

ANÁLISE SOBRE TENDÊNCIAS DE EXPANSÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABUÇU-PIRAQUÊ, ZONA OESTE DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA
CABUÇU-PIRAQUÊ, ZONA OCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE RÍO DE JANEIRO

Fabrizio da Costa Barros

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia
Rua São Francisco Xavier, 524
Maracanã, 20550013 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil
fabrizio.barr@gmail.com

Leandro Andrei Beser de Deus

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências, Instituto de Geografia
Rua São Francisco Xavier, 524
Maracanã, 20550013 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil
leandrobesser@gmail.com

Alexander Josef Sá Tobias da Costa

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia/Departamento de Geografia Física
Rua São Francisco Xavier, 524
Maracanã, 20550013 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil
ajcostageo@gmail.com

RESUMO

O recorte temporal deste estudo é a partir do ano de 2002, com a escolha da cidade do Rio de Janeiro como sede dos Jogos Pan-Americanos de 2007, se estendendo até o último grande evento esportivo, os Jogos Olímpicos de 2016, período que ficou conhecido como "Era dos megaeventos esportivos". Neste período, a área central da cidade recebeu grandes investimentos onde haveria maior fluxo turístico, e as áreas periféricas foram se tornando principal destino da população que perdia seu espaço nessas áreas centrais. Buscou-se fazer uma análise inicial do uso e ocupação do solo em uma destas áreas periféricas, a bacia hidrográfica do Rio Cabuçu-Piraquê, na Zona Oeste da cidade, a partir do processamento digital de imagens associado aos sistemas de informações geográficas, por meio da ferramenta *Land Change Modeler*, do *software* Idrisi SELVA com análises espaço-temporais, possibilitando identificar as tendências de mudança de uso e ocupação do solo e identificar em quais áreas essas tendências podem se consolidar.

Palavras-chave: Expansão Urbana; Uso do solo; Bacia Hidrográfica; Tendências.

Resumen

El marco de tiempo de este estudio es del año 2002, con la elección de la ciudad de Río de Janeiro como sede de los Juegos Panamericanos de 2007, que se extiende hasta el último gran evento deportivo, los Juegos Olímpicos de 2016, un período que fue conocida como "Era de los megaeventos deportivos". En este período, el área central de la ciudad recibió grandes inversiones donde habría un mayor flujo turístico, y las áreas periféricas se estaban convirtiendo en el principal destino de la población que perdió su espacio en estas áreas centrales. Intentamos hacer un análisis inicial del uso y ocupación del suelo en una de estas áreas periféricas, la cuenca hidrográfica del Río Cabuçu-Piraquê, en la Zona Oeste de la ciudad, desde el procesamiento de imágenes digitales asociado con los sistemas de información geográfica, hasta la herramienta *Land Change Modeler*, el *software* Idrisi SELVA con análisis de espacio-tiempo, que permite identificar tendencias en el uso del suelo y el cambio de ocupación e identificar en qué áreas estas tendencias pueden consolidarse.

Palabras-clave: Expansión Urbana; Uso del suelo; Cuenca hidrográfica; Tendencias.

1. Introdução

O uso do solo é um importante indicador de mudanças nas dinâmicas socioeconômicas, e são diversos os fatores que influenciam na dinâmica de ocupação e uso do solo. Novo (1989) distingue uso como sendo o que de fato expressa as ações antrópicas, estando associado ao aspecto cultural. Dependendo da maneira como ocorrem tais usos e ocupações em determinados locais, há maior ou menor potencial de geração de impactos ao meio ambiente.

Uma alternativa comum para avaliar os reflexos das ações antrópicas é verificar o uso do solo e sua relação com as feições naturais de um local e seus desdobramentos, principalmente em uma bacia hidrográfica costeira, que pode ser considerado um ambiente extremamente frágil e que apresenta zonas estuarinas e de mangue, que constituem criadouros naturais para diversas espécies de animais, recebendo contribuição hídrica de localidades no entorno. Para Cunha e Coelho (2003), em bacias ocorrem as inter-relações dos meios físico e social com interações entre as mais diversas variáveis existentes nesses dois meios, associadas aos diferentes padrões de uso e ocupação dos solos.

Nesse sentido, a cidade carioca tem passado por uma gradativa expansão do seu tecido urbano desde as décadas de 1970, 1980 e 1990 (FONSECA e FRANÇA, 2011; OLIVEIRA, 2014) e que ganha novo impulso com a espetacularização da cidade e o *city marketing* (HARVEY, 2007; GONÇALVES, 2013; MASCARENHAS, 2016) no período intitulado como "Era dos megaeventos esportivos", que tem como marco inicial o ano de 2002, com a escolha da cidade como sede dos Jogos Pan-Americanos de 2007, e se estende até o último grande evento do período, os Jogos Olímpicos de 2016.

O período demandou da gestão municipal uma postura empreendedora, passando a estruturar a cidade visando sua modernização, sobretudo das áreas centrais, onde já existe infraestrutura para extrair renda dos que farão uso dos recursos como rede hoteleira e restaurantes (HARVEY, 2006; MASCARENHAS,

2016). Neste processo, os bairros da Zona Oeste¹ da cidade têm recebido investimentos que condicionam a ocupação humana paralelos às remoções feitas nas áreas centrais da cidade. A dinâmica desse processo é baseada tanto nas volumosas remoções da classe trabalhadora como na criação de mecanismos e condições legais (como, por exemplo, a Operação Urbana Consorciada e as parcerias público-privadas – OUC e PPP) que permitem o capital privado organizar o espaço urbano da melhor forma possível para reprodução do capital, e que normalmente não atendem demandas democráticas (CARDOSO, 2013; RUIZ, 2017).

Refletindo os interesses políticos de cada momento, diferentes camadas da paisagem da cidade têm sofrido mudanças consideráveis, onde, de acordo com Cavalcanti (2018, p.30), o princípio temporal tem se mostrado relevante, visto que “essas mudanças podem ser espontâneas (um deslizamento) ou derivadas da apropriação cultural (construção de uma cidade)”. A ausência de políticas habitacionais leva populações vulneráveis a ocuparem áreas frágeis e com exposição aos impactos de eventos naturais, gerados justamente pela ocupação indevida de áreas em que a suscetibilidade à esses eventos são muito presentes (neste caso, inundações). Desta maneira, as “inundações assumem proporções catastróficas, causando grandes perdas e o aumento da vulnerabilidade humana” (TOMÁS e SANCHES, p. 210). O acompanhamento dos dados urbanos de uso do solo se torna essencial para o entendimento da dinâmica existente e para o melhor planejamento. Contudo, os dados precisam estar organizados, para serem entendidos como informações diante de um contexto e, desta forma, poder buscar alternativas para mitigar um problema.

