



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO – MG

Andressa Ferreira Rosa¹; Maria Rita Raimundo e Almeida²

RESUMO

O ciclo hidrológico, em condições naturais, pode ser apontado como um sistema em equilíbrio. Porém, com a crescente urbanização, percebem-se impactos que alteram a dinâmica do ciclo hidrológico como um todo ou em partes. Assim, o objetivo do trabalho foi verificar como o processo de urbanização no município de Patrocínio/MG tem causado alterações no ciclo da água. A metodologia consistiu em um levantamento bibliográfico para pesquisar os impactos da urbanização em outros locais e na utilização de indicadores de sustentabilidade para calcular a tendência de sustentabilidade do município. Isso possibilitou o levantamento dos impactos consolidados, devido à urbanização, sobre componentes do ciclo hidrológico, principalmente nos processos de infiltração e drenagem. O resultado obtido pelos indicadores mostrou que o município possui uma tendência desfavorável à sustentabilidade, pois sua área urbana, atualmente, apresenta áreas impermeáveis, córregos canalizados, fundos de vale ocupados e um sistema de drenagem ineficiente. Dessa forma, há diminuição da taxa de infiltração do solo e o aumento do escoamento superficial, ocasionando problemas de alagamentos e inundações, bem como erosões e assoreamentos. É importante destacar que o equilíbrio do ciclo da água é essencial, sendo importante conhecer as consequências do avanço urbano sobre esse ciclo, mesmo em cidades pequenas, para possibilitar a diminuição dos impactos e auxiliar na prevenção de problemas futuros.

Palavras-chave: Drenagem, Impermeabilização, Uso e ocupação do solo.

URBANIZATION IMPACTS ON WATER CYCLE IN CITY OF PATROCÍNIO – MG

ABSTRACT

Water cycle, under natural conditions, can be referred to as an equilibrium system. However, with increasing urbanization, impacts and changes can be perceived in the hydrological cycle dynamics as a whole or in parts. Thus, this study aimed to verify how urbanization process in the municipality of Patrocínio, Minas Gerais State, Brazil has caused changes in water cycle. The methodology consisted of a bibliographical survey to investigate the impacts of urbanization in other places and use of sustainability indicators to calculate the municipality sustainability trend. This made it possible to identify consolidated impacts due to urbanization on components of hydrological cycle, mainly in infiltration and drainage processes. Result obtained by indicators showed that the municipality has an unfavorable tendency to sustainability, since its urban area currently has impervious areas, channeled streams, occupied valley bottoms and an inefficient drainage system. Thus, there is a decrease in the rate of soil infiltration and increased runoff, causing flooding problems, as well as erosion and sedimentation. The water cycle balance is essential and it is important to know the consequences of urban development on this cycle, even in small cities, in order to reduce impacts and prevent future problems.

Key words: Drainage, Waterproofing, Soil use and occupation.

¹ Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia – UFU. e-mail: andressaferreirarosa@hotmail.com

² Engenheira Ambiental, doutora em Ciências da Engenharia Ambiental e professora da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. e-mail: mrralmeida@unifei.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A água é essencial para a manutenção da vida no planeta. Logo, considerar a importância dos conhecimentos sobre ela, bem como do funcionamento do seu ciclo, é pensar na sobrevivência do ser humano, na conservação e no equilíbrio da biodiversidade e nas relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI; PATACA, 2008).

Os cursos d'água e as cidades sempre apresentaram uma intensa ligação no decorrer da história da humanidade. O lugar de implantação das cidades sempre foi preferencialmente próximo aos corpos d'água, pois, dessa forma, a água ficava disponível para ser usada no abastecimento, no saneamento, nas atividades agrícolas, na navegação, dentre outras utilizações (MORAES, 2011).

No entanto, na segunda metade do século XX, ocorreu um grande aumento do porte das aglomerações urbanas. A urbanização pode ser entendida como um processo de desenvolvimento econômico e social resultado da transformação de uma economia rural para uma economia de serviços concentrada em áreas urbanas (TUCCI, 2010) e sua intensificação pode ser explicada pela forte tendência da população mundial em se mudar para as

cidades, devido ao processo de industrialização e, também, pela busca das pessoas por uma melhor qualidade de vida (CASTRO, 2007). No Brasil, inclusive, segundo o censo demográfico 2010, estima-se que a população urbana corresponda a 84,36% do total (IBGE, 2010).

