

Uma abordagem multiescalar das alterações do uso do solo na Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro.

A multiscale approach to land use change in Tijuca Forest, Rio de Janeiro.

Paula Coelho Araújo

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
plcaraujo@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-0836-9094

André de Sousa Avelar

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
andreavelar@acd.ufrj.br
ORCID: 0000-0002-5531-3931

Resumo:

As florestas tropicais prestam diversos serviços ambientais, principalmente as urbanas que atuam como reguladores climáticos e hidrológicos dos sítios urbanos. A Floresta da Tijuca está localizada na cidade do Rio de Janeiro (Brasil) e possui um histórico de devastação, o que refletiu em grande perda da sua diversidade e alterações em todo o sistema geohidroecológico. O objetivo da pesquisa é realizar um resgate espaço-temporal dos impactos provocados na floresta, por alterações no uso do solo, e como estes impactos conduziram às modificações nos sistemas ambientais. O processo de degradação florestal iniciou-se no século XIX, a partir da derrubada da vegetação e implantação do cultivo do café nas encostas florestadas. A cidade do Rio de Janeiro então sofreu déficits no abastecimento de água, a estabilidade original do sistema foi afetada e houve alterações nas condições microclimáticas, contribuindo para que o governo promovesse o reflorestamento destas áreas. Por ser uma floresta urbana, a mesma é fonte de grandes pressões externas que alteram as condições iniciais do geossistema, sendo constatada na pesquisa modificações na temperatura e na qualidade da água, ocorrência de chuva ácida, deslizamentos de terras, dentre outros. Este quadro de degradação evoluiu significativamente ao longo das décadas, porém a unidade de conservação, nos últimos anos, tem sido fortemente protegida por medidas implantadas pelo órgão gestor e apresentando melhorias nos resultados em termos de qualidade ambiental. Conclui-se que a floresta, apesar de toda a degradação sofrida, continua ainda desempenhando funções fundamentais como a estabilização do clima, a regulação hidrológica e as raízes da cobertura vegetal contribuem para a estabilidade das encostas. Nesse sentido, a conservação deste recurso é fundamental para que estes serviços ambientais continuem sendo realizados e continuem também beneficiando a própria cidade.

Palavras-chave: Floresta urbana; Alterações do uso do solo; Degradação florestal.

Abstract:

Tropical forests provide various environmental services, especially urban ones that act as climate and hydrological regulators of urban sites. The Tijuca Forest is located in the city of Rio de Janeiro (Brazil) and has a history of devastation, which reflected in great loss of its diversity and changes throughout the geohydroecological system. The objective of the research is to perform a space-time rescue of the impacts caused in the forest, by changes in the use of the soil, and how these impacts have led to the modifications in the environmental systems. The process of forest degradation began in the 19th century, from the clearing of vegetation and the implantation of coffee cultivation on forested slopes. The city of Rio de Janeiro suffered deficits in water supply then, the original stability of the system was affected and there were changes in the microclimatic conditions, contributing for the government to promote the reforestation of these areas. Because it is an urban forest, it is a source of great external pressures that alter the initial conditions of the geosystem, being verified in the research modifications in the temperature and water quality, occurrence of acid rain, landslides, among others. This degradation framework has evolved significantly over the decades, but the conservation unit in recent years has been strongly protected by measures implemented by the managing body and showing improvements in results in terms of environmental quality. It is concluded that the forest, despite all the degradation suffered, still plays a fundamental role as the stabilization of the climate, the hydrological regulation and the roots of the vegetation cover contribute to the stability of the slopes. In this sense, the conservation of this resource is fundamental so that these environmental services continue being realized and continue also benefiting the own city.

Keywords: Urban forest; Changes in land use; Forest degradation.

Introdução

As florestas tropicais atuam como verdadeiros moderadores da qualidade ambiental, pois amortecem os impactos de diversas magnitudes, contribuindo para a estabilidade do sistema existente nas cidades, a atenuação das variações térmicas, o controle da erosão das encostas, bem como, na manutenção do equilíbrio hídrico. Além destes fatores, ainda garantem a infiltração da água no solo, a recarga dos aquíferos e atuam na interceptação das águas das precipitações (Coelho Netto, 1985; Zaú, 1994; Rocha Leão, 1997; Silveira, 1997; Fernandes, 1998; Felipe, 2009).

O depósito de serapilheira, que se acumula nos solos florestais, impede o impacto direto das gotas de chuva no solo, e por sua vez, a ocorrência de processos erosivos, lixiviação e compactação do solo. Ademais, a serapilheira permite que haja maior disponibilidade de matéria orgânica no solo, contribuindo para sua melhor formação, estruturação e estabilização dos agregados e aprimoramento dos atributos físicos que favorecem a infiltração (Campos *et al.*, 1995).

As mudanças relacionadas ao uso do solo provocam desmatamentos das áreas de cobertura

vegetal e, embora determinadas regiões impactadas possam sofrer uma regeneração parcial ou integral do sistema florestal, o retorno da funcionalidade geohidroecológica só ocorrerá em um prazo mais longo (Coelho Netto, 1995).

