

Mapeamento e análise do uso e cobertura da terra na microbacia hidrográfica do Rio dos Macacos – RJ

Mapping and analysis of land use and coverage in the micro basin of the Rio dos Macacos - RJ

DOI: 10.54033/cadpedv20n3-016

Recebimento dos originais: 05/10/2022
Aceitação para publicação: 09/11/2023

Patrícia Guedes Pimentel

Doutoranda em Engenharia Ambiental

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Endereço: R. São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro - RJ,

CEP: 20550-013

E-mail: engpatriciapimentel@gmail.com

Wenceslau Geraldes Teixeira

Doutor em Geocologia

Instituição: Universidade de Bayreuth – Alemanha

Endereço: Universitätsstraße 30, 95447 Bayreuth, Alemanha

E-mail: wenceslau.teixeira@embrapa.br

RESUMO

O conhecimento do uso da terra é cada vez mais importante, principalmente para a manutenção das atividades de conservação das características naturais em ambientes urbanizados. O Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) está situado no município do Rio de Janeiro, tendo uma parte de sua área com cobertura de formação vegetal natural e parte antropizada (canteiros, jardins, gramados, caminhos, obras civis, etc). No que se refere aos fluxos de água superficiais, recebe as contribuições do Rio dos Macacos e seus afluentes, de nascentes localizadas na encosta do Maciço da Tijuca e entorno. O presente estudo teve como objetivo avaliar a evolução do uso e cobertura da terra na Microbacia do Rio dos Macacos, através de mapeamentos em diferentes anos de observação (2009, 2013 e 2017). Foi utilizada a combinação de imagens de satélite Landsat e dados altimétricos do *Shuttle Radar Topography Mission* no software livre Quantum GIS (QGIS, versão Desktop 3.10.5) para criar um Modelo Digital de Elevação (MDE). A partir da delimitação da microbacia conforme suas características de drenagem, foram elaborados os mapas de uso e cobertura da terra com dados vetoriais correspondentes a cada ano analisado, e o mapa de declividade e hipsometria, através das curvas de nível com espaçamento vertical de 10 metros. Apesar de pouco expressiva em comparação à área total da microbacia, verificou-se uma perda de 1 ha de cobertura arbórea e arbustiva no período analisado, causada em função de deslizamentos e movimentos de massa.

Palavras-chave: geoprocessamento, bacia hidrográfica, jardim botânico, processos erosivos, cobertura vegetal.

ABSTRACT

Knowledge of land use is becoming increasingly important, especially for the maintenance of natural features in urbanized environments. The Rio de Janeiro Botanical Garden (JBRJ) is located in the municipality of Rio de Janeiro, with part of its area covered by natural and anthropogenic vegetation (flowerbeds, gardens, lawns, pathways, civil works, etc.). Concerning surface water flows it receives contributions from the Rio dos Macacos and its tributaries from springs located on the slopes of the Tijuca Massif and surrounding areas. The present study aimed to evaluate the evolution of land use systems and coverage in the Rio dos Macacos Micro basin, through mapping in different years of observation (2009, 2013 and 2017). The combination of Landsat satellite images and altimetric data from the Shuttle Radar Topography Mission was used in the open-source Quantum GIS software (QGIS, Desktop version 3.10.5) to create a Digital Elevation Model (DEM). From the delimitation of the micro basin according to its drainage characteristics, land use systems and soil coverage maps were prepared with vector data corresponding to each year analyzed, and the slope and hypsometry map, using contour lines with vertical spacing of 10 meters. Although not large compared to the total area of the watershed, there was a loss of 1 ha of natural vegetation cover in the period analyzed due to landslides and mass movements.

Keywords: geoprocessing, hydrographic basin, botanical garden, erosive processes, vegetal cover.

1 INTRODUÇÃO

As demandas do processo de urbanização atreladas às atividades antrópicas dentro e próximas de áreas ambientalmente protegidas, são fatores preocupantes que podem causar danos ao meio ambiente. O Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), localizado no bairro de mesmo nome, conta com uma enorme variedade de espécies de plantas. O JBRJ é uma área protegida, conforme a Resolução CONAMA nº 339 de 25 de setembro de 2003 que dispõe sobre a criação, normatização e o funcionamento dos jardins botânicos, baseada nas atribuições conferidas pelos Arts. 6º e 8º, da Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 referente à Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA).

Historicamente, o Bairro Jardim Botânico sofre com episódios de alagamentos e inundações (Pimentel; Teixeira, 2023). Os elevados volumes precipitados aliados aos problemas de drenagem existentes, contribuem para a

recorrência desses eventos hidrológicos extremos. Bacias hidrográficas em áreas urbanas são um desafio para o planejamento e ordenamento dos fluxos de água.

