

ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS EM CURSOS DE ÁGUA EM AMBIENTE URBANO E O POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE ENCHENTES: O CASO DA BACIA DO CANAL DO MANGUE (RIO DE JANEIRO - RJ)

*Bernardo Regis Guimarães de OLIVEIRA¹
Rosângela Garrido Machado BOTELHO²*

Resumo

O processo de urbanização promove alterações muito impactantes nos cursos de água. As modificações e a degradação da paisagem são destacadas por alterarem a dinâmica do sistema natural dos rios, sobretudo por serem as grandes e, muitas vezes, as principais responsáveis por potencializar a ocorrência de inundações. Nesta pesquisa, realizada na bacia do canal do Mangue, no município do Rio de Janeiro, procurou-se analisar as relações entre os componentes do sistema ambiental e o modo como interagem entre si, a fim de classificar e quantificar a interferência antrópica direta e indireta nas sub-bacias do canal do Mangue e sua maior ou menor propensão à inundação. Para inferir esse potencial foram considerados seis fatores (agravantes ou atenuantes) para cada sub-bacia. São eles: relevo/declividade, uso e ocupação do solo, áreas verdes, impermeabilização do solo e extensão dos rios retificados e dos rios em galerias. Desse modo, analisou-se individualmente cada sub-bacia, com destaque para os rios Comprido, Maracanã e Trapicheiros, que foram monitorados durante os trabalhos de campo. Os resultados mostram que todo o médio e baixo cursos da bacia foram significativamente alterados e que as sub-bacias dos rios Comprido, Joana e Papa-couve foram apontadas como as mais críticas quanto ao potencial de ocorrência de inundação.

Palavras-chave: Cursos de água. Bacia hidrográfica urbana. Bacia do canal do Mangue.

Abstract

Anthropogenic changes in water courses in urban environment and the potential of floods: the case of the canal do Mangue basin (Rio de Janeiro - Rio de Janeiro)

The urbanization process promotes very impacting changes in the watercourses. The modifications and the landscape degradation are highlighted for changing the dynamics of the natural river system, and especially for being the greatest and, often, the main responsible for potentializing the occurrence of floods. In this research, conducted in the basin of the Canal do Mangue in the city of Rio de Janeiro, we tried to analyze the relationships between the components of the environmental system and the way they interact with each other, in order to classify and quantify the direct and indirect human interference in sub-basins of the Canal do Mangue and its greater or smaller propensity to flood. To infer that potential we considered six factors (aggravating or mitigating) for each sub-basin. They are: slope/declivity, use and occupation of land, green areas, soil sealing, extension of rectified rivers and of rivers in galleries. Therefore, we analyzed each sub-basin individually, with emphasis on rivers Comprido, Maracanã, and Trapicheiros, which were monitored during the field work. The results show that all the middle and lower courses of the basin have been significantly altered and that the sub-basins of rivers Comprido, Joana, and Papa-couve have been identified as the most critical ones concerning the potential for flood occurrence.

Key words: Watercourses. Urban watershed. Canal do Mangue basin.

¹ Especialista em Análise Ambiental e Gestão do Território (ENCE/IBGE), Mestre em Engenharia Ambiental (UERJ) - E-mail: bernardo_regis@yahoo.com.br

² Doutora em Geografia Física (USP), Geógrafa da Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais da Diretoria de Geociências do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Professora Colaboradora do Curso de Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território da Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE) - E-mail: rosangela.botelho@ibge.gov.br

INTRODUÇÃO

A interferência humana no ambiente natural indubitavelmente gera impactos ao ambiente. Ao mesmo tempo em que o homem é capaz de transformar e alterar de maneira desregrada a natureza, ele também se torna vítima quando as consequências das suas alterações no ambiente o atingem. As consequências das ações antrópicas sobre o recorte espacial das bacias de drenagem e, conseqüentemente, sobre os rios causam efeitos negativos que passam a afetar diretamente a própria sociedade. As modificações nos cursos de água, a retirada da vegetação e a ocupação indiscriminada das margens, a ineficácia na coleta dos resíduos e a destinação inadequada do esgoto constituem práticas que podem contribuir para o aumento do assoreamento ao longo da calha dos rios e da degradação na qualidade das águas.

Santos (1997) ressaltou que as mudanças não são apenas quantitativas, mas também qualitativas e que, mesmo no início dos tempos modernos, as cidades ainda contavam com jardins. Com o passar do tempo isso ficou mais raro e o meio urbano torna-se cada vez mais um meio artificial, produzido com resquícios da natureza primitiva, crescentemente encobertos pelas obras dos homens.

Nesse contexto de transformações está inserida a bacia hidrográfica do canal do Mangue, que se localiza no núcleo urbano da cidade do Rio de Janeiro (Figura 1), e que nos últimos dois séculos está sendo alvo de grandes modificações no seu ambiente natural.

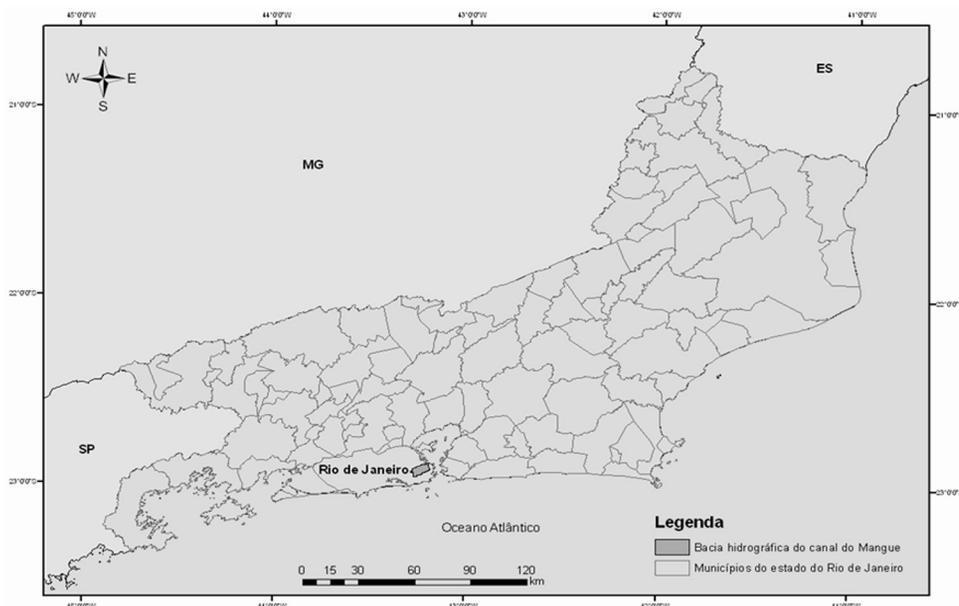


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)

Fonte: modificado de PortalGeo (IPP, 2010).

