ao longo do tempo fornece subsídios para a avaliação da paisagem e diagnóstico dos problemas atuais, para estimar tendências futuras e apontar as modificações necessárias para manter o equilíbrio natural.

Na natureza e a diferentes escalas é possível observar mudanças, identificadas fundamentalmente por descontinuidades no solo e na vegetação. Estas mudanças, mais ou menos graduais e perceptíveis definem uma área de transição entre sistemas ecológicos adjacentes diferentes. Esta área fronteira, limitante com dois ecossistemas diferentes e que possui características ecológicas particulares é chamada “**ecótono**” e foi definido por HOLLAND (1991) como:

Zona de transição entre dois sistemas ecológicos adjacentes e que possuem uma série de características unicamente definidas por escalas de tempo e espaço e pelas forças de interação entre os sistemas ecológicos que limita. HOLLAND, 1988, (apud Naiman & Décamps, 1990, p. 8).

Assim, a fronteira pode ser descrita como uma zona de transição, que, como os ecossistemas e biomas, possui atributos específicos físicos e químicos, propriedades bióticas e processos de fluxo de energia e de material, mas é único nas suas interações com os sistemas ecológicos adjacentes (NAIMAN *et al.* 1988).

Odum em 1971, define o **ecótono** como um filtro, uma membrana de tipo permeável que controla os fluxos uni ou bidirecionais entre os ecossistemas que delimita, pelo qual tem uma função de controle nos processos ecológicos, tanto em uma escala pequena quanto em uma grande. Nesse sentido, as áreas ribeirinhas nos ecossistemas aquáticos (rios, lagoas), são consideradas um ecótono entre o ambiente aquático e o ambiente terrestre (FORMAN E GODRON, 1986). A vegetação do corredor (mata ciliar) que comumente separa a terra do entorno, cumpre funções tais como estabilização de taludes e encostas, manutenção da morfologia do rio e proteção a inundações, retenção de sedimentos e nutrientes, mitigação da temperatura da água e do solo, fornecimento de alimento e habitat para espécies aquáticas, manutenção de corredores ecológicos, paisagem e recreação, fixação do gás carbônico, interceptação de escombros rochosos (SILVA, 2003).

2.2 Funcionamento da vegetação riparia

De forma geral, a área de proteção que estabelece a Faixa Marginal de Proteção (FMP) corresponderia ao tipo de vegetação comumente denominado “mata ciliar”. Segundo Ab´Saber (2000), a expressão *mata ciliar ou florestas ciliares*, é genérica, mas não técnica e corresponde a um conceito que se confunde com o amplo sentido de matas beiradeiras ou matas de beira-rio. Fitoecologicamente trata-se da

vegetação de florestas às margens de cursos d'água, independentemente de sua área ou região de ocorrência e de sua composição florística. Nesse sentido, o leque de abrangência do conceito de florestas ou matas ciliares é quase total para o território brasileiro.

Os tipos de vegetação ripária apresentam as mais notáveis composições de biodiversidade. Assim, a estrutura e funcionalidade ecossistêmica apresenta similitudes entre áreas, mas a composição florística apresenta variações inumeráveis e sutis, ainda não abrangidas pelos estudos botânicos no Brasil visto como um todo. Em relação à geomorfologia destes espaços ripários, os depósitos de crista baixas e alongadas acumulados ao longo das margens dos rios constituem os *diques marginais* (Ver Figura 3), os diques gerados na beira alta dos rios, constituem um suporte geocológico essencial para desenvolvimento de florestas beiradeiras, e mais ainda, para encarcerar os terrenos pantanosos ou semipantanosos, que se estendem desde o reverso do dique (*backswamp*) até às vertentes de terraços, clinas ou morros (“terras firmes”). É importante notar que junto com os detritos transportados pelo rio e acumulados no dorso do dique marginal, vêm o acréscimo biológico essencial constituído por sementes e propágulos.

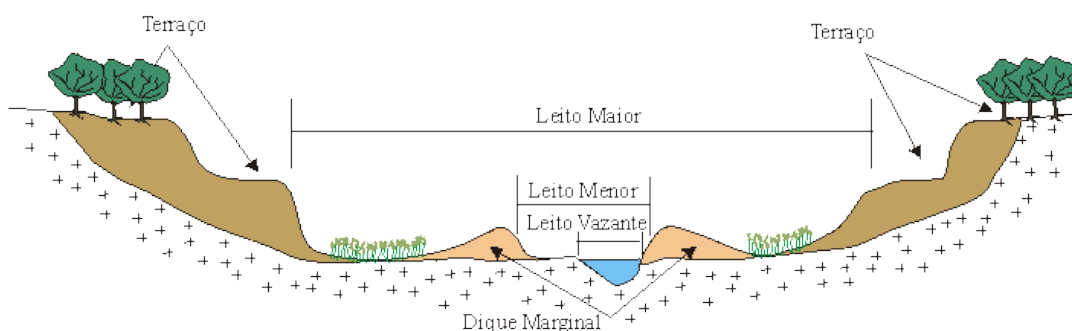


Figura 3.- Esquema indicando o perfil transversal de um rio e seus componentes².

É difícil abordar a temática dos diques marginais em cursos d'água brasileiros sem falar no conjunto nas próprias planícies de inundação, às quais eles estão vinculados. Diques marginais são componentes de um complexo de feições integrantes de planícies aluviais. Sujeitas a pequenas diferenças na composição desses atributos, as planícies aluviais que acontecem desde a Amazônia até o Pantanal, nas regiões litorâneas e em compartimentos de planaltos interiores de quase todo o Planalto brasileiro – a diferentes altitudes- constituem sempre o resultado

² Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter07.html>

de processos hidrogeomorfológicos tropicais e subtropicais, propiciadores de mosaicos integrados e sincrônicos de ecossistemas muito diferenciados entre si.

Uma planície aluvial será sempre uma área de sedimentação em processo, oriunda do transbordamento das águas carregadas de sedimentos nas margens dos rios. Todas elas são dependentes de transbordos sazonários ou periódicos dos cursos d'água, devido às oscilações provocadas por fatores hidroclimáticos regionais. O espaço total das áreas de enchentes é ocupado por lâminas d'água que variam em extensão e volume e a cada ano ou período. Visto em sua totalidade o espaço inundável é compreendido como “leito maior” do rio, em contraposição ao “leito de estiagem”, ou leito menor (ver figura 3), ou ainda, ao leito seco temporário dos rios intermitentes, sazonais das regiões semi-áridas (AB'SABER, 2000).

Na presença multidiversa dos ecossistemas desenvolvidos no Holoceno, ao longo de planícies aluviais, como os grandes bolsões aluvionares e regiões costeiras de complexa gênese sedimentária, urge considerar estes ecossistemas como sendo uma sub-família de sistemas ecológicos, dependentes de uma história hidrogeomorfológica recente que atinge setores fluvio-aluviais de rios de curso longo, alguns dos quais atravessam espaços de dois ou mais domínios morfoclimáticos e fitogeográficos. Assim, a correlação entre os diferentes solos, com níveis de hidratação variados, no interior das planícies, é quase perfeita em sua aplicação para a diversidade de ecossistemas gerados na faixa de transborde de águas fluviais.

Assim, como indicado por Gomes, Name e Montezuma (2012) a ampla variação da vegetação existente nas áreas ripárias, não permite que as formações ciliares sejam consideradas uma unidade fitogeográfica única e distinta das demais, uma vez que não há padrão de natureza climática, topográfica, edáfica ou quaisquer outros que sejam determinantes das características e ocorrência em todas as situações morfoclimáticas.

2.3 Legislação sobre as Áreas de Preservação Permanente no Brasil: Faixa Marginal de Proteção

Na legislação brasileira encontramos vários conceitos de Área de Preservação Permanente. Porém, é no Código Florestal (lei 12.651 de 2012)³ que se encontra o conceito mais amplo e completo sobre o tema:

Art. 3 - II - Área de Preservação Permanente:

Área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas

A lei determina um tipo específico de Área de Preservação Permanente (APP), designada **Faixa Marginal de Proteção (FMP)**. A Lei Estadual nº 1.130/87, as define como:

Faixas de terra necessárias à proteção, à defesa, à conservação e operação de sistemas fluviais e lacustres, determinadas em projeção horizontal e considerados os níveis máximos de água (NMA), de acordo com as determinações dos órgãos Federais e Estaduais competentes

2.3.1 Cronologia no estabelecimento e demarcação da Faixa Marginal de Proteção

A primeira menção sobre proteção associada aos recursos hídricos no Brasil encontra-se no **Código de Águas**, Decreto Federal nº 24.643, de 10 de junho de 1934, que introduziu o conceito de terrenos reservados e terrenos de marinha. Os terrenos reservados são os que, banhados pelas correntes navegáveis, fora do alcance das marés, vão até 15 metros de distância, a partir de uma linha de cheia estimada para os corpos hídricos (definida em função do nível médio das enchentes ordinárias). Já os terrenos de marinha são todos os que, banhados pelas águas do mar ou dos rios navegáveis, e vão até 33 metros para a parte da terra, contados desde o ponto a que chega o preamar médio. O código de águas estabelece critérios e conceitos diretamente ligados a dominialidade, execução de obras hidráulicas e as questões relacionadas à navegação, que para a época eram os principais fatores que

³ A lei 4771 DE 15 DE SETEMBRO DE 1965, que instituíu o Código Florestal foi revogada pela lei 12.651 de 2012. Esta lei é regulamentada pelas resoluções 302 e 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

careciam de uma disciplina. Embora não houvesse uma preocupação explícita com a preservação das margens ou os habitats, introduziram, ainda que superficialmente, faixas de restrição de uso para as margens dos cursos d'água - terrenos reservados e faixa de servidão, e das áreas estuarinas -terrenos de marinha (MEDEIROS, 2010).

Ainda no ano de 1934, o primeiro **Código Florestal** no Artº 4, cita as *florestas protetoras*, embora sem uma delimitação de área específica, como as encarregadas de conservar o regime das águas, evitar erosão, garantir a salubridade pública, dentre outras (BRASIL, 1934). Da mesma forma indica-se a proibição de:

Derrubar, nas regiões de vegetação escassa, para transformar em lenha, ou carvão, matas ainda existentes às margens dos cursos d'água, lagos e estradas de qualquer natureza entregues à serventia pública.

Algumas décadas depois, o texto do Código Florestal instituído em **1965** definiu como de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação ao longo dos cursos d'água, cuja largura mínima era de 5 metros, para rios de até 10 metros de largura, e de 100 metros a largura máxima para os cursos d'água superiores a 200 metros de largura.

Outro aspecto de proteção definiu-se em **1979**, através da Lei federal 6.766 de 19 de dezembro, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, e estabeleceu em seu Art. 4º uma **faixa não-edificável** de 15 metros de cada lado, ao longo das águas correntes e dormentes, salvo maiores exigências da legislação específica. Ressalta-se, que esta lei, não tem como objetivo promover a proteção da biodiversidade e sim a segurança da população (MACIEL, 2010).

Em relação à delimitação e estabelecimento da Faixa Marginal de Proteção, a nível estadual a Lei nº 650/**1983**, que dispõe sobre a política estadual de defesa e proteção das bacias fluviais e lacustres do RJ, no Art. 3º define no caso de lagoas, lagos e lagoas, que se estabeleça um **Plano de Alinhamento de Orla (PAO)**, instrumento de controle do sistema de proteção dos lagos e cursos d'água. Este é delimitado em função da cheia máxima da lagoa e corresponde ao limite a partir do qual é mensurada a faixa marginal de proteção. O PAO é determinado em base a levantamento históricos de enchentes (a partir do levantamento de réguas, linígrafos e estações hidrometeorológicas e de intervenções no corpo hídrico), além da utilização de levantamentos topográficos.

Ressalta-se a proteção das áreas ripárias também na Lei Estadual nº 1.130, de 12 de fevereiro de **1987**, que define as áreas de interesse especial do Estado, e em seu Art. 9º identifica as faixas marginais dos rios, lagos, lagoas e reservatórios d'água e as ilhas fluviais e lacustres do domínio público.

Em **1989**, produziu-se um avanço em termos da referência e ponto a partir do qual seria demarcada a APP. Após enchentes devastadoras no Vale do Itajaí (SC), o Congresso Nacional aprova a lei nº 7.803, que altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e no Art. 2º aumenta o tamanho das faixas de terra ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água indicando que sejam delimitadas: **“desde o seu nível mais alto em faixa marginal”**.

Com a Constituição Estadual do Rio de Janeiro, de **1989**, as faixas marginais de proteção (FMP), nos termos do inciso III, do artigo 268, passaram a ser consideradas como Áreas de Preservação Permanente.

Em **1999** a partir da Lei Estadual 3.239, se institui a **Política Estadual de Recursos Hídricos** e criou o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos.

No ano **2001**, no âmbito federal, foi sancionada a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, que altera os Arts. 1º, 4º, 14º, 16º e 44º, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771/65 (Código Florestal), bem como altera o Art. 10 da Lei nº 9.393/96, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural – ITR. Esta medida provisória introduz em sua definição de Área de Preservação Permanente, como uma área a ser protegida, coberta ou não por vegetação nativa. Segundo Medeiros (2010), esta medida trouxe maior clareza ao tipo de vegetação a ser protegida nas faixas ripárias.

No Estado do Rio de Janeiro a Portaria SERLA (atualmente INEA) nº 324, de 28 de agosto de **2003**, estabelece as larguras mínimas e o ponto de referência para demarcação da faixa marginal de proteção. Em seu artigo 1º, estabelece que ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais a largura mínima da FMP corresponde a 30 metros do nível mais alto.

Posteriormente, no ano **2006** a proteção da faixa experimental sofreu modificações, quando na resolução CONAMA nº 369 de 28 de março de **2006 possibilita-se a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente (APP)** em casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto

ambiental. Para obter a autorização de supressão e intervenção devem ser cumpridas as quatro condicionantes descritas abaixo (Art. 3º):

A inexistência de alternativa técnica e locacional às obras, planos, atividades ou projetos propostos; II - atendimento às condições e padrões aplicáveis aos corpos de água; III - averbação da Área de Reserva Legal; e IV - a inexistência de risco de agravamento de processos como enchentes, erosão ou movimentos acidentais de massa rochosa

A resolução ainda prevê autorização específica para os casos de **regularização fundiária** sustentável e a implantação de área verde de domínio público em áreas urbanas, respeitando suas peculiaridades e exceções.

Da mesma forma, o Decreto nº 42.356, de 16 de março de **2010**, que dispõe sobre o tratamento e a demarcação das Faixas Marginais de Proteção nos processos de licenciamento ambiental e de emissões de autorizações ambientais no estado do RJ, em seu Art. 4 determina que **os limites da FMP** fixados abstratamente pelo art. 2º, "a", do Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/65 e suas alterações) **poderão ser reduzidos** desde que a área se localize em zona urbana do município e se comprove, cumulativamente que:

- I - que a área encontra-se antropizada;
- II - a longa e consolidada ocupação urbana, com a existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infra-estrutura urbana:
 - a) malha viária com canalização de águas pluviais;
 - b) rede de abastecimento de água;
 - c) rede de esgoto;
 - d) distribuição de energia elétrica e iluminação pública;
 - e) recolhimento de resíduos sólidos urbanos;
 - f) tratamento de resíduos sólidos urbanos; e
 - g) densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km².
- III - a inexistência de função ecológica da FMP/APP em questão, desde que identificadas a inexistência de vegetação primária ou vegetação secundária no estágio avançado de regeneração.

Por outra parte, no ano **2011** o Plano Diretor da cidade do Rio de Janeiro no Art.º 163 estabelece-se a promoção da proteção da cobertura vegetal de áreas consideradas estratégicas por serem ambientalmente vulneráveis e de importante valor ecológico, paisagístico e ambiental, entre elas: I - A baixada litorânea de Jacarepaguá; II - vegetação ciliar dos sistemas lagunares e canais.

2.3.2 Principais disposições do Código Florestal de 2012

Em 2012 foi realizada uma revisão no código florestal e a revogação da Lei Federal 4.771 de 1965 e alterações, através da publicação da Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012 e da Medida Provisória nº 571 da mesma data. Esta lei é regulamentada pelas resoluções 302 e 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Dentre as alterações realizadas, uma bastante representativa se refere a que as APP's devem ser demarcadas a partir do leito regular do corpo d'água, porém no código anterior eram delimitadas a partir do nível mais alto do curso d'água. O leito regular é definido como a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano. Desta forma, foi reduzida drasticamente a proteção dos cursos d'água, pois a faixa ao longo dos mesmos é locada no que se entende ser o próprio corpo d'água, uma vez que o leito maior sazonal nada mais é do que o local onde as águas extravasam no período de cheias, correspondentes às planícies de inundação, também conhecidas como várzeas (ABES-SP, 2012).

Assim, em relação à largura na delimitação da Faixa Marginal de Proteção, o novo Código Florestal (Lei 12.651 de 2012) no CAPÍTULO II, Seção I o Art. 4º considera Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- f) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais (utilizar a largura mínima existente, 30 metros do nível mais alto);
- g) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura;

h) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; nas bordas de tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais

No entanto, as larguras das FMPs determinadas em lei são larguras mínimas, que podem ser ampliadas por critérios técnicos ou pela presença de ecossistemas adjacentes relevantes, os quais devem ser integralmente incluídos na FMP (por exemplo: manguezais, dunas, vegetação de restinga, brejos perilagunares e costões rochosos). Também devem constar integralmente na FMP os terrenos da Marinha e acrescidos (SMAC – INEA, 2010).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Transformações e ocupação da bacia de Jacarepaguá

A cidade do Rio de Janeiro foi fundada em 01 de março de 1565, entre os morros Cara de Cão e Pão de Açúcar, onde hoje corresponderia a uma pequena parte do atual bairro da Urca, Zona Sul do Rio de Janeiro. Dois anos depois, em 20 de março de 1567, por motivos de defesa, a cidade foi transferida para o Morro do Castelo. Afinal, do alto poderia se avistar os invasores e se resguardar de ataques surpresa. Além disso, o morro era circundado por pântanos, mangues, lagoas e pelo mar.

Foi nesse mesmo ano que a Baixada de Jacarepaguá começou a ser ocupada, quando a região pertencia à Sesmaria de Inhaúma. Fora denominada por Afonso Várzea como Planície dos Onze Engenhos: D'água, Camorim, Vargem Grande, Vargem Pequena, Taquara, Novo, de Fora, Velho da Taquara, Rio Grande, Restinga e Serra. A geografia marcada pela água determinou o processo de ocupação e desenvolvimento da região. No século XVII, as lagoas eram a principal via de locomoção na baixada, sendo possível navegar entre pontos tão dispares como Itanhangá e Curicica, ou entre Largo da Barra e Vargem Pequena. Só muito mais tarde, na década de 1770, foi construída uma estrada entre o Pontal de Sernambetiba e a Freguesia. A partir de 1808, com a chegada da família real no Brasil, o plantio de cana-de-açúcar entrou em declínio. Estimulado por nobres franceses vindos do caribe, o cultivo rentável do momento é o café (CUNHA, 2012).

A chegada do café no Rio de Janeiro condicionou o crescimento e expansão da cidade, especialmente na área de estudo. Como indicado por Figueiró (2005), as plantações cafeeiras foram ocupando rapidamente as áreas de encosta ao redor da cidade, tendo em vista a dificuldade de instalar tais plantações nas terras mais planas, permanentemente saturadas e próximas à desembocadura dos rios.

Desta forma, acreditando-se que as características do solo condicionavam a vegetação (e não o contrário), se estabeleceu um paradigma que, baseado no senso comum, passou a orientar a expansão da economia cafeeira da época: o plantio do café só seria bem sucedido se ocupasse áreas de “floresta virgem”. Esse foi o pressuposto que deu origem à mais rápida devastação florestal já registrada na história desse país. Segundo Amador (1992), o período entre 1760 e 1840, o café

deixou na sua passagem um rastro de destruição, atingindo os três maciços cariocas (Tijuca, Pedra Branca e Mendanha), os contrafortes da serra do Mar, na baixada, e as colinas e vertentes do maciço litorâneo de Itaboraí, Marica e São Gonçalo.

Segundo as estimativas de Drummond (1997), só no estado do Rio de Janeiro, 25 mil Km² de floresta foram transformadas em lavouras de café.

Assim, muito embora tendo sofrido desde o início com a extração do pau-brasil, com a retirada de lenha para os engenhos de açúcar e com a abertura de trilhas e caminhos para a penetração no “sertão”, foi durante a expansão do cultivo cafeeiro que a mata atlântica sofreu os seus mais duros golpes, especialmente no sudeste brasileiro. Ironicamente, a exaustão dos solos e a consequente decadência da economia cafeeira nos arredores da capital, abriram caminho para as iniciativas de recuperação e preservação das áreas de florestas.

Segundo Drummond (1997), a seca de 1843 representou um marco decisivo para a instalação de medidas conservacionistas que visavam o restabelecimento das vazões das nascentes que iam progressivamente secando frente ao processo de degradação promovido pelo café. Assim, entre 1862 e 1887, 95 mil mudas foram plantadas nos terrenos adquiridos pelo governo imperial, sob a coordenação do Major Archer (FIGUEIRÓ, 2005).

Nesse contexto, por problemas de abastecimento de água, dentre outros, a cidade teve que descer do morro, iniciando um processo de conquista do espaço das baixadas, fixando-se na porção oriental da cidade, às margens da Baía de Guanabara, entre os morros do Castelo, de Santo Antônio, de São Bento e da Conceição. A conquista do solo, que até então era insalubre para assentamentos humanos, se deu através da canalização de cursos de água, desmatamentos, e o aterro palmo-a-palmo de mangues, brejos e lagoas (AMADOR, 1997).

Com a abolição da escravatura em 1888, os grandes engenhos de açúcar e as fazendas de café perdem mão de obra. As plantações são abandonadas, os trapiches deixam de ter manutenção e os canais que drenam os pântanos voltam a sofrer assoreamento, desta forma as hidrovias perdem importância como meio de transporte regional. Neste período a Baixada de Jacarepaguá estagnou e as antigas plantações deram lugar a uma floresta em regeneração. Assim, as produções comerciais perderam viabilidade e a região voltou a sobreviver com uma agricultura de

subsistência, fazendo jus ao título de “sertão carioca”, que seria consagrado pelo jornalista Magalhães Correia em 1936 (DA CUNHA, 2012).

Assim, por muito tempo a região de Jacarepaguá foi utilizada como zona agrícola: açúcar até o século XVIII, café e anil até o final do século XIX e, até meados do século XX, cultivo de hortaliças, mandioca, frutas e criação de gado (SANTOS, 2003). Até o final dos anos 50 residiam na Baixada de Jacarepaguá principalmente pescadores (Figura 4) e produtores rurais que formavam pequenos aglomerados situados ao longo do litoral da Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes e próximo aos maciços da Tijuca e Pedra Brancas.



Figura 4. Ilustração do naturalista brasileiro Magalhães Corrêa de 1936. Expressa os modos de vida e fisionomia da paisagem no entorno das lagoas naquela época.

No início do século passado, a cidade do Rio de Janeiro apresentava um crescimento populacional bastante heterogêneo. Em seu núcleo central (ou freguesias urbanas) residia a maioria da população e nas periferias (ou freguesias rurais), o quadro populacional era antagônico. A baixada de Jacarepaguá foi sendo incorporada paulatinamente ao tecido urbano carioca. Inicialmente, o que antes era apenas uma freguesia rural distante dos principais núcleos da cidade, hodiernamente tornou-se a área de crescimento/expansão “natural” da cidade do Rio de Janeiro (PIMENTA, 2009).

O caminho terrestre mais antigo para sair da região de Jacarepaguá era através do vale do Marangá, um “corredor que passa atualmente pela Praça Seca e corresponde, grosso modo, ao trajeto da Avenida Cândido Benício”. Este eixo

estabelece, apenas a ligação entre as zonas norte e oeste (no eixo Penha-Madureira-Jacarepaguá).

Foram importantes neste processo de conexão urbana a implementação da Avenida Niemeyer (1922), a Estrada do Alto da Boa Vista e Furnas (1942-1950), a Grajaú-Jacarepaguá (1950), e a construção da primeira etapa da Auto-Estrada Lagoa-Barra no fim da década de 60 (ABREU, 1987). Logo, foram construídas ou pavimentadas as Vias 11 (atual avenida Ayrton Senna), a Via 3 (atual Avenida das Américas), e construído o Elevado das Bandeiras (Tuneis Dois Irmãos, Joá e São Conrado). Foi construída também uma nova estrada pavimentada ligando a porção oeste de Jacarepaguá à Baixada de Sepetiba e conseqüentemente ao litoral sul do estado do Rio de Janeiro. Estas vias permitiram o aumento do fluxo populacional para a região (PIMENTA, 2009).

Em 1969, o governo do Rio de Janeiro instaura o Plano Lúcio Costa, projeto piloto de urbanização da Baixada de Jacarepaguá, voltado principalmente para o ordenamento da faixa costeira. Desse momento, a partir da década de 60 em diante a Baixada de Jacarepaguá passa a ser considerada como a nova área de expansão do município do Rio de Janeiro, fazendo com que sua ocupação ocorresse de forma acelerada e descontrolada. Desde então a região tem absorvido mudanças ambientais significativas que podem ser percebidas principalmente através do estado de degradação dos ambientes lagunares.

Até 1976, as áreas com maior densidade de ocupação eram próximas aos maciços, onde a topografia era um pouco mais elevada e onde havia menor possibilidade de alagamento. Nas margens das lagunas, onde predominava a planície paludosa, a ocupação era quase inexistente devido ao frequente saturamento do lençol freático, que fazia com que essas áreas permanecessem encharcadas durante boa parte do ano (RONCARATI E NEVES, 1976). De 1980 em diante a ocupação na Baixada de Jacarepaguá vai se direcionando em direção às margens dos rios e lagunas, fazendo com que emergissem cada vez mais problemas socioambientais. Estes se relacionavam à incapacidade política de estruturar, fiscalizar e prever situações que possam vir a prejudicar a qualidade do ambiente para a população. A falta de uma adequada fiscalização do planejamento e gerenciamento do crescimento urbano na área levou ao aumento de atividades ilegais, tais como desmatamento e

aterro de margens de rios e lagoas para efetuação de ocupações e usos irregulares do solo.

Atualmente, a Região Administrativa da Barra da Tijuca apresenta o maior dinamismo demográfico dentro do município do Rio de Janeiro, sendo considerada um dos principais vetores de crescimento interno da cidade. A população do bairro da Barra da Tijuca triplicou na última década, sendo que a ocupação do solo tem se dado de maneira contínua e acelerada, dentro de um intenso processo de especulação imobiliária, caracterizando o bairro como um dos mais valorizados do Rio de Janeiro (BARROS & ANDRADE, 2003).

3.2 Sistemas biofísicos da bacia hidrográfica de Jacarepaguá

3.2.1 Gênese do complexo lagunar de Jacarepaguá

O clima da Baixada de Jacarepaguá é tropical quente e úmido com inverno seco. Conforme se aproxima dos maciços que circundam a Baixada (Pedra Branca e Tijuca) nota-se um aumento de umidade no ar e, com isso, maior incidência de chuvas.

No Pleistoceno, época inicial do período Quaternário, ocorreu o afundamento tectônico da região da Guanabara e ocasionou também uma transgressão marinha na área da Baixada de Jacarepaguá. Este afundamento do gráben da Guanabara deu origem à Baía da Guanabara, Baía de Sepetiba e transformou a atual área da Baixada de Jacarepaguá numa enseada.

Poucos milhares de anos atrás, antes do Holoceno, houve o último avanço do mar de maior proporção e posteriormente seguiram-se pequenas oscilações até que alcançasse o nível atual. A baixada de Jacarepaguá foi uma enseada que subsequentemente foi agregada aos terrenos continentais a partir da formação de restingas, num processo similar ao que ocorreu na construção de outras baixadas fluminenses (MARQUES, 2012). Assim, esta planície foi formada a partir da progressão de dois cordões arenosos litorâneos que deu origem a dois sistemas lagunares distintos: um mais ao norte de formação mais antiga e outro mais ao sul, próximo à linha da costa, de formação mais recente. Esses ambientes se desenvolveram, portanto, a partir da influência de processos marinhos e fluviais.

MAIA *et al.* (1984) fizeram a reconstrução dos estágios evolutivos holocênicos da Baixada de Jacarepaguá, baseando-se em datações radiométricas (carbono-14) e nos

estudos de outros autores como Bittencourt *et al.*, 1979 e 1982, Dominguez *et al.*, 1981 e 1982, Martin *et al.*, 1979 a, b e c e 1980, Suguio; Martin, 1978 e Suguio, 1982, e dividiu a gênese da Baixada em quatro estágios:

ESTAGIO I: Por volta de 17.000 anos A.P o nível do mar, que se encontrava cerca de 120 m abaixo do nível atual começou a subir, caracterizando-se a última transgressão, cujo máximo ocorreu em torno de 5.100 anos A.P atingindo cotas entre 4 e 5m. Durante a fase final da transgressão, entre 7.000 e 6.000 anos A.P, formou-se uma ilha barreira isolando do mar aberto uma ampla laguna. Uma amostra datada em 5.970 ± 230 anos A.P, obtida na laguna externa, permite supor que, por volta de 6.000 anos A.P, a ilha barreira ocupasse uma posição mais externa que na época do máximo. Com a elevação contínua do nível do mar, a ilha barreira migrou em direção ao continente, estabilizando-se, no máximo de 5.100 anos A.P, na posição hoje ocupada pela restinga interna.

ESTAGIO II: Após o máximo de 5.100 anos A.P iniciou-se nova fase regressiva, durante a qual a ilha-barreira sofreu uma progradação formando a restinga interna. As amostras das cúspides lagunares, formadas no período de máximo e na regressão posterior forneceram idades oscilando entre 4.890 ± 100 anos A.P e 4.130 ± 100 anos A.P.

ESTAGIO III: Por volta de 3.800 anos A.P o nível do mar elevou-se novamente, atingindo o máximo em 3.500 anos A.P. Durante a transgressão a restinga interna foi parcialmente erodida. A oeste, onde existe uma região de alta energia hidrodinâmica a restinga foi arrombada pelo mar, formando os depósitos de leques de arrombamento. Antes do máximo transgressivo, há aproximadamente 3.700 anos A.P já estava formada uma segunda ilha-barreira, isolando do mar uma nova laguna, consideravelmente menor que a anterior.

ESTAGIO IV: Após o máximo, o nível marinho começou a baixar lentamente até atingir o zero atual. A segunda ilha-barreira, como a primeira, sofreu progradação, porém em escala consideravelmente menor. A restinga resultante, chamada de restinga externa, é estreita e apenas na extremidade oeste são perceptíveis vestígios de cordões litorâneos (Figura 5).

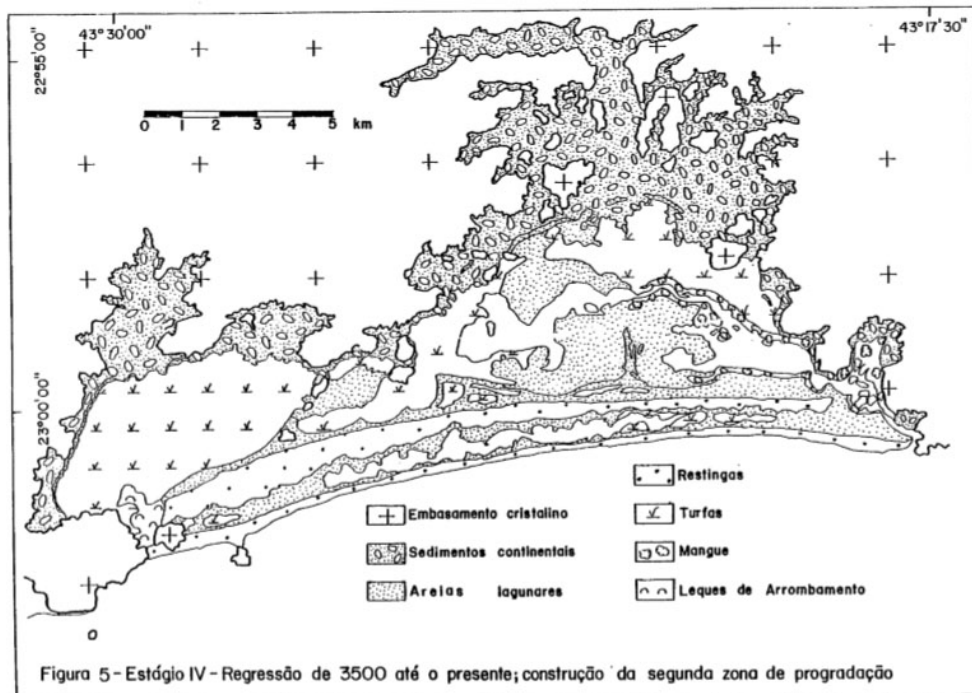


Figura 5.- Representa o estágio IV, fase de desenvolvimento atual das lagunas. Fonte: Maia *et al.* (1984)

Para todo o conjunto da Baixada de Jacarepaguá, foram indicados por Maia *et al.*, 1984 diferentes tipos de sedimentos oriundos tanto de processos marinhos quanto dos continentais. Em torno do complexo lagunar de Jacarepaguá pode se encontrar terrenos de composição: areais, mangues, turfeiras e depósitos de vasas orgânicas, como apresentados na Figura 6 e descritos como segue:

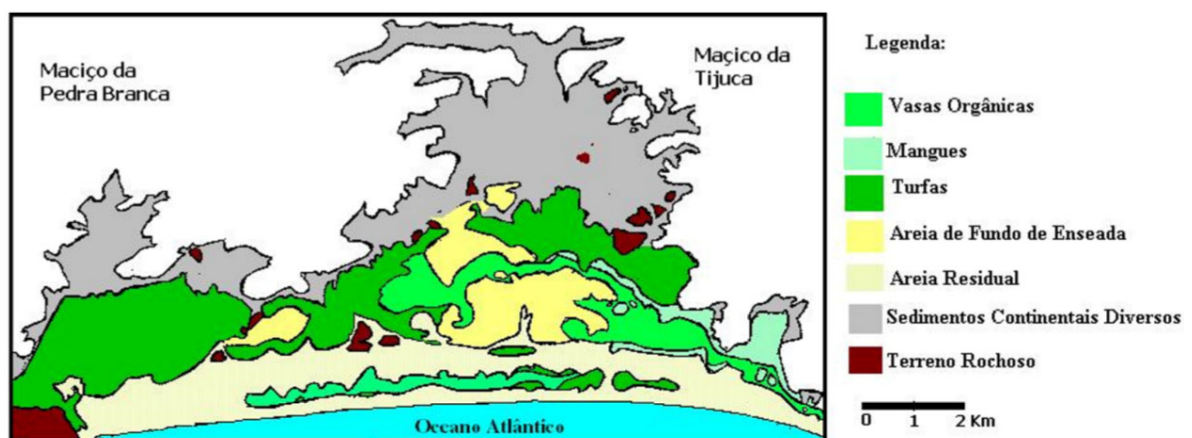


Figura 6.- Mapa sobre os tipos de terrenos na Baixada de Jacarepaguá. Roncarati e Neves, 1976 Adaptado por Pimenta 2002.

Areais: corpos sedimentares bem distribuídos por toda a área, principalmente em subsuperfície. Atualmente, a maior parte da areia de superfície foi encoberta por outros sedimentos ou impermeabilizado pela ocupação humana. Existem dois tipos distintos de areias; **Areias de fundo de Enseada:** de granulação média, com frequente presença de conchas, com grãos bastante selecionados indicando ser resultante de intensos trabalhos efetuados pela ação das ondas.

Areias residuais: constituídas pelas restingas e foram formadas a partir de sucessivos trabalhos da ação das ondas, são exemplos do último estágio evolutivo desde tipo de sedimento (PIMENTA, 2009). No geral são solos que não apresentam riscos à instalação de obras civis.

Turfas são sedimentos dispostos em forma tabular e ocupando as áreas baixas de planície paludial. Compostos por solos orgânicos de antigas lagoas e constituídos de siltes e argilas, em zonas de baixa atividade das correntes marinhas, formando camadas de coloração cinza escura a preta, moles, com frequente aparecimento de lentes arenosas. Há presença de restos das vegetações existentes em áreas alagadas (pantanosas). São solos que geralmente oferecem péssimas condições para a construção civil (SANTOS, 2003).

Vasas orgânicas: compostos de matéria orgânica coloidal (tipo lamas orgânicas) que são formados a partir de decomposição vegetal em solos úmidos e, preferencialmente pouco salinos, os fundos lagunares. Estes são ambientes redutores que liberam gás sulfídrico (H_2S) devido à decomposição da matéria orgânica por bactérias anaeróbicas. O estágio inicial do processo de colmatagem de lagoas é representado pela formação de vasas orgânicas, que com o passar do tempo e a agregação de mais material orgânico ao solo, irão dar origem às turfas (PIMENTA, 2009).

Mangues: Solos orgânicos geralmente areno-argilosos encontrados nos entornos das lagoas e em alguns pontos do litoral, associados à grande presença de matéria orgânica. Também são solos que apresentam péssimas condições para a construção civil (SANTOS, 2003). A vegetação de mangue tem um limite marcante no interior da baixada, representando o local mais interiorizado com influência das águas marinhas, marcando o limiar da influência da salinidade dos solos.

Sedimentos continentais diversos: são terrenos que se formaram através de processos continentais, sem a ajuda/intervenção marinha. Sua gênese é oriunda de

processos fluviais, dos rios que drenam as encostas do maciço da Tijuca e da Pedra Branca e de escorregamentos superficiais de encosta ocasionados por precipitações pluviais. Solo composto por areais, cascalhos, argilas, depósito de tálus e leques aluviais (RONCARATI & NEVES, 1976).

Aterros: Santos (2003) descreve dois principais tipos de aterros: a) *aterros constituídos* de solos residuais e coluviais, trazidos principalmente das encostas dos maciços costeiros, com aspecto areno-argiloso de coloração geralmente alaranjada; b) *aterros hidráulicos*, retirados dos rios e lagoas, com aspecto arenoso e coloração branca a cinza. Foram utilizados na área do Riocentro, do condomínio Rio 2, na área que abrange o Via Parque Shopping e Terra Encantada.

Em relação às **condições geológico-geotécnicas** para a instalação assentamentos urbanos, Santos (2003) indica que nas áreas das restingas de Marapendi e Jacarepaguá, a expansão urbana se dá sobre solos arenosos, com associação de areias marinhas de dunas e de restingas, e também sobre solos podzóis. Estas áreas apresentam características geológico-geotécnicas satisfatórias para ocupação urbana. No entorno das lagoas da Tijuca e de Marapendi pode-se constatar que houve invasão com ocupação das áreas de mangue, como as áreas próximas ao Via Parque Shopping e ao parque Terra Encantada, na avenida Ayrton Senna. Essas áreas não apresentam condições geológico-geotécnicas satisfatórias para ocupação urbana.

Da mesma maneira, Santos (2003) indica que dentro da baixada de Jacarepaguá, uma das áreas mais críticas para a construção desde o ponto de vista geológico-geotécnico encontra-se nas proximidades do rio das Pedras (figura 7).

As estimativas realizadas pela Secretaria Municipal de Habitação (SMH) do Rio de Janeiro classificam a área dentro do Grau de Risco 3, que é o grau mais alto de risco. Os resultados do estudo Tecnosolo (1997), indicam que a estratigrafia local da área se caracteriza pela presença de uma capa de aterro, sobrejacente a uma formação sedimentar, constituída por uma camada de argila orgânica turfosa, de consistência muito mole, e de uma camada de areia fina com mariscos. Abaixo desta formação sedimentar, encontra-se uma formação residual típica da região sudeste do Brasil, constituída por camadas de solos siltosos e argilosos de boa consistência, apresentando resistência crescente com a profundidade (figura 7). As fundações executadas na área são, em geral, controladas pela camada de argila mole, o que

causa enormes recalques por adensamento, baixa resistência e alta compressibilidade.

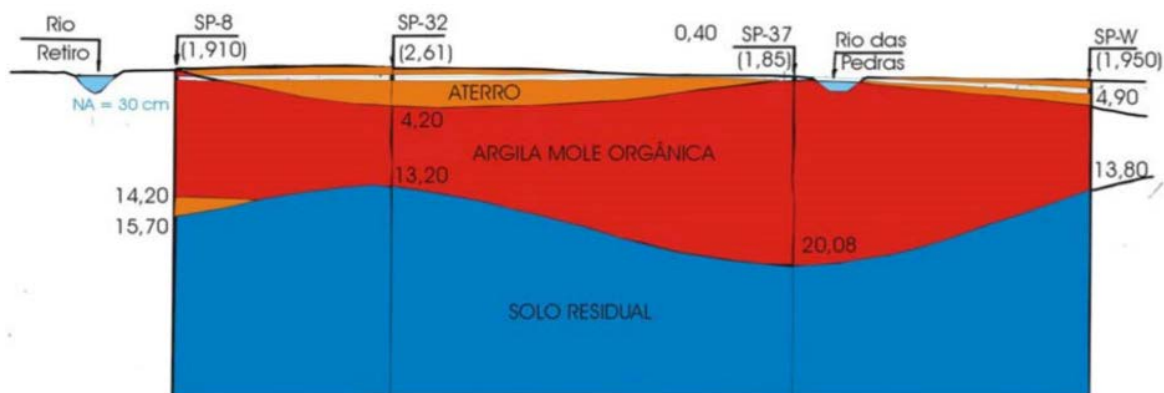


Figura 7: Perfil do solo numa seção Transversal Rio das Pedras transversal (paralelo Av. Eng. Sousa Filho e distante uns 200 metros desta via). Fonte: Santos, 2003.

As análises dos perfis de sondagem realizadas por Santos (2003), ao longo de toda a baixada de Jacarepaguá mostra que o nível de água dinâmico da região é muito raso e em muitas áreas tem menos de 1,0 metro de profundidade.

Com relação as **águas subterrâneas** nas áreas da Baixada de Jacarepaguá (mais próximas à Serra do Mar e seus contrafortes), constata-se que são fortemente condicionadas do ponto de vista hidrogeológico pela presença das rochas cristalinas que compõem a cadeia montanhosa. Isto se deve ao fato de que a geometria e composição das camadas aquíferas são influenciadas pela presença das elevações, pois através do sistema de fraturas do maciço, estas abastecem os materiais sedimentares adjacentes, compostos predominantemente de materiais fluviais. O artesianismo ocorre frequentemente nos materiais terrígenos nas bordas internas da Baixada de Jacarepaguá.

Sob o ponto de vista químico, são águas em geral pouco mineralizadas, mas pode haver problemas de salinização nas zonas mais baixas e próximas aos bolsões de material argiloso/orgânico, comuns nas partes internas daquela planície.

Nos materiais que correspondem à fase transgressiva, de caráter variável no que diz respeito à sua composição e granulometria, respondendo, porém, por uma sedimentação marinha, geralmente as águas subterrâneas apresentam-se salinizadas, especialmente quando próximas aos depósitos de fundo de enseada (argila orgânica e turfas). Aparentemente, uma parte das águas que percolam esses

materiais são antigas e encontram-se aprisionadas nos sedimentos, havendo inclusive poços hipersalinos.

Já nas áreas de restinga ou cordões litorâneos encontram-se materiais mais homogêneos, compostos por areias médias a finas dispostas em pacotes com uma razoável persistência e até cerca de 20 ou 30 m de espessura média, podendo armazenar razoáveis quantidades de água. As cotas em que ocorrem estes materiais - geralmente alguns metros sobre o nível médio do mar, permitem a formação de lentes de água doce cuja suscetibilidade à intrusão marinha é minimizada pelo fato de que quase sempre ocorre um estrato inferior argiloso de alguns metros de espessura e que funciona como um aquitardo que dificulta a ascensão do cone de intrusão salina (figura 8).