É relevante destacar que o processo de urbanização, delineado na intervenção antrópica sem os devidos planejamentos e gestão da bacia em ocupação, traz grandes complicações para a questão de águas urbanas e aos usos e ocupações dos solos urbanos (FRITZEN; BINDA, 2011), conferindo riscos à saúde e à vida humana (BENINI; MEDIONDO, 2015). O ciclo hidrológico natural é composto por diferentes processos físicos, químicos e biológicos; quando o ser humano passa a fazer parte desse sistema e se concentra no espaço, produz alterações que modificam negativamente este ciclo, gerando impactos significativos, várias vezes de forma irreversível, no próprio homem e na natureza (TUCCI, 2003). Assim, o desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades humanas provocaram inúmeras mudanças no ciclo hidrológico, relacionadas à qualidade e à quantidade das águas (TUNDISI, 2006).

O ciclo hidrológico pode sofrer possíveis alterações em consequência do processo de urbanização, como a diminuição da evapotranspiração, devido à retirada da vegetação, o aumento da precipitação, pois as atividades humanas nas áreas urbanas produzem maior número de núcleos de condensação; ainda, a impermeabilização e compactação do solo ocasionam a diminuição da infiltração e o aumento do escoamento superficial, provocam, conseqüentemente, maior erosão do solo e aumento do processo de assoreamento e também geram mudanças no nível do lençol freático, podendo ocorrer redução ou esgotamento deste (MOTA, 2003). Outros possíveis impactos decorrentes do processo de urbanização são a alteração do clima urbano, os maiores picos de vazão (contribuem para a ocorrência de enchentes) e degradação da qualidade das águas (FEAM, 2006). Logo, as alterações no ciclo da água acarretam danos e prejuízos à população (REIS; SCHMIDT, 2014).

A cidade de Patrocínio, localizada no estado de Minas Gerais, apresentou um crescimento urbano desordenado e sem planejamento nos últimos anos e, para sua construção e desenvolvimento, córregos foram canalizados e áreas verdes foram impermeabilizadas, o que possivelmente implicou em alterações nas condições do ciclo hidrológico, devido às modificações

do uso do solo, que geram mudanças nos processos desse ciclo (escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração, interceptação e precipitação). Por esse motivo, o presente trabalho objetivou avaliar as alterações e possíveis impactos sobre o ciclo hidrológico, principalmente nos processos de infiltração e drenagem, no município de Patrocínio (MG) e sua relação com o processo de crescimento urbano.

Conhecer as conseqüências do avanço urbano sobre o ciclo hidrológico, mesmo em pequenas cidades, pode contribuir para a implantação de medidas que minimizem os impactos, sempre buscando o equilíbrio do ciclo da água e também auxiliar na prevenção de problemas futuros, derivados do desenvolvimento e crescimento das cidades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Patrocínio está localizado no estado de Minas Gerais (Figura 1), na região conhecida como Triângulo Mineiro, sua área territorial é de 2874 km² marcada por uma densidade demográfica de 28,69 hab/km² e a sua sede municipal apresenta coordenadas geográficas 18°57'09''S e 46°59'43''O (IBGE, 2010). De acordo com o Censo realizado em 2010, a estimativa da

população em Patrocínio, em 2017, é de 89.983 habitantes, sendo que, cerca de

88% corresponde a população urbana (IBGE, 2010).

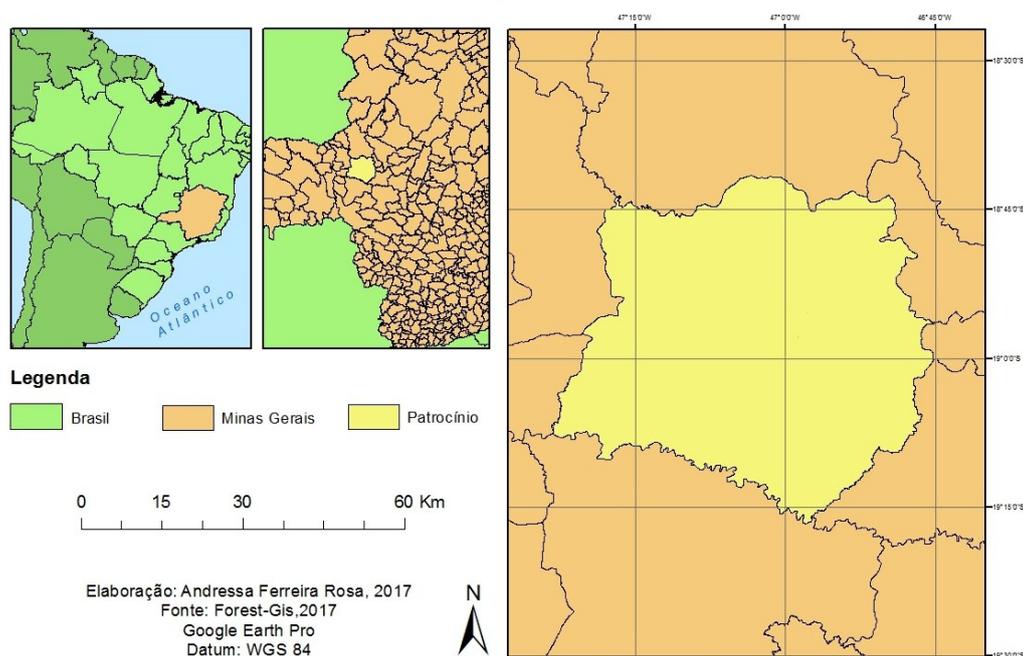


Figura 1: Mapa de localização de Patrocínio/MG.

