ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Bacia hidrográfica: tendências e perspectivas da aplicabilidade no meio urbano

Filipe da Silva Peixoto¹, Renata Nayara Câmara Miranda Silveira²

¹ Professor do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN. filipepeixoto@uern.com (autor correspondente). ² Doutoranda em Geologia na Universidade Federal do Ceará – UFC. renayarac@gmail.com.

Artigo recebido em 19/12/2016 e aceito em 28/02/2017

RESUMO

O estudo busca investigar a aplicação da bacia hidrográfica como recorte de estudo e gestão ambiental no meio urbano. Foi observado se há relevante aplicabilidade da bacia hidrográfica urbana em atividades de planejamento, gerenciamento e investigação da qualidade ambiental. Para isso foi utilizado o levantamento bibliográfico acerca das origens dos estudos associados a bacia hidrográfica, assim como as principais aplicações metodológicas e, desse modo, traçando tendências e perspectivas atuais acerca da aplicação da bacia hidrográfica como recorte espacial no meio urbano.

Palavras-chave: bacias hidrográficas urbanas, análise hidroambiental, planejamento ambiental.

Watershed: trends and approach of applicability in urban environment

ABSTRACT

This study aims to investigate the application of the watershed a cut and environmental management and investigation in the urban environment. We observe if there was relevant applicability of the urban watershed in activities of planning, management and investigation of environmental quality. This study was done throng a bibliographic survey was use studies associated to the watershed, as well as the main methodological applications, the current trends and perspectives on the application of the watershed basin as a spatial cut in the urban environment.

Keywords: urban watershed, hydro environmental analyze, environmental planning.

Introdução

A busca de instrumentalização teórica para explicar, gerir e planejar a condição Ambiental na cidade é essencial para a existência de cidades mais sustentáveis. Esse caminho passa pelo reconhecimento da indissociação da qualidade hídrica e da qualidade ambiental (Braga *et al.*, 2002). A propriedade que a água possui por ser um solvente universal, propicia um indicador ideal para vários tipos de poluição do meio.

O reconhecimento da ligação entre as políticas ambientais e os recursos hídricos está posto na legislação nacional. Sobretudo, na integração entre a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, instituída pela Lei Federal nº 6.938/81, e a Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997, além de instrumentos de ordenamento territorial urbano, como o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU, que é instituído como instrumento de gerenciamento e planejamento urbano na Lei Federal nº 10.257/2001.

De fato, Peixoto *et al.* (2016) apontaram para a integração entre essas legislações como necessidade da efetivação das políticas acerca das águas urbanas e da efetividade da gestão dessas. Porém, mostra-se necessário o fortalecimento de políticas estaduais e municipais, as quais complementam e especificam as políticas de recursos hídricos e de uso e planejamento do solo urbano (Tucci, 2016).

Nesse contexto, a Bacia Hidrográfica, associada com frequência aos estudos ambientais urbanos, é considerada, na perspectiva geográfica, como uma unidade espacial de investigação e intervenção hidroambiental devendo abranger a condição de “natureza transformada” da cidade. No sentido de que os objetos implementados no meio físico geram modificações em processos biogeofísicos, que, por sua vez, podem gerar uma série de problemas quanto aos riscos associados a desastres e a falta de salubridade para populações urbanas.

A integração entre a qualidade da água e os riscos ambientais tem sido investigado por vários estudos. Frequentemente tem-se usado o termo hidroambiental em diversas pesquisas que buscam a associação entre os aspectos qualitativos da água e o meio ambiente, sobretudo nas cidades, além de utilização da bacia hidrográfica como recorte espacial de estudo. Tackeuchi, *et al.*, (2009); Harris, *et al.*, (2004) utilizam abordagem igual ao termo hidroambiental ou *hydroenvironment*, aplicado a modelagem que tem como objetivo explicar, prever e investigar a relação entre o meio hídrico superficial e/ou subterrâneo e a ocupação no espaço na sua bacia de drenagem. Tonello, *et al.*, (2009); Barbosa (2012) utilizam como unidade espacial de investigação a bacia hidrográfica, associando a pesquisa hidroambiental e a área de drenagem. Kashefipour *et al.* (2002), ao realizarem modelagem para o suporte de depuração de esgoto doméstico no estuário do Rio Ribble, utilizaram como suporte teórico de avaliação o impacto hidroambiental, pois seus critérios de investigação estão ligados a parâmetros de qualidade da água.

Na emergência de traçar quadros mais claros sobre a tendência da utilização de bacias urbanas como recorte de investigação, gestão e planejamento das águas urbanas, buscamos investigar a formulação e entendimento do conceito de bacia hidrográfica na perspectiva da geografia, além de analisar a produção bibliográfica acerca do tema e definir tendências e perspectivas atuais acerca dessa aplicação da bacia hidrográfica no meio urbano, assim como, metodologias e conclusões acerca desses estudos.

Material e métodos

O desenvolvimento desse estudo consistiu primeiramente na definição do universo estudado. Trata-se, pois, do meio urbano na perspectiva da geografia consolidada nos estudos da cidade como materialização física da urbanidade exercida pela condição moderna desses espaços na organização capitalista. Especifica-se a cidade como porção territorial, cuja necessidade de mediação estatal entre as forças do capital e a natureza se mostram necessárias para a promoção da conservação do ambiental.

A construção do conceito de bacia hidrográfica também integra esse estudo como algo central, sobretudo na geografia ela foi, muitas vezes, utilizada com o suporte teórico da região como maneira de articulação deste com as políticas de ordenamento territorial e, sobretudo, do que se utiliza hoje no planejamento dos

recursos hídricos. E como direcionamento central, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca da utilização da bacia hidrográfica como recorte de estudo, gerenciamento e planejamento no meio urbano.

Resultados e discussão

A cidade e sua natureza transformada

A reflexão acerca de uma unidade espacial no âmbito da geografia, recorre, *a priori*, ao conceito de espaço como central no reconhecimento da ciência geográfica. Muitas das discussões epistemológicas da Geografia giram em torno do Espaço, pois este exerce função teórica para compreender como os fenômenos estudados se materializam no espaço.

O espaço, “como conceito chave da geografia” (Corrêa, 1994), dá apoio para outras categorias de análise. Heasbaert (2014) coloca que no conjunto de conceitos proposto por Milton Santos, destaca-se a noção mestre de espaço geográfico, o qual Santos (1997) define como um conjunto indissociado de sistemas de objetos e sistemas de ações, de modo que os meios de produção que existem historicamente só se efetivam quando há a espacialização da produção por meio da formação socioespacial. Neste conceito, se denota o espaço como socialmente produzido que, de acordo com Harvey (1973) e Corrêa (1994), possui característica multidimensional, permitindo a construção por diferentes práticas sociais.

O espaço urbano, por sua vez, conota uma efervescência das práticas sociais, as quais, em uma perspectiva crítica são, em parte, entendidas como meio apropriado. Na cidade as condições para os processos de reprodução da forma de trabalho podem ser mais plenamente realizáveis, esses processos viabilizados pela acumulação de capital geram uma forma, movimento e conteúdo sobre o espaço urbano, caracterizando usos do solo extremamente variáveis (Corrêa, 2005).