Para acompanhamento dessas mudanças e visando possibilitar novas ações ao poder público, o processamento digital de imagens associado aos sistemas de informações geográficas possibilitam análises espaço-temporais que podem auxiliar significativamente na análise das mudanças que ocorrem ao longo do tempo, sobretudo considerando que parte significativa dos problemas sociais e ambientais

¹ Habitualmente chamada de Zona Oeste, apesar de, geograficamente, a Zona Oeste também incluir as regiões da AP4, a denominação passou, pelo uso popular, a identificar somente a AP5 e alguns bairros da AP4, com características sócio-econômicas parecidas a da AP5. (Fonte: PMRJ).

é gerada e agravada pela expansão da malha urbana. Christofolletti (1999, p.157) menciona que “o desafio consiste no conhecimento cada vez mais preciso dos sistemas econômicos, ecológicos e geográficos, em torno de suas estruturas e funcionamentos, e na interação desses sistemas”, tornando o acompanhamento e monitoramento desses sistemas um importante procedimento.

Diversos estudos têm sido realizados com a finalidade de monitorar a evolução ou mudança do uso e cobertura do solo, sobretudo em áreas urbanas em expansão, o que mostra a importância e relevância deste procedimento, tais como os aplicados por Bhagawat Rimal et al. (2018), Kamal Jain et al. (2017), Yasmine Megahed et al. (2015).

Souza (2011) aborda a importância do uso de dados para entender dinâmicas e simular desdobramentos de processos como uma alternativa para um planejamento eficiente. Para isso, é importante considerar processo de mudança entre diferentes formas de uso e ocupação do solo (processo de transição de uma classe para outra), e, para isso, foi utilizada a ferramenta *Land Change Modeler (LCM)*, do *software* Idrisi Selva², que cumpre importante função de analisar mudanças de uso e ocupação do solo entre duas datas, avaliar as perdas, ganhos e manutenções de classes, as contribuições de cada tipo de classe para conversão em outra, além de estipular tendências e modelar as variáveis relativas às transições de um local (EASTMAN, 2012a e 2012b).

O aporte teórico foi base para elaboração de um estudo introdutório de análise temporal das mudanças de usos do solo na bacia do Rio Cabuçu-Piraquê (Figura 01), localizada na zona oeste do município do Rio de Janeiro e discutir a relação com a expansão do tecido urbano da cidade para áreas periféricas. A bacia abrange as Regiões Administrativas (RA) de Campo Grande (XVIII), Guaratiba (XXVI) e Santa Cruz (XIX), todas inseridas na Área de Planejamento 5 (AP-5) do município do Rio de Janeiro, considerada uma área de ocupação condicionada, segundo o Plano Diretor Municipal (PDM).

² Desenvolvido por Clark Labs, em Clark University.

TABELA 01

Evolução da participação (%) das Áreas de Planejamento do Município do Rio de Janeiro no total do aumento populacional nos períodos selecionados.

| Períodos | AP1 | AP2 | AP3 | AP4 | AP5 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1980-1990 | -8,40% | -21,60% | 19,40% | 42,50% | 68,10% |
| 1990-2000 | -9,90% | -10,60% | 9,50% | 41,50% | 69,50% |
| 2000-2010 | -42,10% | -68,70% | -107,40% | 142,30% | 175,90% |

Fonte: IBGE (Censos 1980, 1991 e 2000) e ENCE/IPP (BELTRÃO et al, 2004). Tabulação e cálculos: IPP. Obs.: Valor para 1990 ajustado segundo taxa 1980-1991.

A dinâmica de crescimento se manteve nas décadas 2000 e 2010, já havendo influência das políticas e projetos urbanos no contexto da "Era dos megaeventos esportivos" e tende a se manter, visto que a AP-5 é colocada no PDM como a área de expansão urbana. Entre os dez bairros mais populosos da cidade, sete estão localizados na Zona Oeste, sendo dois destes Guaratiba e Campo Grande (Tabela 02).

TABELA 02

População por bairros da Área de Estudo.

| Bairro | População total (2000) | População total (2010) | Varição |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Campo Grande | 297.494 | 328.370 | 30.876 |
| Guaratiba | 87.312 | 110.049 | 22.737 |
| Senador Camará | 111.231 | 105.515 | -5.716 |
| Inhoaíba | 59.536 | 64.649 | 5.113 |
| Santíssimo | 34.086 | 41.458 | 7.372 |
| Senador Vasconcelos | 27.285 | 30.600 | 3.315 |
| Pedra de Guaratiba | 9.693 | 9.488 | -205 |

Fonte: IPP, adaptado pelo autor, 2020.

Os demais bairros mais populosos da Zona Oeste são: Bangu (243,1 mil), Santa Cruz (217,3 mil), Realengo (180,1 mil), Jacarepaguá (157,3 mil), Barra da

Tijuca (135,9 mil). Completam o O ranking municipal dos dez mais populosos é completo com: Tijuca (163,8 mil), na Zona Norte; Copacabana (146,3 mil), na Zona Sul; e Maré (129,7 mil), na Zona Norte (Censo 2010).

Neste contexto, o presente artigo teve por objetivo analisar as mudanças de cobertura de uso do solo na bacia do Rio Cabuçu-Piraquê, localizada na zona oeste do município do Rio de Janeiro, no período de 2004 a 2009 e 2009 a 2016, através do módulo *LCM*.

2. Materiais e métodos

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Cabuçu-Piraquê, inserida totalmente no município do Rio de Janeiro, na região administrativa de Guaratiba, desaguando na Baía de Sepetiba e com uma área de aproximadamente 108,7 km².