Fonte: Rosa (2017) modificado.

O bioma de Patrocínio é o cerrado caracterizado por árvores de pequeno e médio porte que apresentam bastante tortuosidade. O município possui uma altitude média de 970 m, exibe uma geomorfologia de relevo plano a suave ondulado e predominância de Latossolos, o clima pela classificação de Köppen é Cwa (Tropical em altitudes elevadas, sendo úmido-quente no verão e seco-frio no inverno), com ocorrência de relevante déficit hídrico de maio a setembro (VOLPATO et al., 2009).

O Município está inserido na Bacia do Rio Paranaíba, estando localizado no divisor de águas entre as sub-bacias hidrográficas dos afluentes Mineiros do Alto Paranaíba (PN1) e do Rio Araguari (PN2) (IGAM, 2010). A área urbana, atualmente, ocupa três sub-bacias: Congonhas (PN2), Dourados (PN1) e Rangel (PN2) (PMSB, 2016b).

A história de Patrocínio começou em 1772 quando o Conde de Valadares ordenou ao capitão Inácio de Oliveira Campos que se estabelecesse na fazenda Brumado dos Pavões, para abastecimento dos viajantes que transitavam de Minas Gerais para Goiás.

A boa pastagem e as águas salitrizadas atraíram fazendeiros. Em 1842, foi elevado à categoria de município, desmembrando-se de Araxá (IBGE, 2017). Ao longo do tempo, a cidade foi se desenvolvendo, principalmente nos últimos quarenta anos, no momento em que a regionalização do desenvolvimento econômico foi muito destacada. Esse desenvolvimento foi devido, principalmente, à valorização do cerrado e o consequente salto dado pela agricultura regional, aumentando os investimentos públicos e privados e atraindo pessoas de diferentes regiões. O processo de urbanização também foi impulsionado pela modernização das atividades do campo, ocasionando o êxodo rural, e pela busca de melhores condições de vida na cidade (BESE, 2007).

2.1 Métodos

Primeiramente, foi realizada uma revisão da literatura em sites, publicações e artigos científicos para avaliar como a urbanização tem interferido no ciclo hidrológico em outras localidades. E também, para identificar os principais impactos sobre o ciclo hidrológico que ocorrem devido ao crescimento das áreas urbanas, possibilitando fazer observações da ocorrência desses impactos na cidade de Patrocínio.

Para observar os problemas causados pelo processo de urbanização desordenado

foi feita uma avaliação da distribuição do uso da terra para verificar o grau de impermeabilização do município e também foi analisado o sistema de drenagem da cidade de Patrocínio, bem como sua eficiência durante o período de chuvas, possibilitando ressaltar as áreas suscetíveis a inundações. Também se observou a limpeza urbana, importante no bom funcionamento do sistema de drenagem, e o esgotamento sanitário que influencia na qualidade da água. Essas avaliações foram feitas por meio da aplicação de indicadores, adaptados com base em Silva, Pinheiro e Lopes (2013), com o objetivo de examinar se a cidade se comporta de forma sustentável, buscando não acarretar em modificações do ciclo hidrológico da região.

Não foram utilizados, neste trabalho, todos os indicadores elaborados por Silva, Pinheiro e Lopes (2003), uma vez que alguns indicadores não puderam ser avaliados por indisponibilidade de dados. No entanto, alguns outros indicadores foram acrescentados para complementar a análise. Assim, os indicadores porcentagem de lotes que possui a taxa de permeabilidade de acordo com a legislação do município; existência de cursos d'água canalizados; frequência de limpeza do sistema de drenagem; e todos os indicadores do fator esgotamento sanitário foram criados e acrescentados na avaliação. Os indicadores utilizados estão dispostos na Tabela 1. A