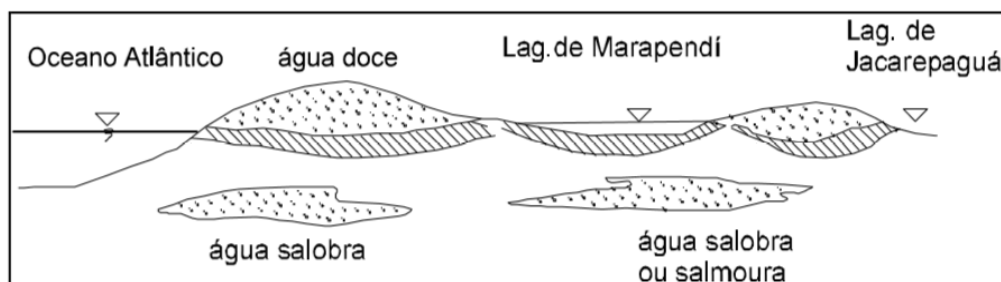


Figura 8. Perfil esquemático com a disposição das lentes aquíferas com a representação das reservas de água doce sobrepostas às camadas com águas salobras ou hipersalinas. Fonte: Da Silva Júnior, 1998.

A ocupação descontrolada da baixada, sem implantação de serviços de infraestrutura, tais como água e esgoto, derivou na contínua exploração da água subterrânea na região, com a instalação de poços de bombeamento. Com o nível de água (NA) tão próximo à superfície surgem problemas de contaminação da água subterrânea, seja por indústrias, postos de abastecimento, ou pelo próprio esgoto das fossas instaladas nas residências (DA SILVA JÚNIOR, 1998).

3.2.2 Ecossistemas da macrobacia de Jacarepaguá

É importante compreender as inter-relações da Mata Atlântica com o bioma costeiro e marinho através dos ecossistemas associados como as restingas e manguezais (CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL, 2012). Estes ecossistemas possuem uma parte expressiva da fauna e flora endêmica, ou seja, não ocorre em

nenhum outro lugar do planeta, estima-se que o 43% dos vertebrados e o 45% do total de espécies estão restritas a esse bioma. No caso dos primatas alcança um 90%. A mata atlântica que representa o 0,8% da superfície terrestre, estão presentes mais dos 5% das espécies de vertebrados do mundo.

As florestas, restingas e os mangues que faziam parte da paisagem natural das regiões costeiras, configuravam ambientes de uma grande riqueza biológica, profundamente alteradas pela ocupação humana. No litoral do Estado do Rio de Janeiro, privilegiado por sua situação geográfica numa zona diversificada pelo clima e pela geomorfologia, suas paisagens revelam sua história geológica e a dinâmica decorrente das forças naturais de interação e transição entre o mar e a terra, entre a planície e as serras (BERGALLO, ET. AL., 2009).

No que diz respeito a restinga, compreende-se que este é o termo usual para designar um dos principais ecossistemas que ocupam as planícies do litoral do Brasil, formadas por sedimentos de origem marinha. Esse ecossistema apresenta um conjunto bastante diversificado de comunidades biológicas, que reflete a influência das condições do solo e do grau de exposição às brisas marinhas e ao sol (SAMPAIO, SOUZA & OLIVEIRA, 2005). Na baixada de Jacarepaguá, os cordões arenosos onde ocorriam diferentes tipos de restinga que retificaram o litoral e formaram as praias, lagunas e canais, abrigavam uma rica flora distribuída nas diversas tipologias de vegetação. As estimativas de plantas ocorrentes nas restingas do Rio de Janeiro chegam a mais de 900 espécies.

A primeira faixa de restinga junto da praia, apesar de aparentemente desprovida de plantas e animais, apresentava uma diversidade de fauna e flora surpreendente, muitas das quais, lamentavelmente, se tornaram raras ou foram extintas localmente. Um exemplo é *Liolaemus lutzae*, o camaleão-da-praia, endêmico das praias cariocas, possui distribuição geográfica relativamente reduzida a apenas 200 km ao longo da costa do Estado do Rio de Janeiro e atualmente está ameaçado de extinção, não sendo mais encontrado nas demais praias do município do Rio de Janeiro. As populações dessa espécie monitoradas na Barra da Tijuca no período de 1984 a 1991 mostraram uma redução de 65% (ROCHA, SIQUEIRA & ARIANI, 2009).

Atualmente na baixada de Jacarepaguá, restingas podem ser encontradas apenas em pequenos trechos, em terrenos que não foram ocupados e em minúsculas

proporções na borda da lagoa Marapendi, em estreitas faixas na praia de Grumari e principalmente na restinga de Marambaia (SMAC, 2000).

Do mar para o interior da planície, sucessivas faixas de tipos de restingas se misturavam com trechos de mangues, que formavam bordas nas lagoas e seus canais de comunicação com o mar, compondo um complexo sistema ecológico de riqueza até hoje não totalmente entendida.

Em relação aos manguezais no Sistema Lagunar Jacarepaguá-Barra da Tijuca, destacam-se importantes remanescentes, que no passado atingiam até 100 metros de largura, mas hoje estão reduzidos a pequenos fragmentos que não ultrapassam 40 m de largura. Parte destes remanescentes está inserido nas áreas protegidas da Baixada de Jacarepaguá, no Parque Chico Mendes, Área de Proteção Ambiental Marapendi e Parque Municipal Bosque da Barra, porém, de um modo geral, estes remanescentes encontram-se bastante empobrecidos em relação às espécies que normalmente ocorrem nesse tipo de vegetação, devido a uma combinação de fatores que alteraram as condições ecológicas: movimentação de terra, corte, sedimentação, aporte de água doce, salinização, mudanças no PH e ocupação por espécies invasoras.

Soares (1999) descreve a forte pressão e degradação dos manguezais da “Gleba E” (próxima da área denominada “Península”), como fruto da pressão imobiliária para ocupação, que veio a culminar com a sua total degradação nos últimos anos. O autor ainda descreve uma floresta madura e bem desenvolvida dominada por *Rhizophora mangle*, na chamada Gleba F, a qual estaria entre uma das mais desenvolvidas florestas de mangue até então descritas para o sudeste do Brasil. Da mesma forma, essa floresta estaria sofrendo um processo de invasão pela Samambaia do Brejo (*Acrostichum aureum*), como consequência da redução da influência das marés e consequente redução da salinidade, devido ao forte assoreamento do sistema lagunar.

A fauna da Baixada foi descrita em 1936 pelo naturalista Magalhães Correa na obra “Sertão Carioca” (1936), em que onças e tamanduás eram comuns na região (figura 9). Com o passar do tempo, a expansão da cidade fez com que sobrassem apenas as espécies consideradas mais fortes pelos especialistas: jacarés, capivaras, gambás, sacaruras-do-brejo e colheireiros, animais capazes de sobreviver em meio à poluição e a ocupação humana. Segundo SMAC (1998) - Projeto de recuperação

Ambiental da Macrobacia de Jacarepaguá-, sobre fauna silvestre da região, foram identificadas na região 51 espécies de anfíbios, 24 de reptéis, 384 de aves e 91 de mamíferos efetiva ou potencialmente presentes na bacia.

Com relação aas lagoas da Tijuca e Camorim, Magalhães Corrêa (1936) descreve: “Fartissima de peixe muito sabroso, satisfaz com liberdade quotidiana os povos vizinhos e lhes permite que se aproveitem da sua abundancia para conservá-los em salgas todo o ano”.

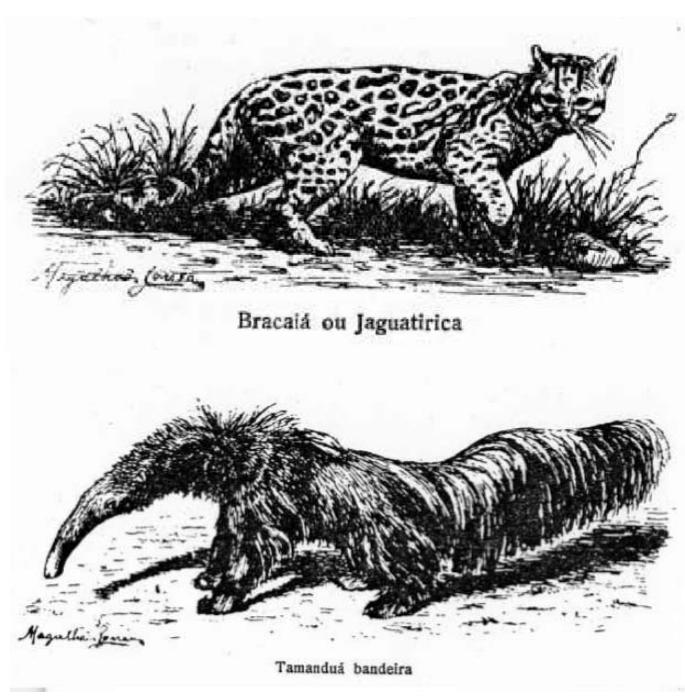


Figura 9.- Ilustrações sobre a fauna que habitava a Baixada de Jacarepaguá na década dos 30'. Fonte: Magalhães Correa, 1936.

A respeito dos peixes fluviais e lagunares, as informações reunidas mostram a ocorrência de cerca de 89 espécies. Desse total, 28,4% são de água doce primária (tem distribuição restrita aos corpos fluviais e paludiais) e 9,1% são dulcícolas secundárias (em ambientes de água doce), 62,5% são marinhas e/ou águas salobras, o que demonstra a grande importância dos ambientes marinhos periféricos e estuarinos na manutenção da riqueza biótica local (COHIDRO, 2006).

3.2.3 Monitoramento e qualidade das águas das lagoas e sistemas fluviais

Em relação ao enquadramento dos corpos hídricos, os rios e canais da bacia contribuinte ao complexo lagunar de Jacarepaguá, são classificados para preservação de flora e fauna e uso estético (Diretriz da extinta Feema nº. 109).

O Conama, que estabelece a classificação e os limites e/ou condições para as águas doces, salinas e salobras em todo o Território Nacional indica:

- Classe 1 (das águas salobras) — para os pontos de amostragem localizados nas lagoas;
- Classe 2 (das águas doces) — para os pontos de amostragem localizados em trechos da bacia hidrográfica.

O monitoramento do Complexo Lagunar de Jacarepaguá é realizado pela Gerência de Qualidade da água (GEAG) do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). A amostragem coleta dados dos principais indicadores físico-químicos de qualidade da água, e também o acompanhamento da comunidade fitoplanctônica quanto à composição quantitativa e qualitativa e à toxidez de cianobactérias.

No caso das lagoas, são coletadas amostras em 8 pontos, com duas estações localizadas na lagoa da Tijuca (ver tabela 1 e figura 10). As medições dos parâmetros de qualidade das águas são feitas com frequência variável, com uma média de três registros por ano, tendo aumentado o número de coletas de dados nos anos recentes. As amostras são realizadas preferencialmente em marés de quadratura (estofo de vazante).

Tabela 1.- Listado estações de coleta e os parâmetros mensurados no complexo lagunar de Jacarepaguá. Ver localização das estações na Figura 10. Fonte: Elaborado pela autora.

| Corpos d' água | Estações de coleta | Parâmetros |
|-------------------|-------------------------|--|
| L. de Jacarepaguá | JC341 JC342 | PH, OD, DBO, DQO, Transparência, Salinidade, Condutividade, RNFT, Série Nitrogenada, Série Fosforada, Fito Quali e Quant, Biotestes, Bacteriológicos |
| Lagoa de Camorim | CM320 | |
| Lagoa da Tijuca | TJ303 TJ306 | |
| Lagoa Marapendi | MR361 MR363 MR369 | |

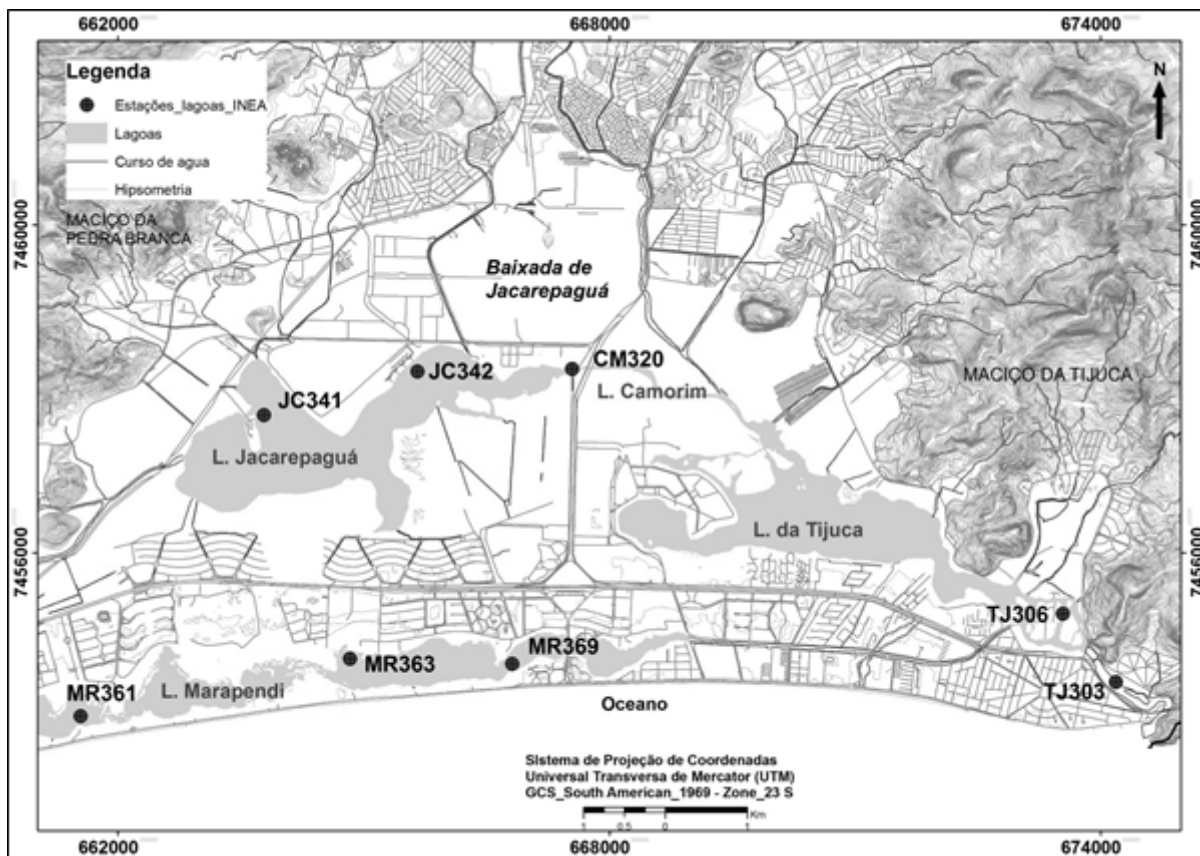


Figura 10- Localização das estações de amostragem do INEA no complexo lagunar de Jacarepaguá. Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 2 segue uma síntese da temporalidade dos dados disponíveis para as lagoas de Tijuca, Camorim e Jacarepaguá, em relação a cada parâmetro físico-químico analisado. Observa-se que a disponibilidade de dados tem sido irregular ao longo dos últimos 30 anos. As primeiras mensurações foram realizadas no período de 1980 a 1986, logo após disso o monitoramento ficou suspenso durante 1987 até o ano 2000 por problemas de logística. O organismo retomou as mensurações nas lagoas a partir do mês de agosto de 2001 e persiste até hoje. No caso da estação TJ0303, da lagoa da Tijuca, a coleta de dados foi retomada a partir do ano 2003. Por outra parte, os parâmetros que possuem o maior número de registros disponíveis são os nutrientes, porém os registros para outros parâmetros relevantes como condutividade elétrica, turbidez e temperatura são escassos.

Tabela 2- Disponibilidade temporal de registros para os diferentes parâmetros mensurados no complexo lagunar de Jacarepaguá. Fonte: Elaborado pela autora.

| PARÂMETRO QUALIDADE ÁGUAS | 1° período monitoramento | | | | | | 2° período monitoramento | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|------|------|------|------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Coliformes Termotolerantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Nitrogenio Amoniacal Solúvel, Nitrogenio Kjeldahl, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Condutividade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DBO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Óleos e Graxas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solidos Suspensos Totais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sólidos Totais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Surfactantes Aniônicos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Turbidez | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nesse contexto, a base de dados disponíveis do INEA, permite realizar análises de qualidade das águas de caráter geral, para determinados períodos e com representatividade espacial limitada, em decorrência do número insuficiente de estações de monitoramento. Isto dificulta uma caracterização adequada do recurso hídrico e a visualização de tendências sobre o seu comportamento no tempo.

Apesar das limitações da base de dados do INEA, o órgão elabora relatórios sobre a qualidade das águas do complexo lagunar de Jacarepaguá. No correspondente ao período de 2001 até 2005, revelou-se que as lagoas de Jacarepaguá, bem como os rios e canais de sua bacia hidrográfica, encontraram-se sob intensa influência de águas residuais, ricas em matéria orgânica, oriundas de fontes urbanas e/ou industriais. No sistema lagunar de Jacarepaguá, o impacto antropogênico pode ser observado, principalmente, a partir dos parâmetros de natureza orgânica – OD, DBO, Nitrogênio e Fósforo, indicadores típicos do grau de

degradação e/ou eutrofização do ambiente, pelo efeito de lançamento de esgotos in natura, água de escoamento superficial e resíduos orgânicos.

Da mesma forma, um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do complexo lagunar de Jacarepaguá realizado por COHIDRO (2006) indicou como um dos maiores problemas que existe no complexo lagunar a entrada de esgoto. Segundo cálculos recentes, as lagoas recebem cerca de 3.200 litros de esgoto por segundo (3,2 m³/s), o equivalente a aproximadamente 220 piscinas olímpicas por dia. Segundo Rigueti (2009), em relação ao estado trófico das lagoas, estas podem ser classificadas como um corpo d'água em estado hipereutrófico, considerando as categorias definidas pela OECD em 1992.

Os resultados sobre as coletas de fitoplâncton para o período 2001- 2005 (nas quais se destacam os dados de *Microcystis aeruginosa*) indicaram resultados positivos para os testes de toxicidade que revelaram a presença de microcistinas nos meses de agosto e outubro de 2003. *Microcystis aeruginosa* é uma cianobactéria colonial cuja floração muitas vezes apresenta cepas tóxicas. Tais cepas são capazes de produzir microcistinas, potentes toxinas de efeito hepatotóxico que representam riscos para populações e para todo o ecossistema, além de poderem alcançar, pela cadeia trófica, populações humanas.

No ano 2006 (MAGALHÃES *et al.*, 2001) revelaram a presença de microcistinas nas vísceras e músculos de peixes, usualmente consumidos pela população em geral, o que significa um risco potencial para a saúde pública.

Em relação ao monitoramento dos rios, as medições da qualidade das águas são realizadas com frequência quadrimestral. As coletas são realizadas preferencialmente em marés de sizígia de vazante. Na seguinte tabela 3, identificam-se os corpos d'água fluvial monitorados pelo organismo estadual.

Tabela 3- Tabela que indica os principais rios, arroios e canais contribuintes as lagoas de Jacarepaguá, Camorim e Tijuca. Destacados em *negrito* os rios que são monitorados atualmente pelo Instituto Estadual do Ambiente com o respectivo código da estação, relativo à Figura 11. Fonte: INEA, 2006.

| LAGOA | ÁREA km2 | ÁREA DRENAGEM km2 | CURSOS D'ÁGUA CONTRIBUINTES |
|-------------|----------|-------------------|--|
| Jacarepaguá | 3,7 | 103 | Rios Guerenguê (GN400) , Monjolo, Areal, Pavuninha (PN480) , Passarinhos, Caçambé, Camorim (CM220) , Marinho (MN240) , Ubaetá, Firmino, Calembá, Cancela, Vargem pequena e Canudo; arroio Pavuna (PV180) ; canais do Cortado e Portelo. |
| Camorim | 0,8 | 91,7 | Rios Banca da Velha, Tindiba, Pechincha, da Covanca, Grande (GR144) (GR140) , Pequeno, Anil (AN040) , Sangrados, Panela, São Francisco, Quitite e papagaio; arroio Fundo (FN100) ; riacho Palmital. |
| Tijuca | 4.8 | 26 | Rios das Pedras, Retiro (RT020) , Cachoeira (CC000) Carioca, Itanhangá, Leandro, Tijuca, da Barra, Gávea Pequena e Jacaré; córrego Santo Antônio |

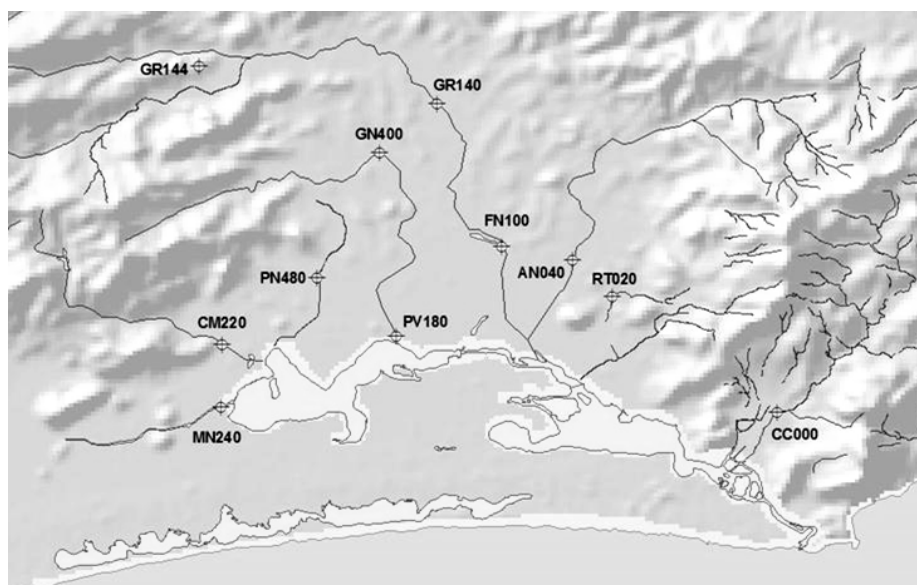


Figura 11. Localização e distribuição das estações de coleta nos rios contribuintes a bacia de Jacarepaguá administradas pelo INEA (ver relação com Tabela 3). Fonte: FEEMA, 2006.

Os principais parâmetros monitorados nos sistemas fluviais são: *Coliformes Fecales Termotolerantes*, *DBO*, *DQO*, *Fósforo Total*, *NH₄*, *OD*, *RNFT*, *PH*, *Orto-fosfato*. No entanto, foram detectados vazios de informação nos dados correspondentes aos parâmetros *PH* e *Orto-fosfato* para as estações do rio Anil, rio Cachoeira, Camorim, arroio Fundo, rio Guerenguê, as duas estações no rio Grande, rio Marinho, rio Pavuninha, Pavuna e Retiro. Para o caso dos parâmetros RNFT e DQO não existem registros para a estação do Rio Camorim, Gurenguê, Marinho, Pavuninha e Pavuna. Por último, para o rio Cachoeira faltam registros de DQO.

3.3 Dinâmica hidro-erosiva e processos de sedimentação das planícies

A cidade do Rio de Janeiro constitui um geocossistema marcado por uma morfologia montanhosa circundada por planícies fluvio-marinhas, ambas interconectadas por redes de canais que drenam para diferentes reservatórios terminais. O Maciço da Tijuca, situado na porção oriental do município, é drenado por bacias hidrográficas que desaguam nos reservatórios da baía da Guanabara, nas lagoas costeiras ou diretamente no oceano Atlântico.

Além da perda da biodiversidade, a retração florestal nos limites da malha urbana promove ainda outros graves problemas de instabilidade ambiental: aumento da frequência de desastres ambientais (movimentos de massa e enchentes), grande transporte de sedimentos pelo aumento dos processos erosivos, potencialização de ocorrência de queimadas (pelo avanço das áreas de gramíneas) e mudanças radicais no microclima da cidade (regime e distribuição espacial da chuva, temperatura e umidade atmosférica), com consequências ainda não inteiramente estimadas (PMRJ, 2001).

Os rios principais que drenam o maciço da Tijuca encaixaram-se nos falhamentos e fraturamentos herdados do passado geológico mais distante, e hoje, essas estruturas ainda influenciam a dinâmica hidrológica e erosiva atuantes nas encostas. Os movimentos de massa rápidos (tipo translacional ou fluxos detríticos), tendem a convergir das porções superiores das encostas para os canais fluviais. Os fluxos detríticos podem alimentar a formação de extensas avalanches detríticas, ricas em blocos, as quais podem alcançar e espriar nas baixadas adjacentes ao maciço. Embora esse fenômeno tenha sido observado em fevereiro de 1996, especialmente

na vertente que drena para a baixada de Jacarepaguá, existem evidências de depósitos similares de idade Quaternária tanto nas encostas como nas baixadas costeiras (MEIS, 1976).

Brandão (1992) ressalta que a temperatura média do ar vem se elevando com o crescimento urbano-industrial, contribuindo para um aumento na frequência das chuvas intensas, típicas do verão. Figueiró e Coelho Netto (2004) constataram, em registros históricos na porção superior do Maciço da Tijuca (1977-2003), uma irregularidade crescente no regime de distribuição de chuvas: frequência das chuvas inferiores a 20 mm/dia vem decrescendo, enquanto que a frequência das chuvas superiores a 100 mm/dia vem aumentando, as chuvas mais intensas ocorrem especialmente no alto verão (fevereiro).

Em resposta às chuvas intensas sobre as encostas íngremes e sob devastação florestal, tornam-se cada vez mais frequentes os deslizamentos nas encostas, assim como os assoreamentos dos canais de drenagem (naturais e artificiais), devido à falta de capacidade da absorção e transmissão das elevadas vazões sólidas e detritos em geral, que convergem tanto das áreas de encostas quanto das próprias terras da baixada (INEA, 2006). Este problema intensifica as enchentes nas baixadas circundantes. Um caso extremo ocorreu em 13 de fevereiro de 1996, quando se registrou um total de 380 mm de chuva, em menos de 24 horas, na Estação Capela Mayrink situada no setor Floresta da Tijuca (COELHO NETTO, 2005b).

Na bacia de drenagem de Jacarepaguá, o divisor de águas do sistema é estabelecido pelas linhas da crista dos Maciços da Pedra Branca e da Tijuca. Vários rios descem as vertentes dessas montanhas e deságuam nas lagoas que por sua vez se ligam ao mar pelo Canal da Barra da Tijuca (ou Canal da Joatinga), que garante a troca de água com o mar (ver figura 12). Assim, para as lagoas, as variações de nível representam os resultados da chegada de águas continentais e as ações das marés.

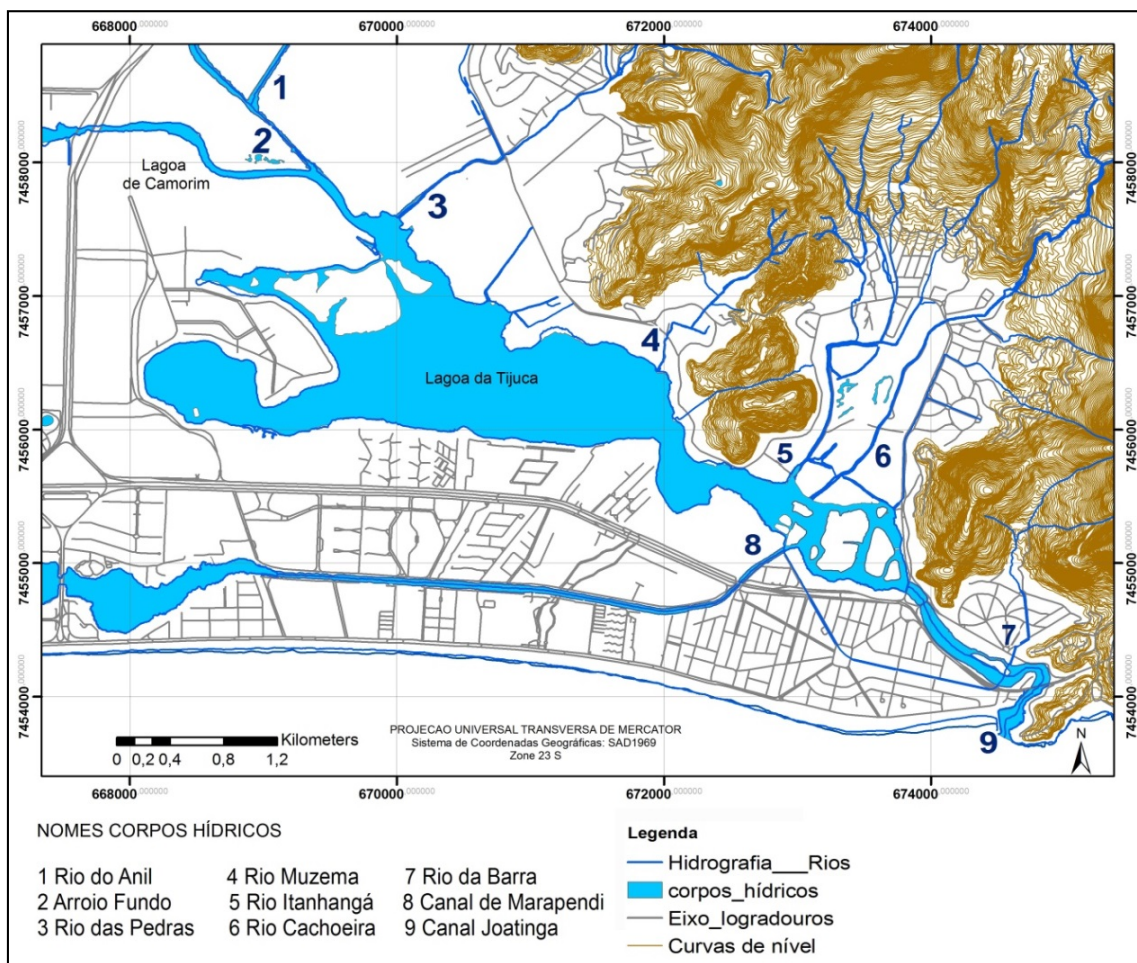


Figura 13. Esquema dos principais rios e canais contribuintes à lagoa da Tijuca.
Fonte: Elaborado pela autora.

O estudo COHIDRO, estimou em 2006, a vazão e transporte de sedimentos para os principais rios contribuintes ao complexo lagunar de Jacarepaguá, cálculo realizado a partir de dados coletados por Marques (1990). O resultado pode ser visualizado na tabela 4. Os dados indicam as maiores vazões e transporte de sedimentos para o Arroio Fundo e rio Anil, que desembocam na lagoa de Camorim, conectada diretamente à lagoa da Tijuca.

Tabela 4. Vazão e transporte de sedimentos dos principais rios contribuintes ao complexo lagunar de Jacarepaguá, calculados a partir de dados de Marques 1990. Fonte: COHIDRO, 2006.

| RIOS | VAZÃO MEDIA (m3/s) | TRANSPORTE MÉDIO (Kg/s) | TRANSPORTE ANUAL (t) |
|----------------|--------------------|-------------------------|----------------------|
| Rio da Barra | 0,203 | 0,087 | 2,736 |
| Rio Cachoeira | 0,594 | 0,314 | 9,903 |
| Rio das Pedras | 0,440 | 0,214 | 6,750 |
| Rio do Anil | 2,765 | 3,070 | 96,818 |
| Arroio Fundo | 7,497 | 11,411 | 359,845 |
| Arroio Pavuna | 1,944 | 1,731 | 54,575 |
| Rio Pavuninha | 1,161 | 0,758 | 23,898 |

| | | | |
|--------------------|-------|--------|---------|
| Rio Camorim | 1,544 | 1,275 | 40,206 |
| Rio Vargem Pequena | 0,223 | 0,111 | 3,512 |
| Rio Branco | 1,106 | 0,523 | 16,507 |
| Rio Vargem Grande | 1,219 | 0,657 | 20,712 |
| Rio Piabas | 0,143 | 0,044 | 1,388 |
| Total | - | 20,194 | 636,850 |

Da mesma forma, o intenso processo de urbanização da Baixada de Jacarepaguá, a partir dos anos 70, tem contribuído com quantidades expressivas de matéria orgânica e resíduos, comprometendo a circulação das águas entre as lagoas e gerando grandes agressões ambientais ao complexo lagunar. Dados da Comlurb indicam que são retiradas cerca de 40 toneladas ao dia de lixo flutuante deste sistema (FEEMA, 2006).

Segundo os dados de Marques (1990), a deposição de sedimentos indica que é feita preferencialmente nas proximidades dos pontos onde os canais fluviais desaguam. Assim, uma das áreas críticas de deposição compreende a foz do Arroio Fundo e do Rio do Anil no extremo noroeste da lagoa da Tijuca. Juntos transportam cerca de 400.000 toneladas de sedimentos por ano. A posição de lançamento dessa carga, que representa mais de 70% do total de sedimentos mobilizados para a baixada, é muito delicada, pois é feita numa das regiões mais estreitas da lagoa da Tijuca e que serve de comunicação para as lagoas do Camorim e Jacarepaguá (COHIDRO, 2006).

A figura 14 representa um mapa de batimetria da lagoa da Tijuca realizado por Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (2000). Observa-se que grande parte da superfície do corpo lagunar encontra-se assoreada e com uma profundidade de até 1,0 m. Um estreito canal de ligação une o setor sudeste e noroeste da lagoa e maiores profundidades na área da Península, estão relacionadas com ações de dragagem realizadas nas últimas décadas.



Figura 14.- Mapa que representa mensurações batimétricas da lagoa da Tijuca. Fonte: Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura, 2000. Modificado por CREA-RJ.

Santos (2003) indica que a área da baixada de Jacarepaguá é caracterizada por relevo plano, com declividades inferiores a 2%, associadas à sua formação geológica caracterizada por camadas argilosas de baixa permeabilidade, intercaladas com camadas arenosas. Nesse sentido, a região é bastante susceptível às variações do nível dos rios e regimes pluviométricos, gerando áreas com grande potencial de alagamento, destacando-se as mais próximas aos leitos dos rios.

Um agravante para a situação, preconizado no seminário “Rio: Próximos 100 anos” organizado pelo Instituto Pereira Passos no ano 2007, corresponde ao quadro de elevação média do nível do mar entre 40 e 60 cm nesse século. Nesse sentido a cidade de do Rio de Janeiro, teria de fazer frente, a uma linha do litoral cerca de um metro e meio mais alta, ocasionado perda de território consideravelmente extensa. Além disso, em situação de condições adversas, como tempestades com maré cheia, a infraestrutura da cidade seria submetida a uma situação extrema.

Em relação aos cenários de elevação do nível do mar projetados (40, 60 e 150 cm em um horizonte de 100 anos), Enrich-Prast, Bento & Santoro (2008) argumenta

que os ecossistemas aquáticos continentais podem apresentar diferentes respostas. Segundo o autor e como ilustra (Figura 15):

As lagoas localizadas na Baixada de Jacarepaguá são as mais vulneráveis à elevação do nível d'água no Rio de Janeiro, visto que a Área de Planejamento que compreende este complexo possui o maior percentual de setores com cota altimetria média até 1,50 m (Enrich-Prast, Bento & Santoro, 2008, p. 5)

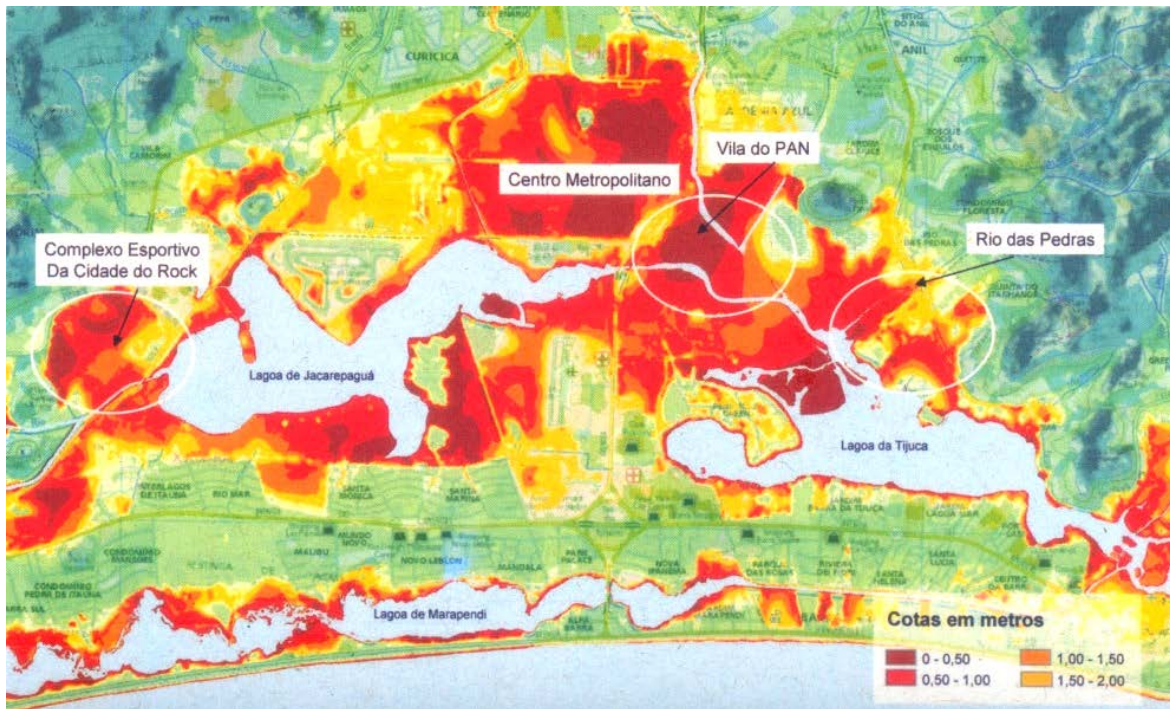


Figura 15. Representa as áreas que seriam afetadas com um eventual aumento do nível do mar entre 0 e 2 metros. Fonte: Enrich-Prast, Bento & Santoro, 2008.

Um dos resultados imediatos da elevação do nível do mar seria o aumento em área do espelho d'água das lagoas existentes e a criação de novas áreas alagadas pela entrada de água marinha e também devido à elevação do nível do lençol freático.

Em virtude de uma possível mudança da intensidade de tempestades tropicais, pode-se esperar um aumento na área e na frequência de alagamentos em áreas adjacentes. Como a ocupação de suas margens ocorreu de forma descontrolada, também acredita-se que a inundação de moradias ocorra mais regularmente, principalmente para ocupações irregulares, em períodos de chuvas intensas ou de elevadas marés.

Da mesma maneira, como a qualidade da água é de forma geral baixa nestas lagoas (incluindo as lagoas de Marapendi e Lagoinha, que se localizam dentro de

áreas de proteção ambiental), o contato da população local com estas águas pode ser um problema para a saúde pública da região, já que a água é o veículo transmissor de diversas doenças. O aumento na frequência de eventos extremos de chuva pode potencializar este efeito, aumentando ainda mais o fluxo de águas contaminadas para as lagoas (ENRICH-PRAST, BENTO & SANTORO, 2008).

Como pode ser observado na figura 15, na “Área de Planejamento 4”, que corresponde à Barra da Tijuca e Jacarepaguá, constitui um local de grande vulnerabilidade em cenários de aumento do nível do mar.

Assim, desenha-se atualmente uma nova perspectiva frente às questões relativas às mudanças climáticas, principalmente no que tange às suas causas e efeitos. A necessidade de adaptação a essa nova realidade e de mitigação dos problemas por ela causada devem constituir-se em pauta constante dos órgãos públicos tomadores de decisão (NICOLODI & PETERMANN, 2010).

3.3.1 Caracterização da bacia do rio Cachoeira

O Rio Cachoeira nasce dentro dos limites do Parque Nacional da Tijuca no município de Rio de Janeiro e percorre quatro quilômetros até desembocar na Lagoa da Tijuca, em frente à Ilha Gigóia, atravessando em sua porção inferior o Itanhangá Golf Clube. Como principais afluentes destacam-se pela margem direita o rio Solidão e pela margem esquerda o rio da Gávea Pequena. Na delimitação da bacia do rio Cachoeira, excluiu-se a porção inferior da bacia devido a que na área que corresponde ao Itanhangá Golf Clube, o rio encontra-se canalizado (figura 16).

É possível observar na figura 16, a proximidade e conexão hidrológica que existe entre a bacia e lagoa da Tijuca, motivo pelo qual foi escolhida para caracterizar a sua influência no comportamento do corpo lagunar.

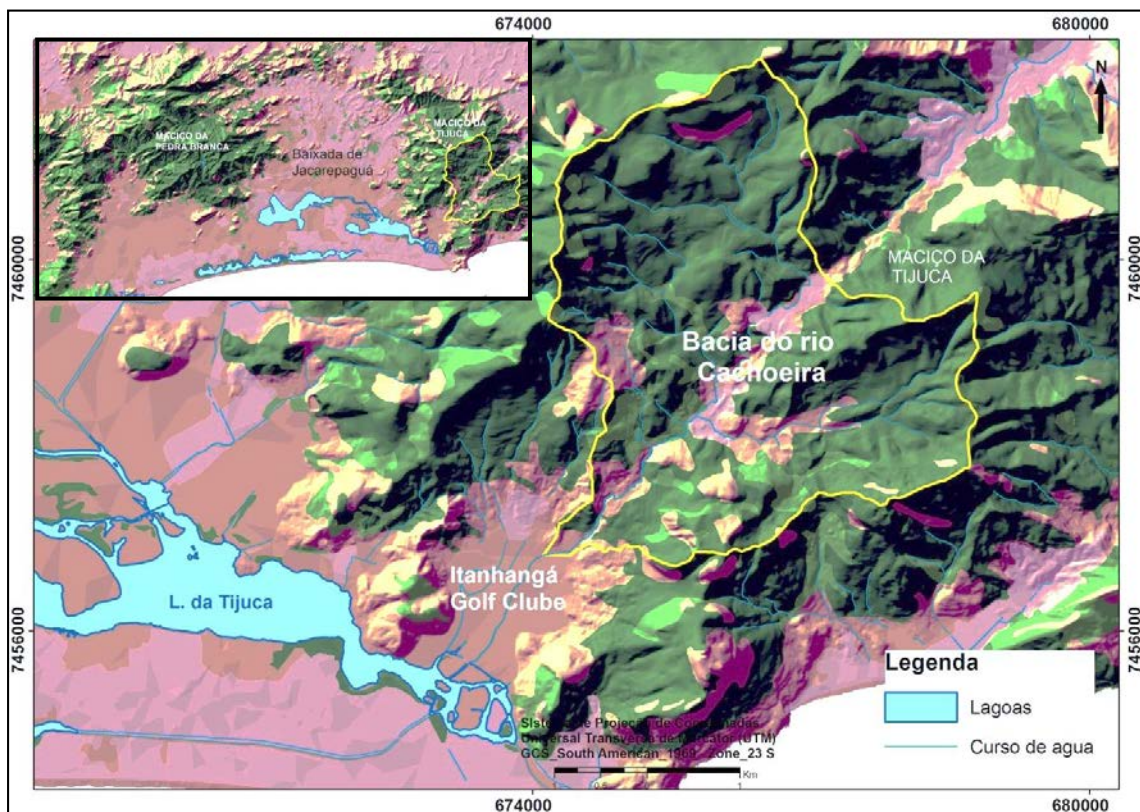


Figura 16.- Localização e delimitação da bacia hidrográfica do rio Cachoeira.
 Fonte: Elaborado pela autora.