O espaço físico na cidade é um recurso escasso e de alta demanda, que obedece a lógica do mercado, causando segregação socioambiental à medida que as populações mais pobres não possuem condições de morar na cidade formal, que dispõe de serviços necessários para garantir a salubridade ambiental, tendendo então, a ocupar áreas inapropriadas e que oferecem riscos à desastres de diferente natureza. De acordo com Deschamps (2004), existe a tendência de grupos com nítida desvantagem social residirem em áreas sujeitas a riscos ambientais, de maneira a tornar evidente que “a cidade em sua organização territorial carrega enormes contradições, negando

sua própria razão precípua” (Silva, 1997, p. 32), pois o direito à cidade, reconhecido legalmente, passa a ser relativizado pela classe social e poder econômico.

A manifestação do espaço produzido na cidade proporciona ambientes modificados em função do tipo de ocupação, classes sociais, equipamento e serviços urbanos.

“A cidade, objeto de uso herdado do passado, é transformada em objeto de troca e de consumo, do mesmo modo que as ‘coisas’ negociáveis. Esta construção lefebvriana desvenda a potência da economia de mercado, que avassaladora atinge as cidades e determina um outro lugar para a cidade na história humana, não porque a cidade contenha fenômenos econômicos, na forma de receptáculo primordial, mas porque ela é determinante para seu desenvolvimento; transformada, tragicamente, em limite e centro da potência da acumulação do capital” (Damiani, 1999, p. 120).

Assim, de modo acentuado, moradores e seus respectivos meios de vida, seu consumo de produtos, incluindo nesses o espaço como mercadoria, promovem acentuada segregação socioespacial.

A “segunda natureza”, entendida como resultado da produção do espaço, é reconhecida pelos geógrafos físicos como ambiente transformado, apresentando mudanças estruturais internas que foram empreendidas por processos de retroalimentação positiva e/ou negativa causados a partir da implementação técnica.

Essas interferências formam e se estruturaram funcionalmente na paisagem, de modo que a transformação ocorrida na paisagem modifica os processos de maneira a promover sua evolução, resultando na diminuição da capacidade de descontaminação promovida pelos serviços ambientais em decorrência, sobretudo, da implantação física da cidade, além da grande incorporação de resíduos e efluentes produzidos no meio urbano. Esse quadro é frequentemente gerador de degradação e danos à própria sociedade (Cassetti, 1991). Isso porque a qualidade ambiental fica comprometida caso não haja um ambiente equilibrado e capaz de realizar a depuração e assimilação de resíduos (Braga *et al.* 2002).

A Bacia Hidrográfica no Planejamento Ambiental: uma regionalização hidrológica

A lógica do discurso do ordenamento espacial estava pautada no princípio de se produzir um espaço nacional harmonioso, “colocar um pouco de ordem na urbanização selvagem, só obedecendo a perseguição de lucros” (Silva, 1999, p. 43). Tal conjuntura esboça uma necessidade de controle da urbanização de modo a promover a conservação ambiental.

O planejamento ambiental é, na atualidade, entendido como um conjunto de procedimentos técnicos utilizados para empreender um modelo conservacionista de ordenamento do meio sobre os pilares da sustentabilidade. Porém, para isso é necessário reconhecer que a própria noção de ordenamento envolve uma realidade complexa (Camargo, 2009). O planejamento ambiental é geralmente pautado em recortes espaciais que geram incompatibilidade com os recortes políticos municipais, o que fragmenta o espaço de modo a não permitir em muitos casos uma intervenção efetiva.

Em uma perspectiva integrada para o controle e planejamento ambiental urbano é necessário perceber a evolução da paisagem gerada processualmente de maneira funcional e sistêmica pelos processos ambientais modificados pelas estruturas antropogênicas. A transformação gerada pela materialização física de suporte da cidade, mais do que intervenção direta, modifica qualitativa e quantitativamente os processos ambientais. Entender essas modificações e os mecanismos de intervenção ligados a ela, é o desafio para um planejamento ambiental urbano mais eficaz e efetivamente sustentável.

Aqui se reconhece a bacia hidrográfica como um recorte territorial e unidade de estudo no meio urbano. Esta é conhecida como unidade territorial de planejamento gestão e análise, que permite uma melhor compatibilidade com a dinâmica ambiental os “fluxos de energia e matéria” (Botello e Silva, 2010). Para Cristofolletti (1980) a bacia hidrográfica é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionado, definindo a área drenada por um determinado curso fluvial. A bacia hidrográfica é aqui entendida como um sistema aberto onde o *input* ocorre por meio das chuvas enquanto a saída se dá por um exutório comum que caracteriza o deflúvio da área drenada, e a estrutura interna varia em torno de um padrão, no qual, consiste em um equilíbrio dinâmico, onde as interferências antropogênicas exercem influência sobre esse equilíbrio (Lima e Zakia, 2000).

O critério de recorte espacial da Bacia Hidrográfica é a confluência de rios, que são determinados pelo arranjo da evolução da

dissecação do relevo, além de suas determinações estruturais e climáticas em uma perspectiva evolutiva. A delimitação de uma bacia hidrográfica é baseada em um critério natural, mas de grande complexidade, considerando a evolução morfoestrutural e morfoescultural da crosta e as características morfogenéticas como processo resultante dos agentes externos de atuação sobre o relevo (Teixeira *et al.* 2002).

Tais limites podem ser identificados no espaço, por meio da topografia que caracteriza os divisores de água e direciona os cursos fluviais. Desse modo, a bacia hidrográfica é concebida como um recorte regional, obedecendo os princípios fundamentais de localização extensão de algum fenômeno ou fato, ou a aplicação limítrofe de mais ou menos habitual de atributos de diversidade espacial.

Segundo Smith (1977), já em 1752, Philippe Buache apresentou um memorando para a *Franch Academy of Science*, o qual ele utilizou o critério topográfico para derivar a bacia de drenagem. Correspondendo a ideia de bacia de drenagem como unidade de análise para estudos e organização de fenômenos estudados pela geografia. Segundo o mesmo autor, Carl Ritter pautava-se no suporte teórico da região para realizar a delimitação e estudo de bacias hidrográficas

Contudo, sabe-se que o conceito de Região teve vários significados ao longo da história epistemológica da geografia, causada principalmente pelas mudanças de paradigma (CAPEL, 1985). Gomes (1995) coloca que em sua constituição histórica a região foi germinada no campo de discussões políticas estadistas e de diversidade espacial; além de projeções no espaço de noções de autonomia, soberania, direitos.

“De modo que tem-se duas ideias de Região: de que a Região como uso e delimitação de divisão administrativa ligadas a uma hierarquia organizacional do Estado; e que está é definida pela regularidade de ocorrência de propriedades que a define dentro de um espaço” (Gomes, 1995, p. 26).

Ela tem sido, atualmente, baseada em critérios variados, de maneira a conceber diferentes recortes, tendo como objetivo definir certa homogeneidade espacial.

Concepções e potencialidades da bacia hidrográfica

A região é concebida desde longa data em critérios hidrográficos. Ritter na sua obra

Comparative Geography, traduzido para o inglês, encontrou refúgio na região ao definir e separar o alto, médio e baixo curso dos rios, além de deliberar as montanhas como áreas limítrofes.