Outro aspecto importante que se destaca neste estudo, envolve os possíveis processos erosivos e de deslizamento do solo na área analisada. Entende-se que uma das causas se deve à perda de cobertura vegetal, principalmente na ocasião de precipitações intensas. Os fatores relacionados à erosão são descritos por Lepsch (2021). O autor explica a diferença entre os conceitos de erodibilidade e erosividade. O primeiro é representado pela suscetibilidade do solo devido à ação da água, e o segundo se refere à energia da chuva.

O efeito *splash*, por sua vez, ocorre devido à ação direta da precipitação sobre o solo. Conforme Guerra, Silva e Botelho (2020, p. 18) essa ação pode resultar na compactação do solo, dificultando a infiltração de água e promovendo o escoamento difuso. Sendo assim, a manutenção da vegetação que cobre o solo desempenha papel fundamental em regiões sujeitas a erosão hídrica, pois intercepta a precipitação que chega ao solo com menor velocidade reduzido impacto.

Em áreas de elevada declividade e intensos índices pluviométricos, verifica-se um potencial para a ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa. Na ocasião de eventos críticos de precipitação e em curtos períodos de tempo, a água em excesso pode saturar o solo e desencadear processos geodinâmicos. Terrenos mais inclinados são mais suscetíveis, dado que a gravidade exerce uma influência significativa e a aceleração do escoamento aumenta o potencial de erosão podendo contribuir para a ocorrência de deslizamentos.

Nesse contexto, o mapeamento de áreas de declividade é uma ferramenta que contribui para o planejamento de ações de conservação do solo. A esse respeito, é válido mencionar sobre a densa vegetação de encosta presente do entorno do Jardim Botânico, compreendendo grande parte da Microbacia do Rio dos Macacos.

Segundo informações da Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM,

2018), a Microbacia do Rio dos Macacos está situada em local de alta suscetibilidade à geração de corrida de massa, capaz de atingir trechos planos e distantes à jusante. Nesse sentido, esta pesquisa justifica a escolha da referida microbacia pelas intensas interações que ocorrem na região de interesse.

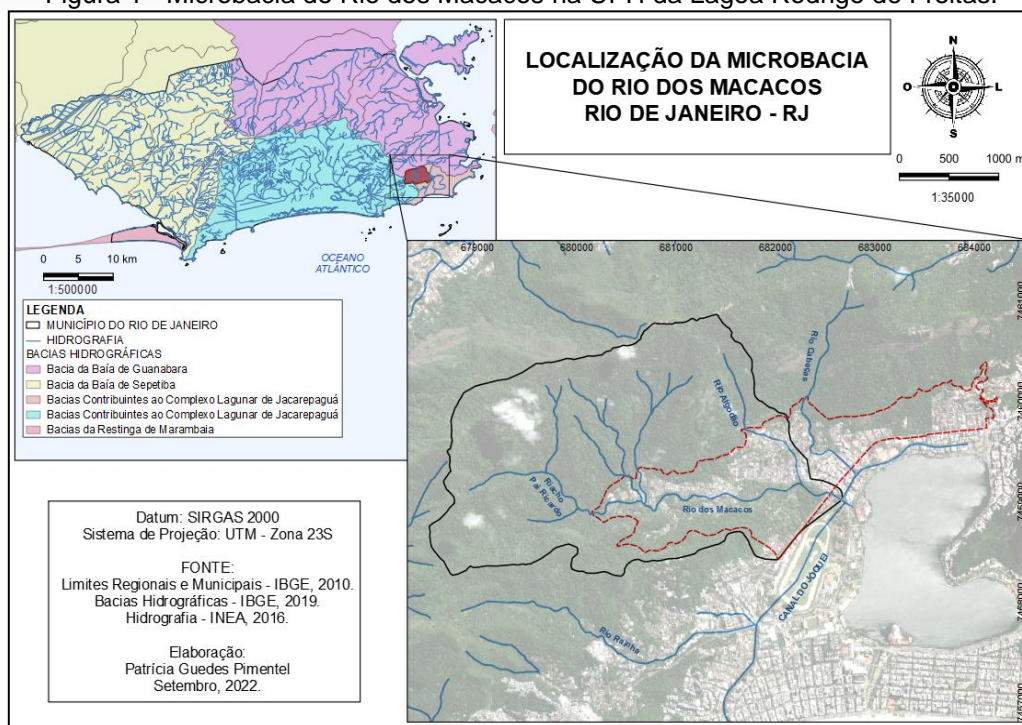
A vegetação apresenta outro benefício quando o assunto é estabilidade de encostas. Segundo Guerra (2011) as descontinuidades no solo podem gerar planos de cisalhamento que favorecem o transporte de sedimentos. Nessa perspectiva, é essencial avaliar as interferências antrópicas nessas áreas através de mapeamentos periódicos. Para Mello, Silva e Beskow (2020) as informações relativas à cobertura vegetal são de importância fundamental para a caracterização do ambiente e exercem influência direta sobre o comportamento da água dentro da bacia hidrográfica.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a evolução do uso e cobertura na Microbacia do Rio dos Macacos, através de mapeamentos em três períodos de observação (2009, 2013 e 2017). De modo complementar, a fim de contribuir para uma interpretação integrada e mais consistente, foi elaborado o mapeamento de declividade e altimetria da área de estudo.