Para criação do banco de dados foram utilizados mapeamentos de uso do solo já realizados pelo Instituto Pereira Passos (IPP), da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro (PMRJ), dos anos de 2004, 2009 e 2016, em que foram utilizados mesma metodologia e classificação de classes de uso e ocupação do solo. O intervalo entre os anos dos mapeamentos deu-se estimando um período em que mudanças significativas pudessem ocorrer dentro do período intitulado como "Era dos megaeventos esportivos", de forma que pudesse fornecer maior consistência para as possíveis mudanças que fossem observadas na aplicação do módulo *LCM*, minimizando as possibilidades de serem consideradas mudanças momentâneas.

Em um primeiro momento, a organização dos dados foi realizada no software ArcGIS 10.5³ para, posteriormente, no segundo momento, esses dados serem aplicados no módulo *LCM* do SIG Idrisi Selva, onde foram modeladas as mudanças de uso, ganhos, perdas e/ou manutenções de uso do solo nos anos considerados. Neste segundo momento, são inseridos mapeamentos da mesma área em momentos distintos (2004, 2009 e 2016), onde suas diferenças indicarão as

³ Desenvolvido por Esri Company.

mudanças ocorridas. No terceiro momento foram realizadas as análises das mudanças.

Uma das ferramentas do módulo *LCM* é o *Change Analysis* (análise de mudanças), que permite verificar quais as mudanças/variações ocorreram entre as classes analisadas. Uma das alternativas de análise é *contributors to net change experienced by* (contribuintes para a mudança líquida experimentada por) em que serão analisadas as contribuições das diversas classes para mudanças em uma classe específica, entendendo-se o produto gerado da seguinte maneira: a classe analisada teve ganhos em áreas (km²) mostrados nas barras positivas (direita) e teve perdas em áreas mostrados nas barras negativas (esquerda).

Outro produto gerado foi a análise de tendência de mudanças espaciais, que indica qual a direção a ser tomada pelas mudanças de determinada classe analisada. E, por fim, foi gerada a Matriz de Transição (MT) através das Cadeias de Markov, onde é gerada a probabilidade de uma classe se transformar em outra em um momento estimado (T3) (PIROLI, E. L. et al., 2011; BESER DE DEUS, 2013; BHAGAWAT RIMAL et al. 2018). Entende-se que as Cadeias de Markov são uma modelagem empírica de sistemas descritos como processos estocásticos (teoria em probabilidade). Portanto, a MT é uma matriz quadrada MxM em que cada classe representa a probabilidade de mudança de uma classe para outra, sendo uma representação matemática das cadeias de Markov (RIBAS et al., 2015). Neste caso, é gerada a probabilidade de uma classe sofrer ganhos, perdas, ou não variar, com base na dinâmica existente nos períodos pretéritos analisados (T1 e T2).

3. Resultados e discussões

Os mapas de uso do solo gerados foram utilizados para comparar as mudanças ocorridas dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Cabuçu-Piraquê no período estudado. Em uma análise mais generalizada observou-se uma dinâmica de adensamento urbano na bacia com significativas perdas de áreas de “cobertura gramíneo lenhosa”, “cobertura arbórea e arbustiva” e “áreas sujeitas à inundação” e

com significativas expansões das áreas residenciais e área não edificadas, que podem ser entendidas como áreas abertas para futuras ocupações.

Nas Figuras 02 e 03, as barras vermelhas indicam as perdas e as barras verdes indicam os ganhos em km² das respectivas classes indicadas em uma análise mais generalizada sobre toda a bacia e suas classes. Uma mesma classe pode sofrer ganhos e perdas dentro dos limites da área de estudo, contudo, a partir da diferença é possível mensurar os o processo de transição entre as classes.

As perdas das classes “cobertura gramíneo lenhosa” e “cobertura arbórea e arbustiva” se mostraram mais intensas no primeiro período analisado (2004-2009). Também são relevantes os ganhos de áreas das classes “áreas residenciais” e “áreas não edificadas” (Figura 02).

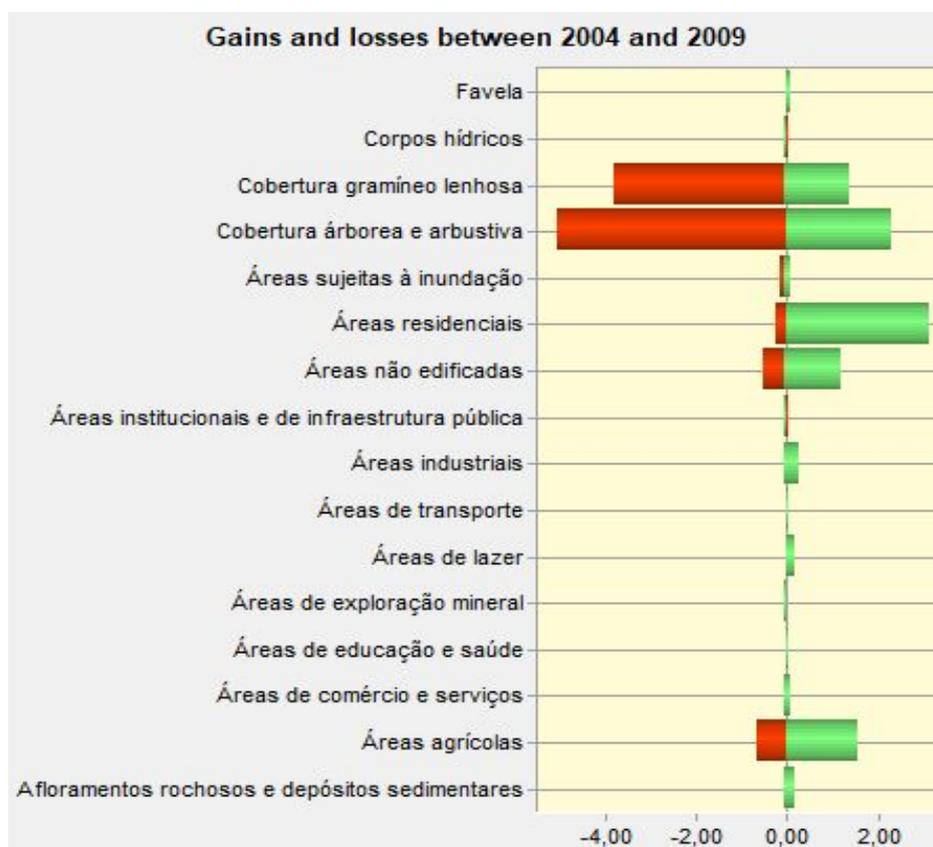


Figura 02: Ganhos e perdas entre 2004 e 2009. | Fonte: Interface gráfica do LCM, 2019.