Na esfera administrativa o recorte para o gerenciamento dos recursos hídricos é, por vezes, denomina como regiões hidrográficas. Estas são entendidas como regiões de planejamento, isto é, um território de ação e controle. No Brasil entre 1964 e 1977/78, sobretudo, numerosos estudos já haviam almejando a definição de regiões de planejamento. Na Lei Federal nº 9.433/97 conhecida como a que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, foi reconhecida a Bacia hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos. O recorte para essa unidade, muitas vezes, não é estabelecido somente pelo limite hidrográfico, mas também por características hídricas e hidrográficas similares. Como no caso das bacias costeiras que formam um conjunto de bacias de drenagem reunidas em uma região hidrográfica, por contar uma certa similaridade e posição geográfica apropriada para a classificação.

Tendo em vista que a própria concepção genética da região natural como uniformidade resultante da combinação ou integração em área dos elementos da natureza, esta foi objetiva no estudo das interações entre o meio e a sociedade (Corrêa, 1991). Contribuiu desse modo para uma composição espacial que é estratégica no gerenciamento dos recursos hídricos, não só com relação as ofertas, demandas e locação de água, mas também para o controle dos efeitos qualitativos do uso do solo sobre as águas.

Dentro do contexto analítico de investigação, a bacia hidrográfica atinge níveis cada vez mais específicos de acordo com a escala do estudo. Uma bacia hidrográfica pode ser fragmentada em sub-bacias, que são basicamente formadas pela área drenada por uma afluente específico do rio. Outros autores classificam a bacia hidrográfica e a segmenta com maior escala (Teodoro *et al.*, 2007). Como por exemplo, a abordagem sobre manejo, erosão e conservação dos solos e planejamento ambiental (Bottelo e Silva, 2010). O termo microbacia é o mais utilizado para áreas de captação de rios menores que 100 km² (Faustino, 1996). Alguns autores como Calijuri e Budel (2006) utilizam como definição da microbacia a área de captação de rios de 1ª, 2ª e em alguns casos 3ª ordem. Já o uso da sub-bacia, segundo Bottelo e Silva (2010 p. 53), “independe de suas dimensões, pressupõe não só necessariamente sua inserção em outra bacia de tamanho maior, mas seu vínculo com a mesma no estudo considerado”. No entanto, outros autores

estabelecem uma dimensão espacial de 200 a 300 km² como critério de definição desse recorte (Martins, 2005).

Na literatura estrangeira a bacia hidrográfica é frequente alvo de aplicação em vários ramos da ciências e políticas de planejamento e gestão. De acordo com Barrow (1998), a Bacia Hidrográfica pode ser dividida em setores regionais de alto, médio ou baixo curso, além de seções hidrográficas denominadas sub-bacias dos tributários. Deve-se realizar diferenciações importantes acerca desses termos que não são literalmente traduzidos para o português. *Watershed* é um termo que se aproxima da sub-bacia, no sentido de recorte de análise hidrológica integrada entre água superficial e subterrânea relacionados ao uso e cobertura do solo. Enquanto o termo *River Basin* é constantemente utilizado para gestão, gerenciamento e planejamento da gestão dos recursos hídricos em grandes bacias.

No contexto de gerenciamento, as regiões hidrográficas são submetidas à jurisdição federal, para rios transtaduais e/ou transnacionais, e estadual para rios que possuem continuidade apenas no território de determinado estado. Contudo, os municípios ficam responsáveis pelo gerenciamento do uso do solo municipal, de modo a ser competente a traçar diretrizes para o ordenamento territorial, de maneira a contribuir para a manutenção e conservação da qualidade hídrica dos mananciais (Tucci, 2007).

As aplicações pela municipalidade no que tange ao gerenciamento, controle e investigação nas áreas urbanas, seja no ambiente de uso do solo ou ambiental, utilizam critérios políticos administrativos, que não são compatíveis com a condição hidroambiental. Em muitos casos os mananciais urbanos são fontes alternativas para populações em diversos usos, além de estarem relacionados a problemática da contaminação, inundações e dispersão de vetores epidêmicos em áreas urbanas.

A proposição de um recorte espacial alternativo de gerenciamento, intervenção e investigação hidroambiental nas áreas urbanas tem em vista a utilização de critério hidrográfico para a delimitação dessas áreas, utilizando microbacias ou sub-bacias de acordo com os critérios estabelecidos para definição dessas unidades. O critério hidrográfico de recorte é flexível, de modo a compor unidades hidrográficas de maneira a melhor responder às demandas do gerenciamento hidroambiental em escala intra-urbana ou intra-municipal.

A abordagem em escalas maiores que 1:10.000 permite o detalhamento de estruturas

urbanas, tipos de uso e ocupação do solo, além de facilitar a delimitação de áreas de preservação permanente, áreas de amortecimento e, sobretudo, na identificação da magnitude do impacto que a estrutura física urbana exerce sobre o meio. Identificando a capacidade de suporte do meio, tendo em vista a manutenção e limites dos serviços ambientais prestados pelo processo biogeofísicos.

Temos, por exemplo, a manutenção da capacidade de infiltração do solo local como uma condição basilar para a conservação dos sistemas hídricos naturais urbanos. Estudos mostram, dentre eles Paul e Meyer (2001), Foster e Chilton (2004), Chae *et al.*, (2010), que quanto maior a intervenção sobre a diminuição da capacidade de infiltração local, maiores são os problemas de qualidade hídrica das águas superficiais e subterrâneas, além da consequente diminuição da recarga natural dos aquíferos urbanos e aumento da frequência e magnitude das inundações, seja aquelas caracterizadas pela elevação do nível de rios, cuja água invade o leito maior ou excepcional, ou aquelas ocasionadas pela impermeabilização generalizada e incapacidade da drenagem urbana de controlar os volumes de escoamento superficial produzidos.

Grande parte dos problemas ambientais urbanos, sobretudo nas grandes cidades brasileiras são causados por essa dinâmica. Os mecanismos de controle devem atuar nas fontes e prevenções desses problemas. Através da capacidade de planejamento e gerenciamento que são essenciais para efetivação das políticas ambientais e de segurança hídrica, promovendo a salubridade ambiental urbana e melhor eficiência, principalmente, na gestão da qualidade da água.

Os Estudos De Bacia Hidrográfica No Meio Urbano

O conceito físico de bacia hidrográfica pode ser entendido como:

“Um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos à superfície terrestre, delimitado interno e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais” (Rodrigues e Adami, 2005, p. 147).

Sabe-se, contudo que no meio urbano as modificações técnicas implementadas pela sociedade modificam os processos formadores da

paisagem, e insere materiais e compostos por meio de sistemas técnicos como inserção de efluentes de várias naturezas, além de águas servidas que geralmente são importadas de sistemas de abastecimento externos a cidade.

Desse modo, as bacias urbanas possuem características diferenciadas, principalmente pela forte inserção da esfera técnica. Segundo Tucci (2007, p. 30), “os sistemas urbanos são áreas delimitadas, caracterizadas por alta densidade populacional sustentadas por processos biofísicos com origem e abrangência maior que a área urbana”. Consequentemente o manejo de bacias urbanas deve atender condições específicas para o equilíbrio ecológico demandado pela condição quali-quantitativa da água, atendendo o direito a qualidade ambiental garantidos constitucionalmente pelo artigo 23 § 6 na Constituição Federal de 1988.