As sub-bacias hidrográficas selecionadas para o estudo estão majoritariamente localizadas na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro e os principais rios que a compõem são: Maracanã, Trapicheiros, Joana e Comprido. Esses rios desembocam no canal do Mangue, que

por sua vez termina seu curso na baía de Guanabara. A figura 2 apresenta a delimitação das sub-bacias dos afluentes do Canal do Manguê.

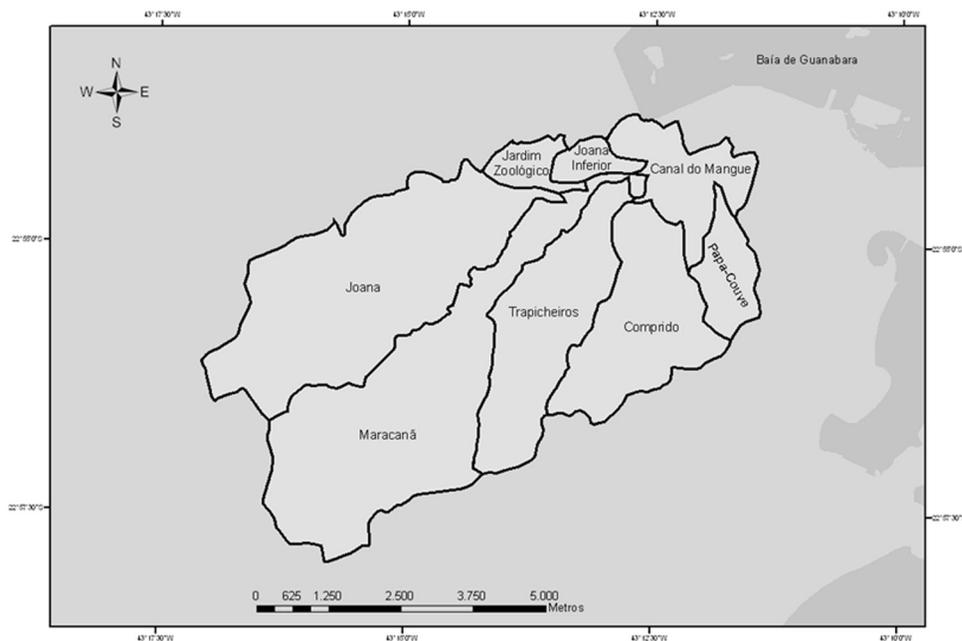


Figura 2 – Sub-bacias da bacia hidrográfica do canal do Manguê (Rio de Janeiro – RJ)

Fonte: modificado de PortalGeo (IPP, 2010).

Segundo Terra (2007, p.279), a construção do canal do Manguê foi iniciada em 1857 e possibilitou a extinção da lagoa da Sentinela e dos pantanais de São Diogo, que iam até quase o Campo de Santana. A construção do canal teve como objetivo principal secar um enorme pântano existente na área onde atualmente está localizado o bairro da Cidade Nova, o qual era foco de doenças, mosquitos e exalações desagradáveis. Em meados do século XIX, com a expansão e valorização da cidade, a drenagem dessas áreas tornou-se necessária, tendo como parâmetro os ideais sanitaristas oriundos do continente europeu (TERRA, 2007, p.278).

Essas foram as primeiras modificações significativas promovidas pelo homem no ambiente natural onde foi construído o canal do Manguê e que alteraram a dinâmica hidrológica do local em que está situada a bacia hidrográfica estudada.

Outra mudança significativa ocorrida naquela área refere-se às obras de retificação. Trata-se de uma obra de engenharia que gera muitas mudanças nas características fluviais. Algumas vezes a retificação é realizada com o objetivo de melhorar a drenagem e reduzir as inundações de algumas áreas. Entretanto, isso pode gerar efeitos negativos mais adiante na rede de drenagem. As áreas a jusante passam a receber um volume maior de água em menos tempo e, dessa maneira, se tornam mais suscetíveis a inundações (BOTELHO, 2011, p.76; CUNHA, 2003, p.243).

As últimas décadas têm sido marcadas pela intensa ocupação urbana e por grandes inundações nas sub-bacias do canal do Manguê, o que já foi comprovado por bibliografia

consultada, notícias na mídia e constatado nas observações realizadas durante os trabalhos de campo. Dados do Alerta Rio (2011) mostram que estações pluviométricas localizadas no bairro da Tijuca, dentro da área da bacia, registraram uma precipitação total acumulada em 24 horas superior a 280 mm em 6 de abril de 2010 e, pouco mais de um ano depois, no dia 26 de abril de 2011, o total precipitado foi semelhante e as consequências para a população e a cidade foram também: alagamentos, trânsito interrompido e fornecimento de energia afetado.

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo a avaliação da interferência antrópica direta e indireta nas sub-bacias do canal do Mangue e sua maior ou menor propensão à inundação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos deste trabalho, foram executados: levantamento bibliográfico, pesquisa de dados secundários sobre a área de estudo, trabalhos de campo, produção de dados primários, interpretação e análise de dados e imagens de satélites, fotografias, cartas e plantas impressas e digitais.

Uma planta contendo a macrodrenagem de toda a bacia hidrográfica do canal do Mangue foi produzida em outubro de 2000, na escala 1:10.000, pela Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A planta digitalizada serviu como base e foi trabalhada no programa *ArcMap* 9.1 para a quantificação das alterações antrópicas diretas nos rios.

Dados sobre o uso do solo e áreas de favelas foram obtidos no PortalGeo da prefeitura do Rio de Janeiro e também foram utilizados na elaboração dos mapas, no cálculo das áreas impermeabilizadas e das análises realizadas. A condição de áreas impermeáveis ou permeáveis foi atribuída a cada classe de uso e ocupação do solo, em função da dominância de estruturas urbanas presentes no terreno, de tal modo que as classes área urbana, área urbana não consolidada e campo antrópico foram consideradas impermeáveis e as demais, permeáveis, à semelhança do que foi elaborado por Kampouraki, Wood e Brewer (2006).