2 DESENVOLVIMENTO

O local desse estudo foi a Microbacia Hidrográfica do Rio dos Macacos (Figura 1), com uma área estimada de 7,18 km². Está inserida na Unidade de Planejamento Hídrico (UPH) da Lagoa Rodrigo de Freitas, que por sua vez, faz parte da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RH-V), ambas definidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI-RJ, 2014).

Figura 1 - Microbacia do Rio dos Macacos na UPH da Lagoa Rodrigo de Freitas.



Fonte: Autores, 2022.

Os mapeamentos foram elaborados no software livre *Quantum GIS* (QGIS), versão Desktop 3.10.5. Na etapa de delimitação da bacia foram utilizados dados altimétricos obtidos do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) de resolução espacial de 90 metros, para desenvolver o Modelo Digital de Elevação (MDE). Estas imagens são disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011), através do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, denominado Topodata. O processamento resultou em uma imagem (*raster*) de caráter matricial, ou seja, com células de grid (*pixels*). Para melhor visualização, foram suavizadas as bordas e ajustados manualmente os contornos da delimitação.

Os dados que detalham os usos da terra são camadas vetoriais (*shapefile*), baixadas do sistema *In Loco* do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro (MPRJ) que armazena uma base de dados de diferentes fontes e categorias. Para esta pesquisa, foram utilizadas as camadas denominadas “Uso do Solo da Cidade do Rio de Janeiro” referente aos anos de 2009, 2013 e 2017.

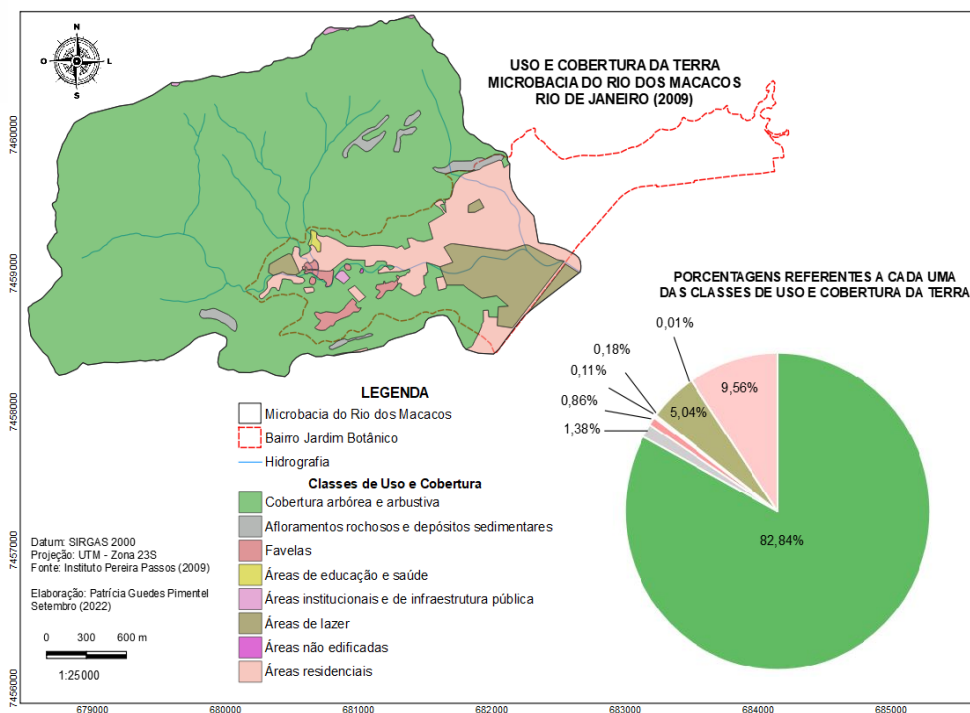
A classificação automática identificou oito classes de uso e cobertura na Microbacia do Rio dos Macacos: cobertura arbórea e arbustiva, afloramentos

rochosos e depósitos sedimentares, favelas, áreas de educação e saúde, áreas institucionais e de infraestrutura pública, áreas de lazer, áreas não edificadas e áreas residenciais. As camadas vetoriais de representação se dividem em dois grupos: tipos das classes, e áreas urbanizadas e não urbanizadas. Para fins de comparação e uma análise multitemporal mais precisa, optou-se pela classificação mais detalhada.