A bacia hidrográfica é frequentemente apontada como uma unidade com diversas vantagens para análise e planejamento. Pickett, (2004) considera que a bacia hidrográfica é um recorte espacial metodológico que permite a integração entre a heterogeneidade ecológica e as funções sociais das áreas urbanas, portanto, presta suporte ao estudo e planejamento da resiliência urbana aos riscos associados tendo como objeto o estudo dos sistemas sócioecológicos.

Pickett (2011) ao construir o conceito de ecossistema urbano, também dá importância aos usos que adicionam as construções e malhas urbanas no sistema ambiental. Este ainda coloca que os diferentes recortes de unidades de planejamento resultam da importância de diferentes critérios. Um critério sócio econômico, por exemplo, tende a dividir as áreas de planejamento urbano em zonas de interesse econômico. Assim, vários problemas de ordem natural tendem a ser remediados por políticas com perspectivas errôneas sobre o problema.

Como Tucci (2016) coloca que a aplicação do modelo higienista que privilegia o uso do solo e confinamento das planícies fluviais a canais fechados gera um grande prejuízo ao Estado. Tais obras chamadas de estruturais, muitas vezes só transferem o problema da inundação urbana, pois aumenta das vazões de pico que tendem a se acumular nas áreas mais desprivilegiadas socioeconomicamente que não contem o serviço de drenagem urbana.

De fato, os problemas decorrentes da hidrologia modificada pelas estruturas da cidade, construções, indústrias, malha urbanas de ruas, avenidas, serviços de água ou esgoto são geradoras de drásticas mudanças no ciclo hidrológico natural. A vazão após o

desenvolvimento da cidade tende a aumentar cerca de 6 vezes a vazão de pré-desenvolvimento (Leopold, 1968).

A influência urbana no uso do solo gera primeiramente uma grande quantidade de sedimentos até que a zona urbana esteja consolidada, causando o assoreamento e eutrofização de corpos hídricos além de modificação da morfologia dos canais fluviais. Paul e Meyer (2001) apontam para a tendência de aprofundamento e alargamento do canal fluvial, gerado tanto pela menor vazão de pico e intensidade desta, como também pela drástica diminuição de sedimento nas áreas urbanas consolidadas. Além dos resíduos sólidos e efluentes domésticos e industriais que inferem não só na condição qualitativa, mais quantitativa e na salubridade do ecossistema urbano, causando perda da qualidade hidroambiental e consequentemente causando prejuízo para as populações.

Brabec *et al.*, (2002) realizaram importante revisão da literatura acerca dos problemas urbanos de ordem hídrica, apontando a impermeabilização do solo como um dos principais fatores geradores dos problemas urbanos. Contudo, este chega as seguintes conclusões (Brabec *et al.*, 2002 p. 504):

- “i – a determinação de um limite para impermeabilização de uma bacia hidrográfica é a mais importante medida hidrológica.
- ii – Medidas mitigadoras como lagoas de retenção e áreas de amortecimento são também efetivas se respeitadas
- iii – áreas de floresta e outras superfícies permeáveis são necessárias para o balanceamento das condições entre escoamento superficial e infiltração, de modo a favorecer o controle hidrológico
- iv – a localização de superfícies impermeáveis pode promover impactos significativos da qualidade da água”.

A complexidade da hidrologia urbana se dá fundamentalmente pelo fato de que os sistemas naturais são modificados até certo ponto pelos sistemas antropogênicos. Entende-se aqui que a potencialidade inerente à bacia hidrográfica como unidade integradora, como entende Pickett (2004), pode refinar as políticas urbanas nesse setor, sobretudo com a adoção das *Beste Management Practices* (BMP), boas práticas de manejo das águas urbanas (Randhir e Raposa, 2014).

Os estudos de bacias urbanas ou proposta de gestão e planejamento de bacias urbanas, tem sido desenvolvidos em todo o mundo. Há uma tendência mundial para a perspectiva sustentável

da drenagem urbana e aplicação das BMP na tentativa de superar diversos problemas ambientais urbanos, como apresenta o Quadro 1.

Autores	Objetivo do estudo	Metodologias aplicadas	Lugar	Conclusão
Valério Filho et al., (2009)	Analisar a evolução do crescimento urbano	Mapeamento da mancha urbana com dados topográficos de 1997, 2000, 2003, 2007.; compilação e análise destes no SIG Spring -	Bacia do Ribeirão Vidoca – São José dos Campos/São Paulo.	Houve um adensamento urbano contínuo que se consolidou como áreas de taxas médias de ocupação, houve o acréscimo 75% de áreas de média ocupação e um acréscimo de 108% de áreas de baixa ocupação entre 1997 e 2000.
Veaza et al., (2010)	Caracterizar o uso e cobertura do solo	Fotomapa de uso e cobertura do solo por meio de classificação manual de imagens de satélite <i>quickbird</i> II com 0,6 metros de resolução espacial	Bacia Hidrográfica do Arroio das Pedras localizada na área urbana do município de Iraty-PR	Definiu-se área permeável de apenas 4,84% permeáveis médio por quadras ocupadas na bacia.
Nguyen et al., (2012)	Caracterizar a ocorrência e fontes dos Perfluorochimicals (PFCs) detectado na água superficial de uma bacia hidrográfica urbana	Foi identificado as áreas de onde estão situadas as <i>fire stations</i> onde há queima e produção de PCF, além de 8 amostras a montante e jusante das <i>fire stations</i> no período seco e chuvoso.	Bacia hidrográfica na área urbana em Cingapura.	Foi observado que os PFC's presentes nas águas superficiais são de origem eminentemente não pontual, ou seja, produzidas pela drenagem de ruas, calçadas e asfaltos em contato com o escoamento superficial.
Jesús-Crespo e Ramirez, (2013)	Avaliar se há eficiência na aplicação do <i>Hawaii Stream Visual Assessment Protocol</i> - HSVAP, determinando como área de recorte uma bacia hidrográfica urbanizada.	Coleta e análise de amostras de água em rios urbanos, estudando parâmetros da qualidade química da água (Na^+ ; K^+ ; Mg^{+2} ; Ca^{+2} ; NO_3^- ; Condutividade elétrica; pH; Oxigênio dissolvido) e tratamento estatístico multivariado com Análise de Componentes Principais – ACP. Além da análise da biodiversidade de macroinvertebrados. O impacto nos rios urbanos será medido por meio da metodologia do HSVAP idealizado pelo <i>U.S. Departament of Agriculture</i> .	Bacia Hidrográfica Urbana na região metropolitana de San Juan em Porto Rico.	A metodologia HSVAP se adequa a identificação de impactos, o oxigênio dissolvido é um dos parâmetros mais sensíveis à condições de impactos antrópicos. Para a diversidade dos macroinvertebrados as mudanças estruturais nos canais do rio são mais impactantes. O HSVAP se mostrou um robusto indicador de impacto ambiental nos rios urbanos
Cruz e Costa (2012)	Analisar a problemática do risco de inundações em bacias urbanas da cidade de Manaus – AM.	Análise espaço-temporal de acordo com o estudo dos geossistemas de Bertrand (2004) em 4ª e 5ª grandezas, dos riscos sociais inerentes à populações residentes desses locais aplicando a metodologia da tabela de risco do Instituto de Pesquisas Tecnológicas	Bacias Hidrográficas urbanas na cidade de Manaus –AM, Brasil.	Os riscos são maiores para pessoas de menor poder aquisitivo que se adaptam com menor facilidade devido a limitação técnica e financeira. As áreas inundadas também possuem maior relação com casos de doenças veiculadas a água como dengue, hepatite e diarreia.
Montanher (2013)	Investigar a influência das mudanças do uso e cobertura do solo	As mudanças no uso e cobertura do solo foram detectadas pela interpretação de imagens orbitais do	Bacias hidrográficas urbanas no noroeste do estado do Paraná/Brasil,	A influência nas mudanças no uso e cobertura da terra provocado nas cidades provocam mudanças nos