As alterações promovidas na vegetação, nos solos e demais componentes da biosfera terrestre influenciam em mudanças no clima, como nos processos biogeoquímicos e nas propriedades biofísicas da superfície. Logo, a quantidade de energia água, carbono e outras espécies químicas que são estocadas e trocadas com a atmosfera irão também sofrer variações (Zhao e Jackson, 2014; Bright *et al.*, 2015). Chapin *et al.* (2012) retrata que as mudanças na cobertura vegetal podem, ainda, resultar em perturbações na temperatura do ar e afetar a estrutura do ecossistema e suas funcionalidades.

A Floresta da Tijuca é uma unidade de conservação urbana, localizada na cidade do Rio de Janeiro, Brasil (Figura 1). É marcada por um histórico de devastação, com grande perda da sua diversidade, a partir da retirada da cobertura vegetal e uso da terra para fins econômicos, principalmente no que se refere aos fins agrícolas. Tais modificações provocaram alterações em todo o sistema geohidroecológico, principalmente no que tange a dinâmica

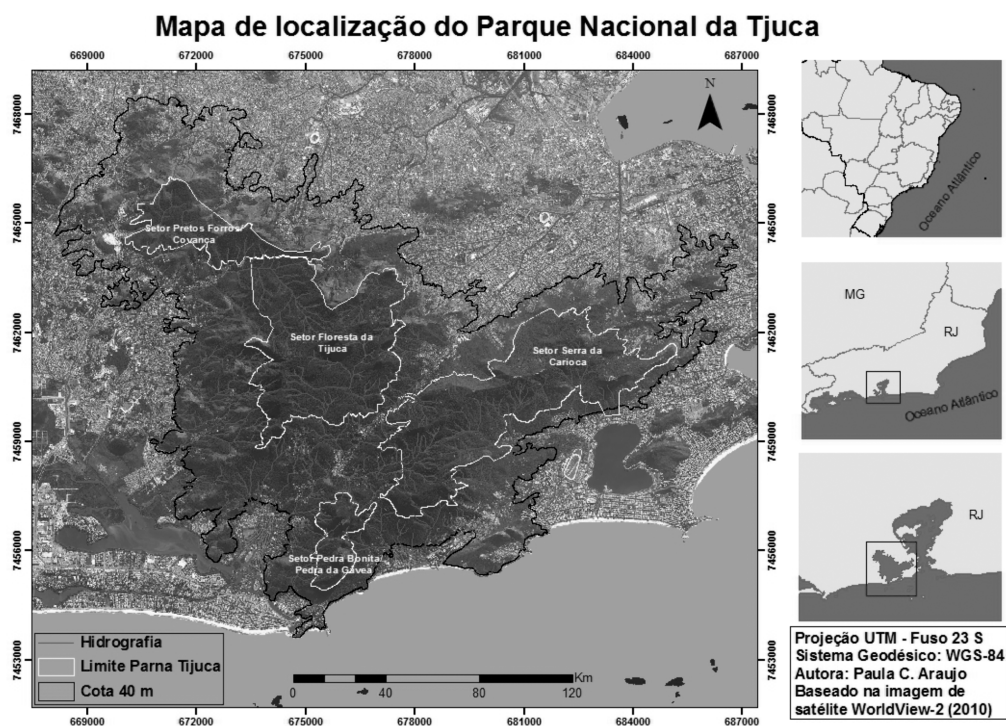


Figura 1
Mapa de localização da Floresta da Tijuca.

hidrológica, conduzindo a grandes desequilíbrios, que afetaram o abastecimento hídrico da cidade do Rio de Janeiro, induzindo a redefinição dos planos de abastecimento de água.

Diante da importância da manutenção das áreas de uso florestal e das consequências causadas pela perda deste recurso, esta pesquisa tem por objetivo fazer um resgate espaço-temporal dos impactos provocados na floresta, por alterações no uso do solo da Floresta da Tijuca, com a finalidade de compreender como estes impactos interferem nos sistemas ambientais e influenciam nas respostas apresentadas pela floresta.

A remoção da floresta e os impactos nos compartimentos geossistêmicos

No ciclo hidrológico há circulação de água no planeta em decorrência das variações de entrada de energia e modificações do estado físico da água. A partir da precipitação, parte da água irá evaporar ou ser interceptada pela vegetação, antes mesmo de atingir a superfície, e a outra parte, irá infiltrar, até saturar os poros do solo, gerando um escoamento subsuperficial (Coelho Netto, 1995; Summerfield, 1991). Quando a umidade do solo estiver suficientemente elevada, a água irá percolar lateralmente no solo em direção aos rios através do escoamento superficial (Dunne e Leopold, 1978).

A partir da retirada da floresta irão ocorrer alterações nos fluxos envolvidos no ciclo hidrológico. Com o aumento do albedo, a vegetação tende a absorver maior quantidade de radiação de onda curta e, por conseguinte, refletir menos. Haverá maiores flutuações da temperatura e déficit de tensão de vapor das superfícies (Tucci, 2003).