A bacia do rio Cachoeira tem forma triangular, abrangendo uma área de 15,5 km², sua topografia é marcada por um relevo montanhoso onde sobressaem os pontões rochosos. Entre eles, destaca-se o pico da Tijuca (1.022 m), ponto central do Maciço da Tijuca, além do Pico do Papagaio (983 m), Pedra do Conde (821 m), Pedra do Elefante (863 m) e Pedra do Archer (800 m). O substrato rochoso, de idade pré-cambriana, é constituído predominantemente por gnaisses diversos e algumas intrusões de granitos. Em termos pedológicos sobressai a ocorrência de grandes extensões de latossolos.

Esta bacia é vista como área-piloto representativa do geocossistema montanhoso florestal, sob influência diferencial das escarpas e picos rochosos (Coelho Netto, 2005b). A cobertura vegetal é formada por mata latifoliada perene, onde se destaca a grande diversidade de espécies. As espécies encontram-se em estágio de recomposição florestal em função de diferentes usos submetidos ao solo até o fim do século XIX (ano de 1860) (COELHO NETTO, 1979). Trata-se de um mosaico de paisagem heterogênea na interface florestal – urbana (COELHO NETTO,

2005a). O rio Cachoeira constitui um elemento da paisagem com características de corredor, conjugando atributos geo-biofísicos singulares que condicionam uma situação de vulnerabilidade frente à expansão urbana a um modelo peculiar de segregação espacial. Reúne áreas com forte diferenciação espacial, com expressiva relação de proximidade e complementaridade, tanto em relação à área formal e informal (SCHLEE, 2011).

Nos períodos de chuvas, os fluxos de água e detritos que provem da bacia do rio Cachoeira tornam-se mais intensos e a probabilidade de enxurradas e deslizamentos nesta bacia aumentam (SCHLEE, 2011). Nos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro, em 1966 e 1967, muitos desses fatores, com maior ou menor importância, estiveram presentes. Os movimentos eclodiram, principalmente, no Maciço da Tijuca durante um período de muitas chuvas, sendo algumas de excepcional intensidade.

O evento ocorrido nas Furnas da Tijuca foi um dos maiores que já aconteceram no Rio de Janeiro, o movimento de massa de origem a dois canais bem marcados na topografia, o material grosseiro, embalado em abundante matriz fina, desceu a encosta em duas corridas que se sucederam com intervalo de cerca 15 horas e destruiu na sua passagem edificações existentes às margens do rio das Cachoeira. O material depositado infletiu vale abaixo, represando temporariamente as águas do curso d'água. Sua cicatriz teve cerca de 600 metros de eixo longitudinal por cerca de 40 metros de eixo transversal, conforme figura 17 (MEIS & DA SILVA, 1968).



Figura 17. Ilustração que representa a cicatriz de deslizamento gerada a partir do evento ocorrido em Furnas de Tijuca, ano 1966. Fonte: Meis & Da Silva, 1968.

Além disso, as erosões subsequentes nos solos expostos das clareiras-cicatrizas de deslizamentos continuam alimentando altas cargas de sedimentos nos canais principais do maciço montanhoso, contribuindo para a manutenção do processo de assoreamento nos canais drenantes das baixadas circundantes (COELHO NETTO, 2005b).

Em relação à disponibilidade de informação de caráter hidrológico na bacia do rio Cachoeira, consideram-se basicamente duas estações de medição de precipitações: Capela Mayrink e Itanhangá (de responsabilidade do Instituto Estadual do Ambiente). Ambas dispõem de informação desde a década de 70, embora a estação Itanhangá tenha sido desativada no ano 1981 pelo INEA.

Adicionalmente, dispõe-se de dados de sensores de nível recentes que foram instalados nas duas estações pelo Laboratório de Geohidroecologia da UFRJ, com registros de dados cada 15 minutos para o ano 2011. Uma régua linimétrica foi instalada na antiga estação Itanhangá e outra que se localiza próxima ao centro da bacia, na comunidade Mata Machado.

A estação Capela Mayrink é a única estação localizada dentro da bacia do rio Cachoeira. A estação Alto de Boa Vista pertence ao Sistema Alerta Rio e tem registros de chuvas cada 15 minutos desde 1997.

4 METODOLOGIAS, MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de ilustrar sequencialmente a metodologia utilizada na pesquisa, a figura 19 contém um diagrama explicativo que indica de que forma são combinados os materiais utilizados, os tipos de análises realizados e os resultados obtidos. Para este último ponto estão relacionados os seguintes recortes de análise: a Faixa Marginal de Proteção de 30 metros, a faixa de 500 metros (buffer) e a bacia do rio Cachoeira. A delimitação espacial dos três recortes de análise pode ser observada na seguinte figura:

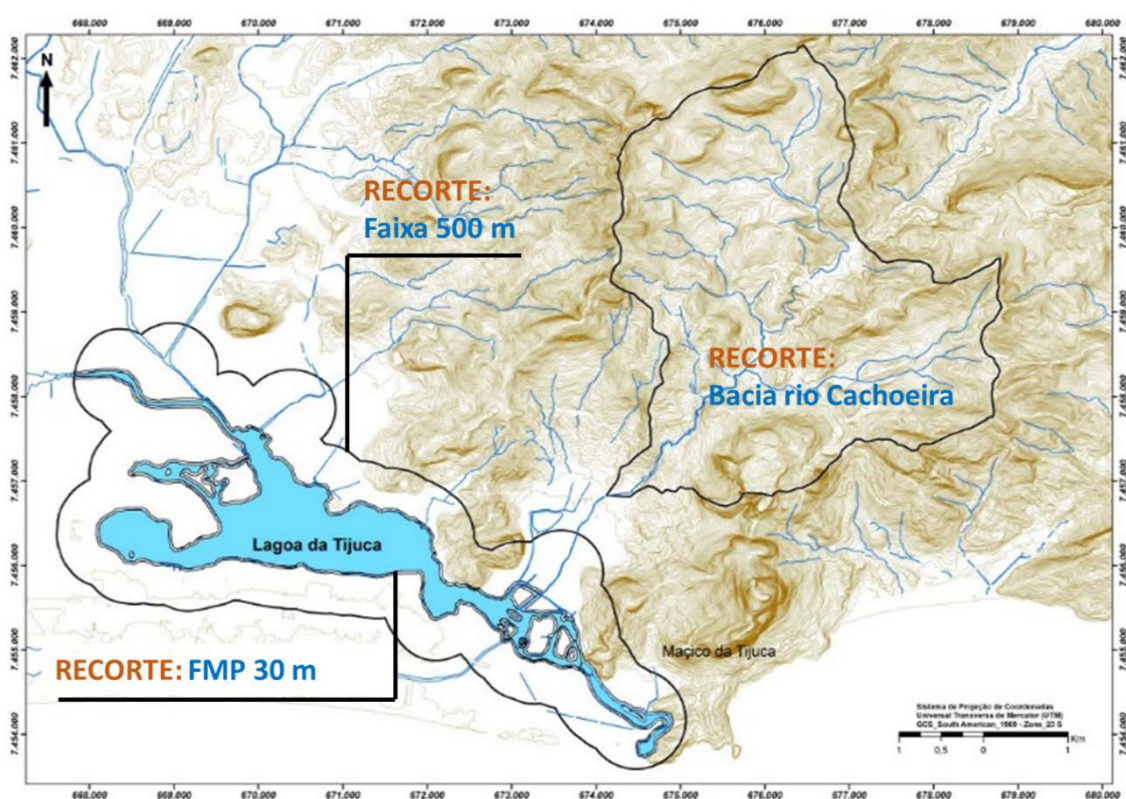


Figura 18. Delimitação e localização espacial dos recortes analisados nesta pesquisa.
Fonte: Elaborado pela autora.

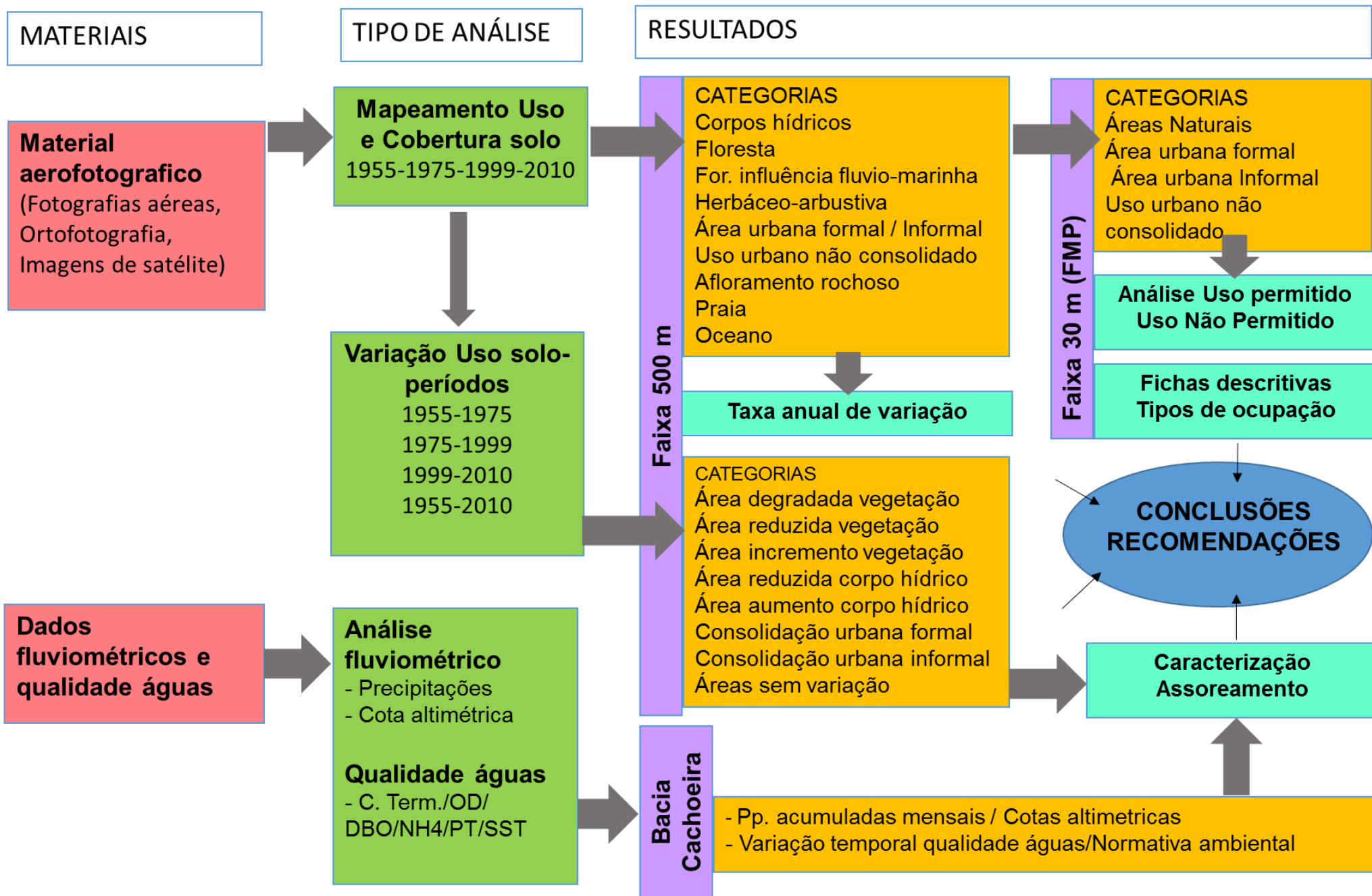


Figura 19. Diagrama explicativo da sequência metodológica utilizada na pesquisa. Fonte: Elaborado pela autora.

Os próximos tópicos tratarão sobre a descrição metodológica por tipo de análise realizada.

4.1 Mapeamento da cobertura do uso do solo

4.1.1 Aquisição das imagens e pré-processamento

Para a aquisição do material utilizado como base para o mapeamento, recorreu-se principalmente aos órgãos públicos da Cidade do Rio de Janeiro, no que se refere à fotografias aéreas e as imagens de satélite correspondente à área da Baixada de Jacarepaguá. A tabela 5 apresenta o material selecionado.

Tabela 5. – Informações sobre as fotografias aéreas e imagens de satélite do setor da Baixada de Jacarepaguá.

| Nº | FONTE | FORMATO | ANO | INFORMAÇÕES |
|-----------|---|--------------------------------------|---------------|---|
| 1 | Prefeitura Rio de Janeiro Coordenadoria de Monitoramento Ambiental | Fotografia aérea | 1955 | Escala: 1:10.000 |
| 2 | Instituto Pereira Passos | Fotografia aérea | 1975 | Escala: 1:8.000 |
| 3 | NIPP -Núcleo Interdisciplinar de Ecologia da Paisagem, UFF) - Instituto Pereira Passos | Ortofoto Digital | 1999 | Escala: 1:10.000 |
| 4 | Prefeitura Rio de Janeiro | Imagem Satélite Alta Resolução | Junho 2010 | Sensor WorldView-2 03 Bandas Natural Color com resolução espacial de 50 cm |

O material para o desenvolvimento da pesquisa consistiu em: duas fotografias aéreas, uma ortofotografia digital e uma imagem de satélite. A escolha dos mesmos está relacionada à acessibilidade do material aerofotográfico, à escala, ao grau de processamento da imagem (georreferenciamento) e principalmente ao ano que as imagens se apresentavam, de modo que refletissem o momento anterior ao processo intenso de urbanização da baixada de Jacarepaguá, até os dias atuais.

Com relação ao pré-processamento do material, foi realizado nas seguintes fases:

a) Digitalização de fotografias aéreas: este procedimento realizou-se para as imagens do ano 1955 (tamanho standard 23 x 23 cm) correspondentes à Baixada de Jacarepaguá, as quais foram digitalizadas num scanner formato A3. Este formato permite uma margem suficiente para elaborar o mosaico geral das imagens e diminuir as distorções derivadas do processo de digitalização. A resolução visual utilizada foi de 600 d.p.i. No caso das fotografias do ano 1975, procedentes do Instituto Pereira Passos, foi a Instituição que realizou o processo de digitalização. A resolução visual utilizada foi 600 d.p.i. em um scanner formato A3.

b) Ortorretificação e georreferenciamento: As distorções ocasionadas pelo sistema de projeção das câmaras fotográficas são radioconcêntricas, de modo que, quanto mais distante os objetos estejam do centro das fotografias, maiores serão as distorções (FIGUEIREDO, TEIXEIRA & PACELLI, 2008). Para o caso das fotografias aéreas do ano 1955 e 1975, que não possuem correção geométrica, não foi possível realizar a orrorretificação em decorrência da inexistência da informação sobre os parâmetros técnicos para realizar o procedimento (calibre da câmara fotográfica, distância focal e altura do voo)⁴. No entanto, através do processo de georreferenciamento e utilizando o software ArcGis 9.3 obteve-se um ajuste razoável entre os pontos de controle (GCP, Ground control Points) empregados para relacionar as fotografias aéreas e a imagem de referência. Foi utilizado o indicador RCEMC ou RMS (Root mean square error), que corresponde à raiz quadrada do erro médio quadrático, com valores entre 3 e 6 como indicador de ajuste entre os pontos. Posteriormente, constatou-se a sobreposição das fotografias georreferenciadas com as camadas de informação de logradouros e vias de transporte. Desta forma, obteve-se uma diferença máxima de 4-5 metros de distância em escala cartográfica.

Esta fase teve complicações associadas à antiguidade das fotografias, em função da dificuldade em encontrar pontos de referência, especialmente para as imagens do ano 1955, devido aos escassos locais com intervenção humana naquela época que servissem como pontos de controle. Foi utilizado de forma prioritária caminhos, trilhas, moradias e cruzamento de canais de drenagem. Perante a

⁴ Informações solicitadas à empresa BASE- Aerofotogrametria e Projetos, que possui o acervo da empresa Cruzeiro do Sul S.A (fotografias aéreas do ano 1955).

inexistência deste tipo de referência, foram elencadas feições geomorfológicas do terreno; contorno da lagoa, ilhas, árvores conspícuos e sistemas fluviais, embora estes não constituem pontos de controle adequados, devido as amplas mudanças geomorfológicas que sofrem.

Com o objetivo de diminuir a brecha das diferenças ou intensidade das transformações da paisagem no período analisado para realizar o georreferenciamento, utilizaram-se fotografias próximas em data. Assim, para o caso das fotografias aéreas do ano 1955 foram utilizadas as fotografias do ano 1975 e para este último as do ano 1999 e 2010. De modo a diminuir o erro associado a este processo empregou-se para cada fotografia aérea uma média 15 pontos de controle (GCP).

c) Mosaicagem de imagens: foi possível construir um mosaico com as imagens georreferenciadas, aproveitando aproximadamente 60% de sobreposição entre cada fotografia aérea. Para o mosaico do ano 1955, foi utilizado um total de 16 fotografias aéreas e para o ano 1975, 15 fotografias. Inicialmente, as bordas das fotos foram cortadas a fim de eliminar efeitos de distorção que costumam ocorrer, utilizando software *Adobe Photoshop Elements 10*. Após realização da mosaicagem, foi feito um novo processo de georeferenciamento dos mosaicos completos, de modo a melhorar áreas que sofreram distorções na criação do mosaico.

4.1.2 Uso e cobertura do solo entre os anos 1955 – 2010

O recorte espacial utilizado para a análise das mudanças no uso e cobertura do solo foi criado a partir de uma área buffer entorno da lagoa da Tijuca de 500 metros de largura mensurados a partir do contorno do corpo lagunar (figura 18). Este buffer considerou a representatividade das unidades de paisagem na área de estudo, com o objetivo de incluir os tipos característicos de usos do solo presentes na Baixada de Jacarepaguá.

Em relação à cartografia base para o mapeamento e a definição das classes, no caso do ano 2010 utilizou-se o mapa vetorial do projeto “*Mapeamento da cobertura vegetal e do uso das terras no município do Rio de Janeiro no ano de 2010*” da SMAC.

Para o ano 1999 teve-se como suporte o mapa de cobertura do uso do Solo do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos do ano 1999.

A escala escolhida para a elaboração cartográfica foi de 1:10.000 considerando o material cartográfico e aerofotográfico disponível, a extensão do recorte análise (16,5 Km²), e o grau de detalhe necessário para diferenciar e representar adequadamente as feições naturais (morfologia dos corpos lagunares, estrutura da cobertura vegetal, tipologia das construções urbanas, etc.). O sistema de projeção utilizado foi Universal Transversa Mercator (UTM), zona 23 e datum horizontal SAD69.

Desta forma, levando em consideração a representatividade dos diferentes tipos de usos do solo na área de estudo e sua relativa importância para os objetivos da análise, foram determinadas as seguintes dez classes de mapeamento:

1. *Corpos hídricos*: corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce. Inclui as lagoas de Tijuca e canal de Camorim (conector com lagoa da Jacarepaguá) e os rios tributários da lagoa.

2. *Floresta*: foram consideradas as comunidades de árvores pertencentes à Floresta Ombrófila Densa secundária em diferentes fases de degradação. Áreas verdes públicas foram incluídas nesta categoria quando integradas com a vegetação nativa.

3 *Formações vegetais de influência fluvio-marinha*: categoria que abrange as formações de influência Marinha (restingas), Fluviomarinha (manguezais) e Fluvial (brejos e várzeas). Esta categoria foi extraída do Manual de vegetação do IBGE.

- *Mangue*: Ecossistemas costeiros que ocorrem na transição entre os ambientes, terrestre e marinho, ao longo das regiões tropicais e subtropicais, sofrendo influência direta do regime das marés.

- *Restinga*: são áreas ocupadas por dunas ou frações expostas de solos arenosos muito próximos do mar ou de canais com influência marinha com diferentes formações pioneiras florestais de tipo herbáceo, arbustivo e arbórea.

- *Brejo*: correspondem a áreas que são extremamente vulneráveis à condição de encharcamento permanente do solo.

Uma descrição mais detalhada sobre este tipo de formações vegetais é feita na seção 3.2.2, sobre ecossistemas da baixada de Jacarepaguá.

4. *Herbáceo-arbustiva*: formada predominantemente por plantas herbáceas com presença de arbustos baixos esparsos ou indivíduos arbóreos isolados. Esta formação representa o estágio inicial de recuperação da cobertura vegetal em lugares onde foi

deteriorada, assim como a colonização da vegetação em áreas de sedimentação recente nas margens e ilhas da lagoa. Adicionalmente, superfícies extensas de grama ornamental se incluíram nesta categoria (Ex: Club de golf).

5. *Área urbana formal*: considera dentro da mesma categoria áreas de uso residencial, comercial ou institucional de caráter formal. As pequenas áreas verdes ornamentais integradas no meio urbano se incluíram nesta classe de mapeamento.

6. *Área urbana informal*: incluindo a presença de assentamentos de baixa renda.

7. *Uso urbano não consolidado*: correspondem a áreas que se encontram em processo de desenvolvimento para urbanização formal ou informal, onde é possível evidenciar superfícies de solo exposto atravessadas por caminhos incipientes ou com presença de áreas de culturas (ativas e abandonadas), antigos canais de drenagem e em alguns casos construções residenciais menores com baixa densidade de ocupação.

8. *Afloramento rochoso*: surgimento de áreas de exposição de rocha na superfície da terra.

9. *Praia*: ambiente sedimentar costeiro de composição variada, formada mais comumente por areia, e condicionado pela interação dos sistemas de ondas incidentes sobre a costa.

10. *Oceano*: corpos d'água de origem marinha.

A partir do mapeamento destas 10 classes definidas por meio do trabalho de fotointerpretação, foram realizadas um total de três saídas de campo com o objetivo de verificar os limites e composição real das unidades de paisagem para o ano mais recente e realizar os ajustes correspondentes. Através dos trabalhos de campo também foi possível evidenciar as mudanças na cobertura do solo desde o ano 2010 (de acordo com a imagem de satélite) até o presente ano 2014.

4.1.3 Caracterização da variação entre cada período de análise

Tomando como base os quatro mapas de uso e cobertura do solo elaborados (1955 – 1975 - 1999 e 2010), submeteu-se a informação cartográfica a uma revisão de tipo topológica ou de forma, para corrigir erros de superposição de polígonos e “gaps” ou buracos entres os polígonos delimitados, a modo de evitar erros na fase de

quantificação das mudanças entre as classes. Após a revisão concluída, realizou-se uma interseção entre os mapeamentos de uso e cobertura dos quatro anos analisados, dando origem a quatro novos mapas que representam as mudanças em relação aos seguintes períodos:

1° período de análise: 1955-1975: duração 20 anos

2° período de análise: 1975-1999: duração 24 anos

3° Período de análise: 1999-2010: duração 11 anos

4° Período de análise: 1955-2010: duração 55 anos

Para esta análise utilizou-se o software ArcGIS 9.3, que por meio da extensão *Spatial Analyst* e a ferramenta “*Intersect*” consegue criar categorias a partir das áreas que sofreram variações na sua classificação, neste caso, nas categorias de uso e cobertura do solo. A partir desta classificação, criaram-se novas categorias de mapeamento, que atuassem como indicadores dos processos de mudança do uso do solo para cada período, com ênfase na determinação das áreas de maior grau de naturalidade que sofreram degradação ou redução da sua superfície (corpos hídricos e vegetação de influência fluvio-marinha).

Em relação às dificuldades metodológicas do cruzamento entre os mapas, observou-se que dentro do recorte analisado nas áreas de maior declividade das encostas havia um erro maior de deslocamento das fotografias aéreas, que poderia gerar falsos resultados no cruzamento dos mapas e quantificação das mudanças. Para evitar este tipo de erro, foi revisado cautelosamente e de modo individual o tipo de variações registradas para cada mapa resultante, ignorando aquelas que correspondessem a variações por deslocamento da imagem, de modo a não ser contabilizadas no total.

Como resultado obteve-se um total de oito classes: “Área reduzida corpo hídrico”, “Alteração rede de drenagem”, “Área degradada vegetação”, “Área reduzida vegetação”, “Área incremento vegetação”, “Consolidação urbana formal”, “Consolidação urbana informal e Áreas sem variação”. Os critérios de variação entre as classes que foram utilizados são detalhados na tabela 6.

Para as 8 classes resultantes ou tipos de variação registrados (tabela 7), calculou-se a superfície (Km² e m²), tomando como base os quatro mapas elaborados.

Destes valores emanaram gráficos que representassem a dinâmica das mudanças para os períodos analisados.

De forma complementar, para os quatro períodos de análise indicados (1955-1975/ 1975-1999/ 1999-2010 e 1955-2010) calculou-se a taxa anual de variação (%), tomando em consideração as 10 classes de mapeamento de uso e cobertura do solo previamente descritas. Assim, foram selecionadas 7 das 10 classes totais, em função da sua maior representatividade espacial e alto grau de variação no período estudado. Esta taxa permitiu obter um valor comparativo das variações por ano e não para cada período, em decorrência da diferença no número de anos em cada período, expressando o ritmo das transformações registradas, através da seguinte fórmula (CONANP, 2007):

$$(S1/S2)^{1/n} - 1$$

S1 = valor superfície ao início do período

S2 = valor superfície ao final do período

n = número de anos do período completo de análise

Tabela 6. Cruzamento das classes de uso e cobertura do solo e classes resultantes da variação entre cada categoria. Fonte: Elaborado pela autora.

| USO E COBERTURA SOLO INICIAL | USO E COBERTURA SOLO SEGUINTE | TIPO DE VARIAÇÃO OU CLASSE RESULTANTE |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Corpo hídrico | Corpos hídricos | Sem variação |
| | Floresta | Área reduzida corpos hídricos |
| | Formação vegetal fluvio-marinha | |
| | Herbáceo-arbustiva | |
| | Urbano não consolidado | |
| | Área urbanizada formal | |
| | Área urbanizada informal | |
| Floresta | Corpos hídricos | Alteração rede drenagem |
| | Floresta | Sem variação |
| | Herbáceo-arbustiva | Área degradada vegetação |
| | Urbano não consolidado | Área reduzida vegetação |
| | Área urbanizada formal | |
| | Área urbanizada informal | |
| Formação vegetal fluvio-marinha | Corpos hídricos | Alteração rede drenagem |
| | Floresta (ornamental) | Área degradada vegetação |
| | Floresta (vegetação ombrófila densa) | Sem variação |
| | Formação vegetal fluvio-marinha | |
| | Herbáceo-arbustiva | Área degradada vegetação |
| | Urbano não consolidado | Área reduzida vegetação |
| | Área urbanizada formal | |
| | Área urbanizada informal | |
| Herbáceo-arbustiva | Corpos hídricos | Alteração rede drenagem |
| | Floresta | Área incremento vegetação |
| | Formação vegetal fluvio-marinha | |
| | Herbáceo-arbustiva | Sem variação |
| | Área urbanizada formal | Área reduzida vegetação |
| | Área urbanizada informal | |
| Urbano não consolidado | Corpos hídricos | Alteração rede drenagem |
| | Floresta | Área incremento vegetação |
| | Formação vegetal fluvio-marinha | |
| | Herbáceo-arbustiva | Sem variação |
| | Urbano não consolidado | |
| | Área urbanizada formal | |
| | Área urbanizada informal | Consolidação urbana informal |
| Praia | Praia | Sem variação |
| Oceano | Oceano | |
| Área urbanizada formal | Área urbanizada formal | |
| Área urbanizada informal | Área urbanizada informal | |
| Afloramento rochoso | Afloramento rochoso | |

4.1.4 Caracterização e mudanças da Faixa Marginal de Proteção

Tomando como base os mapeamentos de uso e cobertura do solo realizados para os anos 1955, 1975, 1999, 2010, realizou-se uma análise das variações espaço-temporais experimentadas na área exclusiva da Faixa Marginal de Proteção (FMP) da lagoa da Tijuca. O limite elencado para a delimitação da Faixa Marginal de Proteção na legislação corresponde ao PAO ou Plano de Alinhamento da Orla, demarcado pelo INEA em função do limite da cheia máxima prevista para a lagoa. No entanto, em ausência da informação relativa ao PAO da lagoa da Tijuca, utilizou-se o contorno do sistema lagunar, com base em fotografias aéreas e imagens de satélite que representam um momento específico no nível de água das lagoas e não necessariamente a cota máxima de cheia. Dessa forma, a demarcação da FMP utilizada nas análises, pode não corresponder exatamente à utilizada formalmente pelo Instituto Estadual do Ambiente.

Em relação à largura do recorte espacial, objetivando obter uma comparação equivalente da composição da FMP entre os diferentes anos, usou-se uma largura fixa de 30 metros para os quatro anos, apesar de esta largura não ter sido fixa na legislação ambiental brasileira ao longo do período analisado (1955-2010). Como resultado, foi obtido quatro mapas de uso do solo da FMP: 1955, 1975, 1999 e 2010. Este procedimento utilizou a ferramenta “Clip” do software ArGis 9.3.

No que tange as categorias de mapeamento utilizadas, reagruparam-se numa única categoria denominada **Áreas Naturais** as seguintes classes de uso e cobertura do solo: *Afloramento rochoso, praia, herbáceo-arbustiva, floresta e formações vegetais fluvio-marinhas*, isto em decorrência da escassa superfície que representam. O resto das categorias: Áreas uso não consolidado, Áreas ocupação formal e Áreas ocupação informal, mantiveram-se na mesma classe.

Baseado no cálculo de superfície destas quatro categorias foi elaborado posteriormente gráficos que representassem a variação ao longo do período de análise para cada categoria.

Adicionalmente, criou-se gráficos que comparassem a superfície abrangida pelos **Usos Permitidos** na FMP, considerado pela categoria “Áreas naturais” e por outra parte, a superfície que corresponde aos **Usos não permitidos**, composto pelas categorias de uso e cobertura do solo: “Áreas uso não consolidado”, “Áreas ocupação

formal” e “Áreas ocupação informal”. Esta definição foi adotada tomando como base o Código Florestal, 2012 (Art. 3:II).

De modo a avaliar a situação da Faixa Marginal de Proteção numa escala mais detalhada, elaborou-se dez fichas descritivas com imagens, correspondentes as principais situações de ocupação ao longo da Faixa Marginal de Proteção na lagoa da Tijuca.

4.2 Análise da bacia do rio Cachoeira

Com o objetivo de analisar o comportamento hidrológico e a qualidade das águas de uma das principais bacias hidrográficas contribuintes da lagoa da Tijuca, optou-se pela bacia do rio Cachoeira, localizada na porção sudoeste do maciço da Tijuca, que desemboca diretamente no corpo lagunar e permite uma análise do sistema encosta-reservatório sem maiores interferências ou aportes hídricos das áreas de baixada. A delimitação da bacia do rio Cachoeira foi realizada excluindo o seu trecho final pois este encontra-se canalizado e assim a rede de drenagem da bacia está descaracterizada (figura 20).

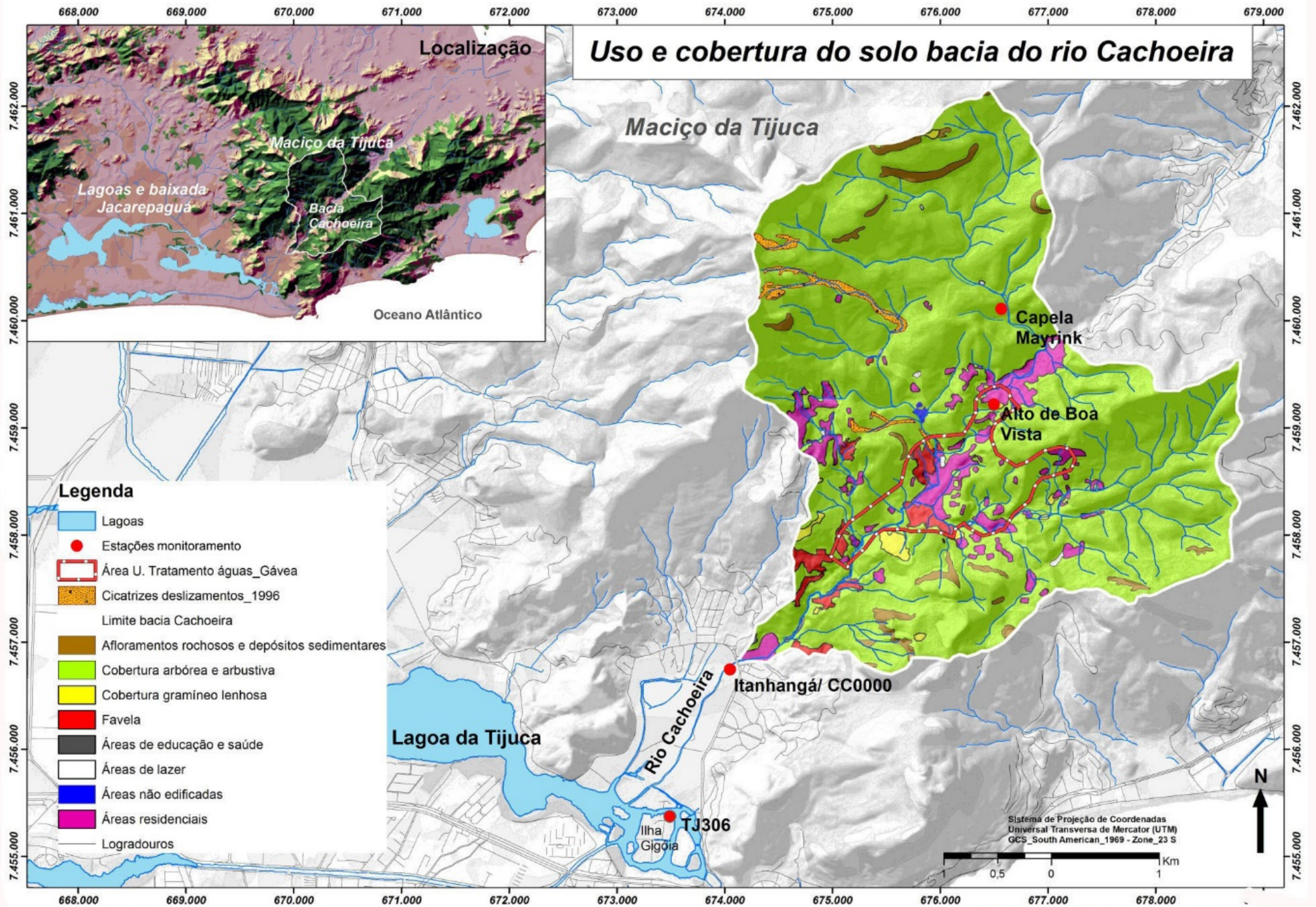


Figura 20. Mapa de uso e cobertura do solo bacia do Rio Cachoeira

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.1 Análise da qualidade das águas

Com o intuito de determinar as principais atividades e usos antrópicos existentes na bacia e que se configuram como potenciais poluidores das águas elaborou-se um mapa do uso e cobertura do solo da bacia, com a fonte de dados do Instituto Pereira Passos do ano de 2011 (figura 20).

Como se observa na figura supracitada, a maior parte da superfície da bacia (89%), corresponde a vegetação herbáceo-arbustiva, em diferentes estágios de desenvolvimento. Os afloramentos rochosos cobrem uma superfície de 2,4% e os corpos hídricos correspondem a um 0,08%. Em relação aos usos antrópicos, as áreas residenciais (formais e informais) configuram a atividade antrópica principal ocupando a maior superfície (8%), enquanto as categorias restantes (áreas educativas, lazer, institucional, infraestrutura pública) somam no total 0,2%. Neste contexto, a principal carga de poluentes que transporta o rio Cachoeira corresponderia a águas residuais domiciliares ou esgoto.

Na bacia do rio Cachoeira, existe atualmente a Unidade de Tratamento de Águas (UT) Gávea Pequena que segundo informação da CEDAE⁵, abastece uma população de 2.855 habitantes do Alto de Boa Vista (30% da população do bairro). Assim, parte do bairro do Alto da Boa Vista e Itanhangá que se localiza na parte baixa da bacia, estariam descartando as águas residuais domiciliares diretamente nos corpos d'água devido à inexistência de conexão à rede de esgoto. Na figura 20, se mostra a área de cobertura da UT, localizada na Gávea pequena.

Utilizando registros de qualidade d'água do Instituto Estadual do Ambiente (Gerência de Avaliação de Qualidade de Água) foi elaborado gráficos que representassem a variação temporal e espacial dos parâmetros de qualidade das águas considerando duas estações de monitoramento, uma localizada no exutório da bacia do rio Cachoeira (estação "CC0000") e outra localizada nas proximidades da Ilha da Gigóia, na lagoa da Tijuca (estação "TJ0306"). A localização exata de ambas as estações pode ser observada na figura 20.

A escolha dos parâmetros físico-químicos que foram analisados esteve sujeito em primeiro lugar à disponibilidade de dados e em segundo aos indicadores de carga orgânica, associados principalmente à presença de esgotos. Na Tabela 7 estão

5 Comunicação pessoal. Gerência de Controle de Qualidade de Água, CEDAE. 2014

indicados os parâmetros selecionados, a estação analisada e a temporalidade dos registros.

Tabela 7.- Parâmetros selecionados para análise de qualidade das águas, indicando a estação que corresponde a análise e o período dos registros analisados. Fonte: Elaborado pela autora.

| Parâmetro analisado | Estação | Registro temporal |
|--|--|--------------------------|
| <i>Coliformes termotolerantes</i> | Rio Cachoeira | 1980-1988/2004-2012 |
| <i>Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO)</i> | Rio Cachoeira | 2004-2012 |
| <i>Nitrogênio amoniacal (NH₄)</i> | Rio Cachoeira e Lagoa Tijuca | 1980-1988/2004-2012 |
| <i>Oxigênio dissolvido (OD)</i> | Rio Cachoeira e Lagoa Tijuca | 2004-2012 |
| <i>Fósforo Total (PT)</i> | Rio Cachoeira e Lagoa Tijuca | 2004-2012 |
| <i>Sólidos Suspensos Totais (SST)</i> | Rio Cachoeira, Anil, Arroio Fundo, Retiro e Rio Grande | 2004-2012 |

Os valores resultantes para cada parâmetro foram contrastados com a norma ambiental de qualidade de águas, Resolução nº. 357/2005- alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011 que “*Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*”.

No que tange à justificativa da seleção dos parâmetros de qualidade de água, inicialmente será abordado sobre os coliformes termotolerantes. Os mesmos são definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Os demais podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição. Podem ser encontrados igualmente em águas de regiões tropicais ou sub-tropicais, sem qualquer poluição evidente por material de origem fecal. Entretanto, sua presença em águas de regiões de clima quente não pode ser ignorada, pois não pode ser excluída, nesse caso, a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos (CETESB, 2014).

Com relação aos Sólidos Suspensos Totais, também denominado de resíduo não filtrável (RNF), verifica-se que correspondem à porção dos sólidos totais que fica retida em um filtro propiciando a retenção de partículas de diâmetro maior ou igual a 1,2 µm. Os SST foi avaliado objetivando determinar a carga de sedimentos que o rio transporta, especialmente durante períodos de precipitação.

Como indicado por Esteves (1998), o fósforo é provavelmente o mais essencial dos elementos para os organismos, sendo responsável pelo armazenamento de energia e estruturação da membrana celular. Suas principais fontes de ocorrência natural são o conteúdo de fosfato das rochas da bacia de drenagem e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone. Como fontes artificiais tem-se os esgotos domésticos e industrial, os fertilizantes agrícolas e os metais particulados de origem industrial contidos na atmosfera.

O outro nutriente também bastante importante para os organismos é o nitrogênio. Sua importância está associada ao metabolismo dos ecossistemas, pois esse elemento participa da formação de proteínas (componentes básicos da biomassa). (WETZEL, 1975). A amônia é a mais reduzida forma de nitrogênio orgânico em água e inclui NH_3 (amônia) e NH_4^+ (íon amônio). A liberação da amônia para a coluna d'água constitui o principal problema associado ao nitrogênio. Essa substância pode ter origem na descarga de esgoto pela transformação do íon amônio, que ocorre em condições de pH alcalino, ou ainda, na degradação microbiana de resíduos orgânicos em condições anaeróbias. A amônia é altamente solúvel, o que aumenta o seu potencial de contaminação (ESTEVES, 1998).

Os níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) nas águas naturais e residuais dependem da atividade física, química e bioquímica do sistema aquático. A presença de quantidades apropriadas de OD é fundamental para manutenção da vida aquática. As águas superficiais limpas estão frequentemente saturadas de oxigênio e nelas se desenvolve uma adequada atividade biológica, no entanto, a concentração da saturação varia em função da temperatura e da salinidade da água (CORTÉS & MONTALVO, 2010). Por outra parte, a Demanda Bioquímica de Oxigênio expressa a quantidade de milímetros de oxigênio dissolvido por cada litro de água, que se utiliza a medida que são consumidos os resíduos orgânicos pela ação das bactérias na água. Um valor de DBO alto indica que se requer uma grande quantidade de oxigênio para

decompor a matéria orgânica contida na água. Considera-se que uma água encontra-se contaminada se a DBO é maior de 5mg/l (CORTÉS & MONTALVO, 2010).

4.2.2 Análise comportamento hidrológico

Esta análise se realizou com dados da estação Capela Mayrink do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro, que possui registros de chuva desde ano 1997-2012 (localização figura 20).

Como uma forma de caracterizar a magnitude dos eventos de precipitações extremas na bacia foram analisados quatro anos (1998, 2001, 2009, 2010) considerados como chuvosos na bacia segundo Negreiros (2011). Para determinar seu comportamento, foram calculadas as precipitações acumuladas mensais para estes anos e os valores foram contrastados com o ano 1999, que apresentou baixos valores acumulados de chuva segundo o mesmo autor.

Posteriormente, foram analisados os anos de 2001, 2009 e 2010, dos quais apresentaram registros de volumes de chuvas superiores a 100 mm/24hs e observou-se a relação com o aumento do nível de águas no leito fluvial, a fim de visualizar a resposta da cota altimétrica do rio em relação aos grandes eventos de precipitação. Para esta análise, foram utilizados dados de alturas linimétricas do Instituto Estadual do Ambiente, cujos registros abrangem os anos 1976 – 2010.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise multitemporal uso e cobertura do solo da lagoa da tijuca

Os mapas apresentados nas figuras 22, 23, 24 e 25 correspondem ao resultado da avaliação das mudanças no entorno da lagoa da Tijuca, com base nas variações do uso e cobertura do solo para os quatro anos de análise (1955-1975-1999-2010). A partir destes mapas, calculou-se a superfície para cada classe de uso e cobertura do solo definida (tabela 8). Observa-se que a classe *corpos hídricos* dividiu-se em duas categorias, uma que representa unicamente a lagoa da Tijuca e outra que inclui parte da lagoa de Camorim e os rios tributários:

Tabela 8. Valores de superfície para uso e cobertura do solo na lagoa da Tijuca.

| Classe uso e cobertura solo | Superfície (Km ²) | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1955 Km ² | 1975 Km ² | 1999 Km ² | 2010 Km ² |
| <i>Corpos hídricos (Rios e lagoas Camorim e Tijuca)</i> | 4,813 | 4,438 | 3,821 | 3,76 |
| <i>Corpo hídrico (lagoa da Tijuca)</i> | 4,38 | 4,04 | 3,59 | 3,58 |
| <i>Floresta</i> | 0,781 | 0,541 | 1,061 | 1,26 |
| <i>Formações vegetais fluvio-marinhas</i> | 5,03 | 4,01 | 2,42 | 2,80 |
| <i>Herbáceo-arbustiva</i> | 3,53 | 3,27 | 2,56 | 1,43 |
| <i>Uso urbano não consolidado</i> | 1,70 | 2,16 | 0,80 | 0,24 |
| <i>Área urbanizada formal</i> | 0,44 | 1,85 | 5,21 | 6,32 |
| <i>Área urbanizada informal</i> | 0,01 | 0,04 | 0,47 | 0,52 |
| <i>Afloramento rochoso</i> | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,08 |
| <i>Oceano</i> | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| <i>Praia</i> | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |

É fundamental indicar as limitações advindas do mapeamento do uso do solo, quando utilizado material base oriundo de diferentes tipos de sensores remotos (fotografias aéreas e imagens de satélite). Estas limitações referem-se às dificuldades na fotointerpretação em decorrência das diferenças de resolução das imagens, das escalas, da coloração da fotografia e texturas dos objetos analisados, fatores que influenciam diretamente os mapas resultantes. Neste sentido, a definição dos limites espaciais para cada classe analisada e a mensuração da superfície correspondente, representam valores aproximados que buscam caracterizar grandes tendências de mudança por sobre valores pontuais.