	nas taxas de erosão e mudanças nos canais fluviais.	sensor TM satélite Landsat melhoradas para 15 metros de resolução espacial por meio de fusão. Por meio de imagens de altíssima resolução espacial dos satélites Cbers, Ikonos e Quickbird foram identificadas morfologias de banco de areias e diques marginais. Essa investigação foi realizada entre os períodos de 1984 e 2010.	abrangendo cidades de Maringá, Mandaguáçu, Terra Rica e Umuarama.	canais fluviais até 10 km a jusante, com morfologias resultantes de maiores ofertas de sedimentos na dinâmica fluvial.
Magalhães (2013)	Avaliar a aplicação da bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento urbano contribuindo para a ordenação da expansão das cidades	Revisão bibliográfica e estudos de caso.	Aborda uma problemática geral e aplica dois estudos de caso um na bacia de Sepetiba, e outro na bacia do Canal do Mangue, ambos na área urbana do município de Sedopédica – RJ/Brasil.	O agrupamento e desmembramento das bacias hidrográficas em bacias e sub-bacias, permite análises multiescalares, permitindo a aplicação de medidas urbanísticas e fiscalização destas. Além de ser considerado modelo mais próximo a realidade dinâmica dos fluxos de matéria e energia inerentes aos sistemas ambientais.
Binda e Fritzen, (2015)	Avaliar o grau de alterações do uso do solo nos sistemas hídricos superficiais	Compilação e revisão de manchetes de jornais; mapeamento do uso do solo entre 1984 e 2011; obras de canalização em banco de dados de Sistema de informação geográfica (SIG)	Bacia Hidrográfica Lajedo dos Índios (Perímetro urbano do município de Chapecó)	O processo de densificação urbana resultou no aumento das canalizações fechadas e retificações dos rios sendo os setores mais alterados a jusante de onde houve maiores modificações no uso do solo.
Souza e Gastaldini (2015)	Avaliar a qualidade da água superficial em bacias hidrográficas urbana frente a ocupação do solo urbano	As análises foram amostradas em 4 setores diferentes da bacia do rio Vacacaí-mirim: setor rancho do Amaral; Menino Deus I; Menino Deus II; Alto da colina. Foram medidos parâmetros de temperatura da água, pH, turbidez, condutividade, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5), coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> , sólidos totais, suspensos e dissolvidos, amônia, nitrato, nitrato e fosfato, cobre, níquel, chumbo e zinco em períodos sem a ocorrência de precipitação (período de tempo seco).	Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-mirim, na cidade de Santa Maria – RS/Brasil.	Foi observado na bacia hidrográfica urbana forte correlação entre <i>Escherichia coli</i> , DBO5 e amônia, devido ao lançamento de esgotos domésticos <i>in natura</i> . Além de presença de níquel, cobre, chumbo e zinco.
Everson et al., (2015)	Quantificar hidrologicamente o efeito das terras baixas fluviais inundáveis (Planícies flúvio-lacustres) a montante das	Foi construído um modelo utilizando o Soil Water Assessment Tool (SWAT) adaptado para em um ambiente de substancial população urbana. Foram gerados diferentes cenários hidrológicos referentes a	Bacia hidrográfica de Nahuta, na Carolina do Norte/EUA.	Houve uma substancial relação entre as planícies flúvio-lacustres e o balanço hídrico e sazonal estoque de água subterrânea. Foi encontrado uma íntima relação entre as planícies flúvio-lacustres e o fluxo de

	seções dos rios que foram analisadas explicitando a relação de conectividade entre as terras baixas, tendo como referência especial a bacia hidrográfica.	diminuição das planícies fluvio-lacustres.		base dos rios que mantém a perenidade destes no período chuvoso. Cenários de maior ocupação urbana, resultaria em danos aos sistemas estudados, gerando maiores vazões de pico e menor estoque de água no sistema.
Gurgel e Riguetto (2015)	Avaliar os efeitos da expansão do uso e ocupação do solo sobre a drenagem urbana e geração de escoamento superficial gerado pelas águas pluviais em bacias urbanas.	Foi aplicado o modelo Storm Water Management Model (SWMM), e geração de cenários hipotéticos de diferentes densidades de uso do solo urbano, além de cenário com a aplicação de Low Impact Dispositive – LID da drenagem urbana. A evolução do uso do solo foi realizada a partir da fotointerpretação de imagens compiladas na internet pelo software Google Earth entre 2005 e 2014.	Sub-bacia urbana pertencente a bacia hidrográfica do Rio das Lavadeiras na cidade de Natal – RN/Brasil.	No uso e cobertura do solo foi observado desenvolvimento crescente de residências tipo unifamiliar em detrimento da multifamiliar, além de crescente verticalização e construção de edifícios comerciais. Foi observado que o fenômeno da impermeabilização do solo é o de maior sensibilidade para o aumento do escoamento superficial. A aplicação de dispositivos LID é incapaz de evitar alagamentos e transbordamento de lagoas até mesmo em eventos pluviométricos considerados de relativa baixa intensidade (9 mm/12 horas), por conta a grande ocupação e impermeabilização do solo no cenário atual.
Pessoa e Façanha (2015)	Caracterizar a os conceitos de bacias hidrográficas e a gestão compartilhada proposta pela lei 9.433/1997.	Pesquisa bibliográfica e documental acerca das leis inseridas dentro da aplicação da bacia hidrográfica como unidade de gestão.	Não há um lugar urbanizado específico para aplicação, porém como o artigo aborda os aspectos conceituais e legais do processo de gestão da bacia hidrográfica urbana inclusive, notou-se considerável contribuição para a discussão do tema.	Bacia hidrográfica como suporte espacial para políticas públicas voltadas para o planejamento e gestão territoriais. Isso deve ocorrer por meio da descentralização das tomadas de decisões, contudo o desafio é identificar as responsabilidades dos diversos atores e órgão de participação na construção de consenso democrático em torno do processo de gestão.
Romné et al., (2015)	Desenvolver um designe metodológico para o estudo da morfologia das bacias urbanas em relação ao gerenciamento sustentável das águas pluviais.	A metodologia foi formulada em 5 etapas: I – realizou-se levantamento de relevantes indicadores naturais da paisagem a qual está inserida a bacia urbana; II – identificou-se agentes na atuação do processo de gerenciamento territorial; III – foi identificado e classificado as tipologias espaciais de inserção da malha citadina; IV – realizou-se modelagem de previsão de cenários em função das características da	Bacia Hidrográfica de Molenbeek na cidade de Brussel/Bélgica.	A metodologia utilizada é eficiente para estimar o potencial de descentralização abordando a escala da bacia hidrográfica, considerou-se como primeira hipótese para o estudo de caso realizado a aplicação da <i>Best Management Practices</i> - BMP como solução de drenagem urbana, padronizando a tipologia urbana da malha citadina, como: estradas, quarteirões, quadras prédio. Ao mesmo tempo, a descentralização da gestão