No segundo período analisado (2009-2016), a dinâmica de expansão pode ser observada na perda de áreas da classe “áreas sujeitas à inundação” e no ganho

de áreas das classes “áreas residenciais” e “áreas não edificadas”. Esta, de forma mais contundente (Figura 03).

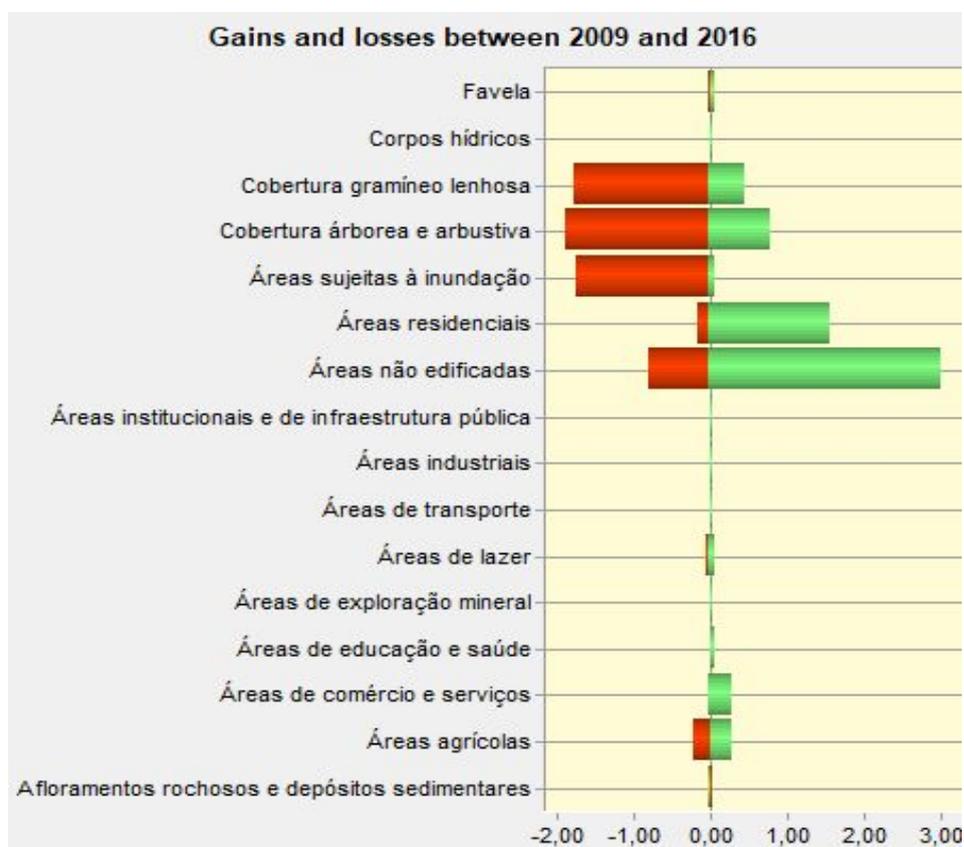


Figura 03: Ganhos e perdas entre 2009 e 2016. | Fonte: Interface gráfica do LCM, 2019.

Outras classes que podem indicar um adensamento urbano acompanhado de crescimento populacional são as classes “favela” e “áreas de lazer”, mesmo que a expansão dessas classes seja pequena diante da área total da bacia. Merece destaque a perda de áreas das classes “cobertura arbórea e arbustiva” e “cobertura gramíneo lenhosa”, classes que indicariam algum nível de preservação, mas a redução indica justamente o oposto. A dinâmica de mudanças foi observada nestas classes nos dois intervalos (2004/2009 e 2009/2016) indicando uma possível tendência de crescimento da ocupação da área, e não um fenômeno momentâneo.

As próximas análises serão feitas a partir dos *contributors to net change experienced by* (contribuintes para a mudança líquida experimentada por). As principais classes analisadas foram “áreas sujeitas à inundação”, “áreas não edificadas” e “áreas residenciais”, pois refletem uma dinâmica de ocupação de uma

área classificada como suscetível a inundações. Destaca-se que, em cada ano de mapeamento, as “áreas sujeitas à inundação” não perdem suas características de suscetibilidade à inundação (características do solo, elevação, declividade, etc.), mas recebem uma nova classificação em virtude do uso que é observado no momento do mapeamento.

A ordem das análises é também em função de se entender que há uma classe considerada transitória (áreas não edificadas) entre diversas classes e a classe “áreas residenciais”. Contudo, há o enfoque nas “áreas sujeitas à inundação” em função do risco iminente.

Nas próximas figuras analisadas, as barras do lado direito da imagem indicam sobre qual classe se expandiu a classe analisada, enquanto as barras do lado esquerdo da imagem indicam quais classes se expandiram sobre a classe analisada. A primeira classe analisada é “áreas sujeitas à inundação”. Entre 2004 e 2009 ocorre contribuição para o ganho desta classe por parte de “áreas agrícolas”. Outro aspecto importante é que já se observa perdas de “áreas sujeitas à inundação” para, principalmente, “áreas residenciais”, que alcança aproximadamente 0,06 km² (Figura 04).

Entre 2009 e 2016, seguindo a dinâmica de transição entre classes, há uma mudança sensível de áreas sujeitas à inundação para áreas não edificadas (Figura 05).