A partir de cada ano mapeado, foram calculados os percentuais correspondentes às classes de uso e cobertura e estimadas as modificações ocorridas na Microbacia do Rio dos Macacos. Na fase de elaboração dos mapas de uso e cobertura, foram atribuídas colorações diferenciadas para cada conjunto de polígonos associados às diferentes classes identificadas. Para isso, foi utilizado o sistema de referência para classificação por cores contido no Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

O mapeamento referente ao ano de 2009 teve resultados significativos que expressam um elevado índice de vegetação em relação às áreas urbanizadas (Figura 2). Os percentuais gerados demonstram 82,84% de cobertura arbórea e arbustiva, seguido de 9,56% de áreas residenciais, 5,04% de áreas de lazer e 1,38% de afloramentos rochosos e depósitos sedimentares. As demais classes apresentaram valores abaixo de 1% cada.

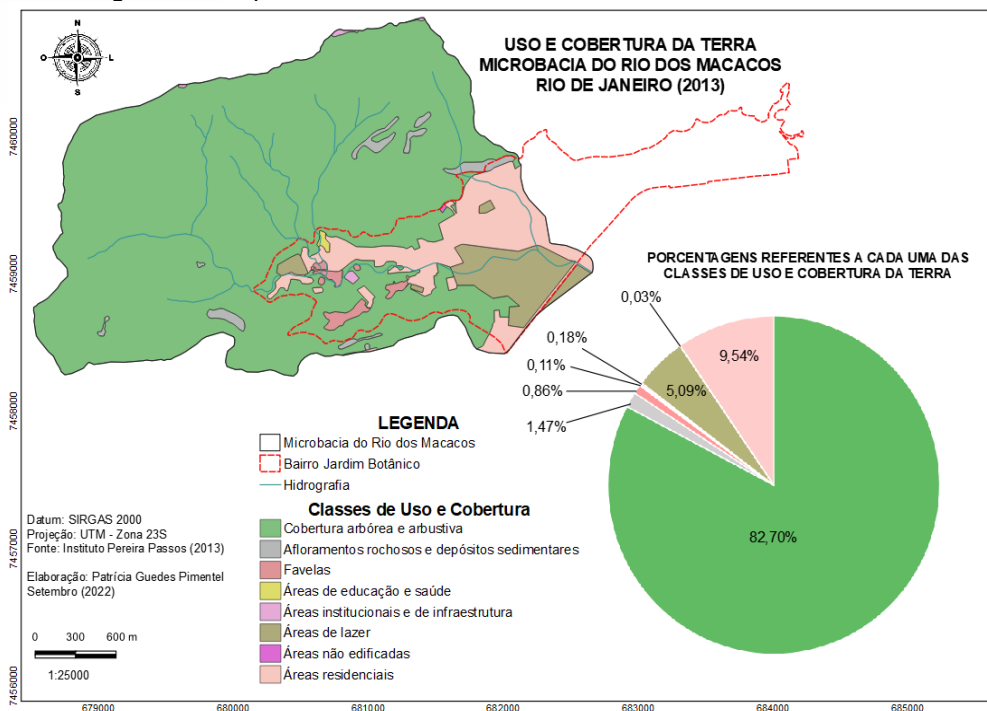
Figura 2 – Mapa de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2009.



Fonte: Autores, 2022.

Do mesmo modo, realizou-se o mapeamento para o ano de 2013 (Figura 3). Como resultado, obteve-se um total de 82,70% de cobertura arbórea e arbustiva, 9,54% de áreas residenciais, 5,09% de áreas de lazer e 1,47% de afloramentos rochosos e depósitos sedimentares. As demais classes permaneceram com valores inferiores a 1% cada.

Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2013.