		malha citadina.		territorial poderá permitir a aplicação de BMP.
Pereira et al., (2016)	Mapear a cobertura e uso do solo na área da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, nordeste paraense, e identificar conflitos de uso nas áreas de preservação permanente e investigar a relação deles com a qualidade da água.	Utilizou-se imagem do sensor LISS-3 do satélite Resourcesat com resolução espacial de 23,5 m para classificação supervisionada e obtenção de classes de uso e cobertura da terra. Com base em 22 amostras foi determinada a qualidade das águas superficiais que foram coletadas. A relação entre antropização e qualidade da água foi analisada a partir das observações das mudanças de uso da terra com base nas classificações de imagem.	Bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, com densa ocupação urbana dos municípios de Peixe-Boi, Bonito, Nova Timboteua, Capanema, Santarém Novo e Primavera – PA/Brasil.	Os pontos com as piores avaliações da qualidade da água (classe 4), em ambos os períodos amostrais, foram o P6, P15 e P24, todos localizados em áreas próximas a zonas antropizadas, onde a população usa as margens para lavar roupas, depositar entulhos, e despejar efluentes, alterando o pH natural, a concentração de nitrogênio e oxigênio, aumentando a turbidez das águas através da incorporação de carga orgânica, e injetando substâncias químicas diversas,
Riguetto e Venâncio (2016)	Avaliar a dinâmica do desenvolvimento urbano e estimar cenários urbanos futuros, entre 2014 e 2033 e as consequências hidrológicas desta.	Foi utilizado a modelagem do software SLEUTH utilizando autômatos celulares, dados históricos necessários que avaliou o processo de ocupação e com isso gerou dados para o input do modelo e finalmente simulação dos cenários futuros.	Bacia do Rio Pitimbu localizada na Região Metropolitana de Natal e abrange parcialmente os municípios de Macaíba, Natal e Parnamirim.	O crescimento urbano mais significativo apresentado pelas simulações foi o orgânico, que se expandiu a partir de centros ocupacionais existentes. b) O crescimento espontâneo ocorreu ao longo da Bacia, porém a probabilidade efetiva de urbanização não ultrapassou 21%. Entre o período entre 2014 e 2033, verificou-se um crescimento de 68%, o que corresponde a uma área de expansão urbana em torno de 1.778 ha.
Wu et al., (2016)	Investigar a relação entre o carbono orgânico no solo e indicadores de paisagem e a diversidade de ocupação.	A quantidade de carbono orgânico no solo foi realizada pelos indicadores: carbono orgânico total – TOC; carbono orgânico dissolvido – AOC; carbono orgânico dissolvido – DOC. A diversidade de uso e cobertura do solo foi classificada como: campos; florestas, pomares; jardins; vilas e cidades e terras baixas inundadas.	Sub-bacias do Taihu localizadas no delta do Rio Yangtze no sudoeste da China.	Frente ao fator climático é uma das principais variáveis que influenciam na perda do solo. A variabilidade do uso das paisagens resulta na variação de formatos de carbonos.
Gillis et al., (2017)	Examinar o efeito da urbanização na população de mexilhões em água doce.	Foi selecionado pontos do rio principal para coleta da água para avaliação da qualidade e coleta de mexilhões para avaliar a quantidade e diversidade biológica desses.	Bacia do Lago Great Laurentian, abrangendo 30 municípios.	Os rios que formam a bacia hidrográfica estudada recebem efluentes de tratamento de esgoto de 11 municípios; os efeitos da urbanização são cumulativos no aumento da estresses sofridos pelos mexilhões e consequentemente diminui sua biodiversidade.

Conforme os trabalhos apresentados, todos eles utilizaram a bacia hidrográfica como análise de investigação na área urbana. Alguns trabalhos como Valério Filho et al, (2009), Veaza et al. (2010) realizaram estudo da expansão das cidades e tendências a impermeabilização do solo urbano.

Porém, observa-se que a literatura mais atual trata da relação entre a expansão urbana ou da caracterização do uso e cobertura do solo com problemas ambientais diversos. Nguyen et al. (2012) caracteriza a ocorrência e fontes dos Perfluorochimicals (PFCs) detectado na água superficial de uma bacia hidrográfica urbana, em associação com zonas mais ou menos urbanizadas. Outros trabalhos associam a urbanização e a água pluvial aumentam as concentrações de poluentes e contaminantes na água superficial (Souza e Gastaldini, 2015; Pereira et al., 2016; Gillis, 2017).

Cruz & Costa (2012) analisam a problemática do risco de inundações em bacias urbanas da cidade de Manaus – AM em associação com as características do uso do solo e condições socioeconômicas da população que ocupa esses espaços. Montanher (2013) investiga a influência das mudanças do uso e cobertura do solo nas taxas de erosão e influências nos canais fluviais. Binda e Fritzen, (2015); Gurgel e Riguetto (2015); Everson et al., (2015); Riguetto e Venâncio (2016) propõem avaliar o grau de alterações do uso do solo nos sistemas hídricos superficiais, desde mapeamento da situação atual do uso e cobertura do solo, até proposição de modelagem da hidrologia das águas pluviais em cenários de pré-desenvolvimento, até cenários de maiores densidades de urbanização.

Há trabalhos acerca dos procedimentos metodológicos da aplicação de bacia hidrográfica como unidade de análise e gestão no meio urbano. Dentre esses, Jesús-Crespo e Ramirez, (2013) avaliam se há eficiência na aplicação do *Hawai Stream Visual Assessment Protocol* - HSVAP, uma metodologia para gestão ambiental de rios, porém aplicando essa à bacia hidrográfica urbana. Magalhães (2013) avaliou a aplicação da bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento urbano contribuindo para a ordenação da expansão das cidades e sustentabilidade desta. Pessoa e Façanha (2015) caracterizaram a os conceitos de bacias hidrográficas urbanas e a sua gestão compartilhada proposta pela Lei Federal nº 9.433/1997. Romné et al., (2015) buscaram desenvolver um designe metodológico para o estudo da morfologia das bacias urbanas em

relação ao gerenciamento sustentável das águas pluviais.

As metodologias aplicadas são diversas, porém é identificado que os trabalhos relativos às bacias hidrográficas urbanas utilizam estudos de uso e cobertura do solo, seja em caracterização restrita a uma determinada data, seja em caráter de evolução ou mesmo de previsão de cenários futuros, salvo os que tratam do desenvolvimento metodológico acerca desse conceito e de sua aplicabilidade no gerenciamento urbano. As técnicas aplicadas para o estudo do uso e cobertura do solo são a classificação de imagem de diversos sensores que variam de 23, 5 a 0,5 de resolução espacial além de técnicas de aplicação espectral como razão entre bandas (Jansen, 2009).