Em relação à tabela 8, devido à baixa representatividade da sua cobertura na área de estudo, foram excluídas da figura 21, as categorias: *Afloramento rochoso*, *oceano e praia*. Após a figura 21, seguem os mapas de uso e cobertura do solo (Figuras 22, 23, 24 e 25).

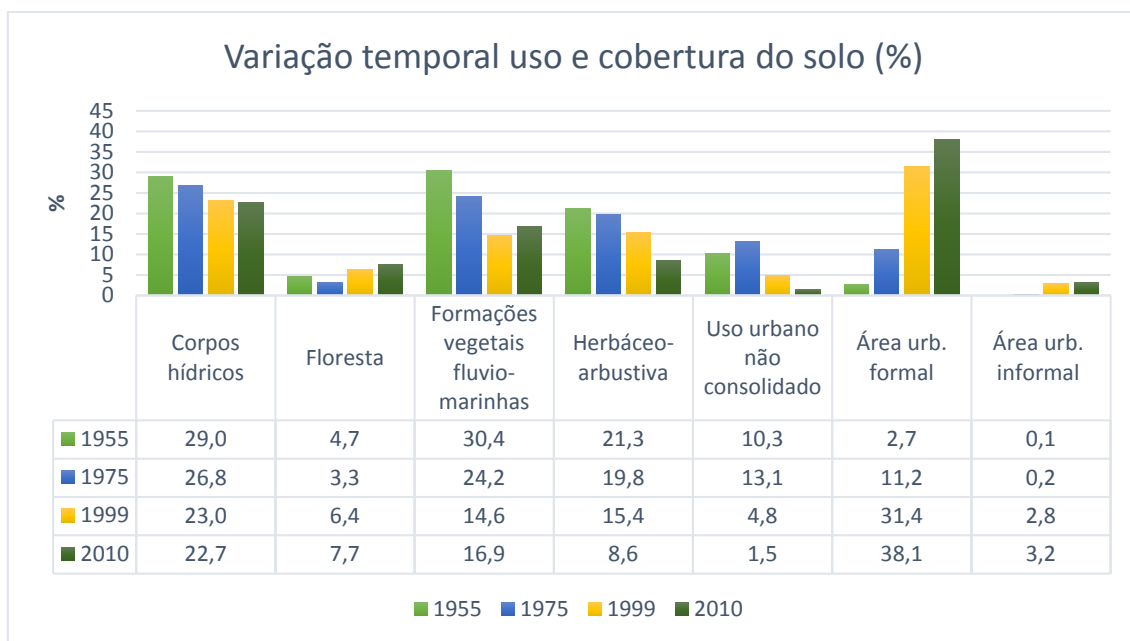


Figura 21. Variação temporal da superfície de uso e cobertura do solo para cada ano analisado.

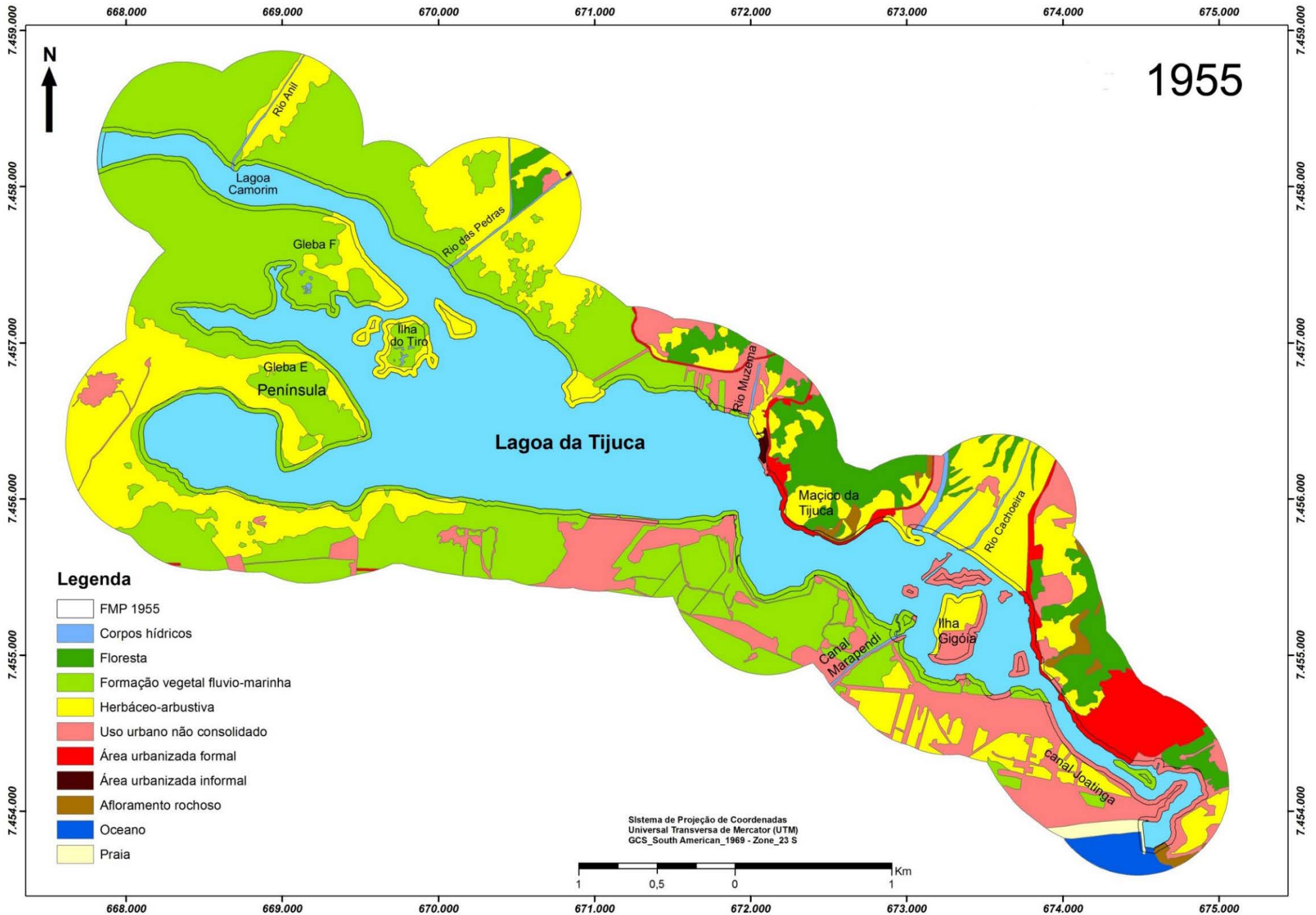


Figura 22. Uso e cobertura do solo 1955

Fonte: Elaborado pela autora

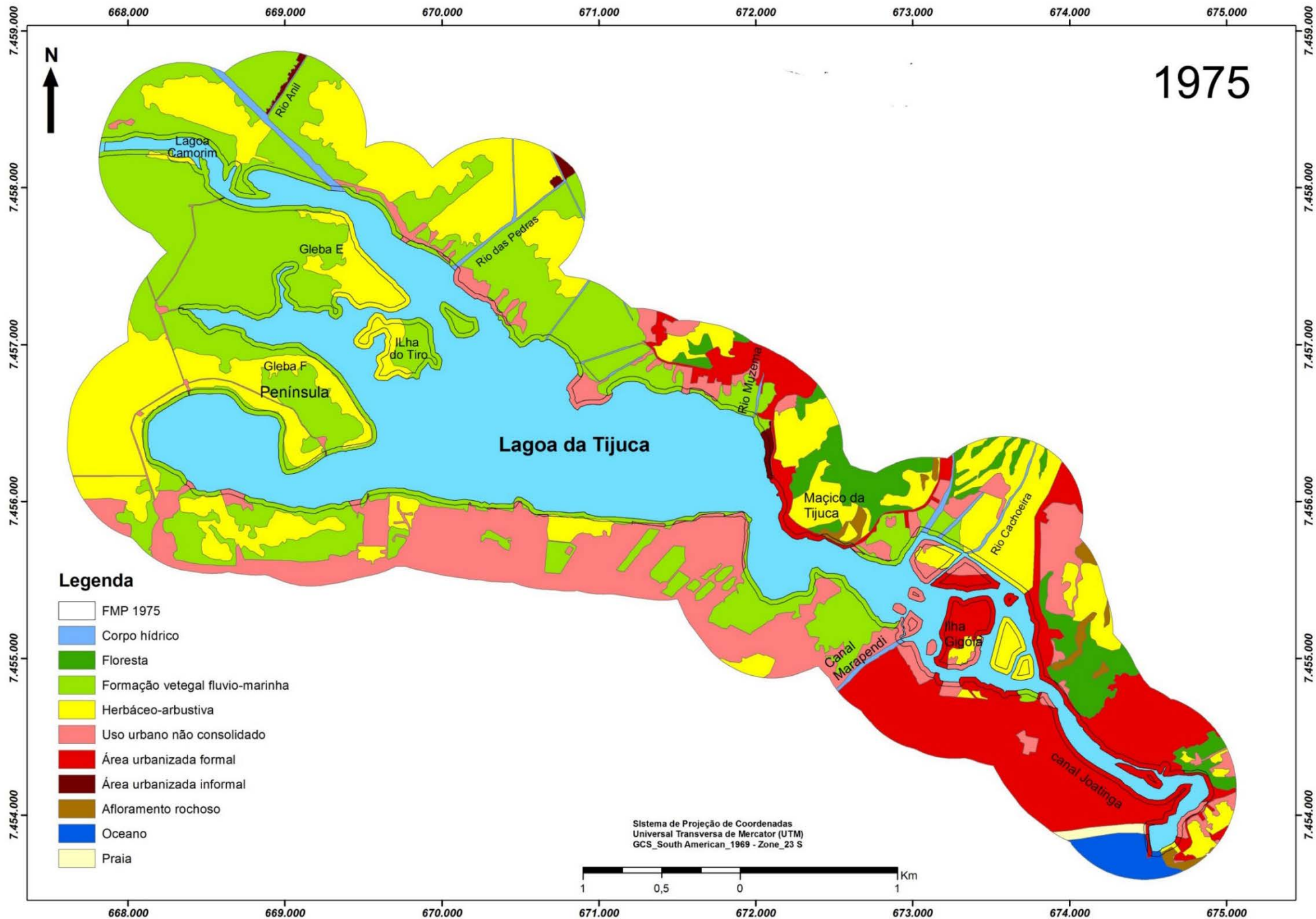


Figura 23. Uso e cobertura do solo 1975

Fonte: Elaborado pela autora

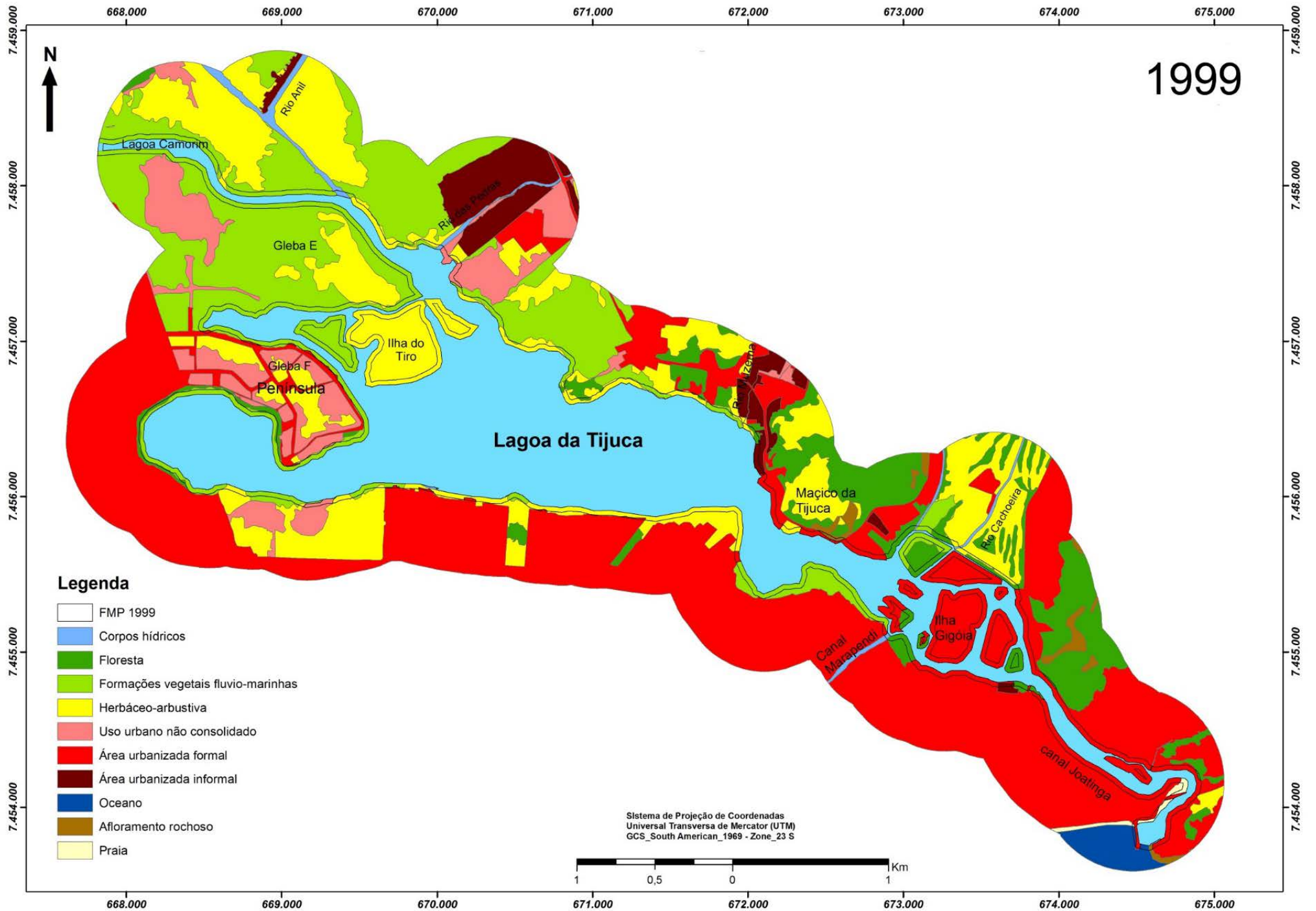


Figura 24. Uso e cobertura do solo 1999

Fonte: Elaborado pela autora

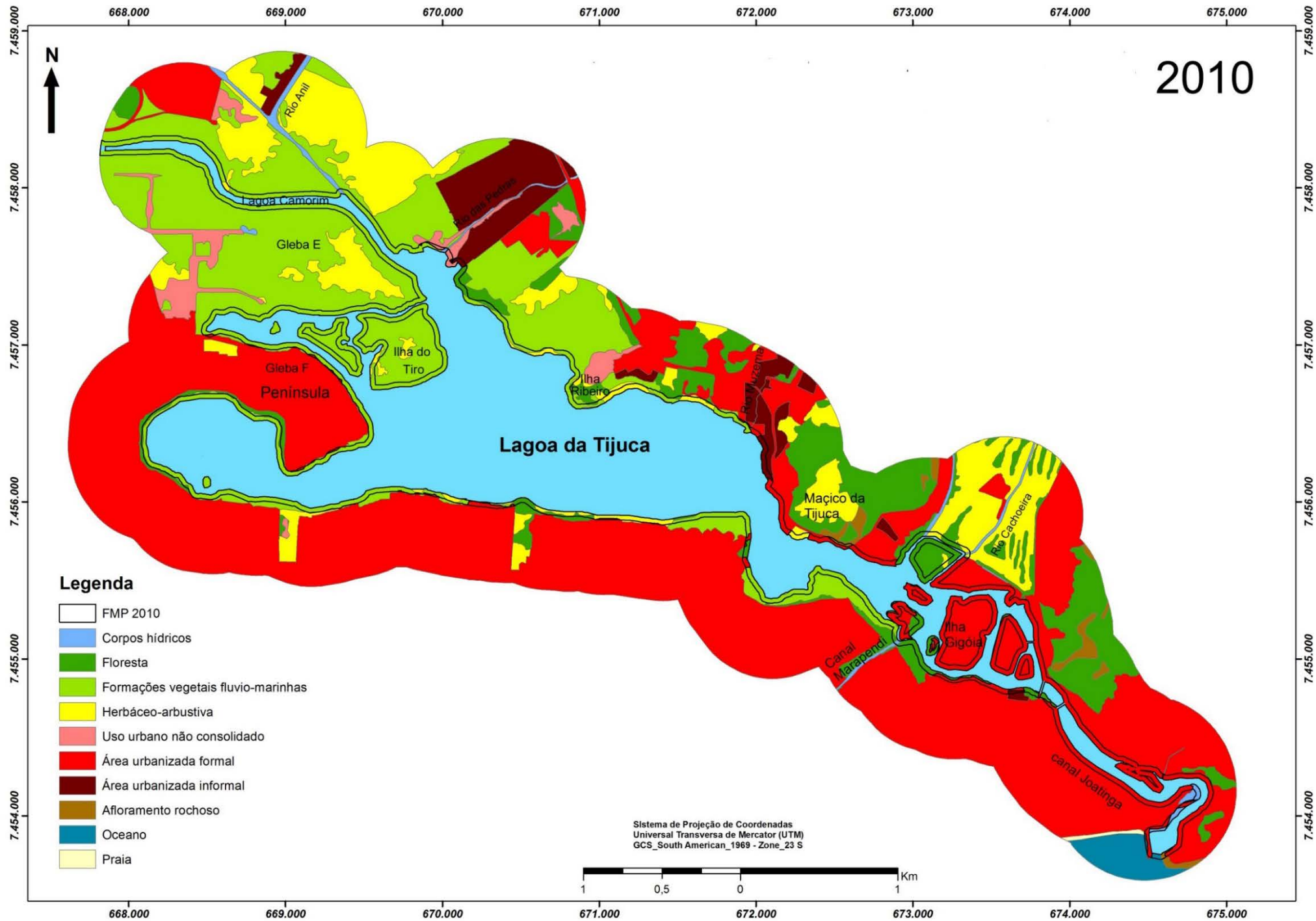


Figura 25. Uso e cobertura do solo 2010

Fonte: Elaborado pela autora

Nos tópicos a seguir será descrito e comentado sobre os resultados obtidos a partir dos mapas elaborados (figuras 22, 23, 24 e 25).

5.1.1 Cobertura e uso do solo em 1955

No ano 1955, verificou-se uma estreita faixa de conservação nos arredores da área da península (figura 22), que representa uma proporção muito baixa de superfície protegida pela legislação em relação ao total de ecossistemas circunvizinhos à lagoa. Em 1934, o primeiro Código de Águas introduziu faixas de restrição de uso (15 metros) para as margens dos cursos d'água (terrenos reservados e faixa de servidão) e das áreas estuarinas (terrenos de marinha). Segundo Medeiros (2010), estes critérios e conceitos estão diretamente ligados ao domínio das águas, execução de obras hidráulicas e as questões relacionadas à navegação, sem uma preocupação explícita com a preservação das margens e ecossistemas ripários.

Como representado na figura 21, a área que cobria uma maior superfície no ano 1955, foram as **formações vegetais flúvio-marinhas** (restingas, brejos e manguezais), que somado à superfície dos corpos hídricos representavam um 60% da área total do recorte espacial definido, indicando o alto grau de naturalidade das unidades da paisagem presentes na época. A segunda cobertura de vegetação mais extensa nos quatro anos de estudo, corresponde ao tipo **herbáceo-arbustivo** (21,3%). Neste ano este tipo de formação responde a diversas origens e características que são descritos a seguir:

Áreas de vegetação degradada: Localizada nas proximidades da gleba E da lagoa da Tijuca e na área que hoje corresponde ao Jardim Oceânico (figura 22). Provavelmente surgem como resultado da alteração sobre a estrutura e composição da vegetação por ações de desmatamento de restingas e manguezais e atividade agrícola na área (engenhos de açúcar e culturas de hortaliças no final do século XIX e na primeira metade do século XX). Como resposta às intervenções obteve-se uma cobertura de pasto homogênea com áreas de solo exposto relativa ao traçado de caminhos. Esta formação herbáceo-arbustiva coexiste amplamente com as formações de vegetação de restinga, neste sentido, houve grande dificuldade na diferenciação de ambas as unidades vegetais.

Um indicador do histórico de uso agrícola na área é a existência de plantações e culturas na margem sul da lagoa (ativas e abandonadas), e a proximidade destas áreas com os canais de drenagem e irrigação como visto no Canal do Anil e Rio das Pedras.



Figura 26.- Mosaico de fotografias áreas da área da península, pode-se distinguir as áreas de vegetação herbáceo-arbustiva e restingas nos arredores e o manguezal na borda da lagoa, sujeito à influência das águas salobras. Fonte: Prefeitura Rio de Janeiro, 1955.

Grama ornamental: Áreas de capim de caráter ornamental pertencentes ao Itanhangá Golf Club, na parte baixa da bacia do rio Cachoeira, está acompanhada de indivíduos de porte arbóreo, principalmente espécies exóticas. Áreas com tratamento paisagístico.

A porção do território que corresponde ao **Uso urbano não consolidado**, no ano 1955 possui uma cobertura de 10,3% e sua localização está associada as escassas vias de circulação na época (estrada da Barra e do Alto da Boa Vista) como eixos de conexão com o resto dos polos de desenvolvimento urbano na cidade do Rio de Janeiro. Da mesma forma, como resultado do traçado de caminhos incipientes, aparecem múltiplas superfícies de solo exposto que se estendem pelas planícies fluvio-marinhas próximas da lagoa, principalmente na margem sul. No setor do largo da Barra, observa-se uma **urbanização de tipo formal** mais desenvolvida, embora com uma pequena superfície, apenas 2,7% (figura 21).

Em relação às áreas de **urbanização de caráter informal** -no ano 1955-, cobriam escassos 0,1% da área total (10.939 m²). Sendo identificada a existência de manchas urbanas correspondente ao que hoje se denomina favela “Angu Duro” e outros assentamentos precários localizados nas margens dos canais do Anil e no Rio das Pedras.

Em 1955, o processo de ocupação urbana nas ilhas localizadas na desembocadura do rio Cachoeira e Itanhangá é ainda rudimentar, e como será analisado posteriormente, a área coberta pelas ilhas aumentará nos anos sucessivos.

5.1.2 Cobertura e uso do solo em 1975

Neste ano, dois eventos marcantes tiveram consequências sobre as mudanças que aconteceram em 1975. Em primeiro lugar a formulação do Plano Lucio Costa (1969), que entregou as diretrizes para o desenvolvimento de um grande processo de urbanização na área da Barra da Tijuca. Esta fase de mudanças e transição de usos do solo esteve representada pela maior superfície observada de **“Uso urbano não consolidado”** dos quatro anos analisados (2.168.053 m²). Desta forma, como indica a figura 27, observa-se uma extensa área de remoção da capa superficial do solo, principalmente para construção de caminhos que darão origem logo após a construção de moradias. Distingue-se a presença de culturas e remanescentes de vegetação alterada, ainda sem construção de imóveis, sendo as linhas do traçado urbano que se estabeleceu no ano 1975, em grande parte as mesmas constituídas até hoje, principalmente na parte meridional da lagoa. Nesta área de desenvolvimento urbano, denominada por MAIA *et al.* (1984) como “restinga de Jacarepaguá”, Santos (2003) salientou que a expansão urbana se dá sobre solos arenosos que apresentam características geológico-geotécnicas satisfatórias para ocupação urbana.



Figura 27.- Seção do mosaico de fotografias aéreas de 1975, mostrando o processo de urbanização na margem sul da lagoa. Fonte: IPP, 1975.

O segundo evento relevante, refere-se à formulação do Código Florestal em 1965, que estabeleceu algumas restrições ao avanço da urbanização sobre as áreas naturais. Neste Código, foram instituídas as Áreas de Preservação Permanente, construindo um marco de proteção das margens dos corpos hídricos.

Neste ano, evidenciou-se uma variação abrupta na fisionomia da paisagem, que na porção da lagoa em direção ao canal de Joatinga revelou-se como uma **urbanização formal** de tipo radiocêntrico, onde as avenidas convergem para um ponto central. Esta área ocupa um 11,2% da área total do recorte espacial. Na Ilha da Gigóia se registra urbanização de tipo formal (figura 23).

A **ocupação urbana informal**, no ano 1975 marca a sua presença no recorte espacial, localizando-se nas margens do Canal do Anil e cobrindo 40.660 m² (0,2%), estas construções constituem um dos primeiros sinais de ocupação na parte oeste do sistema lagunar, onde ainda domina a cobertura vegetal representada pelas **formações fluvio-marinhas** cobrindo extensos 4 Km². Por outra parte, a vegetação **herbáceo-arbustiva**, constitui um 19,8 % da área de

estudo, que no ano 1975 estiveram principalmente representadas pelas seguintes tipologias:

Vegetação degradada em áreas de encosta: Localizada nas áreas mais íngremes dos maciços da Tijuca, especialmente nos arredores de Itanhangá, possivelmente originadas a partir de antigos plantios de cafezais abandonados, como indicado por Drummond (1997), ou atividades de desflorestamento associado ao uso de produtos madeireiros. Esta tipologia estrutural apresenta-se acompanhando os remanescentes de **floresta ombrófila densa** em diferentes estágios sucessionais.

Em relação aos **corpos hídricos**, neste ano chama a atenção o surgimento de canais de drenagem conectando o maciço da Tijuca e a área da baixada com o corpo lagunar. Como assinalado por Schneider & Castro (2012), o rio das Pedras e Retiro foram canalizados a partir da década de 60, com o objetivo de drenar a área para a ocupação (figura 23). A associação do ambiente pantanoso, com a impermeabilização do solo e canalização do rio, torna a área vulnerável para a ocorrência de enchentes, que por sua vez, acarretam risco de vida e significativas perdas materiais à população (SCHNEIDER & CASTRO, 2012).

5.1.3 Cobertura e uso do solo em 1999

O ano 1999 produziu-se uma diminuição de 8,3 % das áreas de **Uso urbano não consolidado** em relação a 1975, decorrente de um incremento das **Áreas urbanizadas formais e informais**. No sub-bairro da Barra da Tijuca, a Península sofreu neste mesmo ano um profundo processo de transformação, resultando em condomínios de alto padrão construtivo na área de estudo. Nesse sentido, observam-se vastas superfícies de solo exposto e vegetação herbáceo-arbustiva com sinais de deterioração (figura 24).

Nos anos anteriores a 1999, como indicado por Santos (2003), houve uma invasão populacional com ocupação das áreas de mangue no entorno da lagoa da Tijuca, como as áreas próximas ao Via Parque e Terra Encantada na Avenida Ayrton Senna. Essas áreas não apresentam condições geológico-geotécnicas satisfatórias para ocupação urbana (SANTOS, 2003). As construções caracterizam-se por extensas superfícies pavimentadas, muito próximas da

lagoa (como exemplo o Barra Shopping e o supermercado Carrefour), este padrão de urbanização impede a infiltração das águas superficiais durante eventos de chuva para recarga dos aquíferos.

A faixa de vegetação que bordeia a lagoa da Tijuca neste ano, atende às exigências da legislação em vigência do Código Florestal 1965 e as alterações realizadas no ano 1986⁶, que modificou o valor de uma largura mínima de 5 metros para 30 metros e a máxima passou a ser variável de acordo com a largura do corpo hídrico.

O ano 1999 registra uma vasta mancha urbana constituída pela comunidade informal do Rio das Pedras, localizada na planície de inundação do sistema fluvial do mesmo nome, e estendendo-se até sua desembocadura na lagoa. Esta área experimentou um incremento de 3,2% em relação a sua cobertura inicial, passando de 10.939 m² no ano 1955 para 470.083 m² em 1999.

Em relação à vegetação, a formação **herbáceo-arbustiva** manifesta-se através de espécies pioneiras em áreas de sedimentação, relacionadas a processos recentes de deposição de sedimentos nas bordas do corpo lagunar. Esta cobertura localiza-se na parte nordeste da lagoa, na ilha do Tiro e nas bordas da lagoa de Camorim. Produto das múltiplas mudanças no uso do solo, neste ano as **formações fluvio-marinas** alcançam seu valor mais baixo de superfície de todos os anos, apresentando uma diminuição de 15% se comparado com o ano 1955 (2.613.806 m²). Esta categoria conglomerada os manguezais, restingas, brejos em diferentes níveis de degradação.

5.1.4 Cobertura e uso do solo em 2010

No ano 2010, a mancha de **urbanização formal** cobre uma grande parte do recorte de análise (38%), em contraposição ao mais baixo valor de áreas de **uso urbano não consolidado** (1,5% - 0,24 Km²). Percebe-se, que ao redor das manchas de urbanização formal e informal, encontram-se áreas de solo exposto, movimento de terras e cobertura vegetal com alto nível de deterioração (figura 25), como pode ser observado, no encontro da favela do Rio das Pedras com a

⁶ Lei Federal 7.511/86

lagoa, nas áreas adjacentes à Vila Pan-americana e na Ilha Ribeiro (figura 28). Nesse sentido, a área de influência e degradação da ocupação urbana ultrapassa os limites das próprias construções.



Figura 28.-Extensas áreas de solo exposto nas imediações das construções formais, na beira da lagoa. Fonte: Google Earth.

Neste ano restaram 2,8 Km² de áreas com **Formações de vegetação fluvio-marinha** no recorte de análise e os principais remanescentes encontraram-se na porção nordeste da lagoa (figura 25).

No que tange à **urbanização de caráter informal**, os assentamentos estão localizados na parte norte da lagoa da Tijuca, em terrenos menos consolidados e instáveis à construção, especificamente este tipo de urbanização está associada às margens dos corpos d'água fluviais e lagunares ou estradas, como no caso da favela Muzema. Da Silva (2010), afirma que apesar da existência da legislação complementar à proteção de margens e nascentes, a aplicação efetiva da lei esbarra em problemas do ponto de vista social tão agravante quanto o ambiental, com a frequente ocupação das margens de rios, córregos e mananciais por favelas e outros tipos de ocupação, além de impedimentos econômicos, como o alto custo de intervenção em áreas totalmente urbanizadas e consolidadas. Cabe salientar que o nível d'água nesta área situa-se próxima da superfície, a 1,5 metros de profundidade. Segundo

Santos (2003) isto ocorre devido à região estar localizada praticamente ao nível do mar e, portanto, está sujeita a enchentes causadas por variações de volume nas águas dos rios e lagoas, associados à baixa altitude topográfica e a presença vasta de solos orgânicos e relativos a áreas de várzeas e manguezais.

No entanto, igualmente é possível encontrar **urbanização formal** nas margens dos corpos hídricos, como é o caso da Vila Pan-Americana, a qual representa um exemplo explícito de construções em áreas vulneráveis desde o ponto de vista ambiental e sobre solos inadequados desde o ponto de vista geotécnico, como são as margens do Arroio Fundo. Hoje em dia, as construções da Vila do Pan apresentam graves danos estruturais ligados à problemas de afundamento dos solos.

No ano 2010, a vegetação de **floresta** estende-se por 1,26 Km² do recorte espacial, distribuída principalmente nas áreas de encosta e em pontos específicos das planícies.

Atualização uso e cobertura ano 2010 para 2014

Durante as saídas de campo realizadas nesta pesquisa e através da análise de fotointerpretação das imagens de satélite do Google Earth@ foi possível perceber as mudanças registradas desde o ano 2010, ano mais recente das imagens utilizadas na análise até o atual ano 2014. Dentre estas variações no uso e cobertura do solo pode-se mencionar:

1. Consolidação da construção de prédios comerciais adjacentes à Gleba F, que correspondem ao edifício CEO Corporate & Executive Offices e um condomínio situado na área noroeste da Península.
2. Remoção da favela Vila União, na zona contígua a Ponte Nova, sendo substituída pelas instalações da nova linha do metrô na Barra da Tijuca.
3. Na Avenida das Américas, na frente ao supermercado Guanabara, será construído um condomínio residencial.
4. Extensa área de vegetação herbáceo-arbustiva se tornou o Shopping “Village Mall”.
5. Começa a construção do projeto *Península II*, na área contígua à Gleba F (Figura 29).



Figura 29. Empreendimento a ser instalado na beira da lagoa da Tijuca, Península II.

5.2 Principais tendências nas mudanças da cobertura e uso do solo

A partir do cruzamento dos mapas de uso e cobertura do solo dos quatro anos analisados, foram elaborados mapas temáticos que representassem as mudanças registradas para cada um dos quatro períodos (figuras 33, 34, 35, 36), dividindo-os da seguinte forma; 1º período: 1955-1975; 2º período: 1975-1999; 3º Período: 1999-2010; 4º Período: 1955-2010.

A tabela 9 mostra os resultados do cálculo da superfície para cada uma das oito classes definidas por período e a figura 30 representa as cinco classes com maiores mudanças.

Tabela 9. Valor de superfície em Km² das categorias de variação do uso e cobertura do solo.

| | Categorias variação | 1955-1975 (20 anos) | | 1975-1999 (24 anos) | | 1999-2010 (11 anos) | | 1955-2010 (55 anos) | |
|---|--|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|-----|------------------------|------|
| | | Km2 | % | Km2 | % | Km2 | % | Km2 | % |
| 1 | Sem variação | 7,11 | 0 | 5,41 | 0 | 10,08 | 0 | 3,73 | 0 |
| 2 | Área reduzida corpo hídrico | 0,52 | 3,1 | 0,73 | 4,4 | 0,11 | 0,7 | 1,18 | 7,1 |
| 3 | Área degradada vegetação | 0,95 | 5,7 | 0,97 | 5,8 | 0,26 | 1,6 | 0,72 | 4,3 |
| 4 | Área reduzida vegetação | 2,02 | 12,2 | 2,86 | 17,2 | 0,92 | 5,5 | 4,69 | 28,1 |
| 5 | Área incremento vegetação | 0,87 | 5,2 | 1,17 | 7,0 | 1,11 | 6,7 | 0,86 | 5,1 |
| 6 | Consolidação área urbanizada formal | 0,75 | 4,5 | 1,65 | 9,9 | 0,38 | 2,3 | 1,62 | 9,7 |
| 7 | Consolidação área urbanizada informal | 0,00 | 0,0 | 0,07 | 0,4 | 0,01 | 0,0 | 0,12 | 0,7 |
| 8 | Alteração rede drenagem | 0,06 | 0,4 | 0,07 | 0,4 | 0,04 | 0,3 | 0,12 | 0,7 |

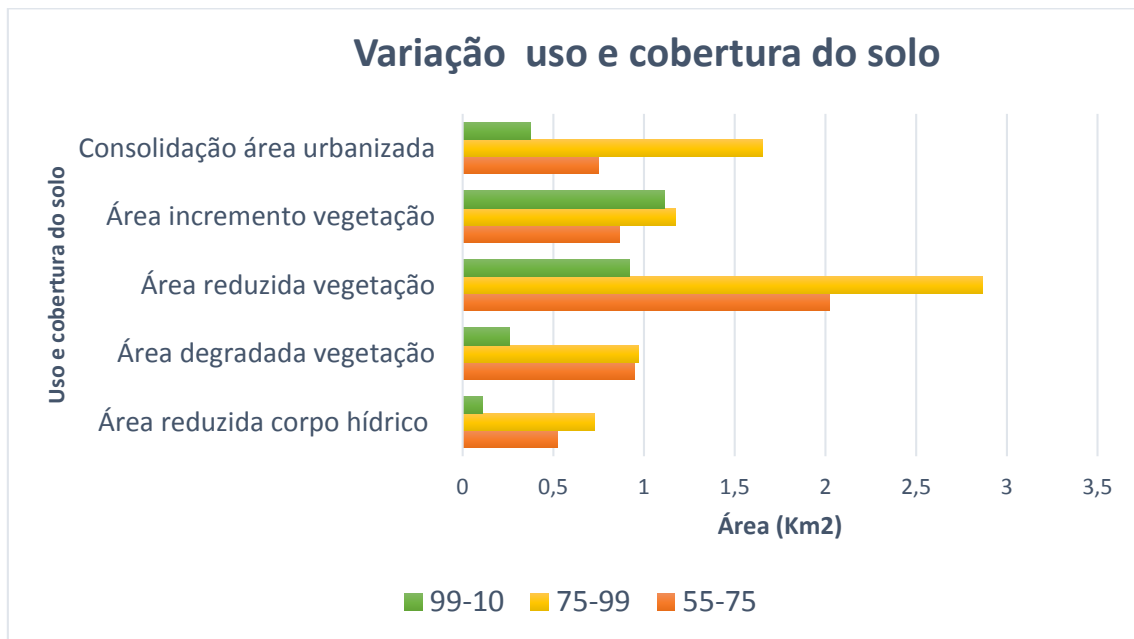


Figura 30.- Cálculo das variações em superfície nos três períodos de estudo. A categoria “Consolidação área urbanizada” inclui as de caráter formal e informal.

Para corrigir a disparidade no número de anos entre cada período analisado, mediu-se a taxa anual de variação para cada período e utilizando as categorias de uso e cobertura do solo. Os resultados sobre as perdas e incrementos na superfície apresentam-se na tabela 10 e as Figuras 31 e 32 indicam as mudanças nas classes associadas aos usos antrópicos dentro da área de estudo e as classes que identificam os ambientes naturais.

Tabela 10.-Taxa anual de variação percentual (%) para as categorias de cobertura e uso do solo. Os números positivos representam os incrementos na superfície e os números negativos as perdas.

| Períodos de análise | Categorias uso e cobertura do solo | | | | | | |
|---------------------|------------------------------------|----------|------------------------------------|--------------------|----------------------------|------------------|--------------------|
| | Corpos hídricos | Floresta | Formações vegetais fluvio-marinhas | Herbáceo-arbustiva | Uso urbano não consolidado | Área urb. formal | Área urb. informal |
| 55-75 | -0,4 | -1,8 | -1,1 | -0,4 | 1,2 | 7,4 | 6,8 |
| 75-99 | -0,6 | 2,8 | -2,1 | -1,0 | -4,1 | 4,4 | 10,7 |
| 99-10 | -0,1 | 1,6 | 1,3 | -5,1 | -10,4 | 1,8 | 1,0 |
| 55-10 | -0,4 | 0,9 | -1,1 | -1,6 | -3,5 | 4,9 | 7,3 |

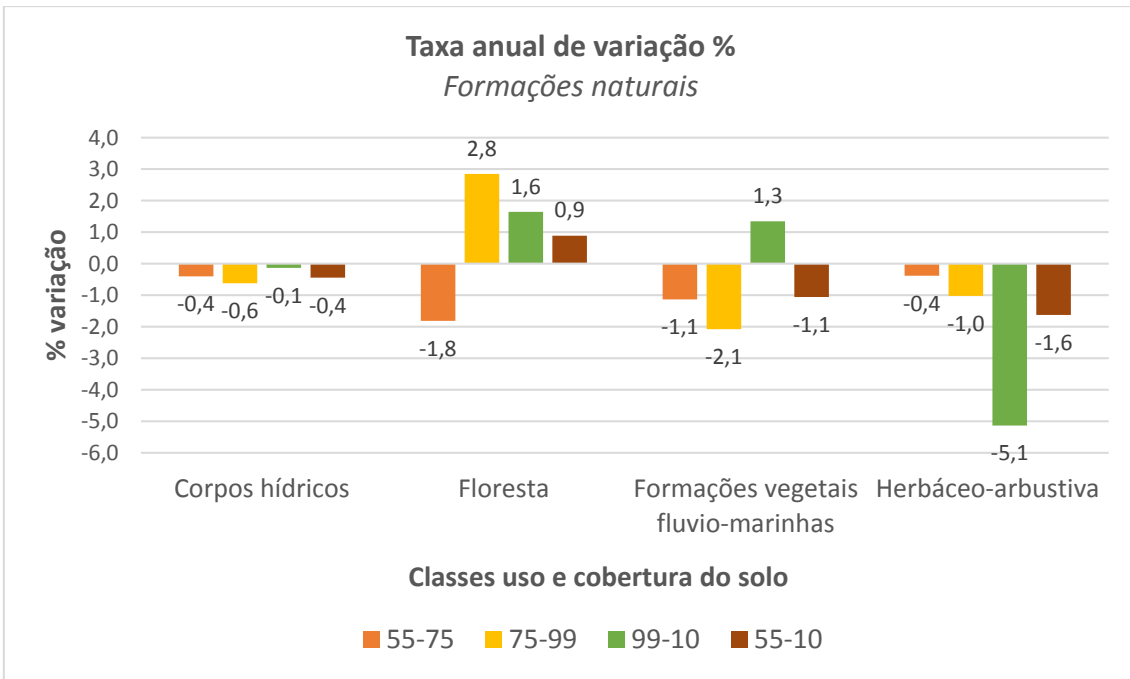


Figura 31. Taxa anual das transformações registradas no uso e cobertura do solo das categorias associadas ao processo de urbanização.

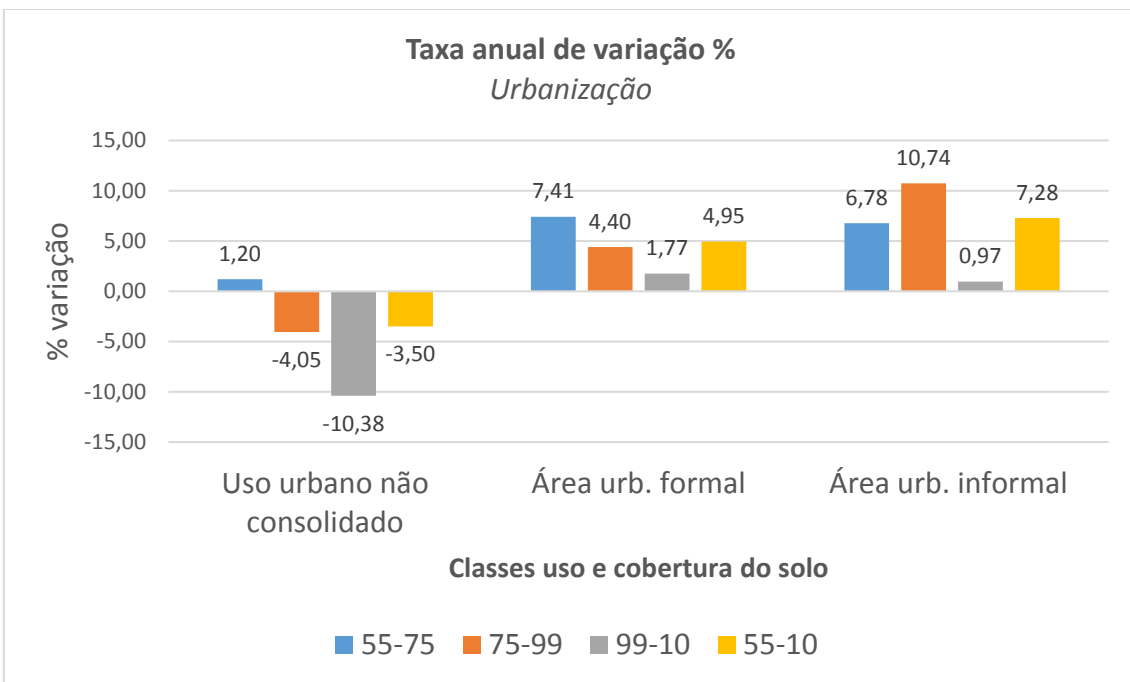


Figura 32. Taxa anual das transformações registradas no uso e cobertura do solo das categorias associadas ao processo de urbanização.