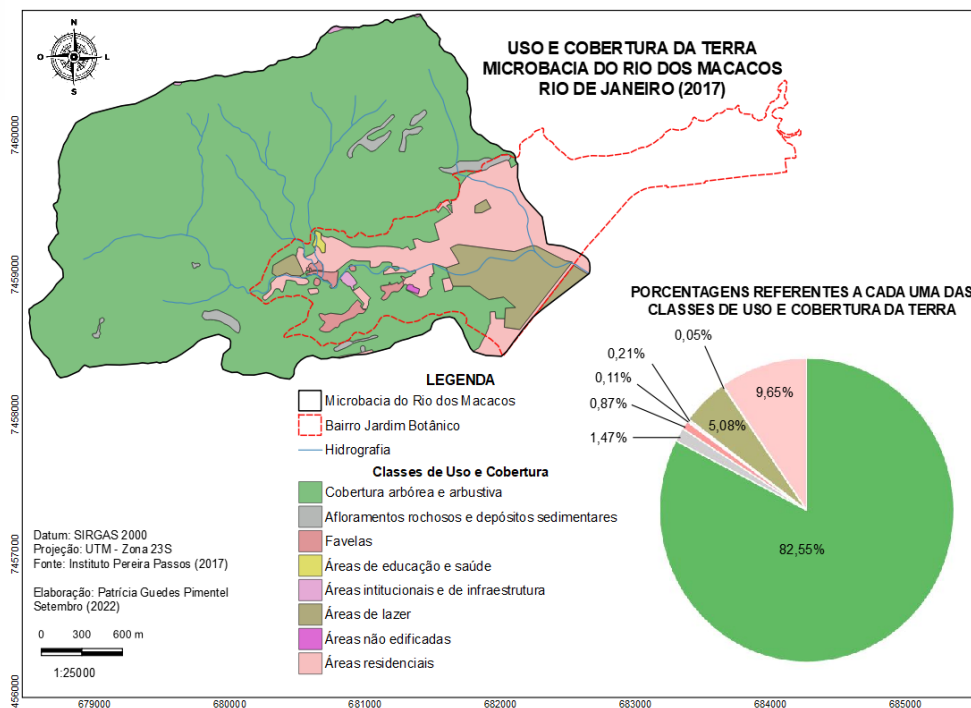


Fonte: Autores, 2022.

Em comparação com o ano de 2009, observou-se uma diminuição da cobertura arbórea e arbustiva de aproximadamente 1 ha, que representa um decréscimo de 0,14% entre os anos analisados. A classe equivalente aos afloramentos rochosos e depósitos sedimentares aumentou cerca de 0,7 ha, ou seja, 0,09% em termos percentuais. A diferença de 0,3 ha se distribui entre as áreas não edificadas e áreas de lazer.

Por fim, realizou-se o mapeamento para o ano de 2017 (Figura 4), tendo como resultado um total de 82,55% de cobertura arbórea e arbustiva, 9,65% de áreas residenciais, 5,08% de áreas de lazer e 1,47% de afloramentos rochosos e depósitos sedimentares, e demais classes com valores inferiores a 1% cada.

Figura 4 – Mapa de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2017.



Fonte: Autores, 2022.

A Bacia Hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas tem sua drenagem que abrange os bairros do Alto da Boa Vista, Gávea, Humaitá, Ipanema, Jardim Botânico, Lagoa e Leblon (PDMAP, 2014). Por sua vez, o Rio dos Macacos e seus afluentes se originam em parte do Maciço da Tijuca que integra o Parque Nacional da Tijuca – uma significativa Unidade de Conservação Federal.

As pesquisas de Coelho Netto (1979 e 1987) realçam as notáveis taxas de infiltração e retenção de umidade do ecossistema florestal no Maciço da Tijuca. Por outro lado, a autora destaca que a intervenção humana na remoção da vegetação (em trilhas, estradas e estacionamentos), desencadeia o aparecimento de escoamento superficial logo após o início da precipitação, contribuindo de forma significativa para o rápido aumento do fluxo nos canais.

Com base nos mapeamentos de Gomes (2020), evidencia-se um considerável potencial erosivo no Maciço da Tijuca, uma vez que as regiões de declive mais acentuado são propensas à ocorrência de deslizamentos. Algumas partes do maciço têm declives que variam de 46% a 82% que, segundo o autor, são valores que representam declividades extremamente elevadas.

Negreiros (2006) avalia deslizamentos de encosta no Alto Rio dos Macacos, no Maciço da Tijuca. De acordo com o autor, os deslizamentos resultam em marcas erosivas que formam clareiras de diferentes dimensões, desencadeando mudanças nas condições hidro climáticas da floresta circundante – fenômeno conhecido como efeito de borda.

O estudo de Fernandes, Avelar e Netto (2006) mostra sua divisão em cinco sub-sistemas hidrográficos (Figura 5). São eles: setor 1 (Norte) e setor 2 (Nordeste) que drenam em direção à Baía de Guanabara, setor 4 (Sul) e setor 5 (Oeste) que drenam em direção à lagoa da Tijuca ou de Jacarepaguá (setores 4 - Sul e 5 - Oeste) e setor 3 (Leste) que drena em direção à lagoa Rodrigo de Freitas ou diretamente para o oceano.

Figura 5 – Sub-sistemas hidrográficos do Maciço da Tijuca.



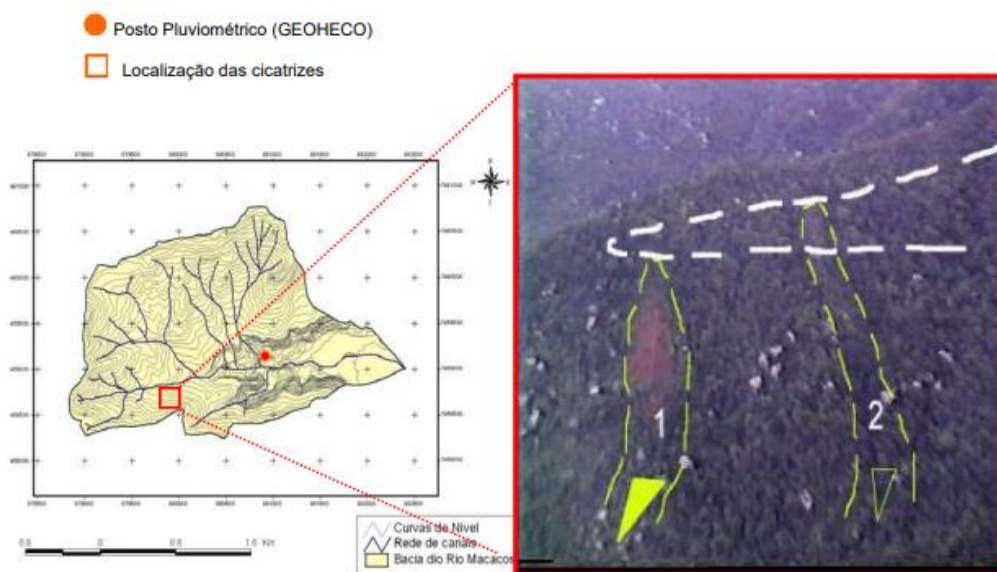
Fonte: Fernandes, Avelar e Netto (2006; Fernandes, 1998).