Os trabalhos de campo na bacia hidrográfica do canal do Mangue ocorreram nos dias 7 e 8 de abril de 2010, logo após um intenso evento chuvoso. Nesses trabalhos foram obtidos dados primários e verificadas informações previamente coletadas sobre a área de estudo. Para traçar um contraponto, foi realizado um novo trabalho de campo no dia 23 de abril de 2010, visitando os mesmos pontos dos campos anteriores. Esse último trabalho de campo revelou um cenário completamente diferente, uma vez que no intervalo de duas semanas entre os trabalhos de campo na área de estudo houve um período em que não ocorreram precipitações, caracterizando uma estiagem.

Durante os trabalhos de campo, foram registradas coordenadas geográficas, utilizadas no georreferenciamento da planta digital. Além disso, foram observadas características dos cursos de água, entre elas: velocidade da água, volume, turbidez, poluição por esgoto e lixo doméstico e registros de inundações anteriores. Também foram observados: o uso e ocupação do entorno, sinais ou efeitos das chuvas, obras de engenharia e transformações antrópicas ao longo da extensão dos cursos de água e de suas margens. Também foram realizados registros fotográficos dessas observações.

Os cursos de água da bacia de drenagem foram classificados neste trabalho de acordo com as alterações antrópicas neles realizadas. As classificações foram produzidas com base nos trabalhos de campo, nas imagens de satélite e na planta digital da prefeitura. As diferentes classificações serão descritas a seguir.

A classificação dos cursos de água na bacia se deu conforme a situação em que eles se apresentam no ambiente, tendo sido considerados dois tipos de classificação de acordo com dois tipos de intervenção direta para toda a rede de drenagem da bacia hidrográfica:

- 1 – Quanto ao tipo de canal de escoamento, que pode ser aberto ou em galeria. Os trechos dos cursos de água em canal aberto são todos aqueles que apresentam o leito a céu aberto, e os trechos dos cursos de água em galeria são todos aqueles que apresentam o leito coberto e cujas águas escoam por dutos subterrâneos.
- 2 – Quanto à existência ou não de obras de retificação. Essa classificação foi elaborada observando os cursos de água, as cotas altimétricas na carta e a situação dos cursos de água durante os trabalhos de campo. Analisando esses fatores, foi possível inferir quais trechos dos cursos de água da bacia foram retificados, apesar da ausência de informação histórica quanto à alteração.

Para realizar a classificação das oito sub-bacias da bacia do canal do Mangue quanto ao potencial de ocorrência de inundação foram selecionados e considerados em cada sub-bacia os seguintes fatores: relevo/declividade, uso e ocupação do solo, áreas verdes, impermeabilização do solo, cursos de água em galeria e cursos de água retificados. Cada sub-bacia recebeu um valor para cada um dos fatores analisados, de acordo com suas características. O mesmo peso foi atribuído para todos os fatores analisados. Os valores atribuídos são: 1 (baixo), 2 (médio) e 3 (alto), considerando a influência de cada fator no potencial de ocorrência de inundações. Como exemplo, uma bacia hidrográfica com baixa declividade, reduzida ocupação antrópica, com a presença de áreas verdes, pouca impermeabilização do solo e canais sem alterações (retificação ou em galerias), receberia valor mínimo quanto ao grau de propensão à inundação.

Em seguida, foi obtido um valor final para cada sub-bacia, a partir da soma dos valores atribuídos aos fatores. Esses totais foram comparados e foi organizado um *ranking* que identifica as áreas mais críticas e sujeitas à inundação. Nesse *ranking*, os resultados possíveis para os totais variam entre 6 e 18. As bacias que apresentam um total de 6 a 9 foram classificadas com um baixo potencial, de 10 a 13 com um potencial intermediário e de 14 a 18 com um alto potencial de ocorrência de inundação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados revelaram que a bacia hidrográfica do canal do Mangue ocupa uma área de aproximadamente 43 km² e tem um perímetro com cerca de 32 km. Sua rede de drenagem apresenta uma extensão total de aproximadamente 100 km.

A bacia hidrográfica do canal do Mangue apresentou um índice de circularidade de 0,5276. Esse resultado indica que a bacia não apresenta uma tendência tão elevada para ocorrência de inundações quando se considera apenas esse índice. A ocorrência de inundações, portanto, deve estar relacionada a outros fatores analisados a seguir.

Durante os trabalhos de campo foi possível observar que em diversos trechos os cursos de água que integram a rede de drenagem da bacia do canal do Mangue foram alterados por intervenções antrópicas de maneira direta e indireta.

A rede de drenagem tem praticamente metade das águas correndo em galerias, conforme apresentam a figura 3 e a tabela 1.

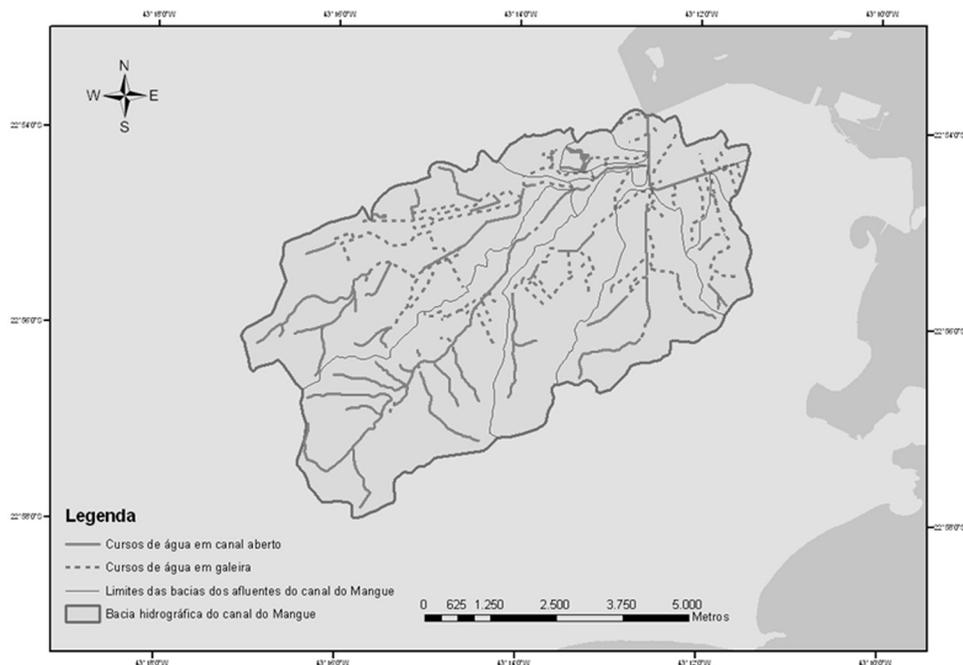


Figura 3 – Classificação dos cursos de água da bacia hidrográfica do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)

Fonte: modificado de PortalGeo (IPP, 2010).