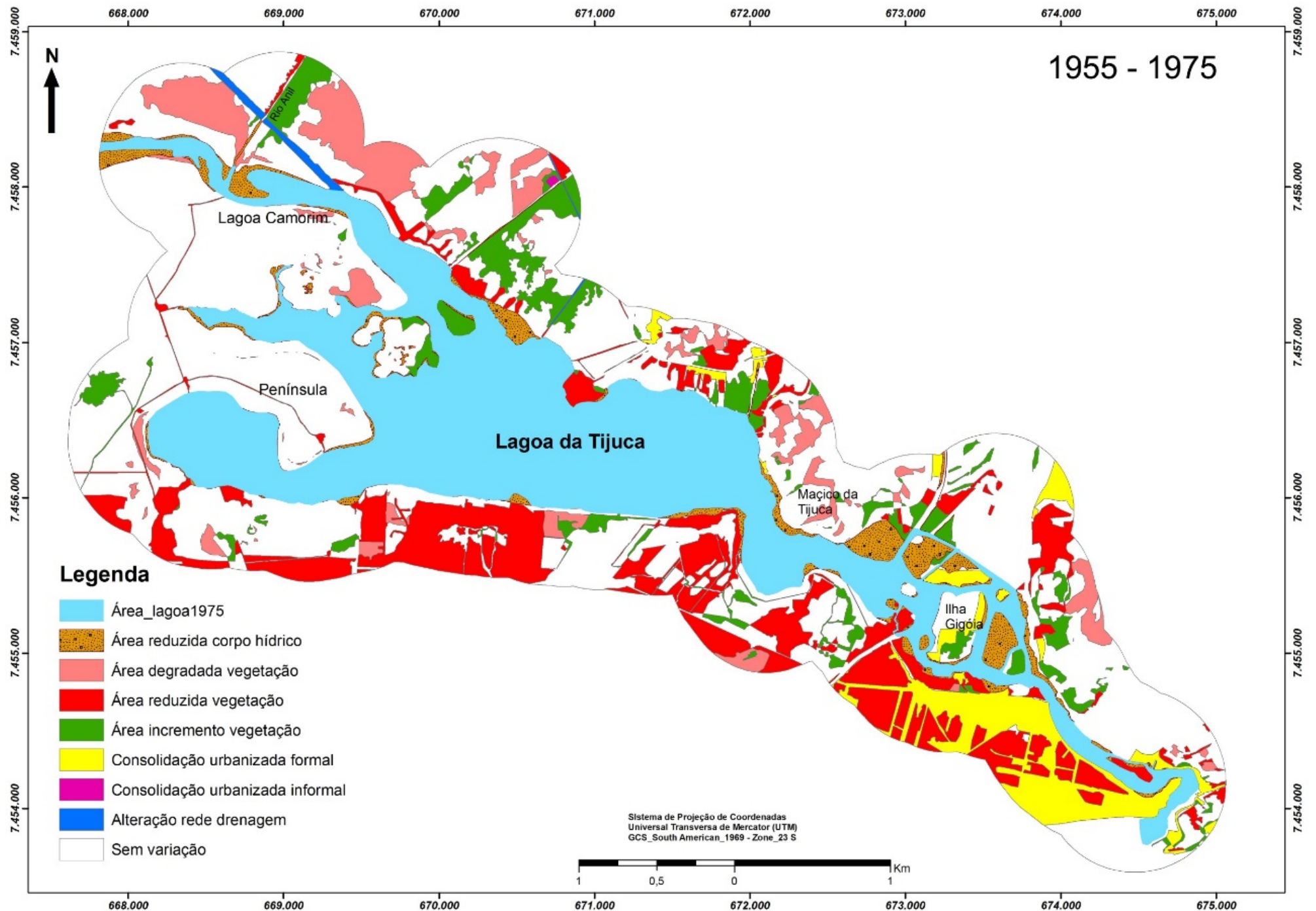


Figura 33. Variação de uso e cobertura do solo 1955-1975

Fonte: Elaborado pela autora

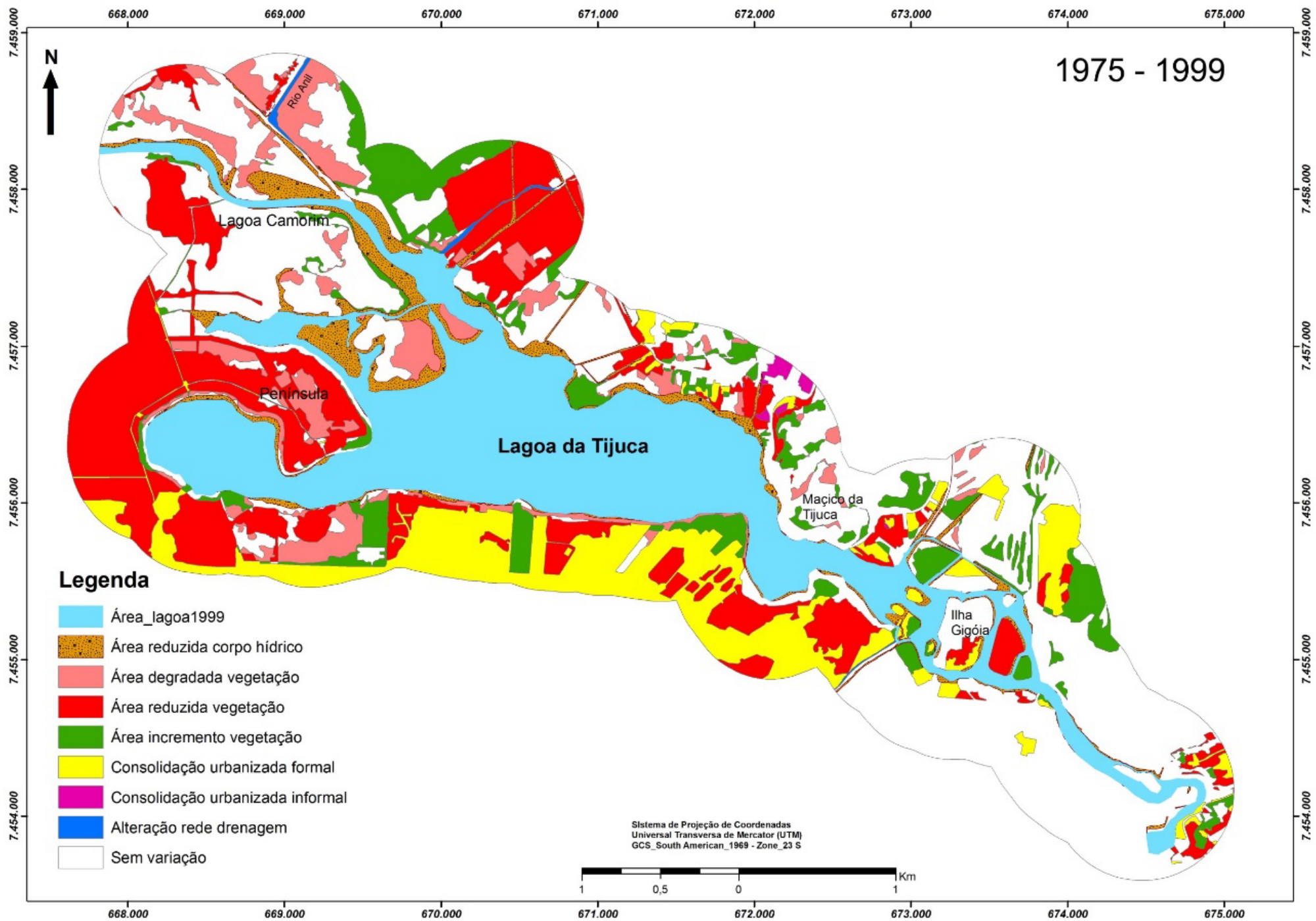


Figura 34. Variação de uso e cobertura do solo 1975-1999

Fonte: Elaborado pela autora

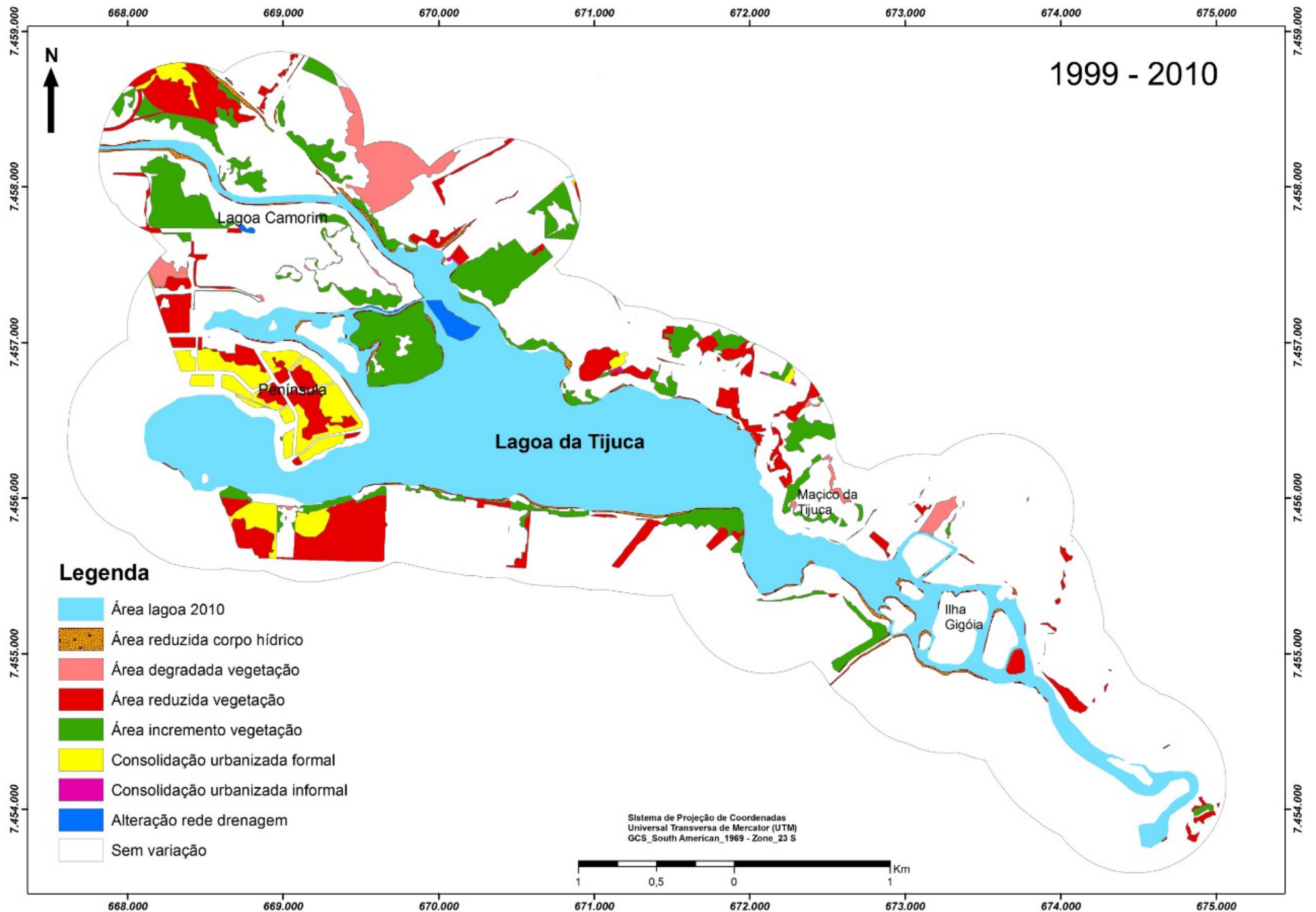


Figura 35. Variação de uso e cobertura do solo 1999-2010

Fonte: Elaborado pela autora

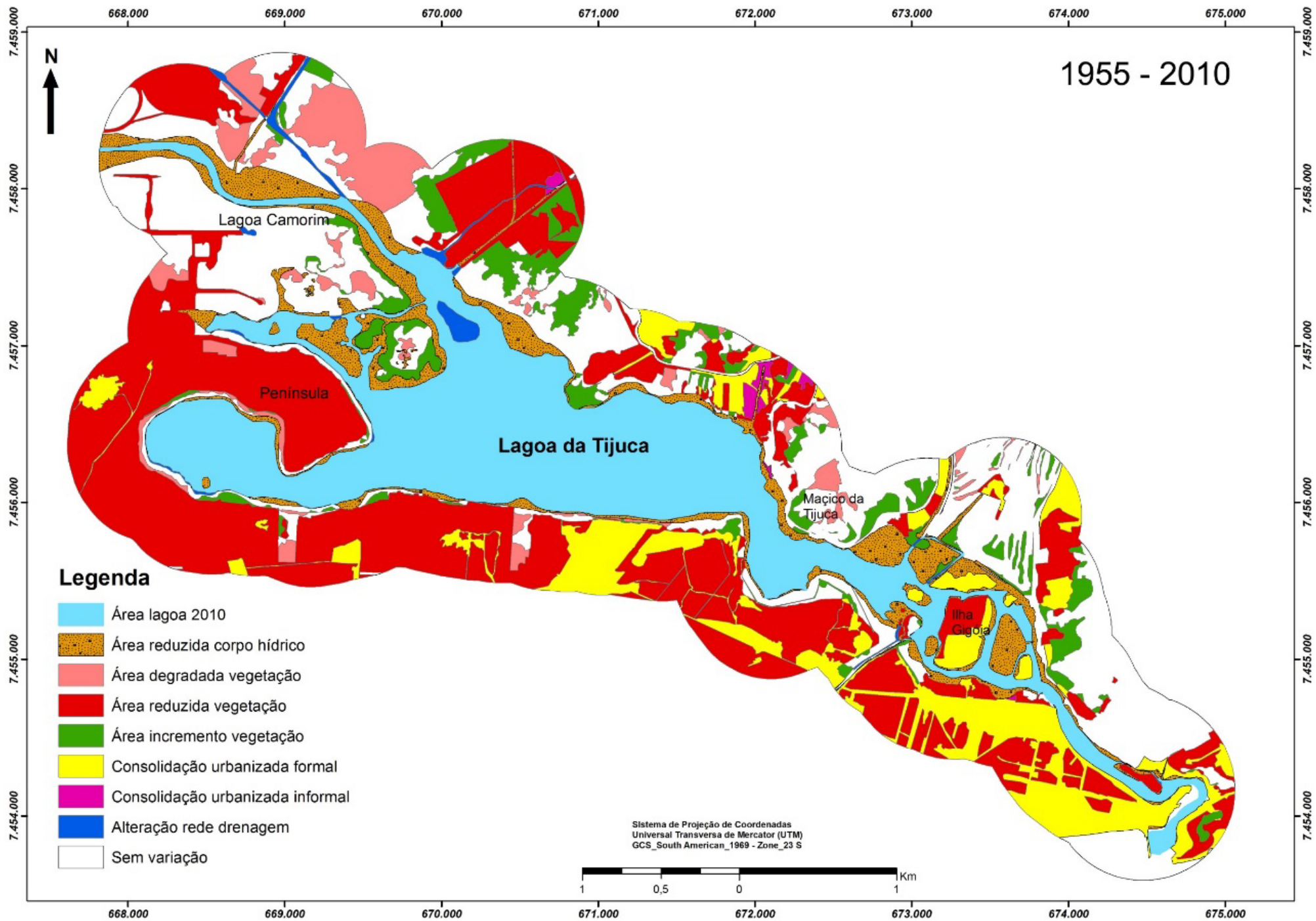


Figura 36. Variação de uso e cobertura do solo 1955-2010

Fonte: Elaborado pela autora

De um modo geral, pode-se concluir, baseado na figura 30, que as maiores transformações no uso do solo registraram-se no período de análise entre os anos 1975 e 1999. Embora, este incremento esteja relacionado com a maior quantidade de anos sob análise -24 anos, em comparação com os outros períodos. Nesse sentido, o período entre 1999 e 2010 foi o mais curto analisado e onde se produziram as menores variações no uso da terra (figura 30). No entanto, quando analisadas as variações da taxa anual (%) a situação muda e observa-se que na figura 31 e 32 o ritmo das mudanças para os períodos 1955-1975 e 1999-2010 adquirem maior relevância, especialmente para as categorias de cobertura vegetal.

De forma a caracterizar de maneira integrada e sucinta as principais tendências das mudanças na cobertura da terra, agruparam-se em três grandes categorias:

- Crescimento e consolidação das áreas urbanas formais e informais;
- Incrementos e perdas da cobertura vegetal e
- Redução do corpo lagunar e alterações nos canais de drenagem.

5.2.1 Crescimento e consolidação das áreas urbanas formais e informais

Como é possível perceber na figura 30, a segunda maior variação em superfície registrada corresponde à “**Consolidação área urbanizada**” ocupando um 1,62 km² no período de maior desenvolvimento (1975-1999). Estas variações teriam sua raiz na implantação do *Plano Lucio Costa*, no ano 1969, motor impulsor do desenvolvimento urbano na área da Baixada de Jacarepaguá.

Por outro lado, apesar de existir a legislação ambiental que outorga proteção aos ecossistemas de manguezais e restingas⁷, o processo de ocupação das áreas de baixada, progrediu a um ritmo acelerado e em direção Leste-Oeste, substituindo áreas vulneráveis e de alto valor biológico por construções comerciais e residenciais de grande, mediano e pequeno porte. As áreas de encosta, embora em menor grau, também experimentaram instalação de áreas residenciais, limitada em grande parte pela alta declividade destas áreas no local de estudo.

⁷ Artº 2, Código Florestal 1965.

O mapa da variação dos usos do solo entre o período 1955 -2010 (figura 36) apresenta de forma clara a consolidação das construções formais, localizando-se em grande parte na margem sul do sistema lagunar, na área denominada “restinga de Jacarepaguá”, formadas por areias marinhas de compacidade crescente com a profundidade, com nível d’água na profundidade média de 2,0 m. Segundo Santos (2003), estas areias estão assentadas ou sobrepostas por solos argilosos com matérias orgânicas de baixa resistência e alta plasticidade ou sobre solos residuais do embasamento, porém, não apresentam grandes problemas geotécnicos e apesar de incoerentes, tem boa resistência quando sujeitos a carregamentos.

Em contraposição, a maioria das áreas urbanizadas informais localizam-se na parte norte da lagoa, nos terrenos mais instáveis e em piores condições de drenagem, cujos solos argilosos e siltosos com uma capa de turfa, apresentam baixa resistência e elevada compressibilidade, ou seja, terrenos menos valorizados e com sérias restrições à ocupação. Apesar disso, quando observadas as taxas anuais de variação (gráfico 4), as áreas urbanizadas informais constituem a categoria com valores mais altos de mudança, neste caso apresentando um crescimento na sua superfície de 7,2% para o período total (1955-2010), e sendo a maior taxa registrada de todas, durante 1975-1999 (10,7%), o que indica a rapidez no ritmo de crescimento deste tipo de ocupação urbana na área de estudo, embora não seja representativa em termos de valor de superfície no recorte analisado. O melhor exemplo é constituído pela favela “Rio das Pedras” que compõe a variação mais expressiva na área de estudo.

A categoria uso urbano formal constitui a segunda maior taxa de mudança de todas classes avaliadas, apresentando o auge de transformação no período inicial de 7,4% (1955-1975), diminuindo o seu ritmo nos seguintes períodos.

5.2.2 Incrementos e perdas da cobertura vegetal

Segundo Figueiró (2005), na área do maciço da Tijuca, muito embora tendo sofrido desde o início com a extração do Pau-brasil, com a retirada de lenha para os engenhos de açúcar e com a abertura de trilhas e caminhos para a penetração no “sertão”, foi durante a expansão do cultivo cafeeiro que a mata atlântica sofreu os seus mais duros golpes, especialmente no sudeste brasileiro.

Segundo as estimativas de Drummond (1997), só no estado do Rio de Janeiro, 25 mil Km² de floresta foram transformadas em lavouras de café.

No recorte espacial analisado a categoria “**Área reduzida vegetação**”, representada pelas classes de *Floresta*, *Formações fluvio-marinhas* e *vegetação Herbáceo-arbustiva*, é aquela que teve o maior decréscimo em superfície de todas (28,1%) principalmente para o período total (1955-2010) (ver Figura 30). Esta categoria durante os dois primeiros períodos registrou uma diminuição da cobertura vegetal que alcançou em 2010 5,8 km². Esta diminuição tem direta relação com a conversão das terras para áreas urbanizadas no entorno da lagoa, tanto de caráter informal quanto formal (figura 37).

Quando analisada a taxa anual de variação (figura 32), a categoria de vegetação herbáceo-arbustiva foi aquela que registrou um maior ritmo de perda (5,1%) entre os anos 1999 e 2010, seguida pelas Formações fluvio-marinhas (2,1%). No entanto, depois deste descenso, no último período 1999-2010, a vegetação característica de áreas úmidas e também as formações de restinga, experimentaram um aumento na taxa de crescimento na cobertura vegetal (1,3%), o que pode ser explicado por dois motivos: em primeiro lugar, pela recuperação da vegetação através de processos de sucessão vegetal, decorrentes da redução da pressão antrópica sobre o recurso florestal e também do abandono de antigas áreas agrícolas.

Como descrito por Magalhães Corrêa (1936), as áreas da baixada foram amplamente utilizadas para agricultura (bananeiras, cítricos e mandioca) até meados do século XX e sofreu igualmente graves impactos por desmatamento. A baixada de Jacarepaguá era a região que abastecia toda a capital do Brasil com madeira para lenha e para construção civil, que dizimaram os manguezais das lagoas salgadas (MARQUES, 2012). Da mesma forma, nos últimos 60 anos, a destruição das restingas alcançou proporções alarmantes e ainda hoje sofrem com a retirada de areia, fogo, extração de espécies ornamentais, especulação imobiliária e turismo predatório.



Figura 37.- Imagens que representam uma das áreas que experimentou mudanças mais drásticas na cobertura do solo dentro do recorte analisado. Ano 1955 (imagem à esquerda) e 2010 (imagem à direita). Fonte: Prefeitura Rio de Janeiro, 1955 / IPP, 1975.

Assim, as pressões históricas sobre os recursos vegetais da baixada de Jacarepaguá estiveram relacionadas inicialmente em maior grau com a agricultura e extração madeireira até pouco antes da metade do século XX, para posteriormente estar ligada ao desmatamento pelo processo de urbanização.

Outro tipo de impacto sobre a vegetação na área tem sido descrito por Zee (1993) e Soares (1999) que se refere à diminuição da influência das marés nas áreas de manguezais devido ao aumento da cota do terreno, possivelmente causada por algum episódio marcante de sedimentação que o manguezal tenha sido alvo, como por exemplo fortes chuvas ocorridas em fevereiro de 1988, que tenham carregado grande quantidade de lama. Segundo Zee (1993), o domínio fluvial na área, durante o período de deposição da referida camada de lama, é comprovado ao se observar a ausência de carapaças de foraminíferos nesse sedimento. Assim, segundo Soares (1999), na Gleba F, o levantamento da cota do terreno e a diminuição da influência das marés propiciou a invasão da espécie vegetal *Acrostichum sp.* Essa espécie teria impedido o desenvolvimento de indivíduos jovens de mangue. Tal fato pode vir a comprometer a existência do manguezal na área, visto que, o bosque possui características de bosque maduro, em vias de alcançar um estágio de senescência (baixa densidade, árvores com dap > 20 cm e dossel pouco denso).

Em relação ao processo de **degradação da vegetação**, este se expressa através de formações de floresta e áreas de manguezais e restingas que se tornaram áreas do tipo herbáceo-arbustiva (figura 30). Assim, a vegetação herbáceo-arbustiva representa o processo inicial de recomposição florestal da cobertura vegetal, produto da alteração por desmatamento ou remoção da capa superficial do solo, durante os períodos de grandes mudanças (1955-1975/1975-1999).

O acréscimo na cobertura vegetal que indica a figura 30 está principalmente relacionado com a classe *floresta*. Este aumento explica-se fundamentalmente por três motivos: a recuperação natural da vegetação, a implementação de projetos de reflorestamento do governo no Parque Nacional da Tijuca a partir do ano 1984⁸ e o estabelecimento de áreas verdes urbanas no entorno da lagoa. Ver setor próximo ao Canal de Marapendi (Figuras 33, 34, 35 e 36). Num contexto mais amplo, as iniciativas de reflorestamento dos maciços costeiros e nas planícies fluvio-marinhas nas últimas décadas estariam relacionadas com uma maior preocupação pela conservação dos ecossistemas. Não obstante, ao analisar a magnitude dos ganhos e perdas de vegetação durante os anos 1955 e 2010 percebe-se que a legislação (Planos diretores, Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município e o Código Florestal) não impediu a intervenção e supressão de vastos e valiosos ecossistemas dentro da macrobacia de Jacarepaguá, com uma redução marcante das áreas de formações fluvio-marinhas e vegetação herbáceo-arbustiva.

Como será comentado mais adiante, as áreas adjacentes à lagoa, ou seja a Faixa Marginal de Proteção sofreu proporcionalmente uma intervenção muito menor durante o período analisado.

5.2.3 Redução do corpo lagunar e alteração da rede de drenagem

Em relação ao recorte espacial analisado e como exposto nos Mapas de Variação de Uso do solo (Figuras 33, 34, 35 e 36), a categoria definida como “Corpos hídricos” corresponde à extensão completa da lagoa da Tijuca, incluindo a lagoa de Camorim, no trecho limitado pela Avenida Ayrton Senna no setor

⁸ Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, 2000 e D 4340/2002.

oeste e com o Arroio Fundo no setor leste. Esta categoria considera adicionalmente os principais sistemas contribuintes da lagoa: rio Cachoeira, rio Muzema, rio Das Pedras, Arroio Fundo e Canal do Anil.

Dentre as mudanças registradas podemos dividi-las em dois tipos: a primeira e mais significativa em termos de superfície, relaciona-se com a redução do espelho d'água, devido principalmente aos processos de deposição de material sedimentar nas margens das lagoas, este material teria uma origem aluvio-coluvionar e em menor proporção seria material erodido ou removido desde as áreas de solo exposto da baixada, que seria carregado pelas águas durante eventos de precipitações. Outro fator que condicionou a perda da superfície da lagoa está relacionado com construção de aterros nas margens, estes se localizam maiormente nas ilhas ao interior da lagoa.

Quando excluídos da análise os sistemas fluviais, as lagoas de Camorim e Tijuca experimentaram uma redução da superfície que alcançou no último ano analisado (2010) 1,079 km² (29,4%), em relação à superfície original em 1955. Foi durante os dois primeiros períodos de análise (1955-1975 e 1975-1999) quando os corpos lagunares tiveram a maior redução na sua área (Figura 38). Se for analisada unicamente a superfície que corresponde à lagoa da Tijuca, observa-se uma redução da área que alcança uma perda de 22,4% da superfície do espelho d'água entre 1955 e 2010 (Figura 38). Assim, nota-se a influência do processo de assoreamento na lagoa de Camorim nos valores finais da perda de superfície.

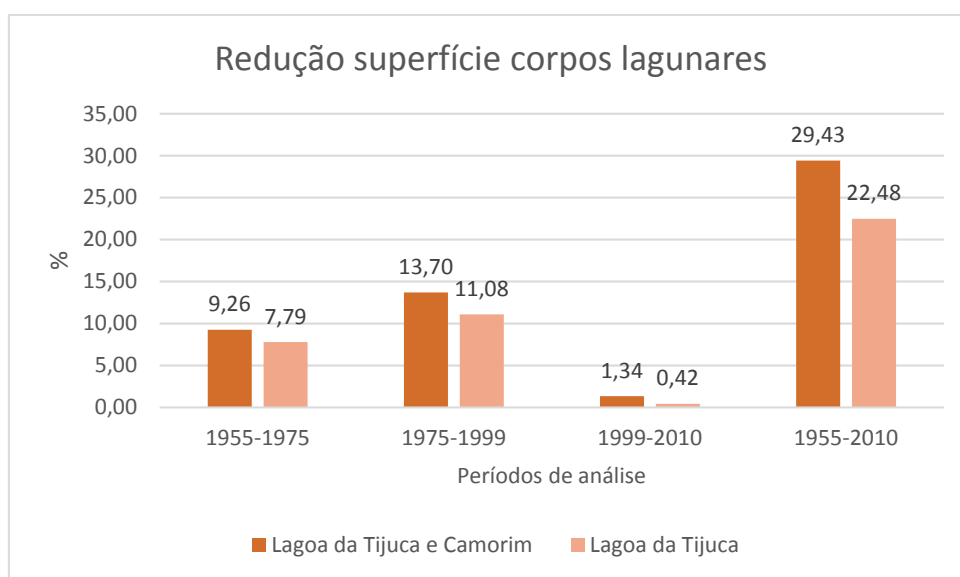


Figura 38. Diminuição da superfície da lagoa da Tijuca nos entre 1955 e 2010

Em relação à alteração da rede de drenagem que alimenta a lagoa da Tijuca, entre os anos 1955-1975 se constatou a modificação dos canais da seção norte da lagoa. O Arroio Fundo (continuação do rio Grande), que originalmente desembocava em terrenos embrejados que margeiam a Lagoa de Camorim, a partir das dragagens e retificações do curso fizeram com que as águas fossem lançadas diretamente na lagoa (MARQUES, 1990). Assim, o desvio do rio Grande (Arroio Fundo) foi realizado nos últimos 1,8 km do leito, modificando o local da foz na Lagoa de Camorim (figura 39). A mudança de sentido do leito de NE-SW para NW-SE permitiu a captação das águas do rio Anil. Devido a esta nova característica, a bacia do rio Grande aumentou a sua área em cerca de 63 km², drenando águas do maciço da Tijuca.

O rio do Anil é formado pelo rio Sangradouro e pelo São Francisco, que tem sua nascente a 400 m de altitude - próximo do pico do Papagaio (940 m na Floresta da Tijuca). Ferreira & Cunha (1996) indicam que a ligação com o rio Anil nos anos 70, representou um aumento do volume de água para o trecho final do rio Grande, rompendo o equilíbrio hidrológico e influenciando toda a bacia hidrográfica, assim como modificando o local de chegada de sedimentos e vazão na lagoa de Camorim, não obstante Marques (1990) sinala que a antiga desembocadura dos dois rios estava provocando o rápido assoreamento da lagoa, no local, dificultando a saída das águas da lagoa de Jacarepaguá (figura 39).

É relevante mencionar que estas transformações na morfologia se tornam problemas complexos para o funcionamento do sistema lagunar, em termos da circulação das águas e da modificação da estrutura e composição do habitat aquático.

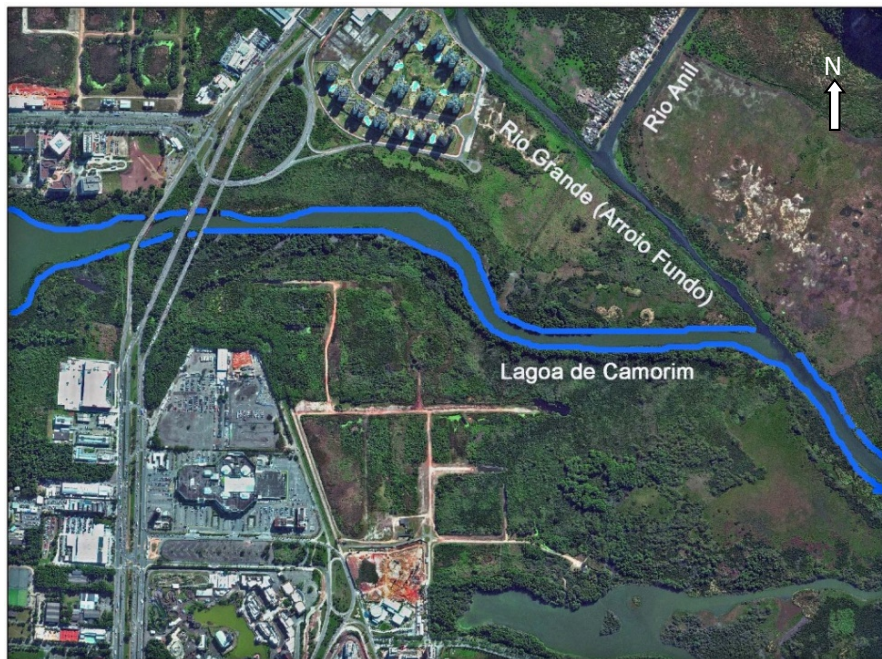
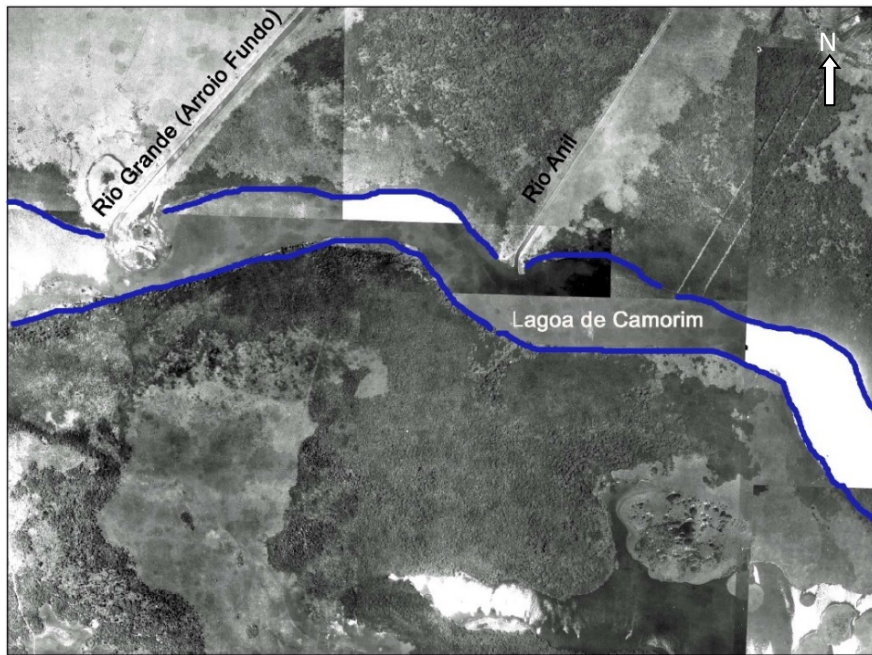


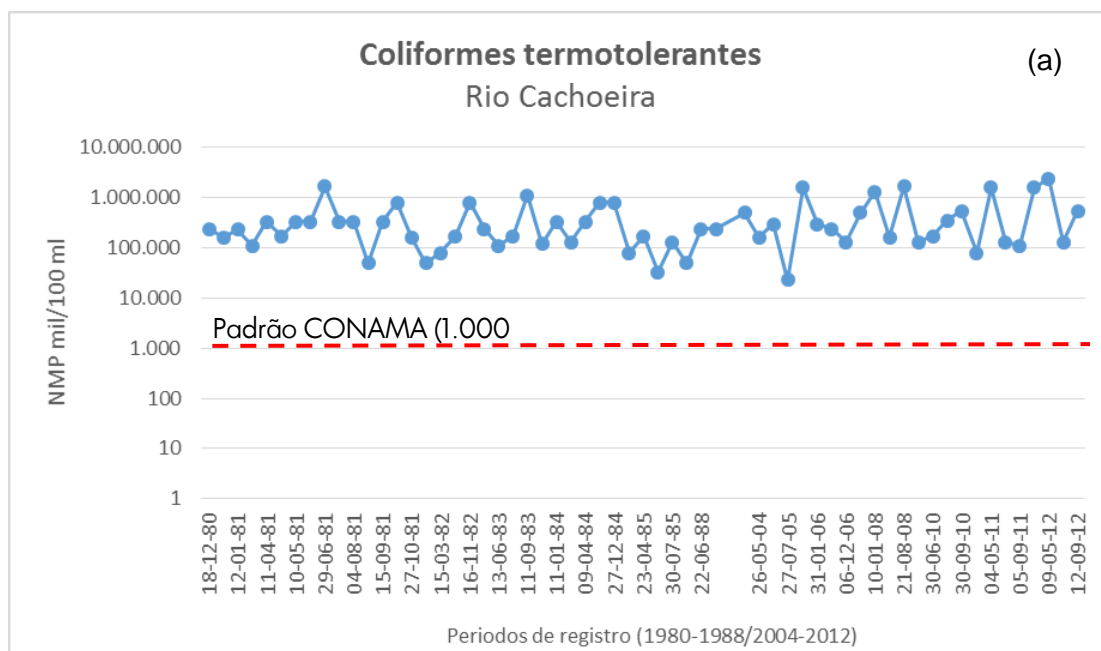
Figura 39.- Imagens comparativas entre a rede de drenagem em 1955 (imagem superior) e no ano 2010 (imagem inferior). Observa-se que a diminuição da extensão da lagoa da Camorim e a modificação das áreas de desembocadura dos rios Grande (Arroio Fundo) e Anil. O antigo trajeto do rio Grande corresponde hoje a Avenida Ayrton Senna. Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro.

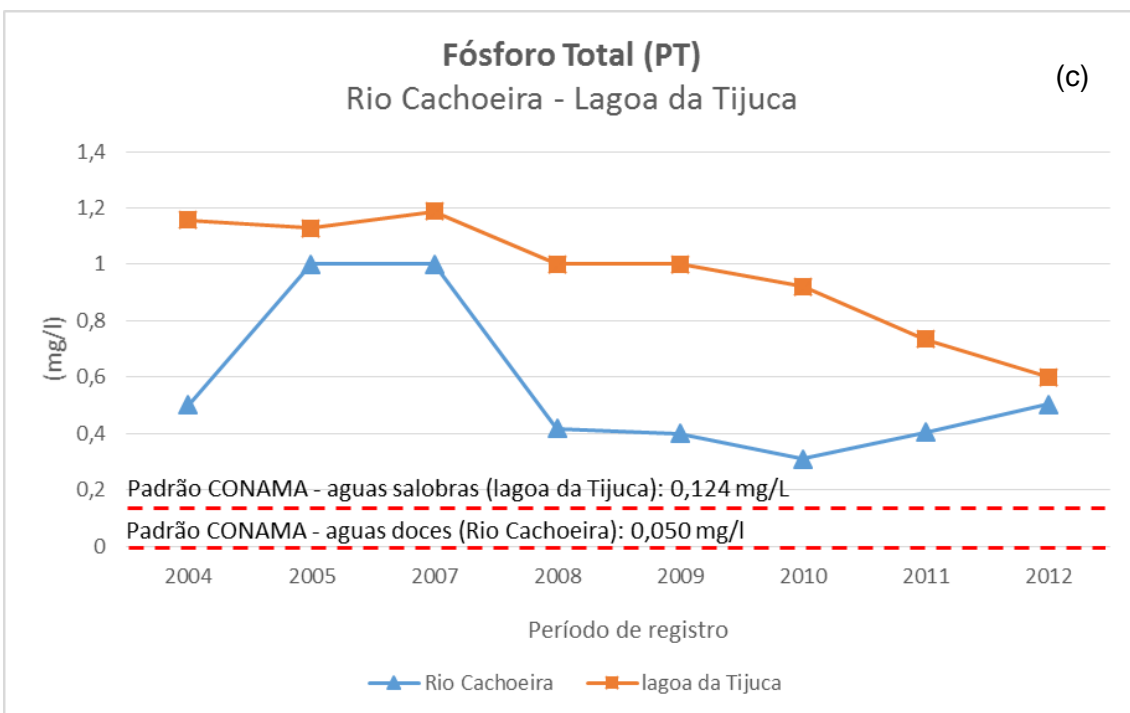
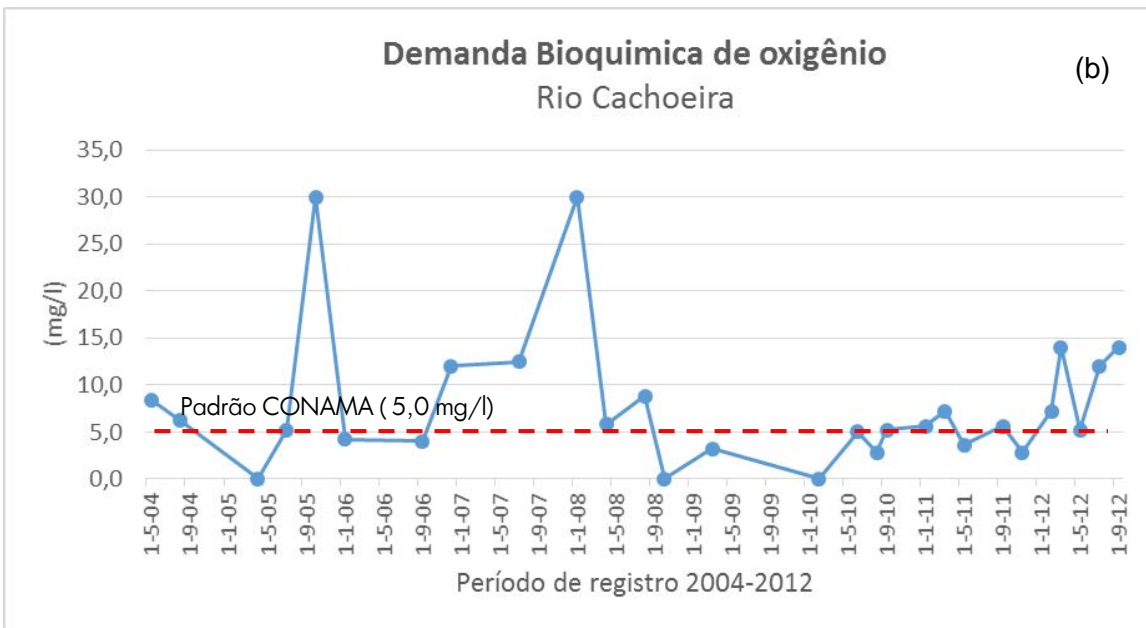
Por último, no período de 1975-1999, produziu-se um alargamento no leito do Canal Arroio Fundo, enquanto o rio Das Pedras apresentou uma mudança na sua posição no trecho final, em direção noroeste.

5.3 Comportamento da bacia do rio cachoeira e sua influência na lagoa da Tijuca

5.3.1 Caracterização da qualidade das águas

As seguintes análises correspondem aos resultados das coletas de qualidade das águas com base nos dados disponibilizados pela Gerência de Qualidade da água (GEAG) do Instituto Estadual do Ambiente - INEA, para a bacia do rio Cachoeira (estação “CC0000”) e a lagoa da Tijuca (estação TJ0306”). A localização de ambas as estações encontra-se na figura 20. Assim, considerando as limitações da base de dados em relação aos escassos dados disponíveis para determinados parâmetros, realizou-se análise de caráter geral sobre as tendências dos valores dos parâmetros: Coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrogênio amoniacal e Oxigênio dissolvido. Ao mesmo tempo foi possível avaliá-los em relação aos máximos estabelecidos na norma ambiental sobre qualidade das águas (Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005). A figura 40 (a, b, c, d, e) apresenta os resultados obtidos para os cinco parâmetros.