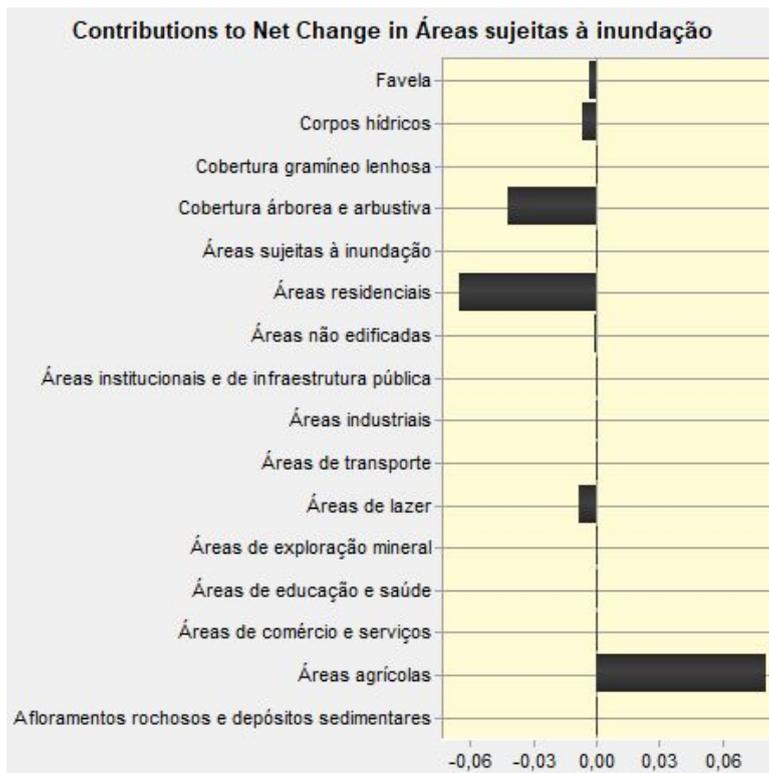


Figura 04: Contribuintes para mudanças em áreas sujeitas à inundação entre 2004 e 2009. | **Fonte:** Interface gráfica do LCM, 2019.

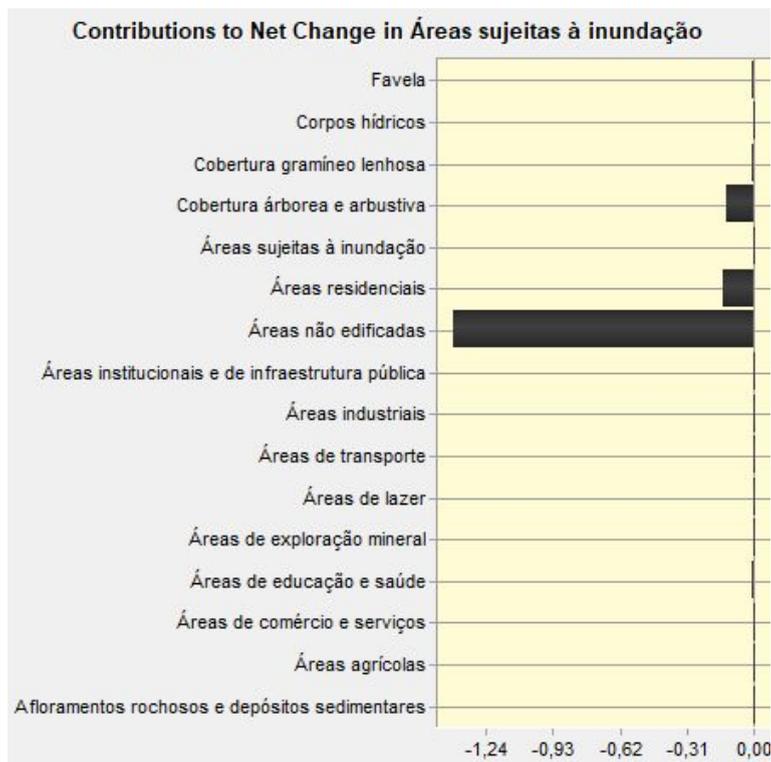


Figura 05: Contribuintes para mudanças em áreas sujeitas à inundação entre 2009 e 2016. **Fonte:** Interface gráfica do LCM, 2019.

Ao se considerar as áreas não edificadas entre 2004 e 2009, a classe se expandiu, principalmente, sobre as classes “cobertura gramíneo lenhosa” e “cobertura arbórea e arbustiva” (Figura 06).

Entre 2009 e 2016 as áreas não edificadas se expandiram, de forma mais expressiva, sobre as “áreas sujeitas à inundação”, alcançando pouco mais de 1 km² contudo, a expansão também foi significativa sobre as classes “cobertura gramíneo lenhosa” e “cobertura arbórea e arbustiva”. As áreas não edificadas foram suprimidas, de maneira mais sensível, somente pelas áreas residenciais, o que ratifica a dinâmica de expansão urbana (Figura 07).

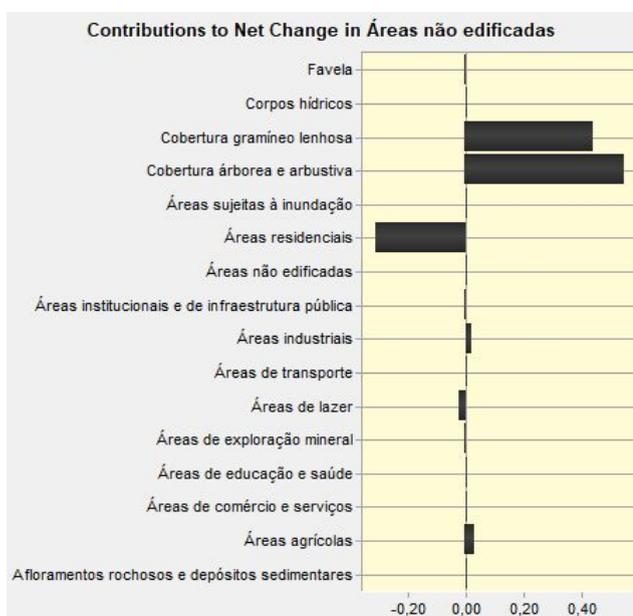


Figura 06: Contribuintes para mudanças em áreas não edificadas entre 2004 e 2009. **Fonte:** Interface gráfica do LCM, 2019.

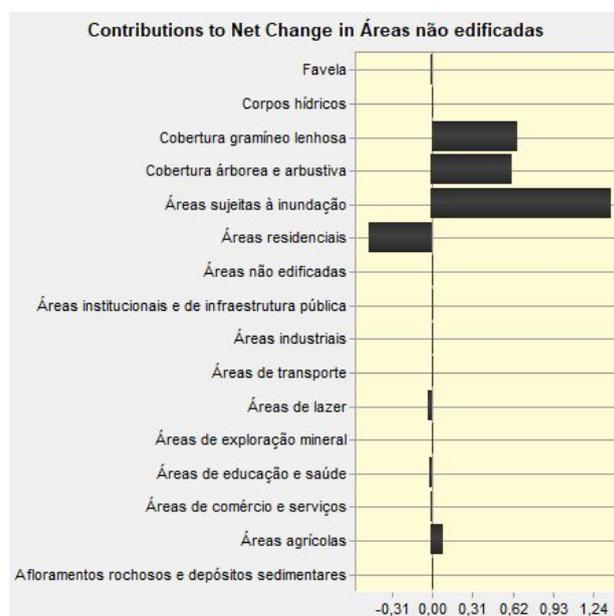


Figura 07: Contribuintes para mudanças em áreas não edificadas entre 2009 e 2016. **Fonte:** Interface gráfica do LCM, 2019.