Tabela 1 – Extensão da rede de drenagem da bacia do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ), classificada quanto ao tipo de canal de escoamento

Cursos de água	Extensão (km)	Extensão (%)
Canal aberto	49,5	49,9
Galeria	49,7	50,1
Total	99,2	100

Fonte: Oliveira (2011).

Essa grande quantidade de cursos em galeria é preocupante, pois, conforme descrito anteriormente, as galerias aumentam a velocidade do escoamento podendo provocar inundações nas áreas a jusante na bacia. Outro problema ocorre quando há alguma obstrução em um ponto do canal. Nesse caso, há maior dificuldade na identificação e solução do problema, que requer mais tempo e custo maior do que nos cursos a céu aberto. Outro aspecto relevante surge quando um rio passa a correr em galerias subterrâneas, que é a falta de percepção ou conectividade com o elemento ou aspecto da paisagem. A população acaba perdendo a identificação daquele curso da água como um elemento da paisagem, que faz parte do ambiente e que deve ser preservado.

Na área da bacia hidrográfica do canal do Mangue foi observada uma grande quantidade de trechos de cursos de água retificados (Figura 4), que somam 54,28% do total (Tabela 2) e, desse modo, a água das precipitações escoar de maneira mais veloz das cabeceiras para a área de baixo curso, potencializando inundações nesses trechos de menor declividade.

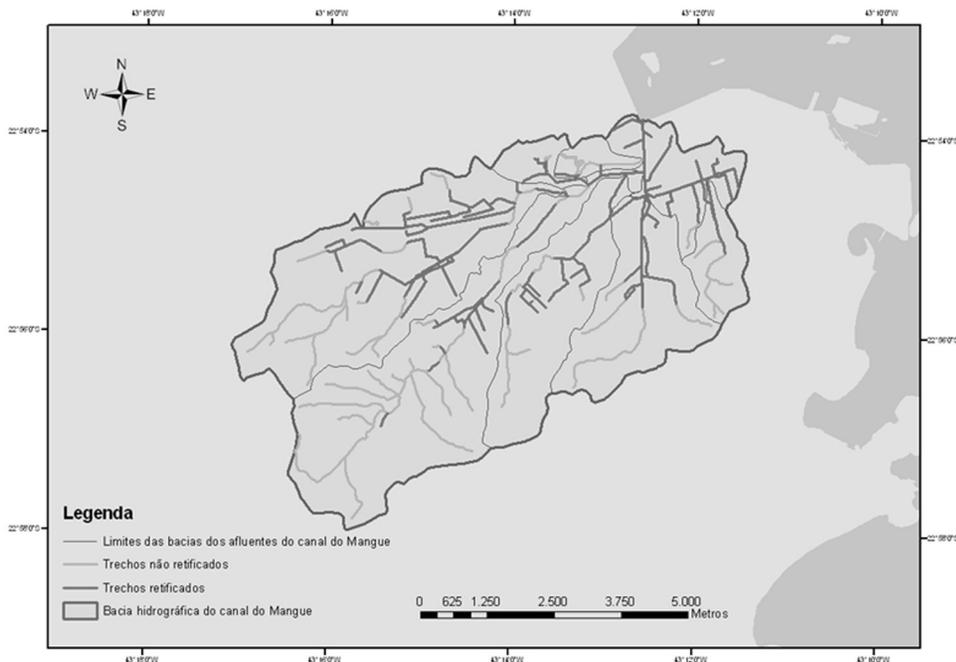


Figura 4 – Trechos retificados dos cursos de água da bacia do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)

Fonte: modificado de PortalGeo (IPP, 2010).

Tabela 2 – Extensão dos trechos retificados dos cursos de água da bacia do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)

Cursos de água	Extensão (km)	Extensão (%)
Não retificados	45,4	45,72
Retificados	53,8	54,28
Total	99,2	100

Fonte: Oliveira (2011).

A tabela 3 apresenta a extensão e o percentual dos trechos dos cursos de água que não foram alterados pelas ações antrópicas diretas, como retificações e confinamento em galerias.

Tabela 3 – Extensão dos trechos dos cursos de água da bacia do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ) alterados e não alterados por retificações e galerias

Cursos de água	Extensão (km)	Extensão (%)
Não alterados por retificações ou galerias	35,1	35,4
Alterados por retificações ou galerias	64,1	64,6
Total	99,2	100

Fonte: Oliveira (2011).

Apenas 35,1 km ou 35,4% da rede de drenagem não foram alterados com retificações ou confinamento em galerias.

Outras formas de alterações que são relevantes e interferem na drenagem estão ligados aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo. A figura 5 apresenta a distribuição das classes de uso e ocupação do solo, dentro do recorte espacial da bacia hidrográfica do canal do Mangue. Por se tratar de uma bacia urbana, fica evidente o predomínio da área urbana. Essa classe de mapeamento ocupa mais de 50% da área total da bacia. Os trechos dos cursos de água (retificados e/ou em galerias) que foram mais alterados estão localizados, quase em sua totalidade, nessa classe de mapeamento.