Em áreas florestais a evapotranspiração (ET) é alta devido à baixa taxa de albedo, baixas temperaturas da superfície diurna, alta rugosidade aerodinâmica (devido à baixa resistência aerodinâmica ao transporte de vapor de água), alta área foliar, em função do alto armazenamento de interceptação pelas chuvas, além das raízes serem profundas. A ET é maior em florestas tropicais, do que em outros tipos de cobertura da terra (Bruijnzeel, 2001), no entanto, variações nas taxas de evapotranspiração ocorrem a partir de transformações no uso e cobertura do solo (Lee, 2010).

Algumas pesquisas demonstram a relação entre a precipitação e a evapotranspiração. Eltahir e Bras (1996) estimaram que de 25 a 56% da precipitação amazônica é derivada da ciclagem da água evaporada no interior da bacia, logo, se a evaporação for

reduzida pelo desmatamento, a precipitação, por sua vez, também irá. Modelos de previsão do clima apontam para este cenário, ou seja, diminuição da precipitação devido à evapotranspiração reduzida (Hahmann e Dickinson, 1997).

Em geral, as florestas tropicais possuem maior capacidade de infiltração e realizam este processo de uma forma mais rápida, em função dos valores de condutividade hidráulica do solo serem mais elevados, assim como, dispõem de um dossel denso e de um sub-bosque que retém alto teor de matéria orgânica (Lima *et al.*, 2013). Nesse sentido, o desflorestamento produz alterações hidrológicas e climáticas, que afetam a umidade do solo, reduzindo a sua capacidade de infiltração.

Em áreas urbanas, os processos como a lixiviação e a compactação do solo reduzem a porosidade total e o volume dos macroporos no solo, acarretando a redução das taxas de infiltração. Estes fatores, aliados com a redução da condutividade hidráulica nos solos, promovem o aumento do fluxo superficial hortoniano, que é uma importante fonte de erosão fluvial em áreas desflorestadas. De acordo com Neary *et al.* (2009) algumas superfícies foram tão alteradas que as taxas de infiltração se aproximaram de zero e 100% das chuvas incidentes apresentaram fluxo superficial.

Alvarenga *et al.* (2016) analisaram a simulação e observação de componentes hidrológicos em uma pequena bacia florestada, a partir do Modelo de Distribuição Hidrológica no Solo e na Vegetação (DHSVM), e os efeitos de possíveis cenários de mudança de cobertura na bacia estudada. Os resultados demonstraram que essas alterações na cobertura promovem aumento de 22% no escoamento superficial, diminuição de 71% de interceptação do dossel, redução em 30% da evapotranspiração e 10% da profundidade do lençol freático.

A redução na disponibilidade de água dos aquíferos, assim como na ET da bacia, diminui o fluxo que alimenta os canais em períodos mais secos (Price, 2011). A tendência para o declínio do fluxo de base associada à urbanização também foi constatado entre alguns estudos disponíveis na literatura (Chang, 2007; Rose e Peters, 2001; Simmons e Reynolds, 1982; Leopold, 1968).

Coelho *et al.* (2015) afirmam que o sul do Brasil, durante o verão de 2013/2014 e no início do ano de 2015, sofreu a maior seca observada comparada aos últimos anos, o que afetou a disponibilidade de água na região. A floresta poderia atenuar estes efeitos, oferecendo melhores condições para a regulação natural do fluxo (Price, 2011).

Menezes *et al.* (2009) compararam duas nascentes com diferentes usos de solo. Os autores obtiveram resultados de condutividade hidráulica superior a 2,5 m/dia e abaixo de 1 m/dia, bem como, porosidade drenável superior a 40% e inferior a 32%, em bacias florestada e agrícola, respectivamente.

Os fluxos de sedimentos e nutrientes, em bacias florestadas, são também moderados, uma vez que os mesmos fatores que promovem a infiltração, fluxo e armazenamento de umidade no solo, também reduzem a erosão superficial (Neary *et al.*, 2009). Os ciclos curtos de nutrientes em solos florestais e bacias hidrográficas não perturbadas resultam em ganhos líquidos e, quando há perdas, as mesmas mostram-se reduzidas, em comparação com outros usos da terra (Hornbeck *et al.*, 1987; Swank e Waide, 1988). Além disto, as plantas perenes e a matéria orgânica nos solos da floresta ajudam a reter nutrientes.

Os canais que drenam as águas em áreas florestais tendem a ser relativamente estáveis, com baixas concentrações de nutrientes e contaminantes, além de conterem maior biodiversidade aquática em relação aos rios das áreas adjacentes que abrigam outros tipos de uso do solo (Kratzer *et al.*, 2006). Nunes (2009) em sua pesquisa concluiu que as concentrações de nitratos, fósforo, coliformes totais e condutividade na água estavam relacionadas à ocupação do solo. Em área florestal a qualidade da água apresentou-se em bom estado de conservação, enquanto que em locais onde se desenvolvem atividades urbano-industriais o recurso mostrou-se deteriorado.