A última análise de contribuição é feita sobre as áreas residenciais, considerada a última etapa da transição. No período entre 2004 e 2009 basicamente não há indícios de perdas significativas nesta classe, mas seus ganhos ocorrem sobre as áreas de “cobertura gramíneo lenhosa”, “cobertura arbórea e arbustiva”, e, naturalmente, sobre as áreas não edificadas (Figura 08).

Considerando o período entre 2009 e 2016, a expansão de áreas residenciais ocorre para as áreas de “cobertura arbórea arbustiva” e “áreas não edificadas”, com cerca de 0,5 km² de expansão sobre cada classe, mas também é observada expansão sobre “cobertura gramíneo lenhosa e “áreas sujeitas à inundação” (Figura 09).

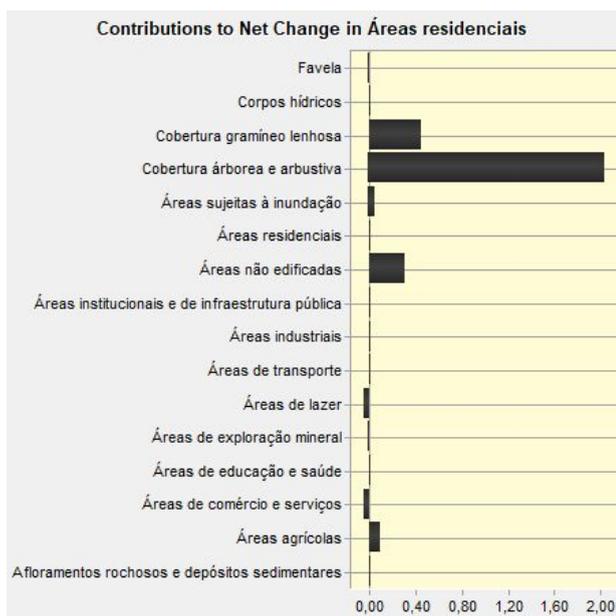


Figura 08: Contribuintes para mudanças em áreas residenciais entre 2004 e 2009. **Fonte:** Interface gráfica do LCM, 2019.

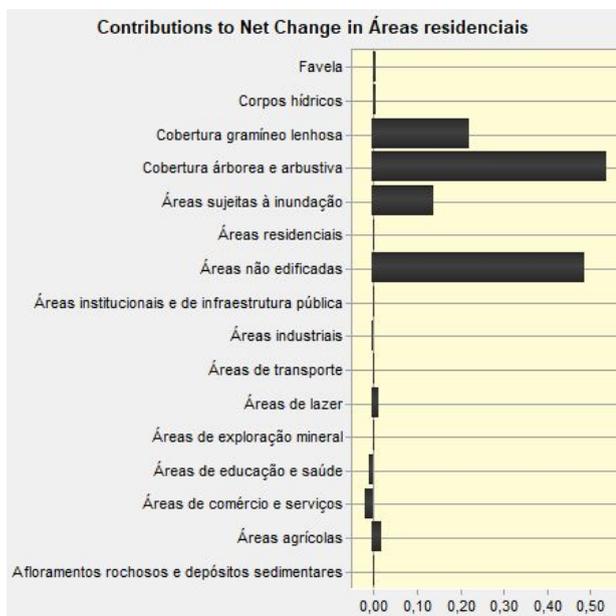


Figura 09: Contribuintes para mudanças em áreas residenciais entre 2009 e 2016. **Fonte:** Interface gráfica do LCM, 2019.

Outro produto gerado permite a análise das tendências direcionais das mudanças de determinadas classes em um determinado período, neste caso, entre 2009 e 2016. Na primeira análise, as tendências de mudanças analisadas foram sobre as “áreas sujeitas à

inundação” para “áreas não edificadas” (Figura 10). Neste caso, a imagem indica em qual área há maior tendência deste processo ocorrer (cor mais vermelha). As mudanças entre essas classes ocorrem de forma mais marcante no baixo curso da bacia, nos bairros de Guaratiba e Pedra de Guaratiba.