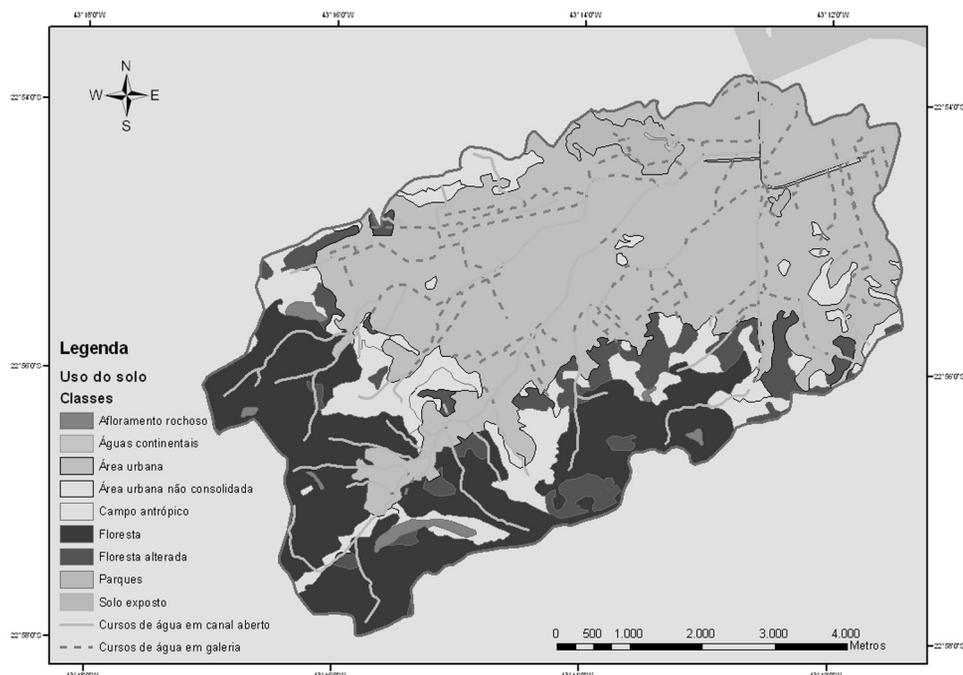


Figura 5 – Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)

Fonte: modificado de PortalGeo (IPP, 2010).

A área de floresta ocupa aproximadamente 25% da área da bacia e, se somada à classe floresta alterada, ultrapassa os 30% (Tabela 4), o que representa um percentual bastante elevado se considerarmos que se trata de uma bacia urbana, localizada próxima ao centro da cidade do Rio de Janeiro. Sem dúvida, a presença dessa área de floresta, com vegetação preservada, localizada no Maciço da Tijuca, onde se situa o Parque Nacional da Tijuca, contribui para a preservação das áreas de nascentes dos principais cursos de água da bacia. Nessas áreas de floresta observa-se ainda que os cursos de água seguem a céu aberto e em curso natural.

Tabela 4 – Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na bacia do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)

Classes	Área ocupada (km²)	Área ocupada (%)
Área urbana	22,31	51,89
Floresta	10,41	24,22
Campo antrópico	4,81	11,18
Floresta alterada	3,05	7,10
Área urbana não consolidada	1,11	2,57
Vegetação em parques públicos	0,73	1,70
Afloramento rochoso	0,38	0,88
Águas continentais e ambientes estuarinos	0,13	0,31
Solo exposto e área de mineração	0,06	0,14
Total	42,99	100,00

Fonte: Oliveira (2011).

As áreas da classe campo antrópico ocupam mais de 10% da área da bacia e grande parte dessas áreas coincide com áreas onde estão localizadas algumas das favelas ou comunidades de baixa renda (Figura 6). São áreas em que a vegetação mais densa foi retirada, restando apenas uma vegetação rasteira e uma ocupação antrópica que não atingiu um nível suficiente para ser classificada como área urbana.

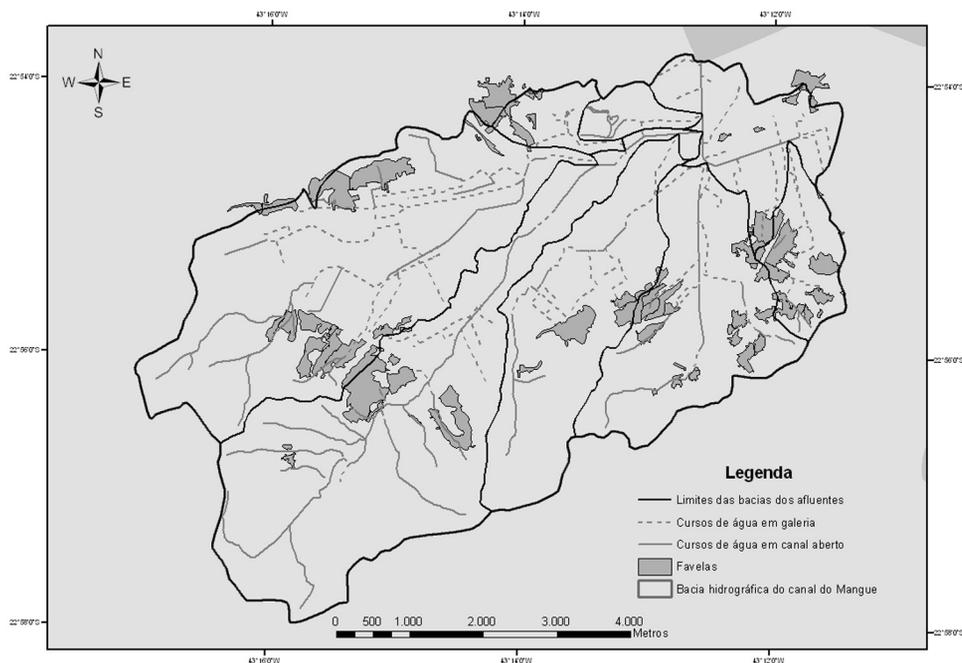


Figura 6 – Favelas localizadas na bacia hidrográfica do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)

Fonte: modificado de PortalGeo (IPP, 2010).

De fato, um aspecto relevante a ser considerado com relação ao uso e à ocupação do solo é a presença de uma grande quantidade de favelas, cerca de 50, na área de estudo. O intenso processo de ocupação irregular de alguns morros da cidade resultou no cenário em que convivemos atualmente. Essa realidade é caracterizada pela favelização em áreas ambientalmente importantes, como, por exemplo, nascentes e mananciais em áreas de alto curso dos rios, encostas íngremes e áreas de vegetação, que, gradativamente, foram e continuam sendo desmatadas. As sub-bacias dos rios Papa-couve, Comprido e Joana são as sub-bacias dos afluentes do canal do Mangue que têm uma maior quantidade de favelas ao longo de seu curso ou de seus afluentes.

Ainda no que se refere ao uso e à ocupação do solo, foi calculado o percentual de impermeabilização do solo para toda a bacia e para cada uma das sub-bacias. A bacia hidrográfica do canal do Mangue apresentou mais de 60% de sua área impermeabilizada (Tabela 5).