Em encostas montanhosas a velocidade do escoamento superficial das águas é maior, em função da ação da força da gravidade, tendo a vegetação um papel fundamental ao atuar como barreira natural para o fluxo hídrico (Tambosi *et al.*, 2015). Naturalmente, essas áreas estão sujeitas aos movimentos de massa no solo, no entanto, a remoção da cobertura vegetal do solo potencializa estes eventos catastróficos. Terrenos com declividades superiores a 25°, em que a cobertura vegetal foi removida por ações antrópicas, têm alto risco de deslizamentos, como já ocorrido na Floresta da Tijuca, em que as encostas possuem declividades que variam entre 18° e 37° (Fernandes *et al.*, 2001).

Esta análise teórica permite compreender como a derrubada da cobertura vegetal afeta os demais compartimentos geossistêmicos em florestas tropicais e favorece o entendimento dos processos ocorridos na Floresta da Tijuca, após o uso do solo ser destinado ao cultivo do café.

A Floresta da Tijuca: processos de degradação e esforços para o retorno das suas funcionalidades

As florestas primárias da cidade do Rio de Janeiro sofreram poucas alterações até quase metade do século XVIII. Até o século XIX, o abastecimento de água do Rio de Janeiro estava sujeito à captação do recurso nas encostas florestadas montanhosas (trazidas pela força da gravidade), que chegava até a população através de fontes e chafarizes públicos distribuídos pela cidade, transportada por aquedutos (Drummond, 1988).

O café, espécie exótica que foi introduzida pelos europeus em território brasileiro a partir de 1750, adaptou-se às condições climáticas e pedo-geomorfológicas do Rio de Janeiro e transformou-se rapidamente em cultivo de grande escala, tornando-se a principal atividade econômica da sociedade imperial, já que também a maior parte das receitas geradas no país provinha desta atividade econômica (Abreu, 1992).

Entre 1790 e 1830 o plantio monocultor, inicialmente inserido dentro das fazendas na cidade do Rio de Janeiro, expandiu em direção as encostas florestadas e em um curto período, a vegetação que estava praticamente intacta foi derrubada. Esta cobertura florestal então teve como destino a produção de carvão e o seu emprego como material de construção. A Floresta da Tijuca ficou exposta a pressões demográficas e econômicas (Amador, 1992).

A ausência da cobertura vegetal associada aos processos erosivos e o uso intenso do solo utilizado pela monocultura reduziram as taxas de precipitação, provocando durante os episódios de elevadas chuvas as inundações na cidade. Os aquíferos subterrâneos também deixaram de ser abastecidos, assim como, os fluxos de base dos rios e as nascentes. Quando as terras se mostravam improdutivas para o plantio, se recorria a outras e abandonavam-se aquelas erodidas, aprofundando o desmatamento da floresta (Dean, 1996).

As áreas abandonadas pelo plantio do café eram posteriormente utilizadas pela pecuária extensiva ou eram, gradativamente, ocupadas por gramíneas, dando início ao processo de sucessão ecológica (Drummond, 1997).

Como resultado deste processo exploratório houve quatro grandes secas nos anos de 1824, 1829, 1833 e 1843, que causaram sérios déficits no abastecimento de água na cidade do Rio de Janeiro, juntamente com os cursos d'água que apresentavam redução significativa do seu fluxo. A escassez hídrica, a busca por novas fontes de captação de água era

uma preocupação constante no governo e os debates políticos advertiam sobre as práticas do uso do solo e desmatamento, as modificações nas precipitações e um possível cenário no futuro de paisagens desérticas (Pádua, 2004; Figueiró, 2005).

Conforme Abreu (1992), em 1843 sob forte e prolongada seca, medidas conservacionistas que visavam recompor a vazão das nascentes foram implantadas, uma vez que se compreendeu que não era mais possível encontrar novos mananciais, se os já existentes não fossem preservados. Assim, diversas propriedades rurais foram desapropriadas para fins de preservação e recuperação das fontes de água e da floresta. Posto isto, o governo imperial em 1844: “(...) mandou abastecer com novas plantações as matas existentes, que estão desfalcadas, e ampliá-las com outras artificiais, alternando nestas as árvores de pronto crescimento e de pouca duração, com as de grande duração e crescimento tardio, a fim de que, quando perecerem as primeiras, achem-se as segundas em estado de suprir a sua falta”. (Ministério do Império *apud* Abreu, 1992: 77).

Durante os anos de 1862 a 1887, milhares de mudas foram plantadas junto às encostas e nascentes, promovendo o reabastecimento de água potável na cidade e, ainda, o surgimento do ecossistema de floresta secundária.