O entorno da área de estudo compreende parte do Maciço da Tijuca, ou seja, as regiões norte e oeste da Microbacia do Rio dos Macacos. De acordo com Negreiros (2006), em épocas de chuvas intensas ocorrem processos erosivos nas nascentes das bacias e ao longo de seu percurso, levando a

movimentos de terra e ao assoreamento dos canais. Isso, por sua vez, resulta em deslizamentos e inundações nas áreas circundantes.

Ações de preservação do solo contra a erosão, minimizam a frequência de eventos de enxurradas e inundações pelo aumento nos quantitativos de água infiltrados e consumidos pelas plantas que, conseqüentemente reduzem a sobrecarga do escoamento superficial, especialmente durante períodos de chuvas intensas (Lumbreras; Gomes, 2004). Em sua pesquisa, Negreiros (2006) cita o evento erosivo de 1988 que resultou em uma clareira nas proximidades do Mirante da Tijuca, de largura média de 42 metros. A clareira está situada no fundo do vale de um canal de primeira ordem – tributário do Rio dos Macacos (Figura 6). As cicatrizes de deslizamento ilustradas correspondem: à esquerda (1) – clareira da Vista Chinesa; à direita (2) – clareira do Gabião.

Figura 6 –Cicatrizes de deslizamento na Bacia do Rio dos Macacos.



Fonte: Negreiros (2006; GEOHECO-UFRJ)

Com relação à influência pedológica, verifica-se a predominância de solos Podzólicos Vermelho-amarelos (PVA_{d5}) conforme indicado no Mapa Semidetalhado de Solos do Município do Rio de Janeiro (Embrapa, 2017). São solos frequentemente associados a paisagens de relevo mais acidentado e suscetíveis a processos erosivos, devido às suas características texturais e ao fato de geralmente ocorrerem em áreas de maior declividade.

O estudo de Coelho Netto (1979) reforça a presença desses solos nas encostas montanhosas do Rio de Janeiro, especialmente em áreas de colinas rebaixadas, sendo mais arenosos na superfície e argilosos em profundidade. A presença desse tipo de solo em áreas de relevo íngreme e declividade acentuada, como partes do entorno do JBRJ, pode tornar essas regiões mais suscetíveis aos processos erosivos, exigindo práticas de manejo adequadas e medidas de conservação do solo para mitigar esse impacto.

Portanto, o relevo está diretamente associado ao regime hídrico de uma determinada área, uma vez que nas partes mais altas há menor percolação se comparado aos fluxos nas encostas e depressões. Além disso, a profundidade dos solos e a diferenciação de horizontes, são afetadas pela ação das águas de escoamento superficial, que pode resultar em processos erosivos mais acentuados. Nessas circunstâncias, os solos tendem a ser mais rasos e com uma diferenciação de horizontes menor em comparação com áreas de relevo mais suave (Palmieri, 1982).