Tabela 5 – Área total, permeável e impermeável por sub-bacia hidrográfica da bacia do canal do Mangue

Sub-bacia hidrográfica	Área total (km ²)	Área permeável (km ²)	Área permeável (%)	Área impermeável (km ²)	Área impermeável (%)
Canal do Mangue	3,0	0,1	3,3	2,9	96,7
Jardim Zoológico	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0
Rio Comprido	5,9	2,1	35,6	3,8	64,4
Rio Joana	12,2	3,0	24,6	9,2	75,4
Rio Joana inferior	0,7	0,2	28,6	0,5	71,4
Rio Maracanã	12,2	5,9	48,4	6,3	51,6
Rio Papa-couve	1,9	0,1	5,3	1,8	94,7
Rio Trapicheiros	6,0	2,5	41,7	3,5	58,3
Total (bacia hidrográfica do canal do Mangue)	42,9	14,4	33,6	28,5	66,4

Legenda: Potencial de ocorrência de inundação: 1 (baixo), 2 (médio), 3 (alto).

Fonte: Adaptado de Oliveira (2011).

ANÁLISE DAS SUB-BACIAS

A análise do potencial de ocorrência de inundação das sub-bacias revela diferentes graus de propensão para cada uma delas. A tabela 6 apresenta a classificação quanto ao potencial de ocorrência de inundação das sub-bacias dos afluentes do canal do Mangue por fator agravante ou atenuante em cada sub-bacia.

Tabela 6 – Classificação quanto ao potencial de ocorrência de inundação das sub-bacias dos afluentes do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ) por fator agravante ou atenuante

Fatores/Sub-bacias	Canal do Mangue	Jardim Zoológico	Rio Comprido	Rio Joana	Rio Joana inferior	Rio Maracanã	Rio Papa-couve	Rio Trapicheiros
Relevo/ declividade	1	1	3	2	1	2	2	2
Uso e ocupação	3	2	2	3	2	3	3	1
Áreas verdes	3	1	3	2	2	1	3	1
Impermeabilização do solo	3	1	2	3	2	1	3	1
Trechos em galeria	2	3	2	3	2	1	3	2
Trechos retificados	3	3	3	3	1	2	2	2
Total	15	11	15	16	10	10	16	9

Fonte: Adaptado de Oliveira (2011).

A tabela 7 apresenta o *ranking* das sub-bacias, em ordem decrescente, quanto ao potencial de inundação, calculado a partir da classificação do potencial de inundação dos fatores agravantes e atenuantes desse processo nas sub-bacias. As sub-bacias que apresentam um maior potencial de ocorrência de inundações foram as do rio Joana, rio Papa-couve, rio Comprido e canal do Mangue; as que apresentam um potencial intermediário de ocorrência de inundações foram as do Jardim Zoológico, rio Maracanã e rio Joana inferior; e a sub-bacia que apresentou o menor potencial de ocorrência de inundação foi a do rio Trapicheiros.

Tabela 7 – Ranking das sub-bacias do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ) quanto ao potencial de ocorrência de inundação

Potencial de ocorrência de inundação	Sub-bacias
Alto	Rio Joana
	Rio Papa-couve
	Rio Comprido
	Canal do Mangue
Médio	Jardim Zoológico
	Rio Maracanã
	Rio Joana Inferior
Baixo	Rio Trapicheiros

Fonte: Oliveira (2011).

1) Sub-bacia do Jardim Zoológico

A sub-bacia do Jardim Zoológico tem uma área pequena, caracterizada pela grande presença de áreas verdes, que ocupam aproximadamente metade da sua extensão total, sendo ocupada pelo próprio Jardim Zoológico e por parte da Quinta da Boa Vista. O restante da sub-bacia está ocupado pela área urbana, responsável pela impermeabilização de cerca de 50% da área total. A sub-bacia apresenta pequena declividade, a cota mais elevada dessa sub-bacia é 50 m e sua rede de drenagem está quase toda retificada e escoando em galerias. Tais características levaram essa sub-bacia a apresentar um grau intermediário no potencial de ocorrência de inundações.

2) Sub-bacia do rio Comprido

A sub-bacia do rio Comprido apresentou um alto potencial de ocorrência de inundações. Grande parte da drenagem está retificada, as áreas verdes estão reduzidas a uma pequena parte no alto curso dos rios e o relevo apresenta uma grande declividade. O uso e a ocupação do solo na sub-bacia são caracterizados pelo predomínio das áreas artificializadas (área urbana, área urbana não consolidada e campo antrópico), responsáveis pela impermeabilização de mais de 60% da área total. Dentro da área dessas classes nota-se uma significativa quantidade de favelas, cuja maioria está localizada nas proximidades dos afluentes do rio Comprido (Sumaré, Morro dos Prazeres, Morro do Escondidinho) e em menor quantidade no alto curso do próprio rio Comprido (Paula Ramos, Parque Rebouças, Santa Alexandrina, Vila Santa Alexandrina).

O rio apresenta uma declividade média de 12,5 cm/m, porém a brusca diminuição da declividade do alto curso (34 cm/m) para as áreas de médio (8,3 cm/m) e baixo (0,89 cm/m) curso, percorrendo pequenas distâncias, amplia o potencial de ocorrência de inundações ao longo do baixo curso do rio. Nos trabalhos de campo foi observado que as inundações ocorrem somente a partir do trecho inicial do baixo curso.

Dentre os rios monitorados, o rio Comprido é o que apresenta o canal fluvial mais estreito e quase metade da sua extensão foi canalizada de maneira retilínea (Tabela 8). Esses fatores, somados à declividade, contribuem para que as águas drenadas corram com bastante velocidade para o baixo curso e, assim que chegam ao local onde a declividade é menor, o nível das águas se eleva rapidamente durante eventos chuvosos, resultando em transbordamentos em quase toda a extensão do seu baixo curso.

**Tabela 8 – Alterações diretas no rio Comprido
(Rio de Janeiro – RJ)**

Trechos (classificação)	Extensão (km)	Extensão (%)
Canal aberto	3,7	83
Galeria	0,8	17
Não retificado	2,4	53
Retificado	2,1	44

Fonte: Oliveira (2011).