Embora essas ações contribuíssem para a retomada da água, a estabilidade original do sistema foi afetada e a floresta não se regenerou por completo. A partir do rompimento da estabilidade inicial, fixaram-se permanentemente as gramíneas, que possuem uma capacidade reduzida de ciclagem de nutrientes (Figueiró, 2005). Logo, as mudanças ocorridas na vegetação, também propiciaram alterações nas condições microclimáticas, nas temperaturas, na umidade, na circulação do ar e mudanças na fauna local. Assim, o processo de desajuste ou a instabilidade do sistema montanhoso iniciou-se a partir do histórico de ocupação.

A floresta frente aos novos desequilíbrios

A floresta, atualmente, é um “importante centro armazenador e distribuidor de águas pluviais, de onde convergem descargas fluviais (líquidas, sólidas e solúveis) para as baixadas circundantes, antes de desaguiarem em seus respectivos reservatórios terminais” (Coelho Netto, 2005: 48). Os canais fluviais possuem excelente qualidade da água, com altos teores de oxigenação, livres da presença de contaminantes, sendo as alterações apresentadas pelo

recurso, em função do contato entre os outros compartimentos geoambientais (Araujo, 2016).

A serapilheira possui um papel fundamental para a regulamentação térmica e a dinâmica geoecológica do solo. Esta camada de matéria orgânica possui a capacidade de “tamponamento térmico” e a pesquisa de Figueiró (2005) aponta uma diferença de temperatura entre o topo e a base da serapilheira, chegando a ultrapassar 3°C.

Apesar dos serviços ambientais prestados à cidade, a expansão do sítio urbano e o processo de ocupação no entorno florestal vem causando alterações na cobertura vegetal. As edificações formais e ocupações informais, estradas, loteamentos, vem alterando as condições climáticas locais, gerando as ilhas de calor, aumento das temperaturas nos centros urbanos e modificações nos fluxos dos ventos potencializando, desta forma, os efeitos dos eventos climáticos extremos e promovendo grandes descargas pluviais (GEOHECO/SMAC, 2000). A poluição atmosférica também é agravada pelas atividades urbanas, sendo constatada a ocorrência de chuva ácida em algumas mensurações pluviométricas (Silveira, 1997).

As mudanças ambientais, induzidas pelo fator antrópico, vêm causando alterações no ciclo hidrológico, perda de resistência dos solos, aumento dos processos erosivos e, gerando em decorrência disto, os movimentos de massa. Estudos demonstram que na estação chuvosa, estas descargas hídricas extrapolam a capacidade de suporte dos sistemas de drenagem urbana, provocando enchentes nas áreas mais baixas (Zaú, 1994; Rocha Leão, 1997; Silveira, 1997; Fernandes, 1998).

Outra forma de degradação verificada é o aumento da ocorrência de incêndios, devido à prática de soltar balões de papel (impulsionados por ar quente) por parte da população. Desta forma, observa-se que estes locais já estão condicionados a um “ciclo de degradação”, tendo em vista que a ocorrência do fogo deteriora a vegetação e cria as condições para que ocorram outros episódios (Freitas, 2001). Além disto, os incêndios são os geradores dos desajustes geo-hidroecológico em todo o sistema.

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal, de Dias (2011), realizado no maciço montanhoso que abriga a floresta, demonstrou que há predomínio da cobertura vegetal em bom estado de conservação (86%), mas também 10% de áreas de ocupação formal e informal. Estes 10% de ocupação causam mudanças significativas na qualidade de água, como verificado em parte das áreas adjacentes, em que é recorrente encontrar resíduos domésticos na água (Araujo, 2013).

As comunidades de ocupação informal utilizam as nascentes como forma de abastecimento de água, descartam seus resíduos diretamente nos rios, em fossas e em algumas partes o esgotamento sanitário é oferecido para a população residente. Já no setor de ocupação formal, o abastecimento hídrico é feito predominantemente pelas nascentes, mas há presença de fossas. Diante da ineficiência de redes de esgoto no entorno da floresta, as águas podem estar sendo contaminadas e tendo sua qualidade alterada (Silva, 2014).

A escala de impactos na vegetação extrapola os limites da Floresta da Tijuca, como apontado por diversos estudos. A ocorrência de movimentos de massa devido às ocupações estava sendo frequentes durante os anos anteriores a 2006 nas encostas montanhosas florestadas do Rio de Janeiro, sendo que a degradação, das clareiras de deslizamento, se propaga mais rapidamente que o tempo de retorno da vegetação para estas clareiras (Negreiros, 2011).

O crescimento acelerado do Rio de Janeiro, a partir do século XX, juntamente com a ocupação de encostas assinala uma nova etapa de degradação florestal, contribuindo para que os desastres naturais se tornasse um evento recorrente na cidade (GEOHECO/SMAC, 2000).

A bacia do rio Cachoeira possui suas cabeceiras de drenagem inseridas dentro da Floresta da Tijuca e sua extensão abrange as áreas do entorno da floresta, atingindo as áreas urbanas. Nesse sentido, tomando como referência esta bacia, foi realizado o monitoramento do uso do solo de todo o maciço da Tijuca, incluído a bacia do rio Cachoeira, dos seguintes anos e de acordo com as seguintes fontes: 1972, 1984 e 1996 por GEOHECO (2000) e 2014 por Martinez (2014). Desta forma, podem-se compreender as alterações que ocorreram na bacia ao longo dos anos a partir das Figura 2 e Quadro I (existem poucas alterações no que se refere às nomeações das classes ao longo dos anos supracitados).