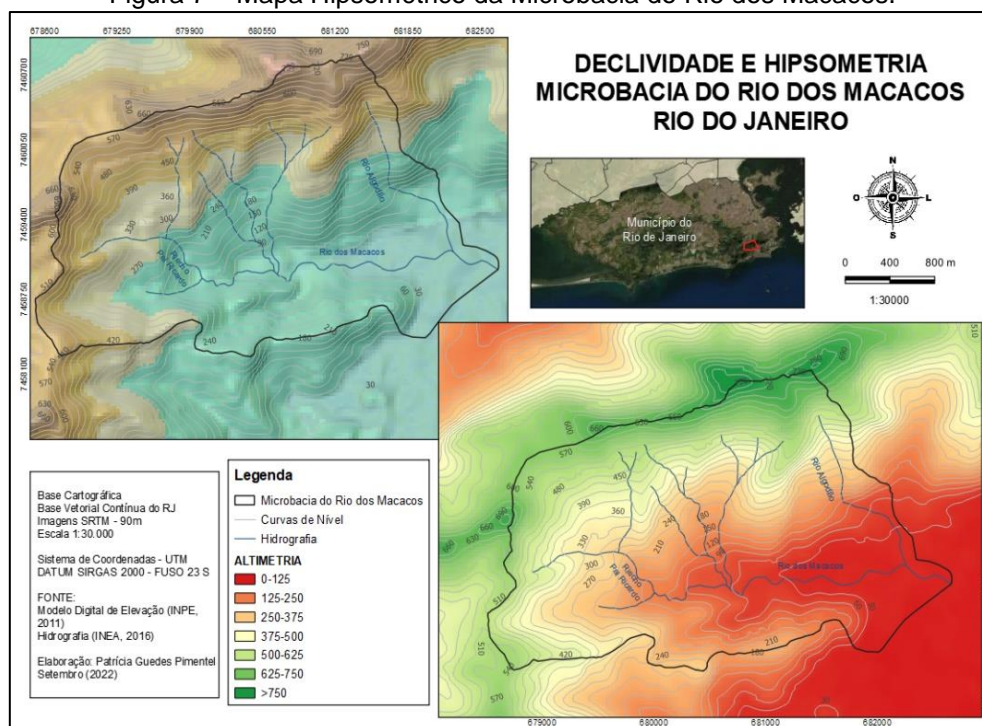
O levantamento de solos realizado nas dependências do Jardim Botânico (Calderano Filho *et al.*, 1992) demonstrou a predominância de Cambissolos e Regossolos – estudo baseado no antigo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). A esse respeito, sabe-se que Cambissolos se formam a partir de processos de intemperismo, geralmente encontrados em áreas de relevo suave a ondulado. Já os Regossolos são aqueles formados a partir de materiais sedimentares recentes, como aluviões, colúvios ou depósitos eólicos, geralmente encontrados em áreas onde há acúmulo recente de sedimentos (margens de rios, encostas de colinas ou áreas costeiras).

A partir do MDE utilizado para definição das curvas de nível, foi elaborado o Mapa Hipsométrico (Figura 7) delimitado para a área de estudo. Segundo informado no Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2000), é uma área de alta vulnerabilidade a eventos de erosão e movimentos de massa, que apresenta variações na elevação do terreno chegando à marca dos 750 metros.

O relevo à montante da microbacia é representado por parte do Maciço da Tijuca que, conforme dados da Carta de Suscetibilidade a Movimentos

Gravitacionais de Massa e Inundação (CPRM, 2018), predominam as formações montanhosas e escarpadas.

Figura 7 – Mapa Hipsométrico da Microbacia do Rio dos Macacos.



Fonte: Autores, 2022.

De acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2018), no relevo de alta declividade, são identificados solos pouco evoluídos e rasos, solos litólicos (não hidromórficos, com baixo grau de desenvolvimento pedogenético) e depósitos de encosta. Já na porção de menor altitude são definidas as regiões de alta suscetibilidade a inundações, com destaque para os solos hidromórficos, em terrenos ao longo de cursos d'água, mal drenados e com nível d'água subterrâneo aflorante a raso.

Este tipo de representação topográfica contribui para uma compreensão mais precisa sobre a localização das nascentes do Rio dos Macacos nessa parte do Maciço da Tijuca, bem como do terreno propenso a deslocamentos de massa. Além disso, o mapeamento em diferentes momentos se mostra uma excelente ferramenta para interpretação dos processos ambientais e antrópicos na Microbacia do Rio dos Macacos.

A preservação da vegetação na microbacia desempenha um papel fundamental na gestão e mitigação de riscos causados por eventos hidrológicos extremos. Considerar a ausência de cobertura vegetal suscita uma reflexão significativa, uma vez que implica um aumento substancial na fração de escoamento superficial. Portanto, a manutenção da cobertura vegetal é imperativa não apenas para a preservação da biodiversidade e do equilíbrio ecológico, mas também para a moderação dos efeitos negativos desses eventos.

3 CONCLUSÃO

As diferenças observadas entre 2009 e 2013 na Microbacia do Rio dos Macacos evidenciaram a redução de 0,14 % de cobertura arbórea e arbustiva, o que corresponde a uma perda de 1 ha de área. No mesmo período, constatou-se um aumento de 0,7 ha de área por afloramentos rochosos e depósitos sedimentares, indicando que a relação com a perda de área vegetada tem como causa os processos erosivos e movimentos de massa que ocorrem em áreas de elevada declividade.

A análise temporal permitiu observar que as mudanças de cobertura vegetal na área de estudo foram pouco expressivas. Esta resistência aos efeitos da urbanização que a região ainda apresenta, muito se deve às práticas de proteção do meio ambiente. Nessa perspectiva, destaca-se a importância do JBRJ na manutenção das áreas verdes e dos corpos hídricos, além de suas práticas de preservação responsáveis por minimizar as consequências de processos erosivos em episódios hidrológicos extremos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Universidade do Rio de Janeiro (UERJ), pelo ensino proporcionado e incentivo à pesquisa.