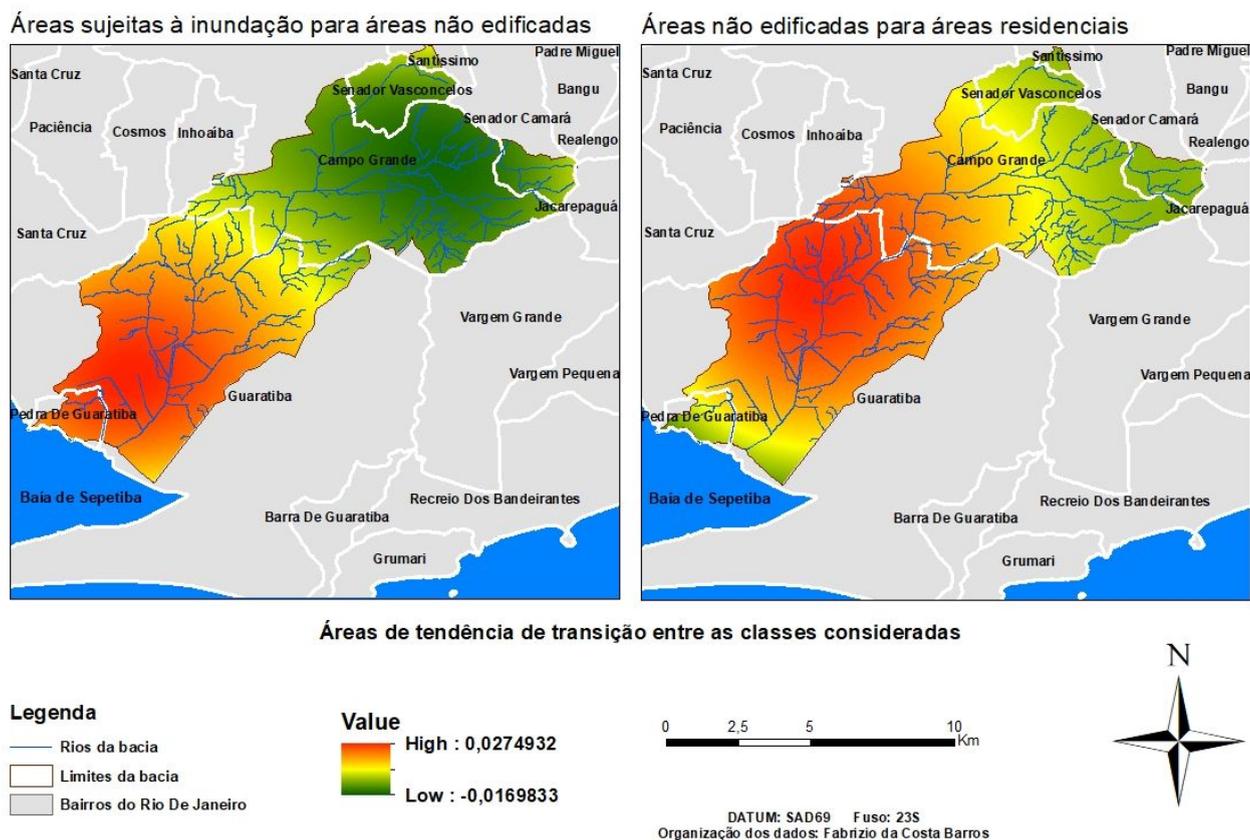


Figura 10: Áreas de tendências de transição entre as classes consideradas. | **Fonte:** Autor, 2019.

Outra mudança relevante se dá entre áreas não edificadas para áreas residenciais, sendo espacializada, principalmente, no médio curso da bacia, em direção aos bairros de Guaratiba e Campo Grande, indicando que são os bairros onde há maior tendência de transição entre “áreas não edificadas” para “áreas residenciais”, principalmente no norte de Guaratiba, como podem ser observadas residências sendo construídas na localidade conhecida como Comunidade Jardim Maravilha, Figura 11.



Figura 11: Curso d'água retificado com construções nas margens. | **Fonte:** BARROS, ABR\2019.

Por fim, a Matriz de Transição foi o último produto gerado, apresentando as probabilidades de transição de uma classe para outra em instante estimado (T3) considerando o mesmo intervalo de sete anos entre T1 e T2 (2009 e 2016), através da Cadeia de Markov.

Entende-se a Cadeia de Markov como uma matriz estocástica (processos aleatórios) de modelagem onde os resultados de um acontecimento só dependem do acontecimento imediatamente anterior (MAGELA, 2015). É uma matriz quadrada $M \times M$, estocástica, em que as classes representam a probabilidade de transição de uma para outra, sendo uma representação matemática das cadeias de Markov.

Aplicada na área de estudo, a MT fez uma estimativa para 2023 (T3) considerando as 5 classes que mais refletem uma dinâmica de expansão urbana (Tabela 03).

TABELA 03
Matriz de Transição.

| | Áreas não edificadas | Áreas residenciais | Áreas sujeitas à inundação | Cobertura arbórea e arbustiva | Cobertura gramíneo lenhosa |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Áreas não edificadas | 0.6748 | 0.2372 | 0.0002 | 0.0205 | 0.0321 |
| Áreas residenciais | 0.0039 | 0.9937 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0005 |
| Áreas sujeitas à inundação | 0.2433 | 0.0250 | 0.6926 | 0.0352 | 0.0000 |
| Cobertura arbórea e arbustiva | 0.0157 | 0.0126 | 0.0017 | 0.9562 | 0.0073 |
| Cobertura gramíneo lenhosa | 0.0451 | 0.0147 | 0.0003 | 0.0303 | 0.8906 |

Fonte: Autor, 2019.

Na MT gerada, observa-se indicadores de expansão relevantes. As áreas sujeitas à inundação possuem aproximadamente cerca de 24% de chance de se tornarem áreas não edificadas, enquanto as áreas não edificadas possuem aproximadamente 24% de chance de se tornarem áreas residenciais. As áreas residenciais, por outro lado, possuem mais de 99% de chance de permanecerem com este uso. Desta forma, a MT se torna uma forma de atestar um processo em curso em uma determinada área.

4. Considerações finais

Os conflitos de ocupação em áreas de risco, como planícies de inundação e faixas marginais dos cursos hídricos, são históricos e de difícil solução, e a dinâmica urbana dos

anos analisados trouxe uma apropriação do espaço que não segue um modelo muito diferente do que veio em curso na sociedade, sobretudo nos grandes centros urbanos do país.

Esta pesquisa é ponto de partida para compreender a dinâmica existente que envolve a Zona Oeste da cidade, áreas que receberam investimentos e equipamentos para atividades esportivas, políticas públicas e consolidação de algumas áreas da cidade do Rio de Janeiro como essencialmente turísticas (e circulação de capital).

Técnicas, metodologias e estudos ainda são alternativas que permitem identificar formas de fornecer subsídios e propostas de planejamento que visem mitigar e/ou evitar a degradação ambiental e os impactos cada vez mais crescentes sobre uma parcela da população. Através das análises feitas no LCM, pode-se observar que a maior parte dos usos do solo na bacia sofreu alterações de ordem antrópica em menor ou maior escala.

A variável considerada nesta etapa da pesquisa foi apenas de uso e ocupação do solo, onde a ferramenta *Land Change Modeler* desempenhou importante papel no processo de interpretação das transições do uso do solo na área de estudo, considerando também o que o Plano Diretor Municipal tem como planejamento para esta área, evidenciando as mudanças relevantes entre as diferentes classes de uso do solo.

As análises de tendência de mudança espacial permitem observar as áreas em que diferentes usos do solo poderão se consolidar, bem como a MT permite estimar a probabilidade de determinadas transições realmente ocorrerem, possibilitando que o poder público implante medidas de planejamento e gestão dessas áreas de forma mais adequada.