Os efeitos da inundação no baixo curso do rio, que corre integralmente sob o elevado Engenheiro Freyssinet (elevado Paulo de Frontin), puderam ser constatados durante os trabalhos de campo, como, por exemplo, o acúmulo de lama ao longo das margens, que diariamente são utilizadas de maneira irregular como estacionamento de veículos.

3) *Sub-bacia do rio Joana*

A sub-bacia do rio Joana apresentou um elevado grau no potencial de ocorrência de inundação. As classes de área urbana, área urbana não consolidada e campo antrópico somadas ocupam e cerca de 75% da área total dessa sub-bacia, correspondendo à área impermeável da mesma. Grande parte da rede de drenagem está em galerias e/ou retificada, as poucas exceções são os trechos mais próximos às nascentes dos cursos de água que estão localizados no Maciço da Tijuca e ainda estão sob a influência da área de floresta, o que contribui para a preservação desses trechos. Essa sub-bacia é marcada também pela grande quantidade de favelas, que estão localizadas às margens ou bem próximas aos cursos de água.

4) *Sub-bacia do rio Joana inferior*

A sub-bacia do rio Joana inferior tem uma área pequena, não conta com a presença de favelas, é ocupada por parte da Quinta da Boa Vista e o restante da sua área está classificado como área urbana. Essa classe de mapeamento ocupa mais da metade da área total da sub-bacia, que, desse modo, apresentou um alto percentual de área impermeabilizada (cerca de 70%). Essa bacia apresenta também pequena declividade, uma rede de drenagem pouco extensa, com alguns trechos em galerias, mas sem retificações.

Tais características levaram essa sub-bacia a apresentar um grau intermediário no potencial de ocorrência de inundações.

5) Sub-bacia do rio Maracanã

A sub-bacia do rio Maracanã apresentou um potencial intermediário de ocorrência de inundações. Grande parte da drenagem ainda escoar em canais a céu aberto e cerca de um terço está retificada. As áreas verdes são expressivas e estão localizadas nas áreas das cabeceiras, ou seja, no alto curso dos rios. O relevo apresenta uma grande amplitude, sendo a declividade acentuada apenas em alguns trechos, pois, apesar de ter nascentes em altitudes mais elevadas, o rio Maracanã é o mais extenso da bacia, fato que ajuda a reduzir seu grau de declividade. O uso e a ocupação do solo na sub-bacia são caracterizados pelo predomínio da área de floresta no alto curso, nas encostas do Maciço da Tijuca, e da área urbana nas áreas mais a jusante do rio. Com essa distribuição, aproximadamente 50% da área da sub-bacia está impermeabilizada. Existem algumas favelas localizadas nos afluentes do rio Maracanã, as maiores são Borel e Formiga.

Cercado pela Floresta da Tijuca, o alto curso do rio, no bairro do Alto da Boa Vista, apresenta em seus primeiros quilômetros as margens livres de construções e com vegetação preservada.

Nos trabalhos de campo foi observado que as inundações ocorrem, em sua maioria, a partir do trecho inicial do baixo curso.

Dentre os rios monitorados, o rio Maracanã é o que apresenta o canal com maior trecho a céu aberto e com menor percentual retificado, conforme os dados apresentados na tabela 9.

Tabela 9 – Alterações diretas no rio Maracanã (Rio de Janeiro – RJ)

Trechos (classificação)	Extensão (km)	Extensão (%)
Canal aberto	9,4	92
Galeria	0,9	8
Não retificado	6,8	66
Retificado	3,5	34

Fonte: Oliveira (2011).

No rio Maracanã também foi observada a presença de lixo acumulado ou sendo transportado ao longo do leito do rio; tais fatos foram mais perceptíveis nas áreas mais próximas às favelas.

6) Sub-bacia do rio Papa-couve

A sub-bacia do rio Papa-couve apresenta uma área reduzida, quando comparada à área dos maiores afluentes do canal do Mangue. Ela apresentou um alto potencial de ocorrência de inundação, uma vez que sua área está quase integralmente urbanizada, o percentual de área verde é inexpressivo. Tem um percentual de impermeabilização do solo muito alto (mais de 90%) e sua rede de drenagem apresenta um alto grau de interferência antrópica

direta, principalmente porque o escoamento ocorre em galerias em um percentual superior a 70%, e ainda foram realizadas algumas retificações. Outro fator que amplia o potencial de ocorrência de inundações nessa sub-bacia é o conjunto de favelas do Catumbi, que ocupa todas as encostas dos morros da área e contribui com despejo de esgoto e lixo doméstico.

7) Sub-bacia do rio Trapicheiros

A sub-bacia do rio Trapicheiros apresentou um baixo potencial de ocorrência de inundações. Cerca de 50% da área da bacia é ocupada pela área urbana, o restante apresenta áreas verdes em grande quantidade. Esses usos fazem com que a bacia apresente um percentual de impermeabilização do solo de aproximadamente 55%. Da mesma maneira que o rio Maracanã, o Trapicheiros tem um elevado grau de preservação nas áreas das nascentes, que estão localizadas na Floresta da Tijuca. O relevo da sub-bacia apresenta uma amplitude semelhante a dos demais rios e a drenagem é composta apenas pelo seu curso principal (rio Trapicheiros) e poucos e pequenos afluentes. O uso e a ocupação do solo na sub-bacia são caracterizados pelo predomínio da área de floresta no alto curso, nas encostas do Maciço da Tijuca e pela área urbana nas áreas mais a jusante do rio. Dentro da área da sub-bacia existem poucas favelas, que não influenciam tão diretamente os cursos de água.

A sua declividade média é de 5 cm/m e apresenta um perfil mais equilibrado do que os demais cursos analisados. A diminuição da declividade do alto curso (22,4 cm/m) para as áreas de médio (6,8 cm/m) e baixo (0,52 cm/m) curso ocorre de modo mais suave, diferentemente dos rios Comprido e Maracanã. Seus segmentos de médio e baixo curso também apresentam extensões que permitem que suas águas percam velocidade até alcançar o canal do Mangue, reduzindo um pouco o potencial de ocorrência de inundações nas áreas a jusante no curso do rio. Durante o trabalho de campo, foi observado que os pontos de inundação ocorrem, em sua maioria, em trechos onde as intervenções antrópicas interferem diretamente na seção transversal do rio, como, por exemplo, próximo a pontes e estrangulamentos.