À Embrapa Solos do Rio de Janeiro, pela parceria que foi essencial para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm Acesso em: 27 mar. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 339 de 25 de setembro de 2003. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2003/res_conama_339_2003_jardinsbotanicos.pdf Acesso em: 27 mar. 2021.

CALDERANO FILHO, B., WITTERN, K. P., CONCEIÇÃO, M., TAVARES, N. P., FAGUNDES, S. R. F. Identificação de limitações pedológicas e ambientais causadoras da degradação de áreas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Série Estudos e Contribuições n. 10, EMBRAPA SNLCS- IBAMA. Rio de Janeiro, 1992. COELHO NETTO, A. L. O processo erosivo nas encostas do maciço da Tijuca, RJ, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 112 p., 1979. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/16/teses/19930.pdf> Acesso em: 26 out. 2023.

COELHO NETTO, A. L. Overlandflow production in a tropical rainforest catchment: the role of litter cover. **CATENA**, vol. 14, p. 213-231, 1987. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S034181628780019X> Acesso em: 26 out. 2023.

CPRM. Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Serviço Geológico do Brasil, 2000. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/14/rel_proj_rj_geoambiental.pdf Acesso em: 05 set. 2022.

CPRM. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município do Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/20329> Acesso em: 05 set. 2022.

EMBRAPA. Mapa semidetalhado de solos do município do Rio de Janeiro (2017). Distribuição espacial dos solos do município de Rio de Janeiro, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 1999). Escala: 1:75.000. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Asolos_municipio_rj_75000_2004_lat_long_wgs84_1#more Acesso em: 18 abr. 2023.

FERNANDES, M. C.; AVELAR, A. S.; COELHO NETTO, A. L. Domínios Geo-Hidroecológicos do Maciço da Tijuca, RJ: Subsídios ao Entendimento dos Processos Hidrológicos e Erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 2, p. 122-148, 2006. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6621/5218> Acesso em: 26 out. 2023.

GOMES, F. O. Mapeamento Geomorfológico do Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro (RJ). Relatório do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica –

PIBIC. Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC, 2020. Disponível em: https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2020/download/relatorios/CCS/GEO/GEO-Fernando%20de%20Oliveira%20Gomes.pdf Acesso em: 26 out. 2023.

GUERRA, A. J. T. Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e Conservação dos Solos. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. 340 p.

IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf> Acesso em: 05 set. 2022.

INEA. Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERHI-RJ. Instituto Estadual do Ambiente, 2014. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdgz/~e_disp/inea0083952.pdf Acesso em: 05 set. 2022.

INPE. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (Topodata). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php> Acesso em: 28 ago. 2022.

LEPSCH, I. F. 19 Lições de Pedologia. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. 310 p.

LUMBRERAS, J. F.; GOMES, J. B. V. Mapeamento pedológico e interpretações úteis ao planejamento ambiental do município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 331 p. Contém 1 mapa, color. Escala 1:75.000. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/89018/1/mapeamento-rj-1.pdf> Acesso em: 26 out. 2023.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; BESKOW, S. Hidrologia de Superfície: princípios e aplicações. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2020. 531 p.

MPRJ. Mapas In Loco - Ministério Público do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://apps.mprj.mp.br/sistema/inloco/> Acesso em: 28 ago. 2022.

NEGREIROS, A. B. Respostas geohidroecológicas em clareira de deslizamento numa encosta florestada: Alto Rio dos Macacos, Maciço da Tijuca (RJ). Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 88 p., 2006. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/16/teses/682056.pdf> Acesso em: 26 out. 2023.

PALMIERI, F.; SANTOS, H. G. dos. Levantamento semidetalhado e aptidão agrícola dos solos do Município do Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro:

EMBRAPA-SNLCS, 1980. 389 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim técnico, 66). Acompanha 2 mapas, p&b. Escala 1:50.000. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/336000?mode=full> Acesso em: 26 out. 2023.

PALMIERI, F. Sinopse do levantamento semidetalhado dos solos do município do Rio de Janeiro, por Francesco Palmieri e Humberto Gonçalves dos Santos. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1982. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1142638/1/CNPS-DOC.-2-82.pdf> Acesso em: 26 out. 2023.

PIMENTEL, P. G.; TEIXEIRA, W. G. Análise dos eventos hidrológicos críticos no bairro do Jardim Botânico, Rio de Janeiro. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, [S. l.], v. 16, n. 45, p. 1931–1945, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1000>. Acesso em: 26 out. 2023.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 4. ed. Barueri [SP]: Manole, 2022. 508 p.

RIO DE JANEIRO. Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro – PDMAP, 2014. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6165511/4162116/pmsb_drenagem_e_manejo_de_aguas_pluviais.pdf Acesso em: 26 out. 2023.