análise dos indicadores foi realizada por visitas de campo a área de estudo, entrevistas com funcionários da prefeitura, consulta aos dados do município, principalmente ao Plano Municipal de Saneamento Básico de Patrocínio (PMSB), disponível em PMSB (2016b), ou levantamento de registros da imprensa local. A Tabela 1 apresenta ainda a definição de valores para as variáveis que compõe a avaliação de cada indicador, atribuídos de acordo com uma ordem hierárquica do nível mais alto para o mais baixo. O valor 0 (zero) representa a situação de impacto negativo ao meio avaliado, já o valor 5 (cinco) é atribuído a variável que representa a situação ótima ou ideal. Sendo que, em alguns indicadores, existem condições intermediárias de avaliação onde os valores estão entre 0 e 5. Estes valores e o modo de análise também foram baseados em Silva, Pinheiro e Lopes (2013). Assim sendo, com o auxílio da aplicação dos indicadores foi possível calcular a tendência de sustentabilidade de Patrocínio (relação entre a pontuação alcançada e pontuação máxima), e também realizar o levantamento dos impactos consolidados sobre o ciclo hidrológico provocados pela urbanização, por meio da comparação entre o que foi encontrado na literatura e o que foi levantado

em Patrocínio a partir da aplicação dos indicadores de sustentabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos pela avaliação dos indicadores de sustentabilidade serão apresentados em duas etapas: primeiramente, cada fator da Tabela 1 foi colocado em um subtópico, para ser analisado separadamente; e, por último, há uma avaliação final com todos os indicadores para apresentar, de forma mais sintética, quais os impactos sobre o ciclo hidrológico já ocorrem em Patrocínio em decorrência do processo de urbanização.

3.1 Impermeabilização dos solos

A impermeabilização do solo gera grandes impactos no ciclo hidrológico natural, pois diminui a evapotranspiração, devido ao desmatamento, e aumenta o escoamento superficial, o que intensifica processos de erosão e assoreamento de corpos d'água e diminui a infiltração. E como descrito por Tucci (2003), a redução das taxas de infiltração resulta no decréscimo no nível dos reservatórios subsuperficiais e na quantidade de água armazenada no solo, devido ao fato de grande parte da água escoar superficialmente.

Tabela 1: Indicadores de sustentabilidade para avaliação dos impactos causados no ciclo hidrológico devido à urbanização

Fator	Indicadores	Avaliação	Peso	Método de análise	
Impermeabilização do solo	Porcentagem de lotes que possui a taxa de permeabilidade de acordo com a legislação municipal	100% possui	5	Entrevista com a Prefeitura	
		Entre 50% e 90%	4		
		Inferior a 50%	3		
	Nenhum lote possui a taxa de permeabilidade		0		
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de armazenamento e infiltração para água pluvial	100% possui	5		
		Entre 50% e 90%	4		
		Inferior a 50%	3		
	Nenhum lote possui dispositivos		0		
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de captação e reuso de água pluvial	100% possui	5		
		Entre 50% e 90%	4		
	Inferior a 50%	3			
Sistema de Drenagem Urbana	Existência de cursos d'água canalizados	Nenhum lote possui dispositivos	0	PMSB	
		Não há cursos d'água canalizados	5		
		Há cursos d'água canalizados	0		
	Equipamentos em boas condições, de fácil acesso, remoção e manutenção		5		
	Equipamentos em más condições, de difícil acesso, remoção e manutenção		0		
	Há manutenções regulares		5		
	Manutenção do sistema de drenagem urbana	Há manutenções apenas após eventos críticos	4		
		Manutenção deficiente e com dispositivos construídos erroneamente	3		
		Não há manutenções	0		
		Não ocorrem alagamentos	5		
Drenagem no período de chuvas	Ocorrência de alagamentos e inundações	Ocorrem em eventos chuvosos muito intensos	3	Registro da imprensa local	
		Sempre ocorrem quando há precipitação	0		
	Possível interferência do escoamento pluvial no trânsito de veículos	Não há interferência	5		
		Há interferência	0		
	Possível interferência do escoamento pluvial no movimento de pedestres	Não há interferência	5		
		Há interferência	0		
	Possível erosão na pavimentação e nos acessos gerada por escoamento pluvial	Não há evidências de processos erosivos gerados pelo escoamento das águas pluviais	5		
		Há evidências de processos erosivos gerados pelo escoamento das águas pluviais	0		
		Diária	5		
		3 vezes por semana	4		
Limpeza Urbana	Frequência da varrição dos passeios públicos	Semanal	3	PMSB	
		Não há	0		
		Diária	5		
	Frequência da Coleta de Lixo		3 vezes por semana	4	Entrevista com a Prefeitura
			Semanal	3	
			Não há	0	
			Diária	5	
			3 vezes por semana	4	
	Esgotamento sanitário	Disposição de resíduos sólidos nas vias públicas	Não há descarte de resíduos sólidos nas vias	5	PMSB
			Há descarte de resíduos sólidos nas vias	0	
Frequência na limpeza do sistema de drenagem			Semanal	5	
			Mensal	3	
			Não há cronograma	0	
Porcentagem da população atendida pelo sistema de tratamento de esgoto			100% possui	5	
			Entre 50% e 90%	4	
			Inferior a 50%	3	
			Não há sistema de tratamento de esgoto	0	
		Eficiência do tratamento do esgoto		Acima de 60% (exigido pelo COPAM)	
	Abaixo de 60%		0		
Ocorrência de lançamento de esgoto nos corpos d'água			Não há lançamento de esgoto	5	
		Há lançamento de esgoto	0		
	Máxima pontuação	85			

Fonte: adaptado de Silva, Pinheiro e Lopes (2003).