Dos principais afluentes do canal do Mangue, o rio Trapicheiros foi o que apresentou o maior percentual de alterações diretas, tanto para trechos em galeria quanto para trechos retificados. Essas alterações estão quantificadas na tabela 10 e, sem dúvida, contribuem para a ocorrência de inundação em alguns pontos da sub-bacia.

**Tabela 10 – Alterações diretas no rio Trapicheiros
(Rio de Janeiro – RJ)**

Trechos (classificação)	Extensão (km)	Extensão (%)
Canal aberto	2,9	50
Galeria	2,9	50
Não retificado	2,6	45
Retificado	3,2	55

Fonte: Oliveira (2011).

Ao longo do alto curso, há uma cobertura vegetal bem preservada em suas margens, já que não são ocupadas pelo homem. Infelizmente, ao longo do médio e do baixo curso o cenário é outro e a ocupação das margens apresenta características completamente diferentes.

As áreas mais críticas quanto à inundação começam a aparecer a partir da praça Saens Peça, pois a partir desse ponto o rio apresenta trechos em galerias, algumas obstruções na seção transversal e suas margens estão completamente ocupadas pela urbanização.

8) Sub-bacia do canal do Mangue

A sub-bacia do canal do Mangue apresentou um alto potencial de ocorrência de inundação, uma vez que sua área está completamente urbanizada, com mais de 90% do solo impermeabilizado; não existe área verde e seus cursos de água apresentam um alto grau de interferência antrópica, seja por retificações ou galerias. Outro grande fator que amplia a ocorrência de inundações nessa sub-bacia é que ela recebe a contribuição de todas as demais sub-bacias. Tal fato, somado   pequena declividade da área, dificulta o escoamento e favorece o acúmulo das  guas, que tem seu nível elevado.

Atualmente, o canal do Mangue apresenta-se totalmente canalizado e retificado desde o seu início, nas proximidades da praça da República, até a sua foz na baía de Guanabara.

Durante os trabalhos de campo foi possível identificar que o canal do Mangue recebe não apenas água, mas também uma grande quantidade de lixo que acaba sendo transportado por suas águas, se acumulado nas margens (Figura 7).



Figura 7 – Lixo acumulado na margem do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)

Fonte: Oliveira (2011)

A pouca declividade e o fluxo de água mais lento são características da parte final da drenagem dessa bacia. Assim, no canal do Mangue predominam os processos de deposição de sedimentos. O acúmulo desses sedimentos na sua calha reduz a capacidade de escoamento no canal e o torna mais suscetível a transbordamentos e inundações durante eventos chuvosos intensos, como de fato tem ocorrido durante os últimos episódios desse tipo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que as alterações antrópicas afetam de maneira direta os cursos de água em diferentes níveis de intensidade. Classificando e quantificando o grau dessas ações, foi constatado um expressivo grau de modificação nos cursos de água e aproximadamente 65% da rede de drenagem recebeu alterações diretas, como retificações ou confinamento em galerias. Mais de 50% do escoamento da rede de drenagem ocorre em galerias e mais de 50% da extensão dos cursos de água da bacia do canal do Mangue foram retificados.

Essas alterações estão quase integralmente localizadas no médio e no baixo curso dos rios e certamente influenciam na ocorrência de grandes inundações, que por sua vez têm sido frequentes após eventos chuvosos mais intensos na área da bacia. As alterações na drenagem somam-se ao desmatamento das encostas e das margens, a grande impermeabilização do solo, a ocupação de áreas indevidas e ao assoreamento ao longo das calhas dos rios. Dessa maneira, a área é uma constante fonte de preocupação para a sociedade, que vem requerendo soluções para as frequentes inundações nessa área da cidade do Rio de Janeiro.

Considerando os seis fatores que podem agir como agravantes ou atenuantes no potencial de ocorrência de inundações em cada sub-bacia, foi possível concluir que a bacia hidrográfica do canal do Mangue possui elevado potencial de ocorrência de inundações. As sub-bacias com maior potencial de ocorrência de inundações (Comprido, Joana, Papa-couve e canal do Mangue) representam mais de 50% da área total da bacia. Se considerarmos também as sub-bacias com potencial intermediário (Maracanã, Joana inferior e Jardim Zoológico), a área potencial abrange cerca de 70% do total da bacia hidrográfica.

Desse modo, fica evidente a necessidade de uma melhor gestão do uso e ocupação do solo urbano para que as atuais áreas verdes sejam preservadas e que novas sejam criadas, para que haja um controle sobre o crescimento desordenado das favelas, bem como a elaboração de estudos e cuidados redobrados ao realizar intervenções na rede de drenagem como o piscinão que está sendo construído na Praça da Bandeira, com capacidade para 18 milhões de litros de água. O reservatório começou a ser escavado em junho de 2012 e promete reduzir os históricos alagamentos da área. Outros quatro reservatórios ainda serão construídos na área da bacia do canal do Mangue.

REFERÊNCIAS

ALERTA RIO. **Sistema Alerta Rio**. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/?page_id=141> Acesso em: 19/07/2011.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 211-252.

INSTITUTO PEREIRA PASSOS. **Portal Geo**. Disponível em: <<http://portalgeo.rio.rj.gov.br/portalgeo/index.asp>> e <<http://portalgeo.rio.rj.gov.br/EOURbana/>> Acesso em 23/03/2010.

KAMPOURAKI, M.; WOOD, G.A.; BREWER, T.R. The application of remote sensing to identify and measure sealed areas in urban environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS (OBIA), 1, Salzburg, Austria, 01 July 2006. **Proceedings ...** Salzburg: OBIA, 2006.

OLIVEIRA, B.R.G. **Alterações antrópicas em cursos de água em ambiente urbano**: um estudo de caso na bacia hidrográfica do canal do Mangue, Rio de Janeiro – RJ. 2011. Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. São Paulo: Hucitec, 1997.

TERRA, C. Canal do Mangue: estruturação urbana, paisagística e “ambiental” no Rio de Janeiro no século XIX. In: TÂNGARI, V.R.; SCHLEE, M.B.; ANDRADE, R.; DIAS, M.A. (Org.) **Águas urbanas**: uma contribuição para a regeneração ambiental como campo disciplinar integrado. 1. ed. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU-UFRJ, 2007.

Recebido em fevereiro de 2013

Revisado em junho de 2013

Aceito em outubro de 2013