Ao longo dos anos, observaram-se algumas modificações nos resultados, porém cabe ressaltar que, os mapeamentos possuíam alguns aspectos que se diferenciavam, como a resolução e qualidade das imagens e até mesmo na própria interpretação das classes por parte dos autores para mapear.

No Quadro I, constata-se que no ano de 1996 foram obtidos baixos resultados no que tange a qualidade ambiental, ou seja, aumento dos movimentos de massa e um valor elevado das áreas de gramíneas, no mesmo período em que houve redução da floresta em estágio de sucessão avançado.

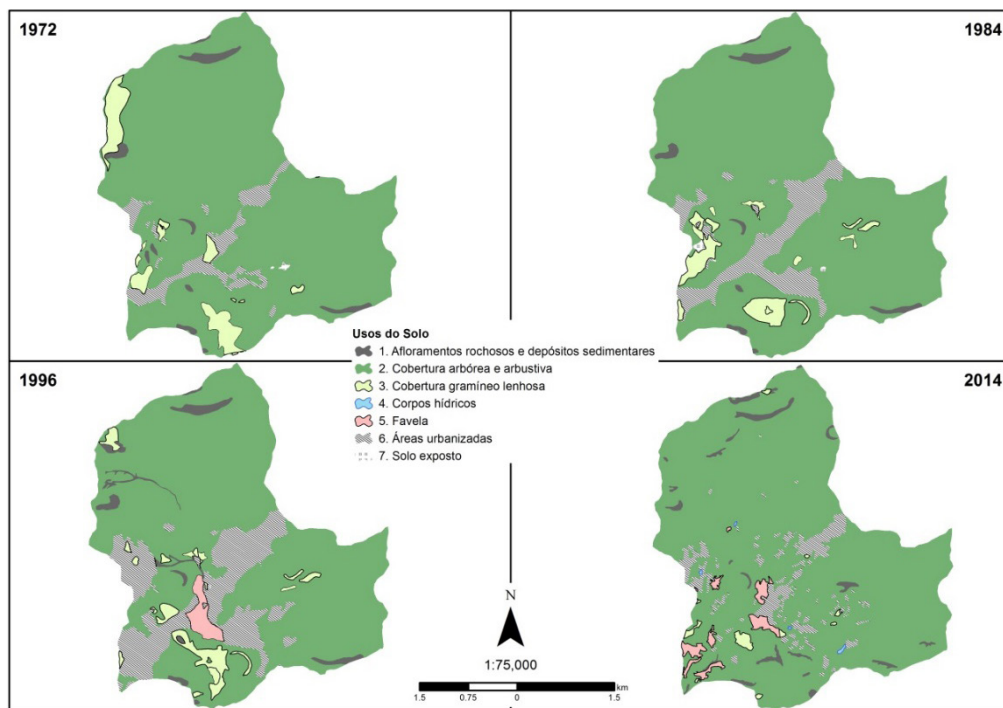


Figura 2
Monitoramento do uso do solo da bacia do rio Cachoeira, Floresta da Tijuca
Fonte: Elaborado por Maria Isabel Martinez (2017).

Quadro I

Informações sobre as alterações de uso do solo da bacia do rio Cachoeira (Floresta da Tijuca), ao longo dos anos.

		Área (Km²) relativa às classes ao longo dos anos			
Classes (anos de 72/84/96)	Classes (ano de 2014)	1972	1984	1996	2014
Movimento de massa	Afloramentos rochosos e depósitos sedimentares	29,87	27,64	39,60	35,75
Floresta Clímax Local/ Floresta Secundária Inicial/ Floresta Secundária Tardia	Cobertura arbórea e arbustiva	1307,55	1256,36	1137,92	1329,76
Cultivos / gramíneas / Formação Pioneira	Cobertura gramíneo lenhosa	75,97	62,16	54,88	11,12
	Corpos hídricos				1,29
Alta densidade	Favela			23,31	28,60
Baixa densidade	Áreas urbanizadas	82,61	148,32	241,54	90,84
Solo exposto		1,31	2,84	0,07	

Fonte:

Elaborado por Maria Isabel Martinez (2017).

Já no ano de 2014, verificaram-se alterações positivas como a redução das áreas urbanizadas no interior e nas bordas e aumento das áreas florestais nesta bacia, que está localizada predominantemente dentro de uma unidade de conservação. Atribui-se estas melhorias as medidas implantadas pelos órgãos gestores desta área de conservação, que vem nos últimos anos implantando diversas medidas conservacionista, embora ainda existam diversos impactos sob a floresta, conforme supracitado. Martinez (2014) pontua também que esta variação está relacionada à diferença de metodologias utilizadas no mapeamento.