Utilizando imagens de satélite disponíveis no programa Google Earth foi possível calcular a área urbana de Patrocínio, no programa Earth Point. Patrocínio, atualmente, possui 21 km² de área edificada, o que corresponde a 0,73% do seu território, ou seja, ainda possui uma extensa área com solo permeável, localizada na parte rural. Porém, a área urbana encontra-se com um elevado grau de impermeabilização, devido à pavimentação das ruas, ao calçamento de passeios e também à construção de casas e edifícios. Dessa forma, o processo de infiltração da água no solo na área urbana fica prejudicado.

Em estudos realizados por Dos Santos Targa et al. (2012), em Belém do Pará na bacia do Igarapé do Tucunduba, evidenciou-se que o aumento da urbanização provoca a redução da infiltração potencial e, devido a isso, ocorre o aumento do volume do escoamento superficial.

A construção de dispositivos de armazenamento e infiltração para água pluvial e dispositivos de captação e reuso

dessa água nos lotes da cidade, bem como, uma porção de área permeável nos terrenos contribuem na redução do escoamento superficial. Porém, na Secretaria de Obras de Patrocínio não há registros da porcentagem de lotes que possuem tais dispositivos. No entanto, de acordo com o Artigo 31 da Proposição de Lei Complementar nº 130/2014 que dispõe sobre o Plano Diretor Participativo de Patrocínio: “as novas edificações residenciais multifamiliares, comerciais, de uso misto, industrial ou institucional, deverão de dispor, obrigatoriamente, de: a) sistema de captação e reutilização de águas pluviais; (...)d) área livre permeável, de no mínimo 10% (dez por cento) da área do lote, como forma de aumentar a capacidade de recarga do aquífero subterrâneo e para atenuar os problemas da drenagem urbana” (PATROCÍNIO, 2014b). A taxa mínima de permeabilidade (TP) é classificada de acordo com o zoneamento, uso e ocupação do solo de Patrocínio, dispostos na Lei Complementar nº 132/2014, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Taxa de Permeabilidade de acordo com o Zoneamento de Patrocínio

Zonas	Taxa de permeabilidade (TP) (%)
Zonas Residenciais (ZR)	10%
Zona Comercial e Serviços (ZCS),	10%
Zona Mista (ZM)	10%
Zona Industrial (ZI);	30%
Zona de Interesse Histórico ou Cultural (ZIHC)	10%
Zona de Contenção Urbana (ZCU);	20%
Zona de Preservação Verde (ZPV);	70%

Fonte: PATROCÍNIO (2014a)

Dessa forma, as edificações que se encontram dentro da legislação, contribuem para o aumento da absorção das águas pluviais, elevando a taxa de infiltração do solo e reduzindo o escoamento do sistema de drenagem urbano. No entanto, não foi possível o levantamento de dados que comprovassem o (des) cumprimento da diretriz legal, não podendo ser avaliados os três indicadores que compõem o fator impermeabilização do solo. Apesar de não ser aplicado, achou-se relevante fazer a discussão desse fator, já que ele aparece na legislação municipal.

Para finalizar os comentários sobre a impermeabilização do solo, segundo Silva e Assunção (2015), o avanço da cidade de Patrocínio revela que a inserção de novas áreas urbanizadas resulta no aumento da impermeabilização do solo, bem como, dos problemas relativos à erosão, contaminação do solo e mananciais, além dos eventos de cheia urbana.

3.2 Sistema de drenagem urbano

A canalização de rios e córregos e da água pluvial interfere, principalmente, no escoamento superficial do ciclo hidrológico, pois aumenta a velocidade dos cursos d'água e o pico a jusante, promovendo processos erosivos. Também contribui para a diminuição da infiltração

por eliminar a mata ciliar e favorecer a ocupação de áreas que seriam consideradas Áreas de Preservação Permanente em leitos naturais.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2016b), Patrocínio cresceu sem um Planejamento Integrado, sem o devido acompanhamento da implantação do sistema de microdrenagem. Dessa forma, ocorreu a ocupação de muitas áreas propensas à inundação. Na cidade, não há cadastro e detalhamento da rede de microdrenagem, no entanto, infere-se que ela deva estar comprometida por se tratar de um sistema antigo, grande parte realizado a mais de 20 anos, sem projetos adequados, elaborados sem considerar a real situação hidrológica da bacia. Também, não há equipe e cronograma específicos para manutenção, limpeza e reparos no sistema de drenagem.