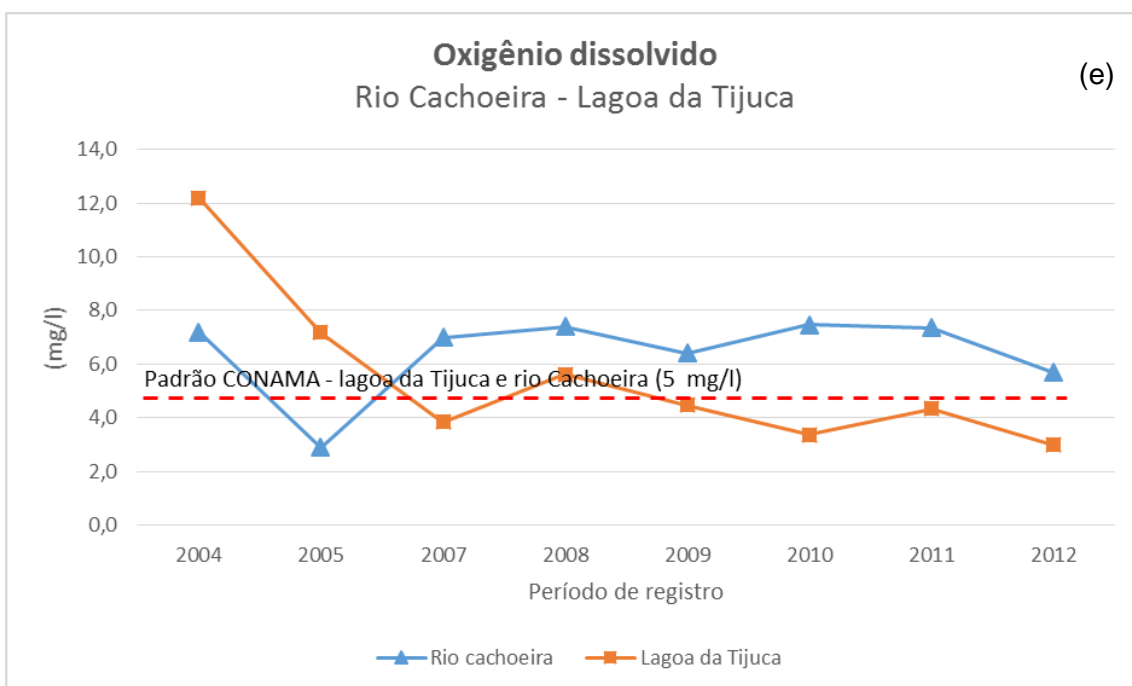
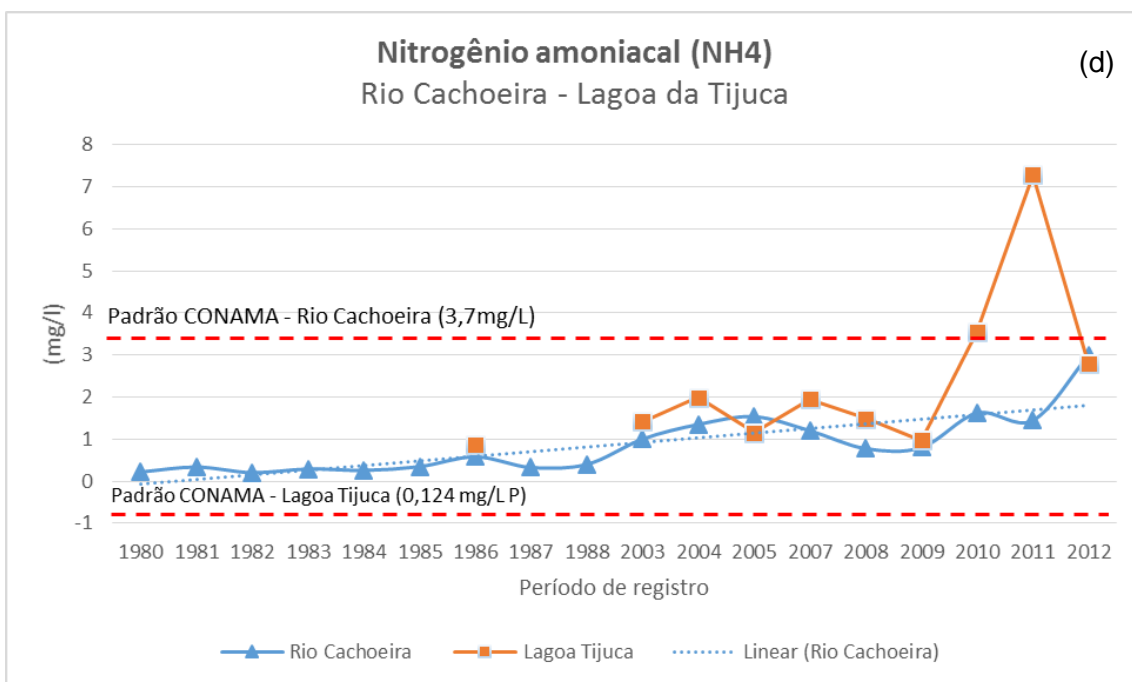


Figura 40. Variação temporal da qualidade da água dos parâmetros: (a) Coliformes termotolerantes (b) Demanda Bioquímica de Oxigênio (c) Fósforo Total, (d) Nitrogênio amoniacal e (e) Oxigênio dissolvido. A linha segmentada representa o limite permitido pela normativa de águas (Res. N° 357/2005).

Em relação à análise para o rio Cachoeira, o gráfico 6a indica que a contaminação por Coliformes fecais registra-se desde aproximadamente 30 anos atrás, apresentando historicamente valores por sobre o padrão de qualidade estabelecido pela norma. Apesar deste parâmetro apresentar fortes variações interanuais, não se evidenciou uma tendência a aumentar para a escala temporal analisada. Os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (figura 40b) igualmente exibem valores acima do padrão de referência, alcançando valores próximos a 30 mg/l.

No que tange à avaliação do comportamento do rio Cachoeira e da lagoa da Tijuca, na figura 40 (c,d,e), evidenciou-se uma similaridade no comportamento dos parâmetros analisados, porém, os valores analisados na lagoa da Tijuca são de um padrão de qualidade das águas inferior que o rio Cachoeira. Isto pode ser explicado devido à maior retenção dos contaminantes, em decorrência da menor circulação hidrodinâmica das águas em comparação com as águas mais oxigenadas e com menor tempo de residência dos sistemas lóticos. Um agravante da situação da lagoa da Tijuca refere-se às condições limitadas de troca de águas com o oceano através do canal da Joatinga devido, dentre outros fatores, à colmatação do leito fluvial por sedimentos, dificultando a renovação das águas.

O parâmetro OD (figura 40e), na amostragem da lagoa da Tijuca, encontra-se abaixo dos limites de concentrações mínimas permitidas e com tendência à diminuição ao longo do período analisado. Registros menores que 2 mg/l, são considerados perigosos para a vida aquática (CORTÉS & MONTALVO, 2010) e neste estudo foram encontrados 0,8 e 0,4 mg/L no ano 2008 e 2010, respectivamente. Para o rio Cachoeira, os valores de OD estiveram conforme a regulamentação, exceto no ano 2005.

Para os valores de Fósforo Total (figura 40c), tanto o rio Cachoeira quanto na Lagoa da Tijuca, ultrapassaram excessivamente os valores de máximas concentrações permitidas na legislação de referência, no entanto se evidencia uma leve tendência decrescendo durante o período de estudo. Deve-se considerar que a quantidade de fósforo retida nos sedimentos pode ser várias ordens de magnitude superior à da água (WETZEL, 1975). Como indicado por Castiglia (2006) em situações de baixas concentrações de oxigênio dissolvido, a liberação do fósforo para a coluna d'água ocorre mais facilmente, o que pode

provocar o aumento excessivo de algumas espécies e consequentemente efeitos danosos ao ecossistema aquático, como a eutrofização.

No caso do Nitrogênio Amoniaco (figura 40d), no rio Cachoeira, há uma tendência para o aumento desde o primeiro período analisado (1980-1988), não obstante, encontra-se por baixo dos máximos permitidos. Em contraposição, os valores para o ponto localizado na lagoa da Tijuca excedem os permitidos na legislação para águas salobras (0,124 mg/L). Esteves (1998) indica que a amônia quando liberada em altas concentrações mostra-se tóxica para alguns organismos. De acordo com o autor, concentrações de amônia maior ou igual a 0,25 mg/L afeta o crescimento dos peixes e maior ou igual a 0,50 mg/L mata 50% da população ($\text{pH} > 9$ e $T > 26^\circ\text{C}$).

5.3.2 Comportamento fluvio-sedimentar bacia do rio Cachoeira

Figueiró e Coelho Netto (2004) constataram, em registros históricos na porção superior do Maciço da Tijuca (1977-2003), uma irregularidade crescente no regime de distribuição de chuvas, com frequência das chuvas inferiores a 20 mm/dia que vem diminuindo, enquanto que a frequência das chuvas superiores a 100 mm/dia vem aumentando. No entanto, as chuvas mais intensas ocorrem especialmente no alto verão (fevereiro).

Um dos maiores eventos de precipitações nas últimas décadas registrou-se no dia 06/04/2010 quando caíram 360,2 mm/24h na estação Sumaré. Nesse mês, na estação da Capela Mayrink, este evento refletiu-se nos valores acumulados mensais alcançando 772 mm (figura 41). Estas precipitações contribuíram na geração de uma série de deslizamentos de terra na cidade do Rio de Janeiro e Niterói. A figura 41 expõe o cálculo das precipitações acumuladas mensais para quatro anos considerados como chuvosos segundo Negreiros (2011) nos anos de 1998, 2001, 2009 e 2010, e quando contrastados com o ano 1999, observa-se que ocorreu baixos valores acumulados de chuva. Observa-se a magnitude do evento de 2010 em relação com os valores acumulados de chuvas para os outros anos analisados.

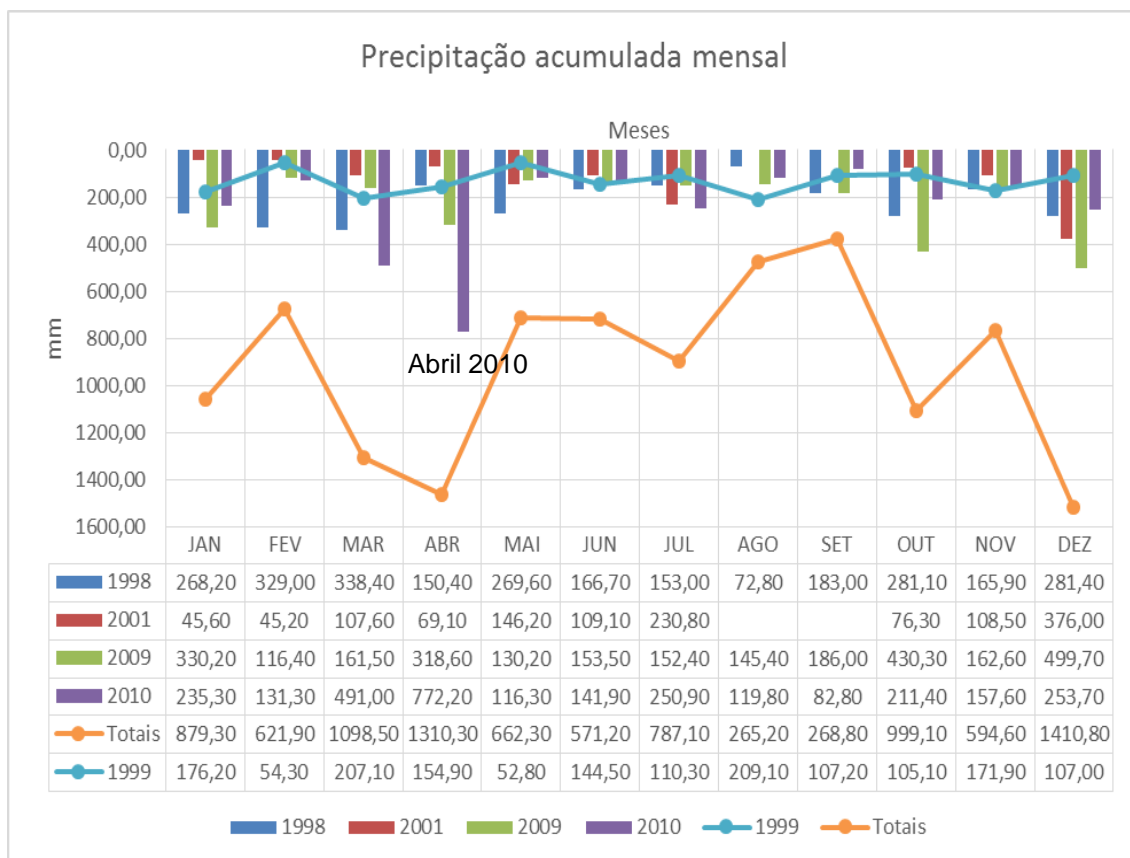
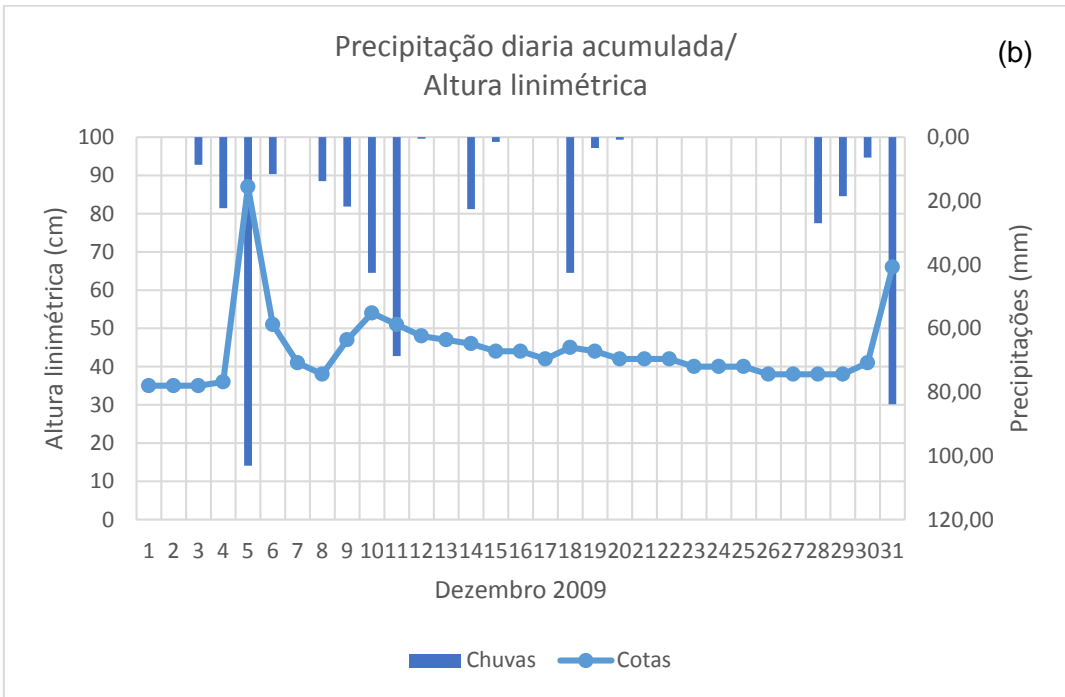
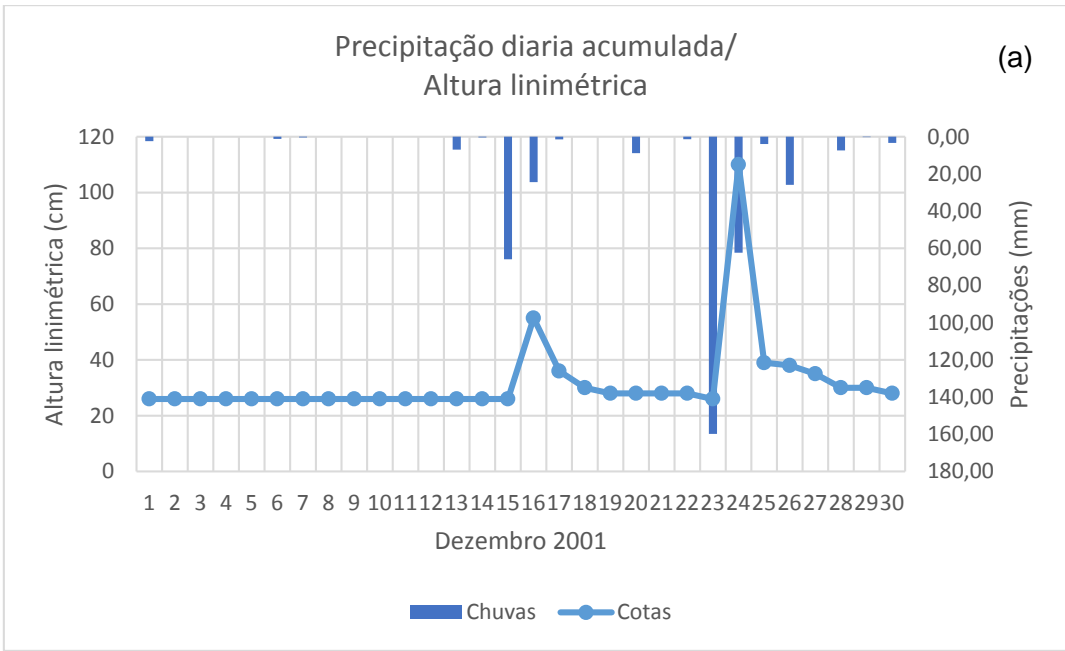


Figura 41.- Precipitações acumuladas mensais na estação Capela Mayrink.

Em relação com o gráfico anterior, foram escolhidos três dos eventos de precipitações indicados e analisou-se a relação com o aumento do nível de águas no leito fluvial (figura 42). Os dados correspondem a volumes de precipitações superiores a 100 mm/24hs, obtidos na estação Capela Mayrink (localização na figura 20) nos dias 24/12/2001, 05/12/2009 e 06/04/2010.



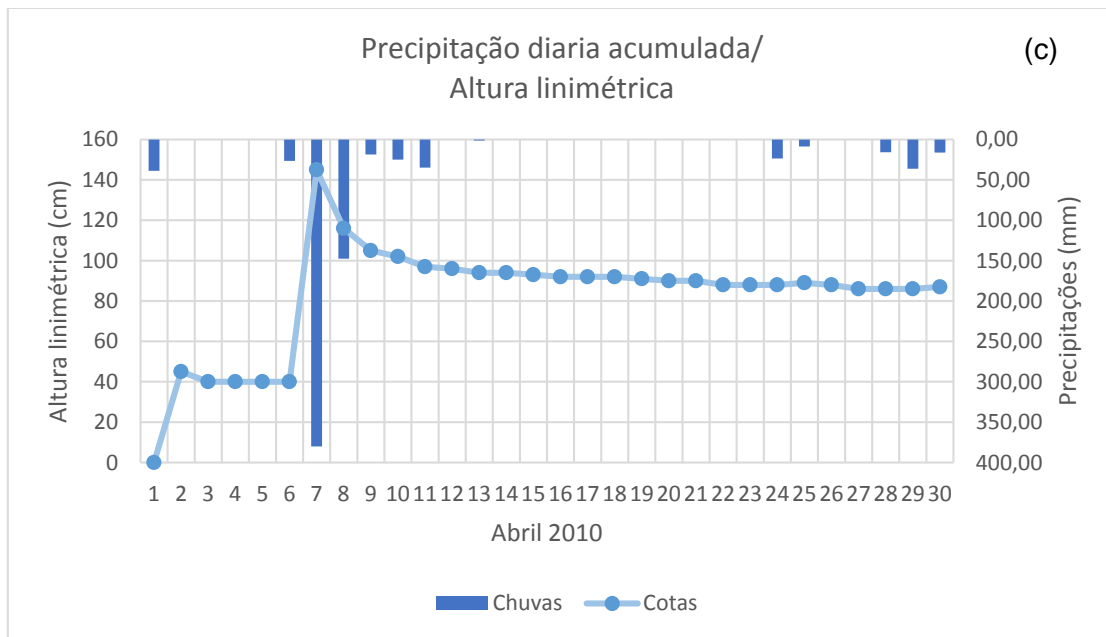


Figura 42. Relação entre a precipitação diária acumulada e os valores de alturas linimétricas durante os eventos de chuva do ano (a) 2001 (b) 2009) e (c) 2010, registrados na estação fluviométrica Capela Mayrink.

Embora a escala temporal não permita analisar a resposta horária do aumento de altura no nível das águas após os eventos de chuva, observa-se a resposta imediata do rio Cachoeira no dia da precipitação. O aumento na altura das águas ultrapassa valores médios de 35 cm para valores próximos a 1 m ou superiores. Para o evento de abril 2010, com precipitações 380mm/24hs a altura das águas ultrapassou 1,40 m. Mensurações realizadas por Araujo (2013) no ano 2011 na bacia do rio Cachoeira, indicam para precipitações de intensidade e duração moderada, uma variação de 5 horas e meia entre o início da precipitação e o pico do nível do canal, o que estaria relacionado com a floresta e seu importante papel no atraso do pico, devido à infiltração, levando um tempo maior para responder nos canais. Quanto à recessão da curva indica que levou mais de 12 horas para retornar ao fluxo antecedente ao evento de precipitação.

Este súbito aumento nas vazões do rio Cachoeira durante eventos de precipitações extremas nos maciços rochosos, refletida no aumento do nível das águas, transporta grande parte dos sedimentos que tem sua origem em processos erosivos de remoção em massa. Um caso extremo ocorreu em 13 de Fevereiro de 1996, quando se registrou um total de 380 mm de chuva, em menos de 24 horas, na Estação Capela Mayrink. Este evento acumulou duas grandes tempestades, uma pela manhã e outra no início da noite, sendo que esta

segunda detonou centenas de deslizamentos na porção oeste do maciço, especialmente na vertente de Jacarepaguá, tal como descrito por Coelho Netto (1996) e Vieira et al. (1997). Os materiais convergiram para os cursos d'água do Quitite e Papagaio, que se juntam para formar o rio Anil, em Jacarepaguá.

Os deslizamentos são fenômenos erosivos característicos da evolução de encostas íngremes nos compartimentos topográficos montanhosos das regiões úmidas, especialmente em associação à degradação florestal e perda de resistência ao cisalhamento pela rarefação das raízes arbóreas (COELHO NETTO, 1996). Como observado por Coelho Netto (1985), as áreas de estradas, trilhas e estacionamentos no interior da Floresta da Tijuca, são as principais áreas de produção de escoamento superficial e erosão. Negreiros (2011), em uma análise no rio Solidão, afluente do rio Cachoeira, mostra a forte influência das estradas pavimentadas na produção de escoamento superficial imediato aos eventos de chuva, fazendo que menos água fique retida no sistema florestal. Como observado pelo autor, para o caso do rio Fazenda, tributário do Cachoeira, as elevadas cargas de sedimentos transportadas estão relacionadas diretamente com a contribuição das clareiras geradas por diversos deslizamentos que ocorreram em 1996 nessa bacia, que por sua vez, são enorme fonte de sedimentos para o canal fluvial. A localização espacial das cicatrizes de deslizamento (Negreiros, 2011), pode ser observado na figura 20.

Na bacia do alto rio da Cachoeira, Coelho Netto (1985) apontou, através de mensurações no canal fluvial e coleta de sedimentos, que, durante o período de fluxo de tempestade ("stormflow"), a taxa de sedimentos na bacia pode ser altamente concentrada, logo após o início da ascensão da hidrógrafa, tendo uma relativa baixa próximo à descarga de pico.

Segundo dados de Marques (1990), a deposição de sedimentos transportados pelos rios em direção à baixada, indica que é feita preferencialmente nas proximidades dos pontos onde os canais fluviais deságuam, destacando como áreas críticas de deposição a foz do rio Cachoeira e o Arroio Fundo e rio Anil no extremo noroeste da lagoa da Tijuca, que juntos transportam cerca de 400.000 toneladas de sedimentos por ano.

Um dos parâmetros relacionados com a carga de sedimentos que transportam os sistemas fluviais, refere-se aos Sólidos Suspensos Totais (SST), que corresponde à porção dos sólidos totais que fica retida em um filtro que

propicia a retenção de partículas de diâmetro maior ou igual a 1,2 µm. também denominado resíduo não filtrável (RNF).

Com o objetivo de determinar os valores de Sólidos em Suspensão que são transportados pelo rio Cachoeira e ao mesmo tempo, sua contribuição relativa em relação aos outros rios que desembocam tanto na lagoa da Tijuca quanto na lagoa da Camorim, foram analisados dados secundários de SST ou Resíduos Não Filtráveis Totais (amostras em superfície) para os rios Anil, Arroio Fundo, Retiro, e rio Grande, através de dados disponibilizados pela GEAG - Gerência de Avaliação de Qualidade de Água do Instituto Estadual de Meio Ambiente. Os resultados se apresentam nas figuras 43 e 44:

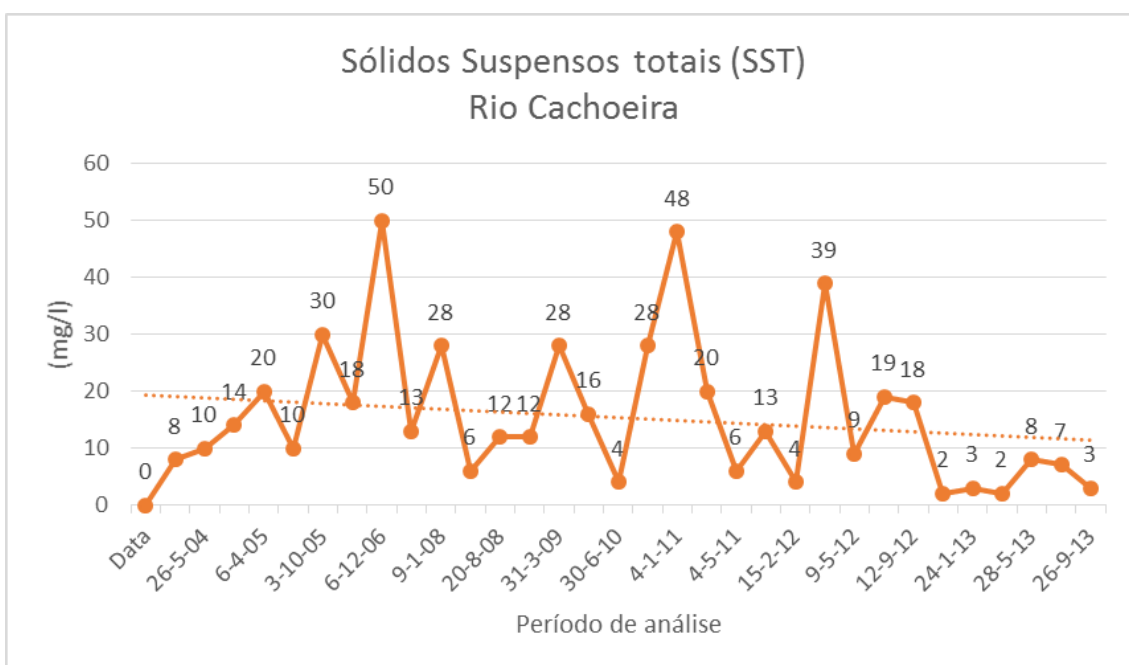


Figura 43- Sólidos Suspensos Totais (SST) ou Resíduos Não Filtráveis Totais (RNFT) para o rio Cachoeira na estação (CC0000) (2003-2013).

Uma leve tendência à diminuição da carga de sedimentos no rio Cachoeira ao longo do período analisado, se observa na figura 43, que poderia estar associada com a recomposição vegetal de áreas fonte de sedimentos. Segundo as análises realizadas, os maiores valores de SST registrados (48 mg/l e 50 mg/l) não tiveram relação direta com as precipitações no dia da coleta, nesse sentido poderiam refletir aportes de vazão sólida a partir do esgoto.

Adicionalmente, se compararam os registros de SST do rio Cachoeira com outros sistemas fluviais que desaguam nas lagoas da Tijuca e Camorim (Tabela 11 e Figura 44).

Tabela 11.- Registros de sólidos Suspensos Totais (INEA) para os rios analisados durante fevereiro de 2010 e Maio de 2012.

| Sistemas fluviais | FEV 2010 | JUN 2010 | AGO 2010 | SET 2010 | JAN 2011 | MAR 2011 | MAI 2011 | NOV 2011 | FEV 2012 | MAR 2012 | MAI 2012 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Arroio Fundo | 50 | 16 | 34 | 88 | 24 | 39 | 13 | 11 | 2 | 59 | 12 |
| Rio Cachoeira | 16 | 4 | S/R | 28 | 48 | 20 | 6 | 13 | 4 | 39 | 9 |
| Rio do Anil | S/R | 12 | 14 | 31 | 29 | 15 | 10 | 10 | S/R | S/R | S/R |
| Rio Grande | 5 | 28 | 26 | 17 | 12 | 8 | 10 | 6 | S/R | S/R | S/R |
| Rio Retiro | 120 | 18 | 16 | 36 | 22 | 8 | 15 | 5 | S/R | S/R | S/R |

S/R: Sem registros disponíveis

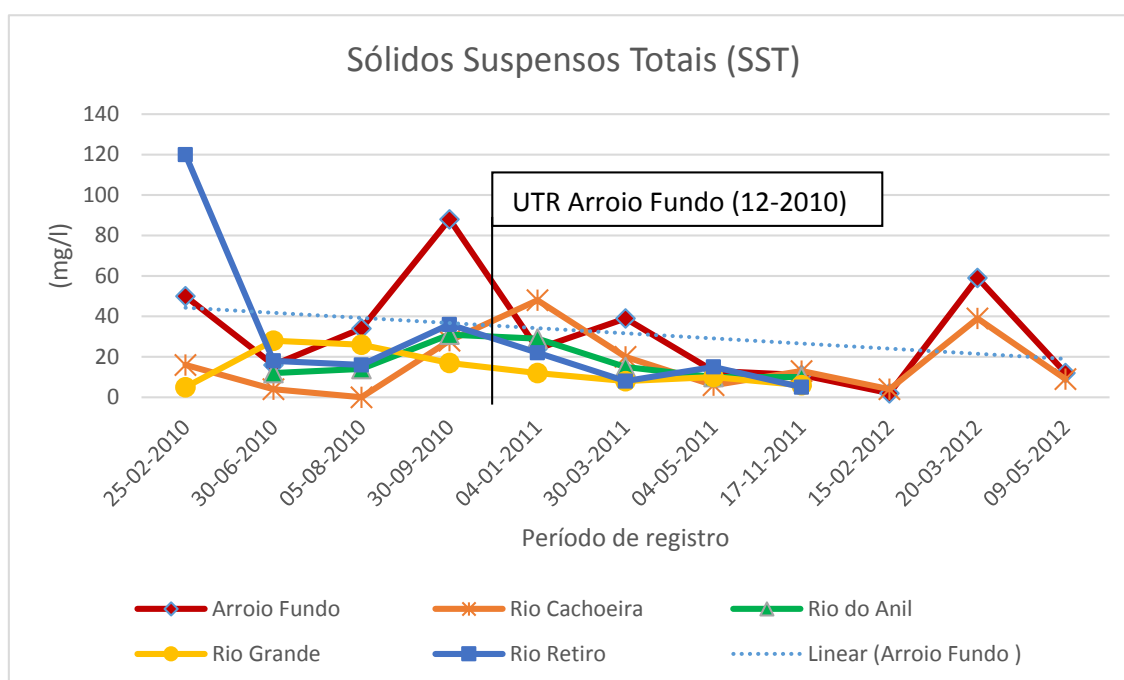


Figura 44- Análise temporal das cargas de sólidos suspensos transportada pelos rios Cachoeira, Anil, Grande, Retiro e Arroio Fundo. Indica-se o ano de construção da Unidade de Tratamento de Rios do Arroio Fundo.

Através da figura 44, foi percebido as menores cargas de SST no rio Grande e o aumento na estação do Arroio Fundo (continuação do rio Grande), que apresentou os maiores picos de SST no período analisado. Assim, no trajeto entre a estação de medição do rio Grande e o Arroio Fundo, este último recebe os dejetos provenientes de ligações clandestinas de esgotos feitas na Cidade de

Deus e em Jacarepaguá. No entanto, no mês de dezembro de 2010 se inaugurou a Unidade de Tratamento de Rio (UTR) Arroio Fundo, infraestrutura sanitária que estaria diminuindo a carga de SST neste rio a partir da sua instalação, conforme o gráfico 10.

5.3.3 Assoreamento da lagoa da Tijuca e mudanças na morfologia lagunar

Os problemas históricos de assoreamento das lagoas de Jacarepaguá são descritos pelo naturalista brasileiro Magalhães Correia, no livro “Sertão Carioca”, quando em 1934 descreve as lagoas da Tijuca e Camorim como: “*Seu fundo é tão raso que a maior altura não excede á de um homem (...)*”.

A figura 45 corresponde a uma seção de um mapa elaborado pelo Serviço Geográfico do Exército em 1922 para a Baixada de Jacarepaguá. Este mapa apresenta um dos registros mais antigos da morfologia do corpo lagunar disponíveis e pode-se observar no setor da desembocadura do rio Cachoeira, a presença de duas ilhas, em comparação com as 9 que existem atualmente nesse setor. Uma maior extensão da lagoa de Camorim também pode ser observada nesta figura.

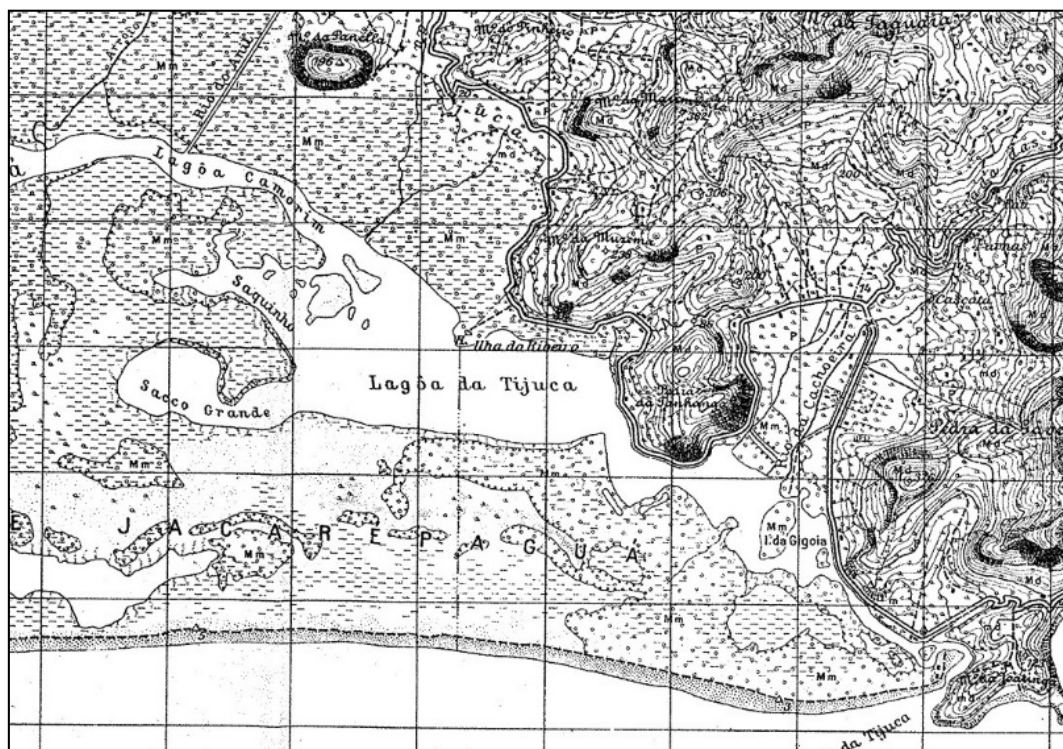


Figura 45.- Imagem levantada, desenhada e impressa pelo Serviço Geográfico do Exército em 1922.

Em 1993, Zee advertiu que o sistema de Jacarepaguá constitui um ecossistema extremamente vulnerável ao assoreamento e que devido à sua formação geológica e morfologia (apresentação de forma alongada, possuindo diversas retrâncias), facilita o aprisionamento e acúmulo de sedimentos formando penínsulas e ilhotas em seu interior. O autor indica que bem antes da ocupação antrópica na região, vem sendo registrada uma contínua regressão das áreas lagunares, provocada pelo assoreamento natural (descargas dos rios que desembocam nas lagoas) e no último século pela devastação da cobertura vegetal de toda bacia de drenagem (aumento da descarga de sedimento, causada pela lixiviação dos solos).

Ensaio realizado pela empresa MasterPlan para a Secretaria do Ambiente de Rio de Janeiro, visando o futuro projeto de dragagem do sistema lagunar, consideraram análises da granulometria dos sedimentos do fundo da lagoa da Tijuca. Os resultados indicam que os materiais arenosos são predominantes nas Lagoas de Jacarepaguá e Marapendi e no canal da Joatinga, enquanto nas lagoas do Camorim e Tijuca prevalece a ocorrência de siltes e argilas, decorrente da contribuição de rios carreando materiais mais finos (SEA, 2013).

Por outro lado, uma parcela dos sedimentos que ingressam à lagoa da Tijuca, provocando seu assoreamento, corresponde às partículas sólidas que entram através do esgoto. Em 1995, já se estimava o lançamento diário de mais de 100 toneladas de fração sólida de esgoto no referido complexo lagunar, hoje em dia a situação atual da Baixada de Jacarepaguá é de uma população residente estimada em 650.000 habitantes e estima-se que a contribuição de vazão sólida relativa às águas residuais domésticas lançadas nas lagoas é de uma produção diária cerca de 2.000 litros/segundo de esgoto que têm como destino as lagoas (SEA, 2013).

Como resultado das análises realizadas, a figura 46 expõe a perda da superfície e mudanças na morfologia da lagoa da Tijuca provocadas principalmente como resultado do processo de assoreamento. De forma secundária tiveram influência os aterros ilegais localizados principalmente nas margens das ilhas interiores da lagoa.

Esta figura evidencia a vasta redução da superfície do corpo lagunar entre 1955 e 2010, corroborada no alargamento das margens, no

desaparecimento de braços d'água e o aumento do número de Ilhas. A área reduzida do corpo lagunar, hoje constitui parte do continente e alcança uma superfície estimada de 1.165.930 m² (1,1 Km²). Grande parte desta área corresponde à Faixa Marginal de Proteção e sustenta usos do solo diversos, onde predomina a cobertura de tipo vegetal (73 %), os setores ocupados por urbanização formal (23%), o uso urbano informal (2,9%) e uso urbano não consolidado (0,1%).

De forma conjunta, por meio de fotointerpretação das fotografias aéreas e imagens de satélite dos quatro anos analisados, foi possível cartografar as áreas assoreadas para cada ano analisado (1955-1975-1999-2010). Assim, demonstrou-se por uma parte a recorrência do assoreamento em determinadas áreas, pela superposição dos polígonos para diferentes anos ("ÁREA 2", figura 46), e por outra parte observou-se que áreas que apresentavam indícios de assoreamento em 1955 e 1975, hoje formam parte de continente (lagoa da Camorim e nas ilhas próximas a da Gigóia) o que constituiria um possível indicador das próximas áreas que poderiam se converter do meio aquático para o meio terrestre no mediano-longo prazo (figura 46).

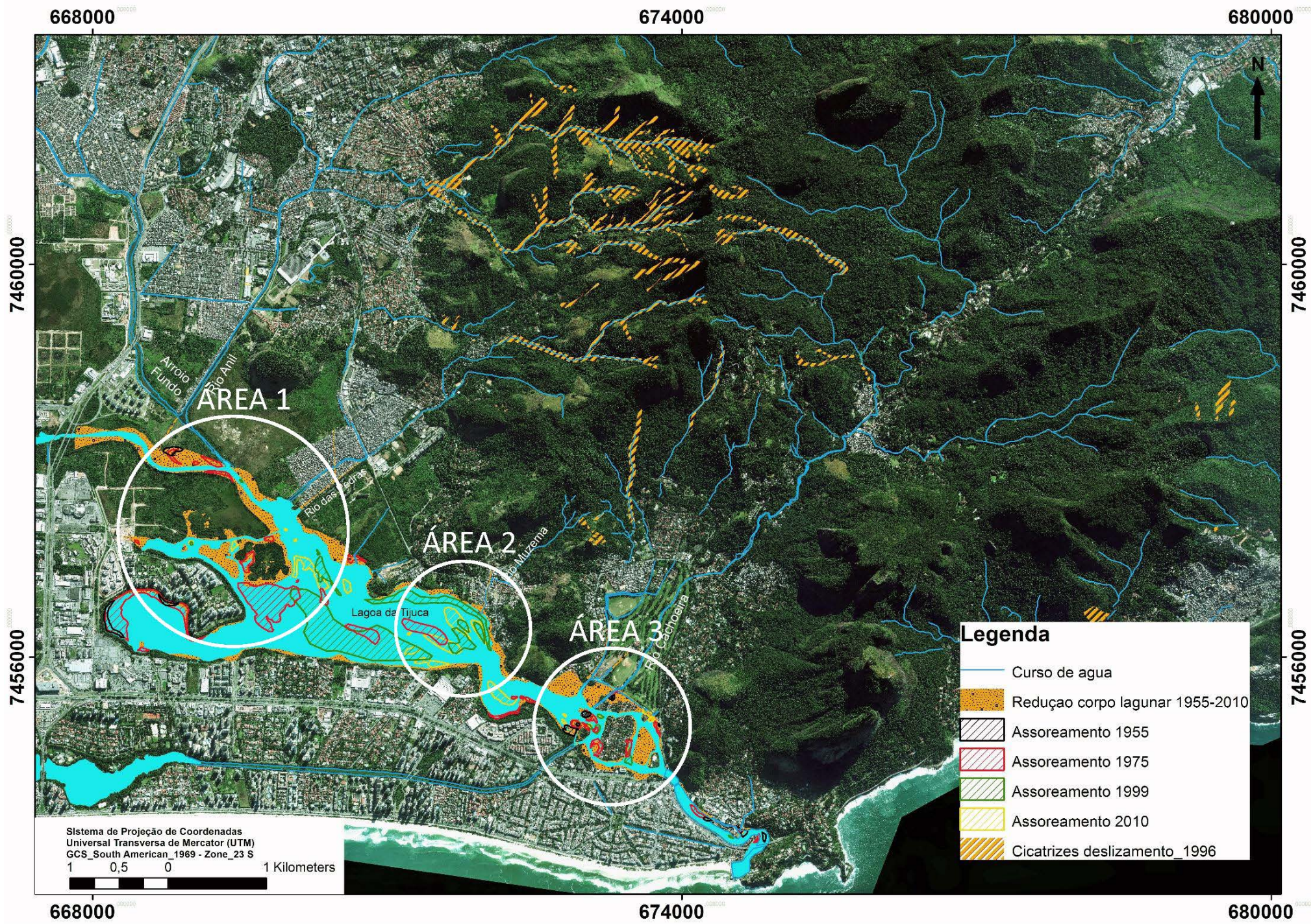


Figura 46. Análise do processo de assoreamento da lagoa da Tijuca

Estas análises permitiram identificar três setores onde se concentra o depósito de material sedimentar, que correspondem às áreas onde desaguam os canais fluviais (demarcadas na figura 46). Uma área situa-se na junção da foz do Arroio Fundo e rio das Pedras e na região da Gleba F (ÁREA 1), outra área encontra-se nas proximidades do rio Muzema (ÁREA 2) e a última na desembocadura do rio Cachoeira e rio Itanhangá (ÁREA 3) presente na figura 46.