Conclusão

Frente aos impactos sofridos pela floresta, desde o ano de 1750 com as primeiras plantações de café, ela continua ainda desempenhando suas funções. A cobertura vegetal contribui para a regulação hidrológica do sistema ambiental e suas raízes, bem conservadas, geram resistência para a estabilidade das encostas, inibindo os deslizamentos de terra. Além disto, a manutenção desta vegetação garante o controle da destruição de chuva e do armazenamento de água.

Destaca-se que o reflorestamento foi essencial para que o abastecimento de água na cidade retornasse as condições normais e para o reajuste do sistema ambiental.

Esta pesquisa permitiu compreender como os processos sociais sucedidos no tempo e no espaço contribuíram para o entendimento da situação atual da floresta, como as ações antrópicas do passado

ainda estão relacionadas com a forma com que esta cobertura vegetal se apresenta atualmente. Assim, através deste estudo, foi possível obter maior entendimento das questões relacionadas ao sistema tratado e auxilia na elaboração de medidas de intervenção no território com a finalidade de modificá-lo.

Bibliografia

- Abreu, M. A. (1992). A cidade, a montanha e a floresta. In: M. A. Abreu (Org.) *Natureza e sociedade no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.
- Alvarenga, L. A.; Mello, C. R.; Colombo, A.; Cuartas, L. A. & Bowling, L. C. (2016). Assessment of land cover change on the hydrology of a Brazilian headwater watershed using the Distributed Hydrology-Soil-Vegetation Model. *Catena*, 143, 7-17.
- Amador, E. S. (1992). Baía de Guanabara: um balanço histórico. In: M. A. Abreu (Org.). *Sociedade e natureza no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.
- Araujo, P. C. (2016a). *Qualidade de água e relações geoambientais na bacia do rio Cachoeira, Maciço da Tijuca/RJ*. Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Araujo, P. C. (2013b). *Respostas hidrogeoquímicas da qualidade da água na bacia do Córrego sujo, Teresópolis (RJ)*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Bright, R. M. (2015). Metrics for biogeophysical climate forcings from land use and land cover changes and

- their inclusion in life cycle assessment: a critical review. *Environmental Science & Technology*, 49, 3291-3303.
- Bruijnzeel, L. A. (2001). Forest hydrology. In Evans J. C. (ed.) *The Forests Handbook*, vol.1, pp. 301-343. Oxford: Blackwell Scientific.
- Campos, B. C.; Reinert, D. J.; Nicolodi, R.; Ruedell, J. & Petrere, C. (1995). Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19, 121-126.
- Chang, H. J. (2007). Comparative streamflow characteristics in urbanizing basins in the Portland Metropolitan Area, Oregon, USA. *Hydrological Processes*, 21(2), 211-222.
- Chapin Iii, F. S.; Matson, P. A. & Vitousek, P. (2012). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. New York: Springer, New York.
- Coelho Netto, A. L. (1995a). Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Orgs.): *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*, 1ª ed., pp. 93-148. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Coelho Netto, A. L. (1985b). *Surface hydrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, Rio de Janeiro*. Tese de doutorado, Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica.
- Coelho, C. A.; Oliveira, C. P.; Ambrizzi, T.; Reboita, M. S.; Carpenedo, C. B.; Campos, J. L. P. S.; Tomaziello, A. C. N. T.; Pampuch, L. A.; Custódio, M. S.; Dutra, L. M. M.; Rocha, R. P. & Rehbein, A. (2015). The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Climate Dynamics*, 1, 1-16.
- Dean, W. (1996). *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. São Paulo: Cia. das Letras.
- Dias, M. A. (2011). *Influência da topografia na dinâmica de bordas floresta-gramínea em um relevo montanhoso, maciço da Tijuca - RJ*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Drummond, J. A. (1997). *Devastação e preservação ambiental no Rio de Janeiro*. Niterói: EdUFF.
- Drummond, J. A. (1988). O jardim dentro da máquina: breve história ambiental da Floresta da Tijuca. *Estudos Históricos*, 1, 278-294.
- Dunne, T. & Leopold, L. B. (1978). *Water in Environmental Planning*. San Francisco: W. F. Freeman & Co.
- Eltahir, E. A. B. & Bras, R. L. (1996). Precipitation recycling. *Reviews of Geophysics*, 34, 367-378.
- Felippe, M. F. (2009). *Espacialização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte - MG com base em variáveis geomorfológicas, Hidrológicas e Ambientais*. Dissertação de mestrado, UFMG, Belo Horizonte.
- Fernandes, M. C. (1998). *Geoeologia do Maciço da Tijuca-RJ: uma abordagem geohidroecológica*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Fernandes, N. F.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T.; Vieira, B. C.; Montgomery, D. R. & Greenberg, H. (2001). Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2, 51-71.
- Figueiró, A. S. (2005). *Mudanças Ambientais na interface Floresta-Cidade e propagação de efeito de borda no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro*. Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Freitas, L. E. (2001). *Transformações geoecológicas, hidrológicas e erosivas em ecossistemas florestais de encosta: o papel da recorrência de incêndio*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Geoheco-UFRJ/Secretaria Municipal de Meio Ambiente - Rio de Janeiro- RJ. *Estudos de qualidade ambiental do Geoecossistema do Maciço da Tijuca, fase 2: Subsistema Hidrográfico da Zona Sul (SSHZS)*. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.
- Hahmann, A. N. & Dickinson, (1997). R. E. RCCM2-BATS Model over Tropical South America: Applications to Tropical Deforestation. *Journal of Climate*, 10, 1944-1964.
- Hornbeck, J. W.; Martin, C. W.; Pierce, R. S.; Bormann, F. H.; Likens, G. E. & Eaton, J. S. (1987). The Northern hardwood forest ecosystem: ten years of recovery from clearcutting. *U.S. Department of Agriculture*, NE-RP-596.
- Kratzer, E. B.; Jackson, J. K.; Arscott, D. B.; Aufdenkampe, A. K.; Dow, C. L.; Kaplan, L. A.; Newbold, J. D. & Sweeney, B. W. (2006). Macroinvertebrate distribution in relation to land use and water chemistry in New York City drinking-water-supply watersheds. *Journal of the North American Benthological Society*, 25, 954-976.
- Lee, X. (2010). Forests and climate: a warming paradox. *Science*, 328(5985), 1479.
- Leopold, L. B. (1968). Hydrology for urban land planning: A guidebook on the hydrologic effects of urban land use. *Geological Survey Circular*, 554.
- Lima, W. P.; Ferraz, S. F. B. & Ferraz, K. M. P. M. (2013). Interações bióticas e abióticas na paisagem: uma perspectiva eco-hidrológica. In: M. C. Calijuri e D. G. F. Cunha, (Ed.) *Engenharia ambiental conceitos tecnologia e gestão*. pp. 215-244. Rio de Janeiro: Elsevier.