A área urbana de Patrocínio, atualmente, ocupa três sub-bacias: Congonhas, Dourados, e Rangel, sendo esta última a que abrange a maior área da cidade. O Córrego Congonhas e o Córrego das Bombas, ainda estão em situação natural. Já o Córrego Rangel e seus afluentes apresentam partes em leito natural, mas com a presença de canais fechado ou aberto ao longo de seu curso. Este último tem apresentado, ainda, um

processo de erosão significativo em seu percurso natural, localizado após o término da sua parte canalizada (Figura 2). Essa erosão é um indicativo do aumento da velocidade do escoamento e do pico a jusante, como consequências da



Figura 2: Processo de erosão e assoreamento no Córrego Rangel a jusante da canalização.

Fonte: As autoras, 2017

Assim, os indicadores relacionados ao sistema de drenagem urbana foram classificados da seguinte maneira: o indicador “Existência de cursos d’água canalizados” com nota 0 (zero) por apresentar cursos d’água canalizados; o indicador “Condições físicas dos equipamentos de drenagem” com nota 0 (zero) pelos equipamentos estarem em más condições, de difícil acesso, remoção e manutenção; e, por fim, o indicador “Manutenção do sistema de drenagem urbana” recebeu a nota 3 (três) por ser deficiente e com dispositivos construídos erroneamente.

impermeabilização do solo e da canalização e retificação de parte do córrego (Figura 3) e de grande parte de seus afluentes.



Figura 3: Canal aberto no leito do Córrego Rangel

3.3. Drenagem durante o período de chuvas

A água das chuvas deve ser bem drenada nas cidades por meio de sistemas eficientes de drenagem, para garantir que a velocidade do escoamento seja mantida. Porém, se esses sistemas não funcionam de forma eficaz a água pode ficar na superfície, gerando problemas como inundações e erosões da pavimentação das vias, que indicam um aumento na velocidade do escoamento superficial.

Em Patrocínio, observa-se que em precipitações mais intensas há a ocorrência de alagamentos e inundações em vários locais, principalmente, nas Avenidas João

Alves do Nascimento, Altino Guimarães e Dom José André Coimbra, onde estão localizados os afluentes do Córrego Rangel, atualmente canalizados, e na Avenida José Amando Queiroz, onde está

o Córrego Rangel fluindo em canal aberto, sendo estas as regiões mais baixas da cidade (Figura 4) e, conseqüentemente, as mais propensas a inundações.