As conclusões obtidas nesses diversos trabalhos apontam primeiramente para os efeitos negativos da cidade nos recursos hídricos intraurbanos e a jusante. Nguyen et al. (2012) observaram que os PFC's presentes nas águas superficiais são de origem eminentemente não pontual, ou seja, produzidas pela drenagem de ruas, calçadas e asfaltos em contato com o escoamento superficial. Montanher (2013) coloca que a influência nas mudanças no uso e cobertura da terra provocado nas cidades provocam mudanças nos canais fluviais até 10 km a jusante, com morfologias resultantes de maiores ofertas de sedimentos na dinâmica fluvial. Binda e Fritzen (2015) apontam que o processo de adensamento urbano resultou no aumento das canalizações fechadas e retificações dos rios sendo os setores mais alterados a jusante de onde houve maiores modificações no uso do solo. Souza e Gastaldini (2015) observam a bacia hidrográfica urbana com forte correlação entre *Escherichia coli*, DBO5 e amônia, devido ao lançamento de esgotos domésticos *in natura*, além de presença de níquel, cobre, chumbo e zinco.

Pereira et al. (2016) postulam que os pontos com as piores avaliações da qualidade da água (classe 4), em ambos os períodos amostrais, estão todos localizados em áreas próximas a zonas antropizadas, onde a população usa as margens para lavar roupas, depositar entulhos, e despejar efluentes, alterando o pH natural, a concentração de nitrogênio e oxigênio, aumentando a turbidez das águas através da incorporação de carga orgânica, e injetando substâncias químicas diversas. Gillis et al. (2017), em estudo realizado na região do *Laurentian Great Lakes* no Canadá, estudaram rios que formam uma bacia hidrográfica que recebe efluentes de tratamento de esgoto de 11 municípios; os efeitos da urbanização são cumulativos no aumento dos

estresses sofridos pelos mexilhões e consequentemente diminui sua biodiversidade.

Considerações finais

As bacias hidrográficas urbanas podem ser fundamentadas segundo o conceito de região, esta aplica-se a categoria de análise que pode ser condicionada a aplicações diversas, sobretudo na planejamento e ordenamento territorial. A região serve, sobretudo, como área controle, onde apesar de variadas definições concernentes às mudanças epistemológicas da geografia. Há uma certa concordância entre os autores, que a região como conceito científico conota uma aplicação polissêmica onde o recorte espacial exerce a função de estabelecer uma unidade formada por elementos similares, tal similaridade é ligada a característica de um ou mais fenômenos espacializados segundo critérios bem definidos.

A bacia hidrográfica é também entendida como uma região onde a área de drenagem possui um exutório comum, portanto trata-se da representação do fenômeno hidrológico, que estabelece relações com os componentes ambientais e os fluxos de matéria e energia que os compõe. Desse modo, aponta-se que a regionalização hidrológica no meio urbano contribui para o melhor entendimento e investigação das relações entre o meio físico urbano, a dinâmica e funções ambientais afetadas por este.

Tal regionalização utiliza um critério natural, portanto é adequado à estudos de natureza física, não atendendo desse modo, as relações espaciais de cunho eminentemente social. Por outro lado, os fixos ou estruturas físicas provenientes de determinados tipos de ocupação, além da ausência de serviços urbanos adequados a salubridade da população, podem ser melhor estudados quanto aos efeitos deste sobre o ambiente, afetando sobretudo qualitativamente a água.

O interessante para o recorte proposto é estudar os efeitos da cidade sobre as águas e mananciais urbanos, de maneira que, o entendimento desses processos leva a meios de melhor gerir a condição hidroambiental na cidade em compatibilidade com as políticas de desenvolvimento urbano. Diversos trabalhos apontam para as vantagens de aplicação das bacias hidrográficas urbanas como meios de análise gerenciamento e planejamento, sobretudo porque estas estão intimamente ligadas aos processos sociais que definem o uso do solo e a cobertura resultante desses assim como os efeitos sobre o ambiente e mais precisamente utilizando

as características da qualitativas e quantitativas da água nos seus vários tipos de reservatórios e fluxos. Desse modo a potencialidade para a investigação da relação sociedade-natureza ou relação sociedade-espço é admitida como favorecimento metodológico desse recorte espacial para a análise no meio urbano.

Referências

- Barbosa, F. D., 2012. Diagnóstico Hidroambiental da Microbacia do Córrego Nova Rincão – Rincão/SP. Dissertação (Mestrado). Rio Claro, UNESP.
- Barrow. C. J., 1998 Development Planning and Management: a critical review. World Development 26, 171-186.
- Binda. L. A., Fritzen, M., 2013. Uso do solo urbano e alterações na rede de drenagem na bacia hidrográfica do Lajedo Passos dos Índios, Chapecó – SC. Geografia Ensino e Pesquisa 17, 243-259.
- Botello, R. G. M., Silva, A. S., 2010. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental, in: Vitte, A. C., Guerra, A. J. T., (Org.), Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil, 3 ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 153-192.
- Braga, B., Hespanhol, L., Conejo, J.G.L., Barros, M.T.L., Spencer, M., Porto, M., Nucci, N., Juliano, N., Eiger, S., 2002. Introdução à Engenharia Ambiental. Prentice Hall, São Paulo.
- Brabec, E., Schulte, S., Richards, P. L., 2002. Impervious Surfaces and Water Quality: a review of current literature and its implications for watershed planning. Journal of Planning Literature 16, 499-514.
- BRASIL, 2001. Lei nº 10.257, de 10 de julho.
- BRASIL, 1997. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro.
- BRASIL, 1982. Lei nº 6.930, de 31 de agosto.
- BRASIL, 2013. Constituição da República Federativa do Brasil: Texto consolidado até a Emenda Constitucional nº 64 de 04 de fevereiro de 2010. Senado Federal, Brasília.
- Calijuri, M.C., Bubel, A.P.M., 2006. Conceituação de Microbacias, in: Lima, W. P., Zakia, M. J. B. (Orgs.), As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. Ed. RIMA, São Carlos, pp. 126-134.
- Camargo, L. H. R., 2009. Ordenamento territorial e complexidade: por uma reestruturação do espaço social, in: Almeida, F. G., Soares, L. A. A. (Orgs.), Ordenamento Territorial: coletânea de textos com diferentes abordagens no