Nas imediações da “ÁREA 2” e segundo informações dos motoristas dos barcos que realizam o transporte diariamente para os habitantes das Ilhas na lagoa da Tijuca, o trajeto encontra-se bastante obstruído na maior parte do corpo lagunar e são cada vez menos os setores habilitados para o trânsito das pequenas embarcações. Dentre as áreas transitáveis, muitas delas ficam inabilitadas durante períodos de maré baixa ou vazantes, período em que os sedimentos da lagoa ficam expostos e são facilmente visíveis. A problemática torna-se ainda mais complexa, quando durante as visitas para o campo, foi identificada a instalação de uma barreira sobre a superfície das águas, cujo objetivo é impedir o avanço das plantas aquáticas para o setor de trânsito dos barcos. Porém, o crescimento excessivo de plantas aquáticas (macrófitas), representadas principalmente pela espécie *Eichhornia crassipes* (Gigogás), atualmente cobre uma extensa superfície do espelho d’água na ÁREA 2 (figura 46), dificultando a circulação das águas e a troca com o mar como indica a figura 47.



Figura 47. Presença de barreira artificial para controle do avanço de plantas aquáticas que atravessa transversalmente à lagoa. Fonte: Autora.

Dados de batimetria proporcionados pela empresa MicroArs⁹ para a lagoa da Tijuca, indicam maiores profundidades nas imediações da península, que corresponde historicamente a uma das áreas mais profundas da lagoa, atingindo os 9 metros em alguns setores. Uma menor influência do assoreamento nesta área, deve-se provavelmente ao afastamento da área de deposição direta de sedimentos dos rios que drenam desde o maciço da Tijuca.

Áreas mais profundas se observam também nas proximidades do rio das Pedras e no canal da Joatinga, no entanto, estes valores estariam fortemente condicionados por uma série de dragagens que foram realizadas nas lagoas do Complexo lagunar desde a década de 70. Informação da Secretaria de Estado do Ambiente (2013) alude registros de dragagens na década de 70, 90 e as últimas realizadas em 2006 e 2007 nas lagoas de Jacarepaguá e Tijuca e nos seus principais afluentes.

Assim, a retirada de sedimentos desde os corpos lagunares que foi no início para fins comerciais e de construção de imóveis, recentemente surge com o objetivo de melhorar as condições de circulação das águas no sistema lagunar e reverter o contínuo processo de redução da superfície do espelho d'água.

A seguinte sequência de fotografias aéreas (Figura 48) exhibe de forma detalhada, as fases de acumulação de sedimentos continentais nas últimas décadas. Nas fotografias torna-se evidente que as maiores mudanças no processo de formação das ilhas produziram-se durante a década de 50 e 60 (fotografias 1955 e 1968). Porém, na fotografia do ano 1975 exhibe uma morfologia das ilhas bastante similar à de hoje. Nesta sequência fotográfica, observa-se que entre os anos 1955 e 2010 formaram-se as ilhas Marina Barra clube e Ilha da Fantasia, e aumentaram seu tamanho e variaram morfologicamente as ilhas Primeira, Matilde, Garças, Itanhangá e Ilhas dos Pescadores, estas duas últimas ilhas foram com conectadas ao continente através da deposição de sedimentos.

⁹ “Levantamento batimétrico na área do complexo lagunar de Jacarepaguá, lagoas da Tijuca, Camorim e Marapendi, no ano 2012, realizada para a prefeitura do Rio de Janeiro

Figura 48.- Set de fotografias que expõem o processo de formação das ilhas na desembocadura do rio Cachoeira.
Fonte: Elaborado pela autora.



A análise temporal da evolução do assoreamento da lagoa da Tijuca, com base nas mudanças da morfologia da lagoa da Tijuca, sugere a influência de dois eventos de deslizamentos associados a precipitações extremas registradas na área de estudo. O primeiro evento, um movimento de massa que aconteceu no ano 1966-1967, segundo Meis & Da Silva (1968) teria gerado um volume considerável de material sedimentar a partir da área Furnas de Tijuca no interior da bacia do rio Cachoeira, material que teria sido transportado pela rede de canais em direção à baixada, até atingir a lagoa da Tijuca (ÁREA 3 da figura 46). A influência deste evento ficou demonstrada na redução da lagoa no período 1955-1975 principalmente no setor da desembocadura do rio Cachoeira (figura 33). Da mesma forma, na sequência de fotografias da figura 48, aparece de forma evidente no registro do 1968, posterior ao evento de 1966-1967, a deposição de sedimentos que gerou mudanças na superfície e morfologia das ilhas localizadas na foz do rio Cachoeira.

Por outra parte, o segundo evento refere-se às chuvas registradas em 1996, de um total de 380 mm em menos de 24 horas, na Estação Capela Mayrink situada no setor Floresta da Tijuca (COELHO NETTO, 2005b). Estas chuvas deflagraram deslizamentos nos rios Quitite e Papagaio, tributários do Anil. A figura 46 exhibe as cicatrizes do deslizamento, mapeadas por Negreiros (2011), onde se observa a relação espacial entre a rede de drenagem da bacia, a área atingida pelo deslizamento e a rede de canais que desemboca finalmente no corpo lagunar. Nesse sentido, o transporte de vazão sólida provocada pelo deslizamento teria tido como área de deposição principal a desembocadura dos rios Anil e das Pedras (ÁREA 1). Esta hipótese apoia-se também no mapa de Variação da cobertura e uso do solo 1975-1999, que centra a deposição de sedimentos na desembocadura destes rios, indicada como “Redução do corpo hídrico” (figura 34).

Um fator adicional a considerar no volume e distribuição da carga de sedimentos na lagoa da Tijuca foram as alterações nos padrões de drenagem na baixada de Jacarepaguá. A modificação e deslocamento da rede de desagüe dos rios Anil e Arroio Fundo, que movimentou a zona onde desemboca o rio atualmente, provocou também uma movimentação da área de sedimentação na lagoa, sendo deslocada para a nova desembocadura. A mudança na rede de drenagem do Arroio Fundo (rio Grande) está representada na figura 39 e a

comparação entre as áreas de sedimentação, nos mapas de variação entre 1955-1975 e 1975-1999.

5.4 Análise da Faixa Marginal de Proteção lagoa da tijuca

Um aspecto relevante surge da análise da Faixa Marginal de Proteção em relação ao uso público e a conectividade destes espaços com o entorno urbano. No caso da lagoa da Tijuca, existem atualmente enormes dificuldades para acessar as áreas ripárias e o corpo hídrico, situação que dificultou a análise de um trajeto contínuo da faixa marginal e restringiu-a numa visão em determinados pontos ao longo da faixa.

De tal modo, muitos dos condomínios, residências particulares, shoppings e centros comerciais inabilitam a entrada direta à FMP, situação que é de caráter ilegal, e está estabelecido no Plano Diretor do Município do Rio de Janeiro (Lei nº 111/2011). Na Seção I. Lei de Parcelamento do Solo Urbano – LPS. Art. 43º que estabelece: “Não será permitida a implantação de loteamento que impeça o livre acesso ao mar, às praias, aos rios e às lagoas ou à fruição de qualquer outro bem público de uso comum da coletividade”.

É indiscutível que uma separação física da Faixa marginal de Proteção com a matriz urbana, através de elementos como grades ou diversos tipos de barreiras ao público constitui uma medida protetora em face aos impactos diretos sobre o ecossistema. No entanto, medidas protetoras devem permitir que em determinados pontos ocorra um acesso livre ao público, que permita uma conexão da população local com os ambientes naturais que os circundam, incrementando o conhecimento e valorização destas áreas.

Se faz necessário também considerar o tipo de elementos e construções que atuam como barreiras, de modo a não interferir sobre os processos ecológicos e hidrológicos inerentes às áreas ribeirinhas. Nas seguintes imagens alguns exemplos de barreiras bloqueando o acesso à FMP (figura 49).



Figura 49. Tipos de barreiras físicas que impedem acesso à Faixa Marginal de Proteção. À esquerda grades circundando edifício *CEO Corporate* e à direita uma barreira de cimento isolando a área da FMP nas proximidades do condomínio *Le Parc*.

5.4.1 Composição da Faixa Marginal de Proteção e assoreamento

Os resultados derivados do mapeamento de uso e cobertura do solo da Faixa Marginal de Proteção da lagoa da Tijuca estão representados na figura 50. Observa-se nesta figura e na figura 51, que durante os quatro anos analisados o tipo de cobertura dominante na FMP corresponde as “Áreas naturais”, compostas para o caso do ano 2010 num 71% por formações fluvio-marinhas (manguezais, restinga e brejos), seguido por 26% de cobertura herbáceo-arbustivas. O 3% restante corresponde aos Afloramentos rochoso, Floresta, Corpos hídricos, Oceano e Praia. As áreas que apresentam um uso urbano não consolidado expressam uma tendência à diminuição ao longo do tempo, produto da consolidação das áreas de ocupação formal e da recuperação de vegetação em áreas de solo exposto.

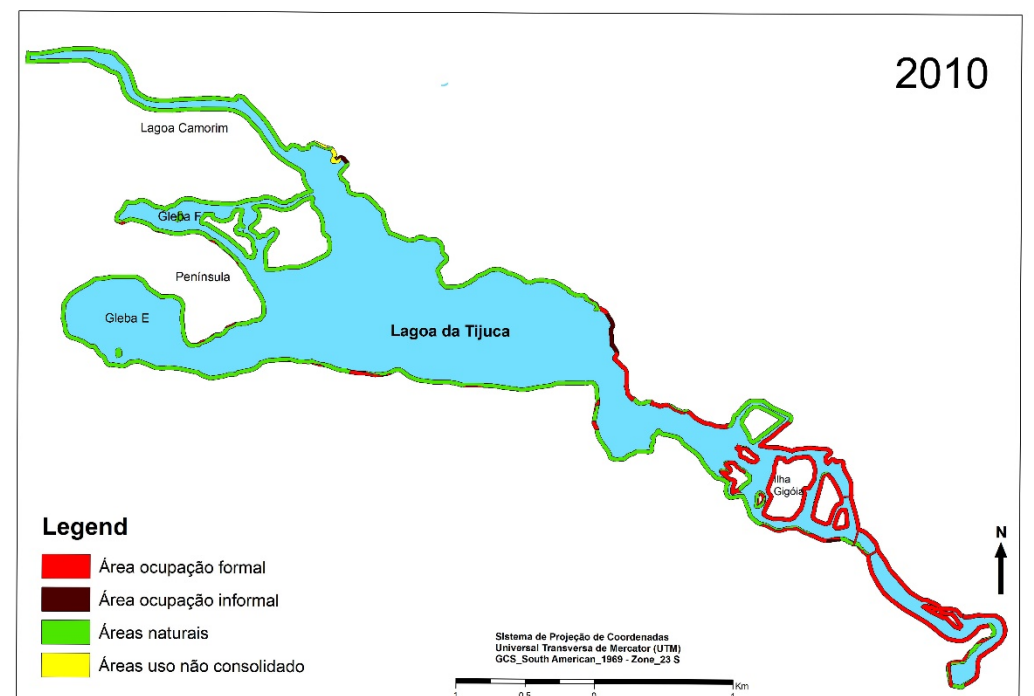
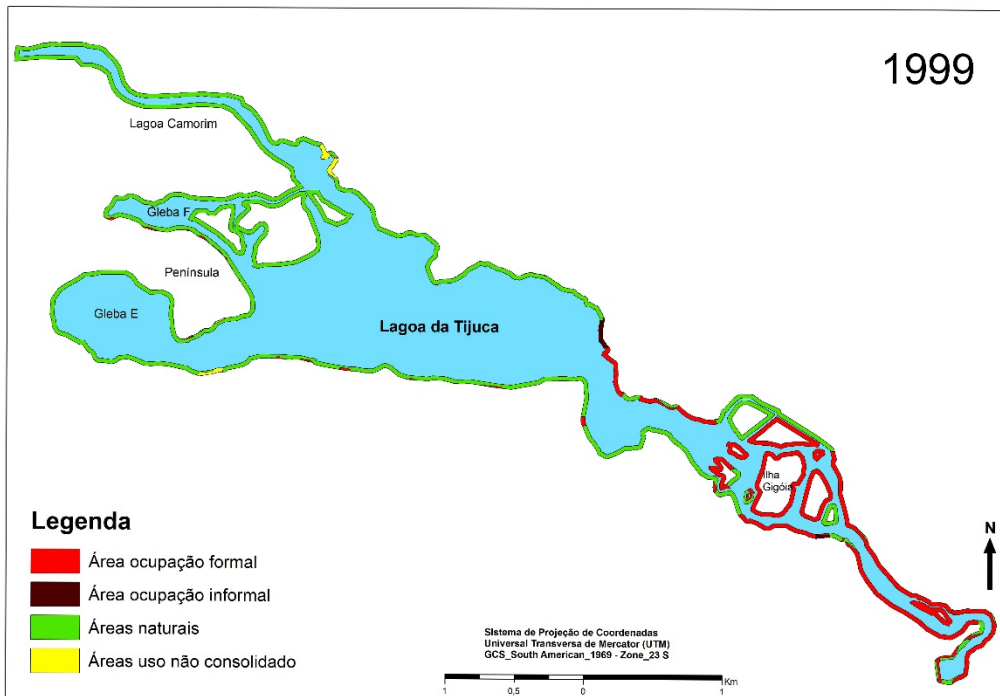
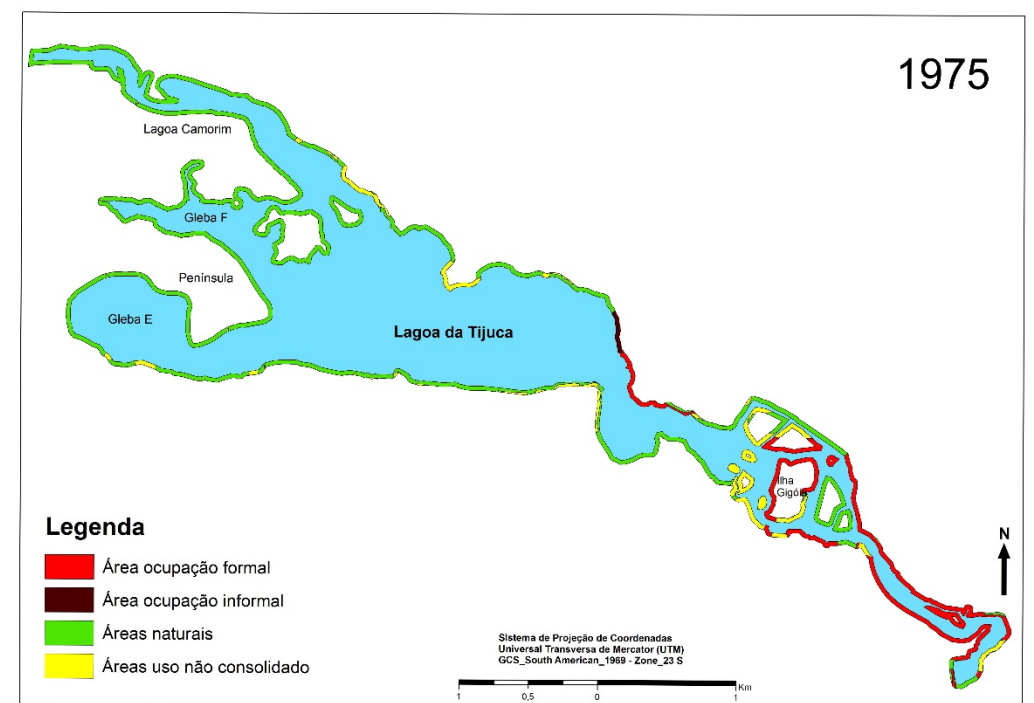
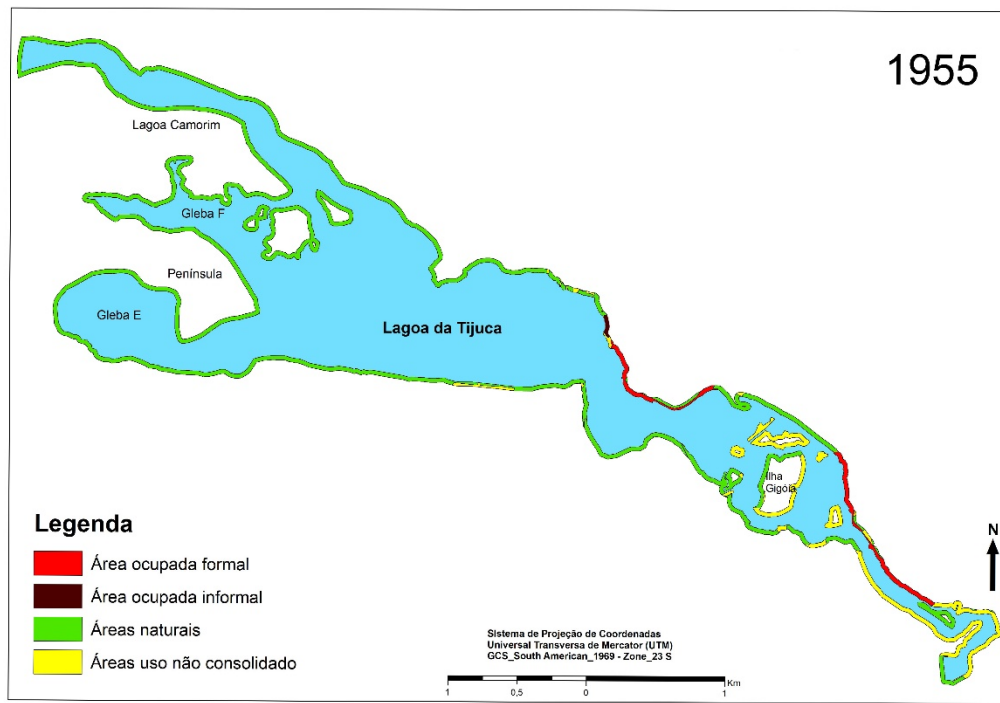


Figura 50. Cobertura e uso do solo multitemporal da Faixa Marginal de Proteção

A seguinte Tabela e a figura 51, indicam os valores de superfície para cada uma das quatro categorias, calculados a partir do mapeamento (figura 50).

Tabela 12.- Superfície de uso e cobertura do solo na Faixa Marginal de Proteção (30 m).

| CATEGORIAS USO E COBERTURA SOLO <i>FMP</i> | 1955 | | 1975 | | 1999 | | 2010 | |
|---|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|
| | m ² | % | m ² | % | m ² | % | m ² | % |
| Áreas naturais | 812.276 | 76,0 | 750.664 | 65,8 | 785.022 | 68,7 | 748.614 | 67,5 |
| Áreas uso não consolidado | 189.659 | 17,7 | 155.529 | 13,6 | 15.517 | 1,4 | 6.152 | 0,6 |
| Áreas ocupação formal | 62.331 | 5,8 | 224.628 | 19,7 | 334.008 | 29,2 | 340.648 | 30,7 |
| Áreas ocupação informal | 4.702 | 0,4 | 9.233 | 0,8 | 8.685 | 0,8 | 13.310 | 1,2 |

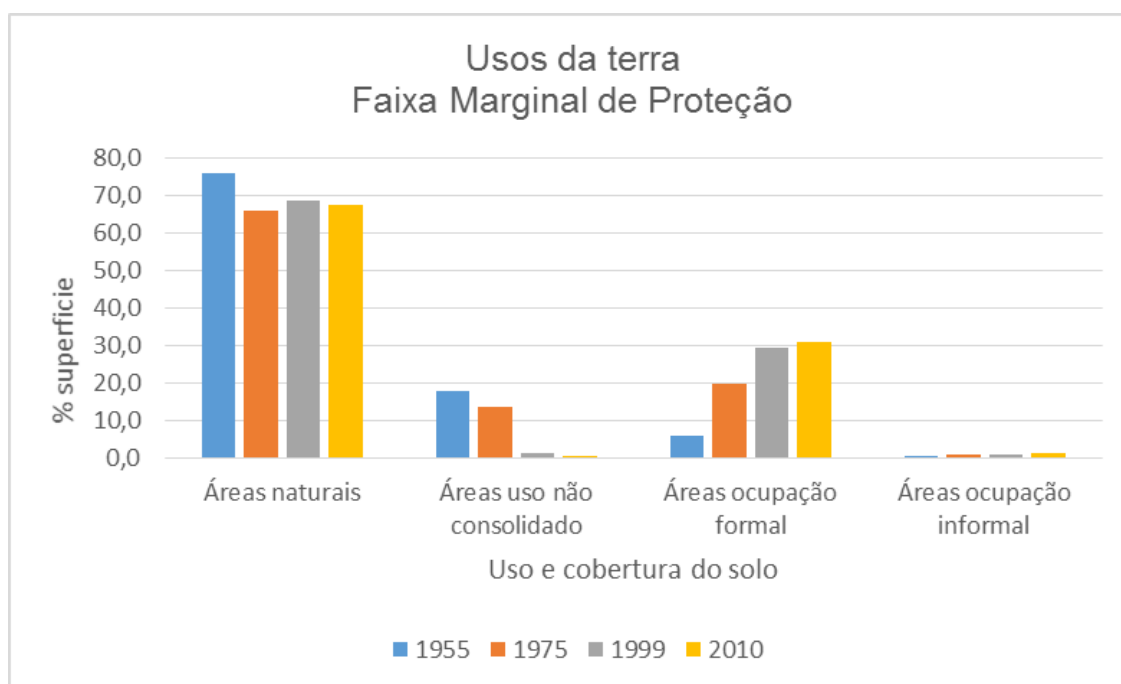


Figura 51. Variação dos usos e cobertura do solo na Faixa Marginal de Proteção da lagoa da Tijuca para os quatro anos analisados em m²

Percebe-se na figura 50, que no primeiro ano de análise, em 1955 foi registrada ocupação urbana ou áreas desflorestadas na Faixa Marginal de Proteção, localizadas principalmente na área próxima à desembocadura da lagoa, no atual Jardim Oceânico e na parte norte da lagoa associado ao Largo da Barra. Não obstante, este tipo de ocupação é anterior aos 30 metros definidos no Código Florestal (2012) para as Áreas de Preservação Permanente. Nota-se

na Figura 51, o incremento da ocupação de carácter formal ao longo do período de análise, comparado com a baixa superfície correspondente à ocupação informal.

Já a figura 52, representa o **Uso Permitido** e **Uso não Permitido** dentro da Faixa Marginal de Proteção, tomando como referência o estabelecido pelo Código Florestal 2012 (lei Nº 12.651), no capítulo XIV e no Art.3:II, em relação à proibição das construções na FMP e as restrições para a supressão de vegetação nativa.

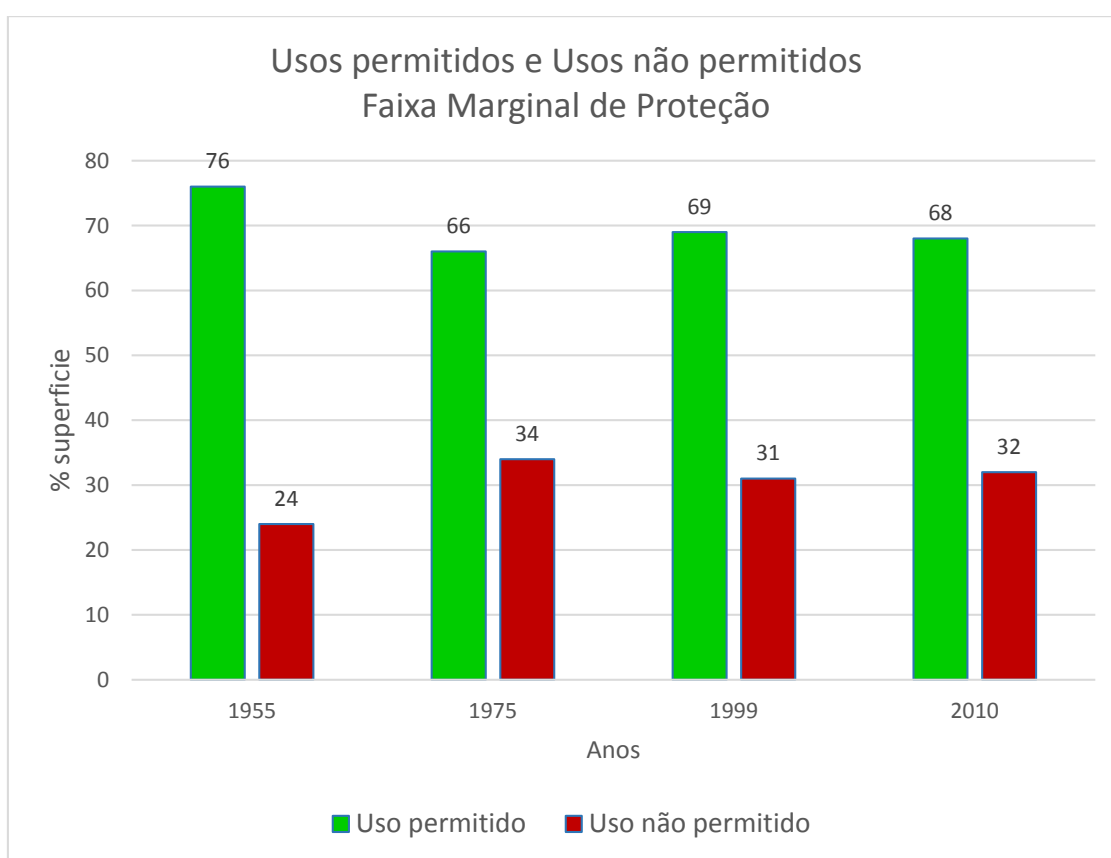


Figura 52. Comparação em % superfície dos Usos Permitidos e Não Permitidos dentro da Faixa Marginal de Proteção. (Usos permitidos: vegetação / Usos não permitidos: Ocupação urbana formal e informal – Uso urbano não consolidado). Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao gráfico anterior, verifica-se que as mudanças que aconteceram sobre a composição da Faixa Marginal de Proteção nas últimas cinco décadas são reduzidas, contrariamente ao detectado no recorte espacial em torno da lagoa. Assim, a área que estava ocupada por urbanização ou com solo exposto em 1955 na FMP, aumentou somente um 8% para o ano 2010.

No entanto, é fundamental destacar que esta pesquisa analisou a superfície da cobertura da vegetação de um modo geral, separando por estratos (arbóreo-arbustivo-herbáceo), e não mensurou diretamente a composição ou grau de degradação da vegetação. Neste sentido, pesquisas relevantes sobre a estrutura vegetal de manguezais foram realizadas por Soares (1999) nas imediações da lagoa da Tijuca, quem observou uma alta variabilidade estrutural nas áreas de manguezal ao interior da Faixa Marginal de Proteção da lagoa da Tijuca, principalmente em setores associadas à Gleba E e F, o que constitui um forte indício de área alterada. Observações feitas em manguezais do Sudeste do Brasil demonstram que bosques dominados por *Laguncularia racemosa* de pequeno porte são característicos de locais alterados em processo de recomposição.

A Faixa Marginal e o processo de assoreamento

Em função das variações nos regimes de sedimentação dos sistemas fluviais que desembocam nas lagoas e o aumento progressivo das descargas de águas residuais com altas taxas de sólidos suspensos, a tendência das áreas assoreadas no interior da lagoa da Tijuca e nas margens é a aumentar. Como observado na análise multitemporal da área de estudo, as áreas de sedimentação que formam ilhas interiores e acrescentam a superfície das ribeiras, posteriormente são colonizadas por espécies vegetais pioneiras que vão cobrindo o solo e sendo incorporados progressivamente aos terrenos continentais. Grande parte destas novas áreas continentais localiza-se na área da Faixa Marginal de Proteção, gerando um aumento da sua largura em direção à lagoa, em alguns casos em até 200 metros de distância, como comprovado na lagoa de Camorim.

Na imagem representada na figura 53, realizou-se a comparação da localização da Faixa Marginal de Proteção no ano 1955 e no ano 2010, evidenciando o seu deslocamento entre os dois anos.



Figura 53. Mobilidade da FMP pelo assoreamento, faixa de cor verde claro representa a FMP em 1955 e a linha vermelha mostra a FMP no ano 2010. Fonte: Elaborado pela autora.

Como indicado por Ab' Saber (2000), é conveniente detalhar a dinâmica dos mecanismos de transporte e deposição de sedimentos em diferentes setores de uma planície aluvial, principalmente em áreas tropicais. Tais planícies possuem um sistema de aluviação baseado em uma extraordinária triagem de tipo de sedimentos, segundo seu peso e tamanho. Os mais grosseiros vão tombando nas margens, em processo de alteamento, por ocasião das grandes cheias. Os mais finos vão sendo projetados para mais longe, no espaço geral das várzeas, pelos transbordamentos feitos em períodos de cheias habituais ou inundações de diferentes intensidades.

De um modo geral, os rios das regiões intertropicais transportam sedimentos retirados de rochas decompostas ou cobertas pedogênicas situadas à montante das planícies, independentemente da distância entre o local de remoção dos detritos e os sítios de aluviação. Fato que implica sempre uma grande mistura dos sedimentos aluviais, devido à multiplicidade das áreas fornecedoras e detritos.

5.4.2 Faixa Marginal de Proteção na visão da paisagem

5.4.2.1 Ocupação da Faixa Marginal de Proteção nos rios contribuintes à lagoa

Quando analisada a Faixa Marginal de Proteção da lagoa na escala de paisagem, surge um fator a considerar sobre a sua proteção, este se refere ao tratamento ou preservação das margens dos rios que desembocam no corpo lagunar, já que é através destas passagens que ingressa o material sedimentar e os poluentes diretamente desde as bacias de drenagem ao montante da lagoa.

Nesse sentido, uma inadequada proteção da Faixa Marginal de Proteção dos sistemas fluviais contribuintes à lagoa terá como consequência direta e inevitável a degradação das áreas à jusante. Assim, para o caso de um corpo lagunar, a sua Faixa Marginal de Proteção teria uma baixa ou nula capacidade de controle do material que ingressa através dos rios.

Como advertido nas análises anteriores sobre uso e cobertura do solo, a FMP da lagoa sofreu transformações pouco significativas ao longo das últimas 5 décadas, no entanto, a ocupação da faixa nos rios tributários da lagoa foi intensa e de extensas proporções. Dois exemplos representativos são a ocupação informal no rio das Pedras e a ocupação formal das margens do Arroio Fundo (rio Grande) pelas vias de circulação contíguas à Vila Pan-Americana (figura 54).

Pode-se mencionar que a instalação de assentamentos informais de caráter precário na FMP resguarda-se pelo estabelecido na Seção II, Art. 7º (Código Florestal), onde se indica que a intervenção ou supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente poderá ser autorizada, excepcionalmente; “para execução de obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda”.



Figura 54.- Ocupação da Faixa Marginal de Proteção nos sistemas fluviais da baixada de Jacarepaguá. Urbanização formal no Arroio Fundo (imagem superior) e urbanização informal no Rio das Pedras (imagem inferior) Fonte: Luiz Morier.

5.4.2.2 Faixa Marginal de Proteção como corredor ecológico

Pode-se afirmar que, os benefícios dos corredores ripários estão relacionados à extensão, continuidade, qualidade e à topografia das áreas de influência ripária, dentre outros fatores, mas sem dúvida um dos mais importantes é a largura. Esta largura afeta a qualidade do habitat, regulando a área impactada pelos efeitos de borda, pelas modificações micro-climáticas e pelo aumento das perturbações que ocorrem nas bordas destes habitats (METZGER, 2010).

O efeito de borda pode ser definido como uma alteração na estrutura, na composição e/ou na abundância relativa de espécies na parte marginal de um fragmento. Em ambiente florestal, há aumento da luminosidade e do ressecamento do ar e do solo, além de um aumento na entrada de espécies invasoras e generalistas (vindas de áreas antrópicas) e de perturbações ocasionais (rajadas de vento, queimadas), etc. Esses efeitos de borda podem variar em extensão em função das espécies e dos processos considerados, e também de acordo com as características físicas do local, em particular com a orientação solar, a latitude e o tipo de matriz de ocupação adjacente (METZGER, 2010). De uma forma geral, os efeitos mais intensos ocorrem nos 100 primeiros metros, o que sugere que corredores com menos de 200 m são formados essencialmente por ambientes de borda, altamente perturbados. Assim, alguns autores sugerem que corredores estreitos perderiam parte de sua utilidade, por favorecerem unicamente espécies generalistas, que suportam os efeitos de borda. Espécies mais estritamente florestais necessitariam de corredores de pelo menos 200 m de largura (LAURANCE & LAURANCE, 1999). Neste sentido, um corredor de 30 m de largura como estabelecido no Código Florestal de 2012, estaria fortemente sujeito aos efeitos de borda, ainda mais considerando a intensa urbanização nas áreas contíguas à FMP.

Numa abordagem mais global, a *Connecticut River Joint Commissions, 2001* propõe larguras adequadas da zona ripária, em relação as funções ambientais (figura 55).

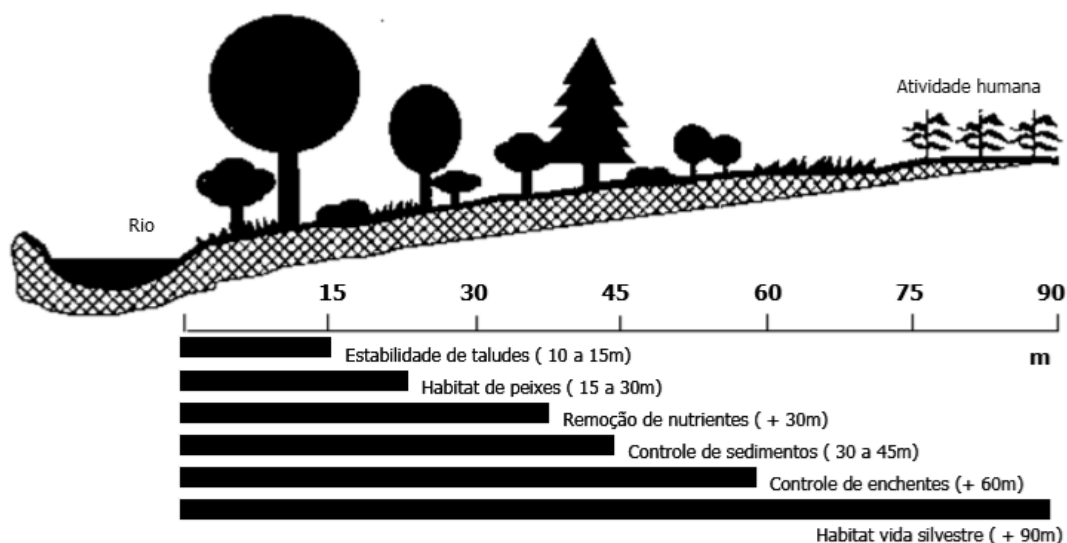


Figura 55. Larguras adequadas para as funções da zona ripária. Fonte: Adaptação de CRJC¹⁰, 2003.

Na visão da ecologia da paisagem, o arranjo ou padrão estrutural das manchas de vegetação, corredores e a matriz que constituem uma paisagem é o maior determinante dos fluxos funcionais, movimentos através da paisagem, mudanças nos padrões e processos no tempo (FORMAN & GODRON, 1986). Assim, no caso dos corredores ribeirinhos, nas áreas marginais aos corpos d'água deve existir continuidade longitudinal ao interior do corredor.

Em consequência disso, um instrumento de proteção como a Faixa Marginal, deve proporcionar um contínuo de vegetação que vincule os ambientes circunvizinhos, que para o caso da lagoa da Tijuca estão relacionados espacialmente em função do complexo lagunar de Jacarepaguá. Assim, a conexão da rede de drenagem deve ser preservada em conjunto com os fragmentos de vegetação remanescente na baixada de Jacarepaguá, considerando tanto as áreas sem proteção quanto as que formam parte do SNUC; tais como a APA Marependi, Parque Chico Mendes e o Parque Municipal Bosque da Barra.

Quando analisado o recorte espacial da Faixa Marginal de Proteção, desde o ponto de vista da conectividade com a matriz da paisagem ao redor, foi possível identificar diversos padrões construtivos e configurações das manchas

¹⁰ CRJC - Connecticut River Joint Commissions. River Banks and Buffers. Introduction to Riparian Buffers. Disponível em: <http://www.crjc.org/riparianbuffers>. Acesso: 20/08/2003

de vegetação adjacente. Por uma parte, evidenciaram-se superfícies que conservam a Faixa Marginal de Proteção, porém as áreas contíguas à faixa encontram-se densamente urbanizadas, apresentando extensas superfícies pavimentadas, impermeáveis, e com escassas ou inexistentes áreas com vegetação que favoreçam a conectividade (figura 56). Este tipo de urbanização localiza-se principalmente em torno da área da península e corresponde a condomínios residenciais, shoppings e supermercados. No entanto, também na margem sul da lagoa identificaram-se áreas ocupadas por condomínios de tipo horizontal, cercados por uma rede de áreas verdes e jardins particulares com abundante cobertura vegetal. Este tipo de padrão de ocupação urbana favoreceria a conectividade da FMP com a matriz da paisagem, provendo de diversas funções ecossistêmicas (armazenamento e retenção de água, controle dos fluxos hidrológicos, função de habitat, dentre outros.), conforme figura 56.



Figura 56.- Comparação entre diferentes configurações da vegetação no entorno da Faixa Marginal de Proteção. Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse contexto, a Connecticut River Joint Commission - CRJC (2001) recomenda que as áreas protegidas ao longo dos cursos d'água, como a FMP, devem estar resguardadas por áreas *buffer* que amortecem a intensidade de uso à medida que se aproxima da Faixa marginal de Proteção e constituam áreas de transição entre a FMP e os ambientes urbanos construídos ao redor. Assim, recomenda-se a instalação de três zonas com os seguintes tipos de usos permitidos, coberturas e funções sugeridas (figura 5):

Zona de inundação: Vegetação arbórea e arbustiva bem conservada fornecendo habitat, áreas de estabilização das margens e zonas de sombra. Uso

associado a pesquisas científicas, ecoturismo de baixo impacto de trilhas menores. Acesso ao corpo hídrico.

Zona média: Floresta aberta com herbáceas, função de hábitat e purificação das águas superficiais e subterrâneas. Instalação de trilhas, ciclovias, jardins, piquenique e arboretum.

Zona externa: Grama e plantas herbáceas, para distribuir fluxos de escoamento das águas para retenção de sedimentos e incremento da infiltração das águas superficiais e a recarga do aquífero.

Desta forma, as áreas vizinhas da Faixa Marginal de Proteção poderiam sustentar um uso público moderado e ao mesmo tempo atuam como áreas de amortecimento, diminuindo as pressões antrópicas diretas sobre a FMP, como indica a seguinte figura de referência:

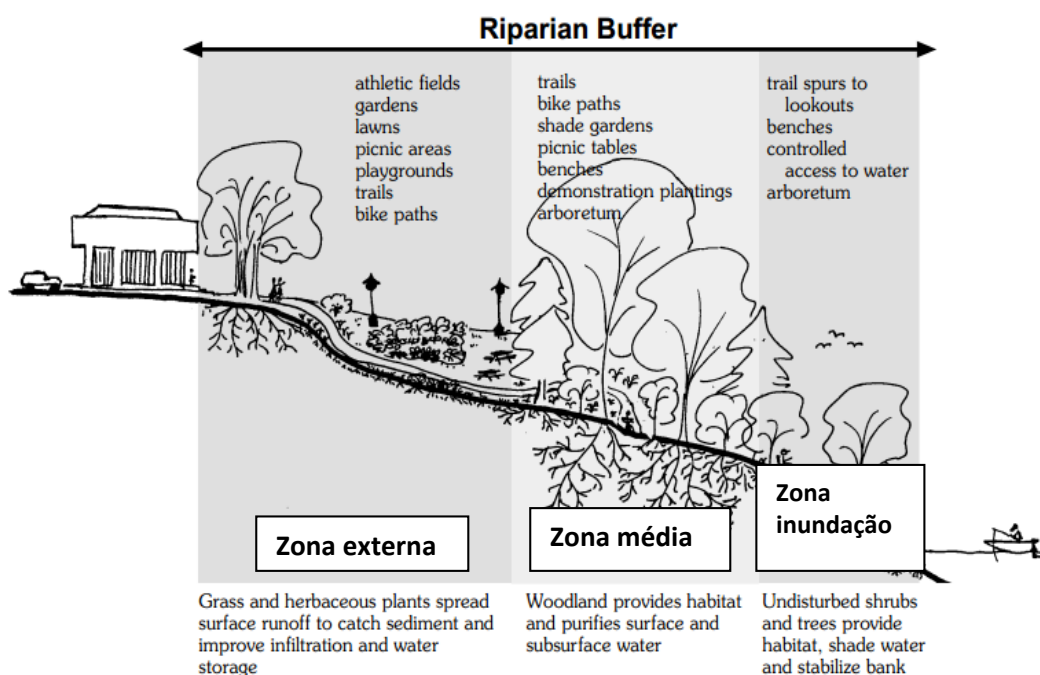


Figura 57.- Zonas de amortecimento adjacentes à Faixa Marginal de Proteção recomendadas. Fonte: CRJC, 2001.

A legislação também reconhece a importância das áreas contíguas à Faixa Marginal de Proteção, quando indica que as larguras da FMP determinadas em lei são larguras mínimas, que podem ser ampliadas por critérios técnicos ou pela presença de ecossistemas adjacentes relevantes, os quais devem ser integralmente incluídos na FMP (por exemplo: manguezais,

dunas, vegetação de restinga, brejos perilagunares e costões rochosos) (SMAC – INEA, 2010). Estes ecossistemas encontram-se protegidos pelo código Florestal, 2012, no Capítulo II, Seção I, Artº 4: quando considera como Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas: VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; VII - os manguezais, em toda a sua extensão.

Como indicado por Gomes, Name & Montezuma (2012), o estabelecimento de faixas de largura em torno dos corpos hídricos não se constitui em um parâmetro garantidor da redução do risco e, tampouco, da funcionalidade do sistema ripário. Sendo assim, existe a necessidade de adaptação dos critérios legais que contemplem tanto a multiescalaridade dos processos, quanto à abordagem sistêmica fundamental à compreensão do espaço geográfico.

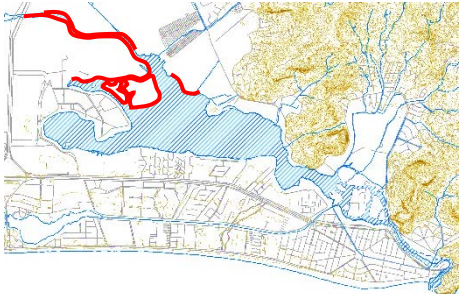


A modo de recomendação e como visto nos mapas resultantes da variação no uso do solo entre os anos 1955 e 2010 (figura 36), existem ainda amplos setores na porção noroeste da lagoa da Tijuca e Camorim passíveis de ser incorporados num plano mais amplo de proteção oficial dos ecossistemas associadas aos corpos lagunares e fluviais da Baixada de Jacarepaguá.

5.4.3 Fichas descritivas da Faixa Marginal de Proteção ano 2014

Esta análise teve como base uma avaliação realizada através de trabalho de campo que permitiu coletar informações locais de detalhe sobre o estado, características e singularidades da Faixa Marginal de Proteção na lagoa da Tijuca.