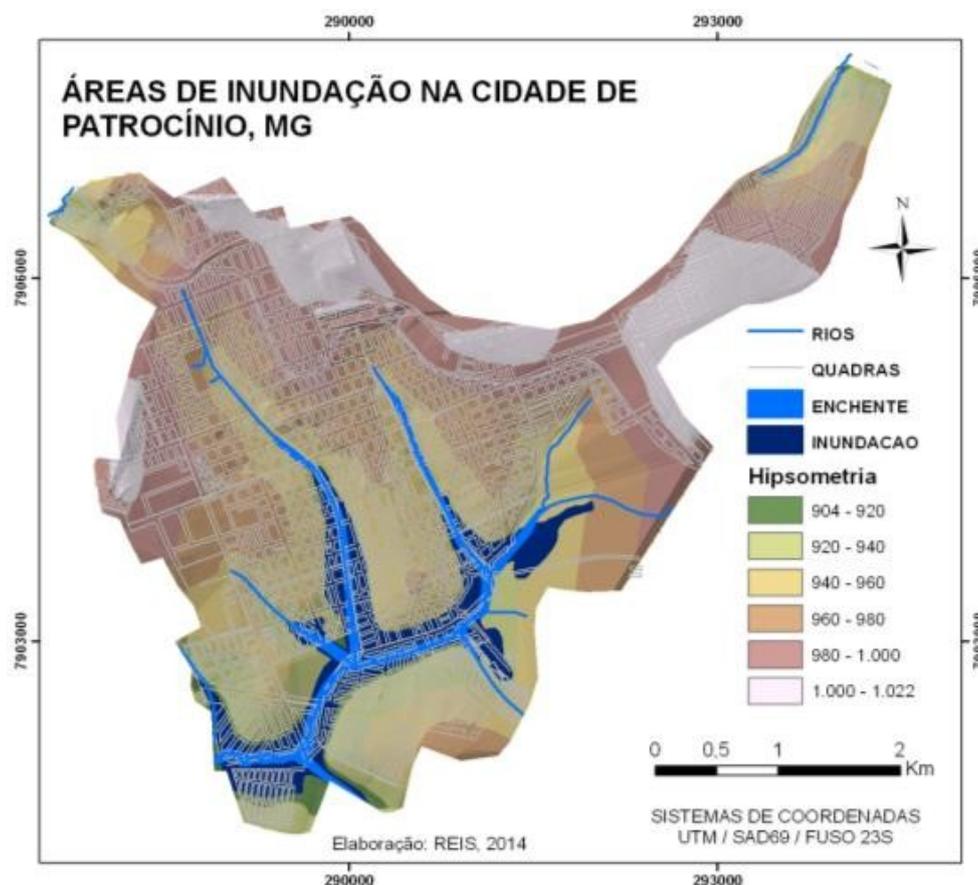


Figura 4: Áreas susceptíveis a inundações em Patrocínio/MG.

Fonte: Reis; Schmidt (2014).

Durante o período de chuvas, percebem-se a ocorrência de diversas cavidades na pavimentação em várias regiões da cidade (Figura 5), algumas inclusive com erosão. Isso aponta para dois problemas, um revestimento asfáltico insatisfatório e um sistema de drenagem ineficiente, onde a água não é bem drenada,

ocasionando enxurradas com alta velocidade. Ainda, durante os alagamentos, o escoamento pluvial interfere no movimento de pedestres e no trânsito de veículos (Figura 6). Assim, os indicadores relacionados à drenagem no período de chuvas foram classificados como: o indicador "Ocorrência de alagamentos e inundações" com nota 3 (três) por

ocorrerem em eventos chuvosos muito intensos; os indicadores “Possível interferência do escoamento pluvial no trânsito de veículos” e “Possível interferência do escoamento pluvial no movimento de pedestres” com nota 0 (zero) por haver interferência; e o

indicador “Possível erosão na pavimentação e nos acessos ocasionada por escoamento pluvial” recebeu a nota 0 (zero) por existirem evidências de processos erosivos ocasionados pelo escoamento das águas pluviais.



Figura 5: Cavidades na pavimentação em Patrocínio/MG.

Fonte: as autoras, 2017.



Figura 6: Alagamentos em Patrocínio/MG.

Fonte: Patrocínio Online, 2016 e 2017

3.4 Limpeza urbana

A presença de resíduos sólidos dispersos nas vias e logradouros públicos compromete o sistema de drenagem pluvial, pois, durante períodos de chuva esses resíduos são levados pelas

enxurradas podendo ficar presos nas bocas de lobo e bueiros de drenagem, causando o entupimento dos mesmos e aumentando a possibilidade de ocorrer alagamentos. Além disso, os resíduos podem ser levados para corpos hídricos, acarretando na sua

contaminação. Dessa forma, é de grande importância manter a cidade limpa e os serviços de coleta de lixo, varrição de vias, capina e desobstrução de bueiros.

Em Patrocínio, a administração pública é encarregada de gerenciar o serviço de varrição de vias e passeios públicos, sendo este realizado diariamente em trechos específicos, por equipes que possuem rotas definidas. Em locais com maior tráfego de pessoas e veículos, o serviço de varrição é exercido com maior frequência, porque nestas regiões é produzida maior quantidade de resíduos, como é o caso da porção central da sede do município (PMSB, 2016a). A coleta de resíduos domiciliar e comercial, também é comandada pela administração pública. De acordo com a Secretaria de Obras de Patrocínio (informações obtidas pela entrevista com o funcionário desta secretaria), a coleta é executada de segunda

a sábado na maioria dos bairros e apenas três vezes por semana nos demais. Em Patrocínio, há equipes específicas para a execução da capina pública, que também é administrada pela prefeitura. A técnica empregada é simples, com o uso de ferramentas agrícolas como enxadas, foices, rastelos, etc. Essas equipes também possuem equipamentos de coletas de resíduos. Porém, esse serviço não está sendo realizado de forma eficiente na cidade, dado que, muitas vias demandam desse serviço em grande parte do ano (PMSB, 2016a).

A Tabela 3 apresenta uma pesquisa realizada, em 2016, para a elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Patrocínio (PGIRS) que mostra uma relação entre a porcentagem de área urbana e a situação dos serviços de limpeza urbana.

Tabela 3: Situação dos serviços de limpeza urbana x áreas urbanas

	Serviço de Coleta de Resíduos Domiciliares e Comerciais X Bairros	Serviço de Varrição de Vias e Logradouros Públicos X Regiões	Serviço de Capina Urbana X Bairros
Limpo	42,61%	16,49%	6,51%
Razoável	42,50%	64,62%	44,83%
Crítico	10,67%	14,67%	44,44%
Não possui	4,22%	4,22%	4,22%

Fonte: PMSB (2016a)

Pela Tabela 3, observa-se que a situação encontrada pelas equipes técnicas de campo responsáveis pela elaboração do Diagnóstico do PGIRS de Patrocínio em

relação aos serviços de capina pública indica regiões com a situação razoável ou crítica. Já em referência ao serviço de coleta de resíduos domiciliares e

comerciais, foi considerado limpo ou razoável na maioria das regiões. E os serviços de varrição de vias e logradouros públicos foram classificados na maioria das vias urbanas da sede como limpas ou razoáveis.