A principal dinâmica observada foi o crescimento de classes de uso e ocupação do solo que refletem aumento da quantidade de habitantes a partir do aumento de áreas residenciais associado à redução de áreas não edificadas e áreas sujeitas à inundação no baixo curso da bacia. Esta dinâmica, ocorrendo desde o primeiro ano considerado (2004), como foi observado, pode indicar uma tendência de adensamento urbano que seguirá ocorrendo nos próximos anos, cabendo uma análise de outras variáveis para uma compreensão mais consistente dos fatores que têm impulsionado esta dinâmica.

De forma mais generalizada, observou-se um aumento em outras classes (em menores proporções) que estão associadas ao uso direto pela população, e que ocorrem

associadas ao aumento da população fixa do local, como áreas de comércio e serviços e áreas de lazer, o que pode indicar a região como vetor da expansão urbana, mesmo havendo diversas áreas classificadas oficialmente como sujeitas à inundação.

Referências Bibliográficas

BELTRÃO, Kaizô Iwakami; CAMARANO, Ana Amélia; KANSO, Solange; e SUGAHARA, Sonoe.

Tendências demográficas do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IPP/PCRJ, 2004.

BESER DE DEUS, L. A. **Espaço e Tempo como Subsídios à Construção de Cenários de Uso e Cobertura da Terra para o Planejamento Ambiental na Amazônia: O Caso da Bacia do Rio Acre.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CARDOSO, I. C. da C. **Das reformas urbanas da transição ao século XX à Operação Urbana Consorciada da região do Porto do Rio:** apontamentos para um debate. In: GOMES, Maria de Fatima Cabral Marques et al. (Org.) *Renovação urbana, mercantilização da cidade e desigualdades socioespaciais.* 1ª edição. Rio de Janeiro: Mauad X, 2013.

CAVALCANTI, L. C. de S. **Cartografia de paisagens: fundamentos.** 2ª ed. rev. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** 1ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1999.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de encostas na interface com a geomorfologia.** In:

CUNHA, Luiz Henrique; COELHO, Maria Célia Nunes. Política e Gestão ambiental. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. (org.). **A Questão Ambiental - Diferentes Abordagens.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro: 2003.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Selva: manual version 17.** Worcester, MA: Clark University, 2012a.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Selva: tutorial version 17.** Worcester, MA: Clark University, 2012b.

FONSECA, Priscilla Rodrigues.; FRANÇA, Sarah Lúcia Alves. **O Crescimento Urbano e suas consequências na reconfiguração do bairro de Campo Grande.** RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico, Salvador (BA),v. 13, n. 24, p.24-34, 2011.

GONÇALVES, Rafael Soares. (2013). **O espetáculo da paisagem carioca: novas configurações urbanas e seus impactos**. In: GOMES, Maria de Fatima C. M.; MAIA, Rosemere Santos; CARDOSO, Isabel Cristina da C; FRANÇA, Bruno Alves de (Organizadores). Renovação urbana, mercantilização da cidade e desigualdades socioespaciais. 1ª edição. Rio de Janeiro: Mauad X, 2013.

HARVEY, D. **A produção capitalista do espaço**. 2ª edição. São Paulo: Annablume, 2006.

_____. **Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as Origens da Mudança Cultural**. 16ª edição. São Paulo: Edições Loyola, 2007

MASCARENHAS, G. **A produção da cidade olímpica e os sinais da crise do modelo globalitário**. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 20, n.1, p.52-68, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

MAGELA, Mateus Mendes. **Teoria Básica das Cadeias de Markov**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Departamento de Matemática, 2015. 112f.

MELLO, D. F. de. **Pedra de Guaratiba: um lugar onde o futuro não aconteceu**. Dissertação (Mestrado em História). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MOREIRA, M. V.; MENDONÇA, B. R. E.; TÂNGARI, V. R. **Reconhecimento e categorização tipológica dos sistemas de espaços livres privados: o estudo de caso de Guaratiba – RJ**. X COLÓQUIO QUAPA-SEL, 2015.

NOVO, Evelyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São José dos Campos: Edgar Blücher, 1989.

OLIVEIRA, Raquel de.Lucena. **Centralidade na Periferia: a centralidade de Campo Grande na Zona Oeste da Metrópole Carioca**. 2014. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) -Curso de Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PIROLI, E. L.; ISHIKAWA, D. T. K.; DEMARCHI, J. C. **Análise das mudanças no uso do solo da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos - SP, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15, 2011, Curitiba, PR. Anais. INPE, 2011, p.6333-6340.

RIMAL, B.; ZHANG, L.; KESHTKAR, H.; HAACK, B. N.; RIJAL, S.; ZHANG, P. **Land Use/Land Cover Dynamics and Modeling of Urban Land Expansion by the Integration of Cellular Automata and Markov Chain.** *International Journal of Geo-Information*. Abril, 2018. DOI: 10.3390/ijgi7040154

RIBAS, Rodrigo Pinheiro; GONTIJO, Bernardo Machado; MOURA, Ana Clara. **Análise da dinâmica espacial de um potencial conector de paisagem utilizando cadeias de Markov e Autômatos Celulares.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, João Pessoa, PB. INPE, 2015.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 1.130 de 12 de fevereiro de 1987.** Define as áreas de interesse especial do Estado.

RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 42.356 de 16 de março de 2010.** Dispõe sobre o tratamento e a demarcação das Faixas Marginais de Proteção nos processos de Licenciamento Ambiental.

RIO DE JANEIRO. **Portaria Serla nº 324 de 28 de agosto de 2003.** Define a base legal para estabelecimento da largura mínima da FMP e dá outras providências.

TOMÁS, D. D.; SANCHES D. L. **Áreas de risco: planejamento como prevenção.** In *Riscos e vulnerabilidades: teoria e prática no contexto luso-brasileiro*. Magda Adelaide Lombardo, Maria Isabel Castreghini de Freitas (Orgs). 1ª edição – São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013.

JAIN, R. K.; JAIN, K.; ALI, S. R. **Modeling Urban Land Cover Growth Dynamics Based on Land Change Modeler (LCM) Using Remote Sensing: A Case Study of Gurgaon, India.** *Research India Publications*. ISSN 0973-6107 Volume 10, Number 10 (2017) pp. 2947-2961.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica do planejamento e à gestão urbana.** 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.