Deste modo, elaboraram-se fichas descritivas que caracterizam e tipificam as diversas situações existentes dentro da Faixa Marginal de Proteção, numa escala de detalhe e tomando como referência algumas categorias de uso urbano do solo definidas pelo Instituto Pereira Passos. As fichas, acompanhadas com imagens e referência cartográfica, se classificam da seguinte forma:

1. *MARGENS NATURAIS*
2. *BAIXA INTENSIDADE OCUPAÇÃO*
3. *VEGETAÇÃO DEGRADADA SOB PRESSAO URBANA*
4. *ÁREAS DE LAZER*
5. *OCUPAÇÃO INFRA-ESTRUTURA URBANA*
6. *OCUPAÇÃO USO COMERCIAL*
7. *OCUPAÇÃO URBANA RESIDENCIAL FORMAL*
8. *OCUPAÇÃO URBANA RESIDENCIAL INFORMAL*
9. *TRANSIÇÃO DE USO E COBERTURA*
10. *REFLORESTAMENTO*

| 1. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: MARGENS NATURAIS | Localização |
|---|--|
| <p>Descrição: Correspondem às margens da lagoa e ilhas que não apresentariam demarcação da FMP, decorrente da inexistência de ocupação urbana nas áreas adjacentes. Como informado pelo organismo responsável da delimitação da FMP (GERLIH), a FMP é unicamente delimitada sob o pedido de ocupação das áreas do entorno. Assim, estas áreas apresentam ecossistemas com baixa intervenção antrópica sobre a vegetação, embora estejam sujeitas à deposição permanente de sedimentos e poluentes transportados pelos principais rios na área: Arroio Fundo, Canal do Anil e rio das Pedras. Encontram-se principalmente na porção noroeste da lagoa, na junção com a lagoa de Camorim e constituem áreas de difícil acesso.</p> |  |
| <p>Imagens representativas</p>  <p><i>Canais interiores na área da Ilha do Tiro, vegetação heterogênea e em diferentes estágios sucessionais de desenvolvimento.</i></p> |  <p><i>Manguezal na Ilha do Itanhangá, se percebe a cor cinza das águas pelo abundante volume de esgoto que provem do rio Itanhangá.</i></p> |

| 2. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: BAIXA INTENSIDADE OCUPAÇÃO | Localização |
|--|--|
| <p>Descrição: Representada por formações de restingas, mangues e áreas brejosas com diferentes graus de intervenção antrópica. Frequentemente acompanhada de espécies exóticas de caráter ornamental e espécies invasoras como “<i>Acrostichum aureum</i>” (samambaia do brejo). Muitas áreas respondem a ações de reflorestamento no passado. Estas áreas apresentam um alto valor cênico ou qualidade visual da paisagem, apresentando potencial para projetos urbanos de ecoturismo e lazer.</p> |  |
| <p>Imagens representativas</p> | |
|  |  |
| <p><i>Restinga próxima Shopping Citá America</i></p> | <p><i>Manguezal preservado nas imediações do Shopping Downtown</i></p> |

3. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: VEGETAÇÃO DEGRADADA SOB PRESSÃO URBANA

Localização

Descrição: Possui uma largura média da vegetação entre 3- 5 m. Correspondem a áreas de vegetação degradada ou descaracterizada em sua composição e estrutura, é comum a espécie “amendoeira”, *Terminalia catappa*. Encontra-se sob forte pressão urbana de tipo residencial ou comercial que provem das imediações. Dependendo dos fatores geiofísicos no ambiente, acompanhadas de áreas brejosas com espécies características como a Taboa, *Typha domingensis*.



Imagens representativas









Espécies ornamentais com nativas, área próxima à Ponte Nova



Vegetação de tipo ruderal e degradada em alguns setores.

| 4. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: ÁREAS DE LAZER | Localização |
|---|---|
| <p>Descrição Correspondem principalmente a áreas verdes urbanas (abertas ao público e fechadas para uso privados dos condomínios) e áreas de infraestrutura esportiva. Em alguns setores tem-se vegetação nativa acompanhada com vegetação ornamental. Na área da Península existem interessantes esforços pela preservação da FMP apesar do uso intenso nas áreas adjacentes.</p> |  |
| <p>Imagens representativas</p> | |
|  <p><i>Parque urbano Mello Barreto, observa-se a faixa de manguezal (esquerda) e a vegetação ornamental à direita.</i></p> |  <p><i>Áreas verdes em frente à Ilha da Coroa, na avenida Min. Ivan Lins.</i></p> |

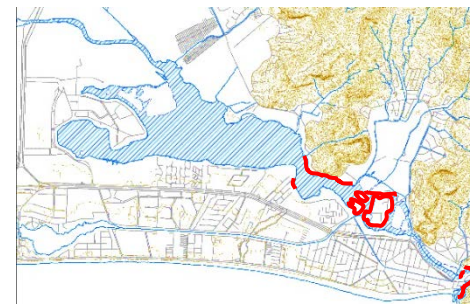
| | |
|--|---|
| <p>5. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: OCUPAÇÃO INFRAESTRUTURA URBANA</p> | <p>Localização</p> |
| <p>Descrição: Principalmente na área de desembocadura da lagoa da Tijuca, associada ao Canal de Joatinga. Esta ocupação, de um modo geral, se estabeleceu antes da década de 50 e caracteriza-se pela presença de grandes avenidas, calçadas e estreitas áreas verdes urbanas. As margens encontram-se muitas vezes desconectadas hidrologicamente do corpo lagunar através de gabiões.</p> |  |
| <p>Imagens representativas</p> | |
|  |  |
| <p><i>Instalação de passarela na Ponte Velha e calçada na faixa marginal da lagoa da Tijuca.</i></p> | <p><i>Área verde urbana e estrada a poucos metros da lagoa (Av. Min. Ivan Lins)</i></p> |

| 6. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: OCUPAÇÃO USO COMERCIAL | Localização |
|--|--|
| <p>Descrição Instalações de tipo comercial diversas, tais como restaurantes, hotéis, casas de festas, concessionária de automóveis, ocupando parcial o completamente a faixa marginal, em ocasiões avançando em direção à lagoa através da construção de plataformas. A faixa marginal de proteção nesta área exibe presença de imóveis a partir da década de 50 e esteve completamente ocupada na de 70.</p> |  |
| <p><i>Imagens representativas</i></p> | |
|  <p><i>Empresas de venda de automóveis SIM</i></p> |  <p><i>Hotel Marbella, localizado na faixa marginal.</i></p> |

7. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: OCUPAÇÃO URBANA RESIDENCIAL FORMAL

Localização

Descrição: Grande parte da ocupação residencial associada à faixa marginal está atualmente localizada nas ilhas ao interior da lagoa, no entanto nas margens do corpo lagunar existe também ocupação por moradias. No caso da fotografia à esquerda, correspondem áreas que na década de 50 formavam parte do corpo lagunar e hoje são moradias instaladas em terreno consolidado, como resultante de processos assoreamento e aterros. Existe igualmente na área próxima à desembocadura da lagoa, ocupação na área da faixa por construções alto-padrão em áreas de encosta.



Imagens representativas



Ocupação residencial característica das ilhas.



Residências cujas moradias e jardins estão estabelecidos na faixa marginal.

8. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: OCUPAÇÃO URBANA INFORMAL

Localização

Descrição: Instaladas às margens do corpo lagunar, apesar de cobrir uma superfície menor em proporção a outros usos na faixa marginal, se percebem numerosos impactos associados a sua instalação nas margens, principalmente a descarga de esgoto *in natura* e despejo de lixo no corpo d' água e nas áreas de ribeirinhas. As favelas correspondem a “Angu Duro” e “Muzema” e sua ocupação remonta a década de 50.



Imagens representativas



Grau de degradação nas proximidades da favela da Muzema (Projeto Olho Verde, Mario Moscatelli).



Vista superior Favela da Muzema (Projeto Olho Verde, Mario Moscatelli)

9. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: TRANSIÇÃO DE USO E COBERTURA

Localização

Descrição Áreas em transição para novos usos do solo. Apresentam atualmente alterações associadas à remoção da capa superficial do solo, mudanças nos padrões de drenagem, alteração da cobertura vegetal e outras intervenções. As obras associadas à extensão do metrô configuram uma das maiores intervenções na FMP da lagoa da Tijuca atualmente.






Imagens representativas



Área adjacente ao supermercado Carrefour, construções de canais a metros da faixa marginal



Construções pela extensão da linha do Metrô para a Barra da Tijuca

| 10. FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO: REFLORESTAMENTO | Localização |
|--|--|
| <p>Descrição: Diferentes ações de recuperação das áreas de manguezal tem sido desenvolvidas durante as últimas décadas, estas se referem principalmente ao estabelecimento de espécies características do mangue nas margens da lagoa em faixas de largura variável. Segundo as observações no campo a espécies utilizadas corresponderia a <i>Laguncularia racemosa</i> (<i>Mangue branco</i>)</p> |  |
| <p>Imagens representativas</p> | |
|  <p><i>Projeto de reflorestamento das margens, financiado pelo Marina Barra Clube.</i></p> |  <p><i>Reflorestamento nas proximidades da Av. Min. Ivan Lins.</i></p> |

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões derivadas das avaliações e análises realizadas nesta pesquisa proporcionam informação sobre a magnitude das transformações dos ecossistemas circunvizinhos à lagoa da Tijuca e a própria modificação da laguna da Tijuca ao longo do período estudado. Entre 1955 e o ano 2010 extensas áreas de manguezal, restingas e florestas (4,7 km²) foram convertidas em áreas urbanas dentro do recorte de análise. Ocupação que está descrita a partir dos anos 30, porém, avançou em fases sucessivas que se concentraram principalmente no período dos anos 70 até a metade dos 90. Neste período criou-se grande parte da fisionomia da paisagem que se observa hoje em dia na baixada de Jacarepaguá.

Deste modo, apesar da existência de um marco regulatório de proteção legal das áreas de valor físico e biológico em zonas costeiras, como restingas e manguezais (Código Florestal de 1965), a mancha da urbanização foi avançando num ritmo acelerado e desestimando as regulações ambientais existentes. No entanto, apesar das profundas mudanças de uso do solo registradas no entorno da lagoa, que modificaram por completo os bairros da barra da Tijuca e Jacarepaguá, os resultados em termos das variações no uso e cobertura do solo indicam que a Faixa Marginal de Proteção sofreu entre 1955 e 2010 uma escassa redução, de 8% na sua cobertura vegetal, se comparado com a redução da vegetação que ocorreu nas imediações.

Esta análise das mudanças espaço-temporais na cobertura da terra proporcionou adicionalmente um maior entendimento sobre a evolução do assoreamento na lagoa da Tijuca, processo geomorfológico que está descrito como prévio à ocupação urbana da baixada de Jacarepaguá (Magalhães Correa, 1936). Assim, identificou-se a superfície do corpo lagunar que foi reduzida como resultado do assoreamento nos últimos 55 anos, através do depósito de material aluvio-coluvionar e utilizando como indicadores as fotografias aéreas antigas e o tipo uso e cobertura destas áreas. A participação dos aterros ilegais na redução do corpo lagunar, estaria associada principalmente ao alargamento das margens na área das ilhas da lagoa, foz do rio Cachoeira.

Assim, a área total reduzida da lagoa entre 1955 e 2010 corresponde a um 22% e abrange uma superfície aproximada de 1,1 Km². Em termos práticos e legislativos, esta redução da superfície lagunar associada ao assoreamento acarreta, além da diminuição da profundidade do corpo d'água, um acréscimo na largura das margens em direção à lagoa e portanto na área que corresponde à Faixa Marginal de Proteção, influenciando diretamente sua demarcação e estabelecimento. Esta observação reforçou o caráter dinâmico dos limites da FMP.

Da mesma maneira, a colmatação da lagoa por sedimentos em determinadas áreas, originou a criação de novas ilhas no interior do corpo lagunar, das quais não se tem registro no mapa do ano 1922, dentre elas a Ilha do Marina Barra Clube e ilha das Garças. Ao mesmo tempo, evidenciou-se um acréscimo na superfície das ilhas Primeira, Matilde, Itanhangá e Ilhas dos Pescadores, estas duas últimas ilhas foram conectadas ao continente durante o período de análise devido ao assoreamento dos canais que as separavam. O surgimento destas ilhas na seção da lagoa onde desembocam os rios Cachoeira e Itanhangá estaria associado fundamentalmente à descarga de vazão sólida direta de ambas as bacias hidrográficas contribuintes. Também na Ilha do Tiro, próxima da foz dos rios Anil e arroio Fundo registrou-se um incremento na superfície. Nesta área, produziu-se uma drástica mudança da lagoa da Camorim, que a tornou um estreito canal de ligação entre a lagoa de Jacarepaguá e da Tijuca (Mapa variação 1955-1975 e 1975-1999). Algumas destas ilhas atualmente estão densamente ocupadas pela urbanização, em vias da maximização na utilização do espaço disponível, se desrespeita a preservação da Faixa Marginal de Proteção ou simplesmente não existe. A urbanização se concentra hoje na Ilha da Gigóia e Primeira.

Uma das forças controladoras do processo de assoreamento na lagoa da Tijuca seriam as precipitações que se originam no maciço da Tijuca, condicionando os fluxos de água que descem desde as encostas para as planícies fluvio-marinas. Como observado na análise de chuvas na bacia do rio Cachoeira, durante as duas últimas décadas se produziram pelos menos quatro eventos de precipitações extraordinárias no maciço da tijuca (1998, 2001, 2009 e 2010), sendo o último destes eventos o de maior intensidade (360,2 mm/24h). No entanto, eventos de chuva anteriores, principalmente os acontecidos nos

anos 1966 e 1996 teriam condicionado de forma marcante um aumento das áreas assoreadas na lagoa. Assim, as precipitações de 1966 que atingiram a cidade do Rio de Janeiro e de forma especial o maciço da Tijuca, desencadearam deslizamentos de terra cujo material teve como destino principal o setor de desembocadura do rio Cachoeira, como exposto na sequência de fotografias aéreas da Figura 47.

Por outro lado, os efeitos do arraste de material transportado pelos rios durante as precipitações de 1996 teriam tido consequências diretas sobre as áreas à jusante, próximas da desembocadura do Arroio Fundo e rio das Pedras, onde identificou-se um aumento importante das áreas assoreadas no período 1975-1999 (figura 34). Esta hipótese converge com o indicado por Soares (1999), em relação a observações realizadas nas áreas de manguezal da lagoa da Tijuca (Gleba E e F), que produto do levantamento na cota do terreno está atualmente dificultando a incidência das marés na área, o que segundo o autor estaria relacionado a episódios marcantes de sedimentação condicionados pelas fortes chuvas em anos anteriores.

Segundo a avaliação da sequência das fotografias aéreas e a variação entre períodos, o evento de 1996 não teve uma influência aparente no assoreamento da lagoa na desembocadura do rio Cachoeira (figura 34), o que poderia estar explicado pela recomposição florestal da bacia do rio Cachoeira durante as últimas décadas, que teria atenuado os efeitos de erosão e transporte de material sedimentar à jusante, ficando retido pela vegetação e nos reservatórios da parte alta da bacia. Esta hipótese se reafirma após observações realizadas por pesquisadores do Laboratório GEOHECO¹¹, na seção alta da bacia do rio Cachoeira (Parque Nacional da Tijuca), onde produziu-se a colmatação total por sedimentos do Açude da Solidão, posteriormente ao evento de precipitações de 1996.

Assim, os mapas de assoreamento nas lagoas são registros que tornaram visível a grande influência dos processos geomorfológicos ocorrentes nas encostas vizinhas do maciço da Tijuca e sua influência sobre estado ambiental do sistema lagunar. Um fator adicional a considerar foram às alterações nos padrões de drenagem na baixada de Jacarepaguá, decorrentes da canalização

¹¹ Comunicação pessoal Ana Luiza Coelho Netto.

e deslocamento da rede de desague dos rios Anil e Arroio Fundo que gerou uma movimentação da área de deposição de sedimentos na lagoa (Mapas que tratam sobre a variação 1955-1975 e 1975-1999).

Ao mesmo tempo, os mapas das áreas que atualmente registram assoreamento (figura 45), seria um indicador direto das áreas que em um futuro próximo podem se transformar em novas Ilhas ou onde as margens apresentarão um aumento na largura.

Outro dos fatores relevantes no estado atual da lagoa da Tijuca relaciona-se à necessidade imperativa de controlar a poluição que ingressa diariamente através dos rios contribuintes à lagoa (Cachoeira, Itanhangá, Muzema, das Pedras, Anil e Arroio Fundo). Através da avaliação da qualidade das águas na bacia do rio Cachoeira e na lagoa da Tijuca, comprovou-se a alta incidência das águas residuais domiciliares sem o devido tratamento que ingressam à lagoa pelos canais fluviais ou diretamente desde os condomínios e comunidades de favelas assentadas às margens da lagoa. As análises indicam que os Coliformes termotolerantes, o Fósforo total, Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Amoniacoal (NH_4) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), ultrapassam os limites permitidos pela normativa de enquadramento dos corpos hídricos entre os anos 2004 e 2012¹². Para o caso do NH_4 e OD, verificou-se uma tendência à baixa no padrão de qualidade ao longo do período analisado. A deterioração da qualidade das águas na lagoa, se vê afetada também pela circulação deficiente das águas em alguns setores da lagoa produto da diminuição da profundidade do leito por acumulação de sedimentos, o que foi constatado pelos dados de batimetria, e evidenciada tanto na fotointerpretação de imagens de satélite quanto nas visitas ao campo. Nesse sentido a troca das águas com o oceano constitui um fator fundamental na renovação das águas da lagoa e diluição dos agentes poluidores.

A degradação do ambiente lagunar não somente afeta a saúde do sistema senão que também aos diversos usos antrópicos que se suscitam atualmente na lagoa da Tijuca, como atividades por contato direto (esportes aquáticos e balneário) e a tradicional pesca artesanal, como fonte de subsistência e aumento

¹² Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005.

da renda das populações locais. Nesse sentido, o consumo de produtos contaminados pela população os coloca em alto risco sanitário.

Com base nos antecedentes apresentados, que expõem a degradação da lagoa da Tijuca e os ecossistemas remanescentes que bordeiam o corpo d'água, surgem questionamentos sobre a eficiência real da Faixa Marginal de Proteção no resguardo do ecossistema aquático, esta representaria atualmente uma ferramenta de preservação insuficiente no controle do ingresso de sedimentos e na preservação da qualidade das águas.

Assim, como observado através da fotografia aérea do ano 1955, a maior parte das áreas ocupadas dentro da Faixa Marginal são construções que existiam desde os anos 50, localizadas, sobretudo, nos arredores do canal da Joatinga. Desta forma, a FMP sofreu mudanças menores da sua cobertura vegetal entre 1955-2010 (redução de 8%). Apesar disso, o corpo lagunar ao longo do mesmo período apresentou sérios sintomas de degradação da qualidade das águas e significativas alterações na morfologia.

O anterior estaria indicando por um lado a necessidade de medidas de proteção adicionais à Faixa Marginal de Proteção e também que a funcionalidade da própria faixa poderia estar comprometida. Ainda convém lembrar, que esta pesquisa não observou os parâmetros fitossociológicos e florísticos da vegetação existente na faixa marginal. Como indicado por Soares, 1999, existe forte invasão da espécie *Acrostichum sp.* nas áreas de manguezal, e sua presença estaria associada à diminuição da salinidade das águas pela menor influência das marés na área, devido ao levantamento da cota do terreno por processos de sedimentação. Essa espécie teria impedido o desenvolvimento de indivíduos jovens de mangue e tal fato pode vir a comprometer a existência do manguezal na área. Nesse sentido, esta situação poderia estar influenciando a funcionalidade da Faixa Marginal na proteção do corpo hídrico.

Em relação ao tipo de ocupação na FMP, foi claramente observada à baixa proporção de áreas de ocupação informal (1,2%), se comparado com a urbanização formal (30%) para ano 2010. Esta situação se inverte quando analisadas as construções de caráter irregular, nos sistemas fluviais que desembocam na lagoa, como é o caso do rio das Pedras e sua vasta presença nas áreas marginais, colocando a população sob risco ambiental permanente

por inundações e sanitário devido à proximidade com os cursos d'água com elevados níveis de poluição.

Por último, o estado atual da lagoa da Tijuca, relaciona-se com as dificuldades no gerenciamento dos ecossistemas litorâneos, quando historicamente sua proteção obstrui-se nas dificuldades dos limites e domínios da legislação federal e estadual e também em grande parte na fiscalização da própria lei. O problema se acentua quando tanto as lagoas litorâneas, quanto as áreas ripárias, protegidas pela FMP, correspondem a ecótonos ou sistemas de transição entre dois ambientes (terrestre- aquático, águas continentais- marinhas), pelo qual estão sujeitas à diversidade de interpretações e critérios ao respeito dos seus limites, que contudo não são fixos ou imóveis, senão que experimentam variações de forma permanente.

Recomendações

Dentro das recomendações a formular e com o objetivo de contribuir com a discussão sobre o aprimoramento dos critérios de delimitação e estabelecimento das faixas marginais de proteção em áreas urbanas urge a necessidade de uma visão na escala da paisagem, dando ênfase à proteção ou ampliação das áreas atuais de FMP, de modo a favorecer as funções ecossistêmicas da vegetação ripária.

Uma largura maior da faixa marginal de proteção incrementaria as possibilidades de melhorar determinadas funções ecossistêmicas nesta área e diminuiria o efeito de borda associado aos corredores biológicos estreitos. Metzger (2010) indica a necessidade de expansão dos valores de largura da FMP para limiares mínimos de pelos menos 100 m (50 m de cada lado do rio), independentemente do bioma, do grupo taxonômico, do solo ou do tipo de topografia.

Ao mesmo tempo, a visão em múltiplas escalas de análise fornece a possibilidade de conexão da FMP com a matriz da paisagem, que hoje em dia apresenta-se fundamentalmente como um elemento isolado pela urbanização e com elos de conexão cada vez mais debilitados ou alterados. Nesse sentido, é fundamental a conexão com remanescentes de vegetação nas imediações, favorecendo conexões em termos hidrológicos entre as lagoas do complexo lagunar. A conectividade deve favorecer igualmente a continuidade vegetal da

própria faixa de proteção, atualmente interrompida em determinados trechos, onde são necessárias ações de reflorestamento de modo a favorecer uma conexão longitudinal.

O estabelecimento de *zonas de amortecimento* contíguas à faixa Marginal de proteção, constitui um elemento chave a ser considerado no planejamento urbano e em vias de incrementar a sua eficiência, evitando pressões desmedidas e diretas sobre a faixa marginal. Além disso, este tipo de áreas buffer da área FMP a para suportar variadas atividades de uso público associado ao lazer e recreação, com ênfase em atividades de ecoturismo que promovam condutas de respeito e valorização das áreas. Ao mesmo tempo, aumentam o habitat e recursos disponíveis para as espécies presentes nestes ambientes de interfase entre o meio urbano e o natural. Nesta lógica, a promoção de um uso racional nestas zonas de proteção, com infraestrutura de baixo impacto para recreação e ecoturismo, diminuiria a chance de se tornarem alvo de ocupações irregulares.

Em diversos países da América do Sul, dentre eles Uruguai, Colômbia, Chile, Argentina e Perú, existem experiências de sucesso e inovadoras na utilização das áreas úmidas costeiras como sítios de ecoturismo, principalmente para observação de avifauna residente e das aves migratórias que visitam as áreas litorâneas cada ano. Assim, tanto a Faixa Marginal de Proteção como as áreas adjacentes, podem se tornar espaços abertos e propícios à educação ambiental, avançando no sentimento de pertencimento e identificação do cidadão com o entorno natural.

Divulgar e colocar em valor este tipo de áreas representa uma tarefa essencial na sua proteção, cujos impactos se relacionam em diferentes estratos socioeconômicos, pelo que requerem esforços transversais aos diferentes atores da sociedade. Nesse contexto, programas de conscientização ambiental e empoderamento das populações e habitantes das áreas ripárias constitui um objetivo maior a conseguir, de modo que a população local enxergue os benefícios diretos da preservação das lagoas e se envolva no seu próprio território.

Nos últimos cinco anos, as pressões sobre o complexo lagunar têm se intensificado produto da realização das próximas Olimpíadas de 2016 na cidade do Rio de Janeiro e onde as lagoas formam parte fundamental das instalações para as competições. Dentre as ações programadas pelo governo está a

dragagem dos sedimentos da lagoa e canais tributários, que embora signifiquem melhoras pontuais para o aumento da profundidade do leito da lagoa, não apontam em direção do tratamento da origem do problema, constituindo uma solução de duração limitada e que atende parcialmente o problema. Assim, propõe-se ações a realizar em duas linhas, em primeiro lugar no sentido da identificação e tratamento das áreas fontes de sedimentos que estão alimentando os fluxos e em segundo lugar no estabelecimento de medidas de contenção dos sedimentos nos canais fluviais antes de que ingressem às lagoas.

Em um contexto de mudanças climáticas, a crítica situação da lagoa da Tijuca, pode se agravar considerando a previsão de aumento na intensidade das precipitações, como agentes deflagradores de enchentes e deslizamentos de terra na área, que como consequência poderiam incrementar os problemas de assoreamento dos sistemas fluviais e lagunares.

Em relação à lagoa da Tijuca, a próxima implantação do projeto Península II nas imediações da Gleba F poderia impactar de forma definitiva um dos últimos remanescentes de manguezal na área, descrito por Soares (1999), como um bosque maduro bastante desenvolvido para os padrões estruturais do litoral sudeste do Brasil. Nesse contexto, ações de proteção destes espaços são de caráter urgente. Atualmente, existem áreas passíveis de serem incorporadas e atreladas à Faixa Marginal de Proteção, principalmente no setor norte da lagoa. Existe a legislação que avalia estes esforços, agora o desafio radica agora na governança territorial e ambiental.

Por último, nenhuma das ações anteriores será suficiente sem um adequado tratamento da qualidade das águas que ingressam à lagoa. A próxima construção de Unidades de Tratamento de Rios UTR, nos rios Das Pedras e Anil deveriam gerar uma diminuição da carga de nutrientes e de sólidos suspensos presentes na lagoa da Tijuca. Da mesma forma, um ajuste no monitoramento da qualidade das águas por parte dos organismos responsáveis, principalmente aumentando a frequência das coletas, representaria de melhor forma o comportamento e estado de saúde do sistema.

Uma discussão sobre o aprimoramento das ferramentas e figuras de proteção dos sistemas hídricos, dentre eles a Faixa Marginal de Proteção, constitui um avanço necessário na proteção dos sistemas lagunares e os valiosos ecossistemas de restingas, brejos e manguezais associados.

7. BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A.N. (2000) O suporte geológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R.R., LEITÃO, H. F. L. Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – Fapesp.

ABREU, M. (1987) Evolução Urbana do Rio de Janeiro, Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, RJ.

AMADOR, E.S. (1992) Baía de Guanabara: um balanço histórico in: ABREU, M.A. (Org.). Sociedade e natureza no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PMRJ. Cap. 7. p. 201-258.

AMADOR, E.S. (1997). Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza. Rio de Janeiro, Reproarte Gráfica e Editora, 539p.

ARAUJO, I. (2013). Modelo Chuva-Vazão Relacionado às Interações de Uso Urbano e Cobertura Florestal na Bacia do Rio Cachoeira-Macijo da Tijuca/RJ. Dissertação de mestrado, programa de pós graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

ARAUJO, G. L. (2004) Barra da Tijuca: o concebido e o realizado, Revista GEO – Paisagem Ano 3, nº 6. Disponível em: <http://www.feth.ggf.br/Barra.htm>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES-SP (2012) Código florestal -Apreciação atualizada. São Paulo, agosto de 2012.

BARROS, J. & ANDRADE, S. (2003) Faixa Marginal (sem) Proteção. Instituto Brasileiro de Avaliações E Perícias De Engenharia. XII COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.

BRANDÃO, A.M.P.M. (1992) Variações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro: uma provável influência do crescimento urbano; Sociedade e Natureza no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

BRASIL. Lei 4771 de 15 de setembro de 1965, que instituía o Código Florestal, revogada pela lei 12.651 de 2012.

BRASIL, Decreto Federal nº 24.643, de 10 de junho de 1934. Decreta o Código de Águas.

BRASIL. Lei federal 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.

BRASIL, Lei estadual nº 650 de 11 de janeiro de 1983. Dispõe sobre a política estadual de defesa e proteção das bacias fluviais e lacustres do Rio de Janeiro.

BRASIL, Lei Estadual nº 1.130, de 12 de fevereiro de 1987. Define as áreas de interesse especial do estado e dispõe sobre os imóveis de área superior a 1.000.000M2 (um milhão de metros quadrados) e imóveis localizados em áreas limítrofes de municípios, para efeito do exame e anuência prévia a projetos de parcelamento de solo para fins urbanos, a que se refere o art. 13 da lei Nº 6766 /79.

BRASIL, Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº s 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986.

BRASIL, Constituição Estadual do Rio de Janeiro, de 5 de outubro de 1989

BRASIL, Lei Estadual 3.239, de 02 de agosto de 1999. Institui a política estadual de recursos hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídrico; regulamenta a constituição estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

BRASIL, Portaria SERLA. nº 324, de 28 de agosto de 2003. Define a base legal para estabelecimento da largura mínima da FMP e dá outras providências.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 369 de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão da vegetação em Área de Preservação Permanente-APP.

BRASIL, Decreto nº 42.356, de 16 de março de 2010. Dispõe sobre o tratamento e a demarcação das faixas marginais de proteção nos processos de licenciamento ambiental e de emissões de autorizações ambientais no estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

BRASIL, Lei nº 111 de 1º de Fevereiro de 2011. Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências.

BRASIL, Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BERGALLO, H., *et al.* (2009). Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro: Uma Nova Abordagem; p. 23-32 In BERGALLO, H. G. *et al.* (2009) Estratégias e ações Para a Conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto biomas, 344 p.

BUREL, F. & BAUDRY, J. (2002). Ecología del Paisaje. Conceptos, Métodos y Aplicaciones. Ed. Mundi Prensa, Madrid.

CASTIGLIA, M. (2006) Disposição subaquática de rejeitos de dragagem: o caso do complexo lagunar de Jacarepaguá. Dissertação de mestrado, programa de pós graduação de engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, 112 p.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2014). IQA – Índice de Qualidades das Águas.

CHRISTOFOLETTI, A. (1999) Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo.

COELHO NETTO A. L. (1985) Surface hydrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, RJ, Phd thesis, Katholieke Univ. Leuven, Belgium, 181 p.

COELHO NETTO, A. L. (1979) O processo erosivo nas encostas do maciço da Tijuca, RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 112 p.

COELHO NETTO, A. L. (1996) “Produção de sedimentos em bacias fluviais florestadas do Maciço da Tijuca, RJ: respostas aos eventos extremos de fevereiro de 1996”. in: Anais do II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Rio de Janeiro, 1996.

COELHO NETTO, A. L. (2005a). Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In.: GUERRA, Antônio José Teixeira & CUNHA Sandra Baptista da (Orgs). “Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos”. Editora: Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 6º edição,. Cap. 3, p 93-148.

COELHO NETTO, A. L. (2005b) A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no Maciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental. Revista do Departamento de Geografia, 46-60.

COHIDRO (2006), Estudo de Impacto Ambiental para Estabilização da Barra do Canal de Sernambetiba e sua Interligação com as Lagoas de Jacarepaguá, Tijuca e Marapendi. Consultoria estudos projetos – SERLA.

CONANP (2007). Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F. 56 p.

CONNECTICUT RIVER JOINT COMISSION (2001) Urban Buffers. Riparian Buffers for the Connecticut River Valley. River Banks & Buffers. N° 6.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL (2011) Conservação de Aves Migratórias Neárticas no Brasil. Renata de Melo Valente *et. al.* (Org.).

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL (2012), Biomas brasileiros, retratos de um país plural. Fabio Rubio Scarano *et. al.* (Org.)

CORTÉS, I & MONTALVO, S. (2010) Aguas: Calidad y Contaminación. Un enfoque químico ambiental. 328.

CORRÊA MAGALHÃES, A. (1936) O sertão carioca. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional.

CUNHA, L. & COELHO, M. (2003) Política e Gestão Ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da e GUERRA, Antonio José Teixeira. A questão ambiental: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, PP. 43-80.

DA CUNHA (2012). Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá: è possível recuperar o sertão carioca? In: David Zee. (Org.). Barra da Tijuca: Natureza & Cidade. 1ªed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobssom Estúdio, 2012, v. 1, p. 14-49.

DA SILVA, J et al. (1998) Considerações sobre os aquíferos da baixada de Jacarepaguá, município do Rio de Janeiro: exploração, hidroquímica e perspectivas futuras. SUPLEMENTO - X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

DA SILVA, L. (2010) As Áreas de Preservação Permanente (APP's) dos Corpos d água Urbanos: um Espaço Híbrido. V Encontro Associação Nacional De Pós Graduação E Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS), FACEP-Faculdade Centro Paulista de Ibitinga. <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/gt12.html> . Acessado em Novembro de 2013.

DRAMSTAD, W., OLSON, J. Y FORMAN, R. (1996). "Landscape ecology principles in landscape Architecture and land-use Planning", Island. Press, Washington, 80 p.

DRUMMOND, J. A. (1997) - Devastação e Preservação Ambiental no Estado do Rio de Janeiro. Niterói, Rio de Janeiro.

EGLER, C. & GUSMÃO, P. (2014) Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada, v. 14, p. 65-80, 2014.

ENRICH-PRAST, A. BENTO, L. SANTORO, A. (2008) Influência das Mudanças Globais sobre as Lagoas da Cidade do Rio de Janeiro. In: Sergio Besserman

Vianna; Paulo Pereira Gusmão; Paula Serrano. (Org.). RIO Próximos 100 anos: O aquecimento global e a Cidade. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2008, v. , p. 176-185.

ESTEVES, F. A., (1998), Fundamentos de Limnologia, 2ª edição, Rio de Janeiro.

FERREIRA, F. & CUNHA, S. (1996) Enchentes no Rio de Janeiro: efeitos da urbanização no Rio Grande (arroyo fundo) - Jacarepaguá. Anu. Inst. Geocienc., , vol.19, no., p.79-92. ISSN 0101-9759.

FIGUEIREDO, L., TEIXEIRA, E. & PACELLI, E. (2008) Ortorretificação de fotografias aéreas de pequeno formato obtidas com câmara digital convencional. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

FIGUEIRÓ, A. e COELHO NETTO, A.L. (2004) Classificação de “Zonas de Tamponamento” (BUFFER ZONES) na Interface Floresta-Cidade: área-laboratório da Bacia do Canal do Mangue, Maciço da Tijuca (RJ). X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Rio de Janeiro.

FIGUEIRÓ, A. (2005) Mudanças ambientais na interface floresta cidade e propagação de efeito de borda no maciço da tijuca, rio de janeiro. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Geografia, Rio de Janeiro.

FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. (1986). Landscape ecology. New York, NY: John Wiley and Sons. 619 pp.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE – FEEMA (2006), Complexo Lagunar De Jacarepaguá, Diagnóstico de Qualidade de Água período 2001 / 2005. Divisão De Qualidade Da Água – DIAG.

GOMES, E., NAME, L. & MONTEZUMA, R. (2011) Critérios para a criação de uma área de proteção ambiental na baixada de Jacarepaguá (Rio de Janeiro, Brasil). Revista Geográfica de América Central. Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica

GOMES, E., NAME, L. & MONTEZUMA, R. (2012), Complexidade e Conflitos: APP, Espaço Geográfico e Espaço Normativo. In: Seminário Nacional sobre Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano, Natal, 2012.

GUERRA A. E GUERRA A. (1997) - “Dicionário Geológico-Geomorfológico” Bertrand Brasil 648 p.

HOLLAND, M.M, RISSER, P.G AND NAIMAN, R.J. (1991) Ecotones: The Role of Landscape Boundaries in the Management and Restoration of Changing Environments.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010) Censo demográfico: 2010: aglomerados subnormais: informações territoriais.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (2010) Faixa Marginal de Proteção: Conceitos, legislação e dificuldades de aplicação. Diretoria de Licenciamento Ambiental. Gerencia de Hidrologia e Hidráulica.

LAURANCE, S. AND LAURANCE, W. (1999). Tropical wildlife corridors: Use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. *Biological Conservation*, 91: 231-239

MACIEL, M. (2010) As Áreas de Preservação Permanente em área urbana. O aparente conflito entre o Código Florestal e a Lei de Parcelamento do Solo. *Jus Navigandi*, Teresina, ano 15, n. 2705, 27 nov. 2010. Disponível em: <http://jus.com.br/artigos/17914>. Acesso em: 20 abr. 2013.

MAIA, M. C. A. *et. al.* (1984) Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). In: Anais do trigésimo terceiro congresso brasileiro de geologia. s.l:s.n., 1984, p. 105-118. Congresso Brasileiro de Geologia, 33., Rio de Janeiro (BRA).

MAGALHÃES *et. al.* (2001). Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon*, 39: 1077-1085.

MAGALHÃES CORRÊA, A. (1936) O sertão carioca. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional.

MARQUES, J. S. (1985), Características de sedimentos obtidos em perfurações na restinga de Jacarepaguá - RJ. *Anu. Inst. Geocienc. CCMN/IGEO - Universidade Federal do Rio de Janeiro*. Disponível em: http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_1985/vol_09_16_33.pdf

MARQUES, J. S. (1990) A participação dos rios no processo de sedimentação da baixada de Jacarepaguá. 2v. São Paulo, UNESP (Rio Claro), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1990. 245p. Tese de Doutorado em Geografia.

MARQUES, J. S. (2012) Evolução Geomorfológica. In: David Zee. (Org.). Barra da Tijuca: Natureza & Cidade. 1ªed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2012, v. 1, p. 14-49.

MARTINELLI, G. (2012) Biodiversidade: Síntese das contradições do passado, do presente e do futuro. In: MARQUES ET. AL (2012) Barra da Tijuca: Natureza & Cidade. Organização David Zee.

MEIS, M.R.M. (1976) Contribuição ao estudo do Terciário Superior e Quaternário da Baixada da Guanabara. Tese de Doutorado em Geografia, Universidade de Lisboa. 238 p

MEIS, M.R.M.; XAVIER-DA SILVA, J. (1968) Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 55-73, jan./mar. 1968.

MEDEIROS, M. (2010) Metodologia para determinação das áreas de preservação permanente das margens de cursos d'água: um estudo de caso na bacia do rio Piabanha.

METZGER, J.P (2010) O Código Florestal tem base científica? Universidade de São Paulo (no prelo).

MONTEZUMA, R. (2011) Funcionalidade e sustentabilidade ecológica na região metropolitana do Rio de Janeiro: o caso da baixada de Jacarepaguá. GEOPUC – Revista do Departamento de Geografia da PUC-Rio Ano 4 – número 7 – 2º semestre de 2011.

MONTEZUMA, R.C.M e OLIVEIRA, R.R. (2010) Os ecossistemas da Baixada de Jacarepaguá e o PEU das Vargens. Arqutextos, v. 10.116, 2010. São Paulo, 10.116. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqutextos/10.116/3385>. Acesso em: 17-05-2014

NAIMAN, R. J., DECAMPS, H., PASTOR, J. & JOHNSTONE, C. A. (1988). The Potential Importance of Boundaries to Fluvial Ecosystems. Journal of the North American Benthological Society 7 (4): 289-306.

NAIMAN, R.J. & H. DÉCAMPS (eds.) (1990), Ecology and Management of aquatic-terrestrial ecotones. Man in the Biosphere, vol. 4. Parthenon Publishing Group, UNESCO, Paris, 316 pp.

NAVEH, Z. (1991) Mediterranean uplands as anthropogenic perturbation dependent systems and their dynamic conservation management. In: Terrestrial and Aquatic Ecosystems, Perturbation and Recovery. Ed. O.A. Ravera, Ellis Horwood, New York, pp. 544-556, 1991.

NEGREIROS, A. (2011) Recuperação de floresta atlântica e resultante hidro-erosiva em clareiras de deslizamentos nas encostas íngremes do maciço de Tijuca,RJ. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 145 p.

NICOLODI, J. & PETERMANN, R. (2010), Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. Revista da Gestão Costeira Integrada, v. 10, p. 3-29.

ODUM, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology, third ed. W.B. Saunders Co., Philadelphia, Pennsylvania. 574 p.

PIMENTA, L. (2009), Contribuições para o entendimento e planejamento da ocupação urbana da Baixada de Jacarepaguá - Rio de Janeiro: Uma aplicação da matriz P.E.I.R. Dissertação Mestrado em Geografia. Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

PIVELLO, V. E METZGER, J. (2007), Diagnóstico da pesquisa em ecologia de paisagens no Brasil (2000-2005). Biota neotropica, 7, 21-29.

PMRJ- PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO (2001) Meio ambiente e sustentabilidade Rio de Janeiro: PMRJ, 2001. (Rio Estudos.) v. 9.

RIGUETTI, A. (2009) Avaliação espaço-temporal do grau de trofia em lagoas costeiras da cidade do Rio de Janeiro: Aplicação de índices de estado trófico, Dissertação Mestrado em Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, Brasil.

ROCHA, C., SIQUEIRA, C. & ARIANI, C. (2009) potential recovery of a population of the sand lizard *Liolaemus lutzae* Mertens, 1938 in an area within its range: a lizard endemic and threatened with extinction. *Braz. J. Biol.* [online]. vol.69, n.1 [cited 2014-06-09], pp. 185-187 .

ROCHA, C., BERGALLO, H., ALVES, M. & VAN SLUYS, M. (2003). A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica. *RiMa*, São Carlos, 160p

RONCARATI, H. & NEVES, L. E., (1976), Projeto Jacarepaguá. Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baixada de Jacarepaguá, Município do Rio de Janeiro. PETROBRÁS/CENPES– DEXPRO, Rio de Janeiro, 89p.

SAMPAIO, D. SOUZA, V. & OLIVEIRA, A. (2005). Árvores da restinga: Guia ilustrado para identificação de espécies da Ilha do Cardoso. São Paulo. In:

SANTOS, F. (2003) Uso de geoprocessamento no estudo da distribuição espacial das características e classes geológicas- geotécnicas da baixada de Jacarepaguá no município do Rio de Janeiro. Dissertação Mestrado em Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SCHLEE, M. (2011), A ocupação das encostas do Rio de Janeiro: morfologia, legislação e processos sócio-ambientais. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SCHNEIDER, L.; CASTRO, A. (2012) Considerações Sobre os Impactos Socioambientais na Sub-Bacia do rio Das Pedras RJ. 2012. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências/Departamento de Geografia.

SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE – INEA (2010) Serie Gestão Ambiental 2. Faixa Marginal de Proteção.

SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE, SEA, (2013) Relatório Ambiental Simplificado das Obras de Recuperação Ambiental do Complexo Lagunar de Jacarepaguá. Capítulo I – Caracterização do Projeto.

SILVA, R. V. (2003) Estimativa de largura de faixa vegetativa para Zonas Ripárias: uma revisão. I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias – Alfredo Wagner/SC.

SOARES, M. (1999) Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, 59(3): 503-515.

SOLNETSEV, N.A (1948) The natural geographic landscape and some of its general rules. In: J. A. Wiens, M. R. Moss, M. G. Turner, and D. J. Mladenoff (eds.): *Foundation Papers in Landscape Ecology* (2007).

TURNER, M., GARDNER, R. & O'NEILL, R. (2001) *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. New York: Springer Verlag, 2001. 410p.

WETZEL, R. (1975), *Limnología*, Omega, Barcelona, 1975.

ZEE, D. (1993) *Estudo ambiental: Faixa Marginal da lagoa da Tijuca, RJ*. Relatório não publicado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 83p.