- contexto brasileiro. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 21-60.
- Capel, H., 1985. *Filosofia y ciência em la geografia contemporânea*. Barcanova, Barcelona.
- Cassetti, V., 1991. *Ambiente e Apropriação do relevo*. Editora contexto, São Paulo.
- Chae, G., Yun, S., Kim, D., Kim, K., Joo, Y., 2010. Time-Series analysis three Years of groundwater level data (Seoul, South Korea) to characterize urban groundwater recharge. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology* 43, 117-127.
- Corrêa, R. L., 2005. *Trajetórias geográficas*, 3 ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- Corrêa, R. L., 1995. Espaço: Um conceito chave da Geografia, in: Castro, I. E. Gomes, P. S. C., Corrêa, R. L. (Orgs.), *Geografia Conceitos e Temas*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- Corrêa, R. L., 1991. *Região e organização espacial*. Ática, São Paulo.
- Cristofolletti, A., 1980. *Geomorfologia*, 2 ed.: Editora Edgar Bucher, São Paulo.
- Cruz, D. R., Cruz, R. C., 2002. Inundações em Bacias Hidrográficas Urbanas de Manaus – Comunidades Bairro União e N. S. de Fátima. *Revista Geonorte* 1, 759-751.
- Damiani, A. L., 1999. A Crise da Cidade: os Termos da Urbanização, in: Damiani, A. L., Carlos, A. F. A., Seabra, O. C. L. O Espaço no Fim de Século: a nova raridade. Contexto, São Paulo, pp. 118-131.
- Deschamps, M. V., 2004. *Vulnerabilidade Socioambiental na Região metropolitana de Curitiba*. Tese (Doutorado). Curitiba, UFPR.
- Everson, G. R., Golden, H. E., Lane, C. R., D'Amico, E., 2015. Geographically isolated watershed hydrology: a modified model analysis. *Jornal of Hydrology* 519, 240-256.
- Faustino, J., 1996. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. CATIE, Turrialba.
- Foster, S. S. D., Chilton, O. J., 2004. Downstream of downtown: urban wastewater as groundwater recharge. *Hydrogeology Journal* 12, 115-120.
- Gomes, P. C. C., 1995. O conceito de Região e a sua discussão, in: Castro, I. E. Costa, P. C. C., Corrêa, R. L. (Orgs.), *Geografia Conceitos e temas*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- Gillis, P. L., McInnis, R., Salerno, J. Solla, S. R., Servos, M. R., Leonard, E. M., 2017. Freshwater mussels in an urban watershed: impacts of anthropogenic inputs and habitat alterations on populations. *Science of Total Environment* 547, 671-679.
- Gurgel, G. M., Riguetto, A. M., 2016. Crescimento urbano e seus impactos no sistema de drenagem de uma bacia em Natal, RN. *REGA* 13, 54-68.
- Haesbaert, R., 2014. Por uma constelação geográfica de conceitos, in: Haesbaert, R. Viver no Limite: Território e multi/territorialidade em tempos de insegurança e contenção. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 20-51.
- Harris, E., Falconer, R. A., Lin, B., 2004. Modelling hydroenvironmental and health risk assessment parameters along the South Wales Coast. *Journal of Environment and Management* 73, 61-70.
- Jensen, J. R., 2009. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Parêntese, São José dos Campos.
- Jesús-Crespo, R., Ramirez, A., 2011. The use of streams visual assessment protocol to determine ecosystem integrity in an urban watershed in Puerto Rico. *Physics and Chemistry of the Earth* 36, 560-566.
- Kashefpour, M. S., Lin, B., Harris, E., Falconer, R. A., 2002. Hydro-environmental modelling for bathing water compliance of an estuarine basin. *Water Research* 36, 1854-1868.
- Leopold, L. B., 1968. *Hydrology for urban planning – a guide book on the hydrologic effects on urban land use*. USGS, New York.
- Lima, W.P., Zakia, M.J.B., 2000. Hidrologia de matas ciliares, in: Rodrigues, R.R., Leitão filho, H.F. (Orgs.), *Matas ciliares: conservação e recuperação*, 2 ed. Editora da USP, São Paulo, p.33-43.
- Wu, Z., Lin, C., Su, Z., Zhou, S., Zhou, H., 2016. Multiple landscape “source-sink” structures for the monitoring and management of non-point source organic carbon loss in a peri-urban watershed. *Catena* 145, 15-29.
- Martins, F.B. Rocha, J. S. M., Robaina, A. D., Kurtz, S. M. J. M., Kurtz, F. C. Garcia, S. M., Santos, A. H. O., Dill, P. R. J., Noal, T. N., 2005. Zoneamento Ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). *Revista Cerne* 11, 315-322.
- Magalhães, C. R., 2013. *Bacia Hidrográfica como Referência de Planejamento e Expansão Urbana para as Cidades no Século XXI*. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, UFRJ.
- Montanher, O. C., 2013. Ciclos de erosão e sedimentação em bacias hidrográficas urbanas do noroeste paranaense e suas implicações no ajuste de sistemas fluviais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14, 319-325.
- Nguyen, V. T., Reunhard, M., Karina, G. Y. H., 2011. Occurrence and source characterization of perfluorochemicals in an urban watershed. *Chemosphere* 82, 1277-1285.

- Paul, M. J., Meyer, J. L., 2001. Streams in Urban Landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31, 333-361.
- Peixoto, F. S., Studart, T M., Campos, J. N., 2016. Gestão das Águas Urbanas: questões e integração entre legislações pertinentes. Porto Alegre: REGA 13, 160-174.
- Pereira, B. W. F., Maciel, M. N., Oliveira, F. A., Alves, M. A. M. S., Ribeiro, A. R., Ferreira, B. M., Ribeiro, E. G. P., 2016. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 11, 472-485.
- Pessoa, F. S., Façanha, A. C., 2015. Impressões Sobre Bacias Hidrográficas Urbanas e Gestão Compartilhada. *Revista InterEspaço* 1, 256-269.
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., 2004. Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. *Landscape and Planning* 69, 369-384.
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Boone, C. G., Groffman, P. M., Irwin, E., Kaushal, S. S., Marshall, V. Macgrath, B. P., Nilom, C. H., Pouyat, R. V., Szlavecz, K., Troy, A., Warren, P., 2011. Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management* 92, 331-361.
- Randhir, T. O., Raposa, S., 2014. Urbanization and watershed sustainability: collaborative simulation modeling of future development states. *Journal of Hydrology* 519, 1526-1536.
- Righetto, A. M., Venâncio, S. R., 2016. Modelagem da Ocupação da bacia do rio Pitimbu – RN. 2016. REGA 13, 69-86.
- Romnée, A., Evrard, A., Trachte, S., 2015. Methodology for a stormwater sensitive urban watershed design. *Journal of Hydrology* 530, 87-102.
- Santos, M., 1997. A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção, 2 ed. HUCITEC, São Paulo.
- Silva, J. B., 1997. Discutindo a cidade e o urbano, in: Silva, J. B., Costa, M. C. L., Dantas, E. W. C. (Orgs.), *A Cidade e o Urbano: temas para debate.*: EUFC, Fortaleza, pp.12-45.
- Smith, C. T., 1971. The Drainage Basin as an Historical Basis for Human Activity, in: Chorley, J. *Introduction to Geographical Hydrology*. Methuen & Co LTD, London, pp. 23-49.
- Souza, M. M., Gastaldini, M. C. C., 2014. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental* 19, 263-274.
- Teixeira, W., Fairchild, T. R., Toledo, M.C.M., Taioli, F.J., 2002. *Decifrando a Terra*, 2 ed. Companhia Editora Nacional, São Paulo.
- Teodoro, V. L. I., Teixeira, D., Costa, D. J. L., Fuller, B. B., 2007. O conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica Para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. *Revista Uniara* 20, 56-89.
- Tonello, K. C., Dias, H. C. T., Souza, A. L., Ribeiro, C. A. A. S., Firme, D. J., Leite, F. P., 2009. Diagnóstico Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Município de Guanhães, MG, Brasil. *Revista Ambiente e Água* 4, 127-133.
- Tucci, C. E. M., 2007. *Gestión de Inundaciones Urbanas*. Evangraf Ltda, Porto Alegre.
- Tucci, C. E. M., 2016. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. *Revista REGA* 13, 29-42.
- Valério filho, M., Alves, M., Pereira, M. N., Alves, C. D., 2009. Análise temporal do crescimento urbano em bacias hidrográficas e seus reflexos na macrodrenagem com suporte das geotecnologias. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal.
- Veaza, R. F., Oliveira filho, P. C., Maia, A. G., Disperati, A. A., 2010. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica a partir de imagens orbitais de alta resolução. *Floresta e Ambiente* 17, 23-29.