- Martinez, M. I. (2014). *Avaliação da susceptibilidade de terreno para deslizamentos rasos: Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Menezes, M. D.; Junqueira Júnior, J. A.; Mello, C. R.; Silva, A. M.; Curi, N. & Marques, J. J. (2009). Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha-Serra da Mantiqueira (MG). *Scientia Forestalis*, 37, 175-184.
- Neary, D. G.; Ice, G. G. & Jackson, R. (2009). Linkages between forest soils and water quality and quantity. *Forest Ecology and Management*, 258, 2269-2281.
- Negreiros, A. B. (2011). *Recuperação de Floresta Atlântica e resultante hidro-erosiva em clareiras de deslizamentos nas encostas íngremes do Maciço da Tijuca, RJ*. Tese de doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Nunes, A. (2009). Condicionantes físicas e humanas da qualidade das águas fluviais na bacia do rio Tejo. *Cadernos de Geografia*, 28/29, 51-60.
- Pádua, J. A. (2004). *Um sopro de destruição: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista (1786-1888)*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.
- Price, K. (2011). Effects of watershed topography, soils, land use, and climate on baseflow hydrology in humid regions: a review. *Prog. Phys. Geogr.*, 35, 465-492.
- Rocha Leão, O. M. (1997). *Potencialidades e limitações da revegetação no controle da hidrologia e erosão dos solos*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Rose, S. & Peters, N. E. (2001). Effects of urbanization on streamflow in the Atlanta area (Georgia, USA): a comparative hydrological approach. *Hydrological Processes*, 15(8), 1441-1457.
- Silva, F. R. S. (2014). *Uso da água na bacia do rio Cachoeira, Maciço da Tijuca (RJ): Qualidade, escassez e conflitos locais*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Silveira, C. S. (1997). *Hidrogeoquímica em sistema de drenagem montanhoso- florestal: subsídio à compreensão do processo de intemperismo - Parque Nacional da Tijuca, RJ*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Simmons, D. L. & Reynolds, R. J. (1982). Effects of urbanization on base-flow of selected south-shore streams, Long Island, New York. *Water Resources*, 18(5), 797-805.
- Summerfield, M. (1991). *Global Geomorphology*. New York: Longman Scientific & Technical and John Wiley & Sons.
- Swank, W. T. & Waide, J. B. (1988). Characterization of baseline precipitation and stream chemistry and nutrient budgets for control watersheds. In: W. T. Swank e Jr. D. A. Crossley, *Forest Hydrology and Ecology at Coweeta*, 66, 57-80. New York: Springer.
- Tambosi, L. R.; Vidal, M. M.; Ferraz, S. F. B. & Metzger, J. P. (2015). Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos Avançados*, 84, 151-162.
- Tucci, C. E. M. (2003). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: ABRH.
- Zhao, K. & Jackson, R. B. (2014). Biophysical forcings of land-use changes from potential forestry activities in North America. *Ecological Monographs*, 84, 329-353.
- Zaú, A. S. (1994). *Variação da cobertura vegetal e efeitos na hidrologia superficial: Maciço da Tijuca, RJ*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.