Para complementar os serviços de limpeza pública, também é importante realizar frequentemente a limpeza da rede de drenagem pluvial (limpeza de bocas de lobo e postos de visita). Em Patrocínio, essa atividade possui uma equipe composta por 01 encarregado e 01 funcionário de serviços gerais. Porém, a limpeza é executada sem uma programação específica de abrangência anual (PMSB, 2016a).

Ainda no que diz respeito à limpeza urbana, observa-se a presença de resíduos dispersos nas vias e passeios da cidade, bem como, próximos ao leito do córrego Rangel (Figura 7). A falta de conscientização dos moradores favorece o

depósito de lixo em locais inapropriados. E há um aumento na incidência de resíduos, em locais com menor frequência de varrição e onde há mato nas sarjetas, pois o mato dificulta o trabalho das equipes de varrição. Problemas na coleta de resíduos, como a forma de armazenamento e deposição do lixo, atuação das equipes de coleta e animais soltos, também contribuem para a disposição de resíduos sólidos nas vias e passeios públicos. Além desses resíduos dispersos, ainda existe montes de resíduos de origens e características diversas em alguns pontos da cidade. Para resolver esse problema, é necessário realizar trabalhos de Educação Ambiental para a conscientização dos moradores da importância da destinação correta dos resíduos. E também, aumentar a eficiência dos serviços de coleta e varrição de resíduos e de capina pública.



Figura 7: Resíduos dispersos pela cidade de Patrocínio.

Fonte: as autoras, 2017.

Deste modo, os indicadores relacionados à limpeza urbana receberam as avaliações: os indicadores “Frequência

da varrição dos passeios públicos” e “Frequência da Coleta de Lixo” com nota 5 (cinco) por terem frequência diária; o

indicador “Disposição de resíduos sólidos nas vias públicas” com nota 0 (zero) por ocorrerem descarte de resíduos sólidos nas vias públicas; e o indicador “Frequência na limpeza do sistema de drenagem” recebeu a nota 0 (zero), pois não há um cronograma.

3.5 Esgotamento sanitário

A qualidade da água do ciclo hidrológico é resultante de fenômenos naturais e da ação do homem. Com a origem das cidades e concentração de pessoas na mesma área surge à necessidade de criar sistemas de coleta e tratamento de esgoto bruto, que depois de tratado é lançado em corpos d’água, evitando a contaminação da água.

Segundo dados do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2016b), o município de Patrocínio possui um sistema de esgotamento sanitário, abrangendo 88% da população. A sede do município é atendida com 100% de rede coletora, sendo que 99% passa por tratamento em estação de tratamento de esgoto (ETE). A cidade possui duas ETE na área urbana, a ETE Rangel, responsável pelo tratamento do esgoto gerado na bacia urbana do Córrego Rangel, e a ETE Serra Negra, responsável pelo tratamento dos esgotos gerados nos bairros Serra Negra, Jardim Europa e Nações. Após todo o processo de

tratamento, a água é lançada ao Córrego Rangel, com o índice de eficiência superior a 80%, para parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), acima do exigido pelo COPAM, que é de 60%. Porém, quando ocorre manutenção na ETE do Córrego Rangel há lançamento de esgoto *in natura* no córrego. Também ocorre em Patrocínio lançamentos clandestinos de esgotos na rede pluvial e algumas comunidades rurais ainda não possuem tratamento de esgoto, havendo lançamento *in natura* nos cursos d’água, o que prejudica o processo de autodepuração natural do rio (PMSB, 2016b).

Neste contexto, relacionando-se ao esgotamento sanitário, o indicador “Porcentagem da população atendida pelo sistema de tratamento de esgoto” recebeu nota 4 (quatro) por estar entre 50 e 90%; o indicador “Eficiência do tratamento do esgoto” com nota 5 (cinco) por estar acima de 60%; e, finalmente, o indicador “Ocorrência de lançamento de esgoto bruto nos corpos d’água” recebeu a nota 0 (zero), uma vez que ainda há lançamento de esgoto bruto nos corpos d’água.

3.6 Avaliação final dos indicadores e impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico

Para uma análise mais clara do comportamento da cidade de Patrocínio em

relação ao ciclo hidrológico é apresentado na Tabela 4 o valor obtido na avaliação de cada indicador de sustentabilidade. A soma dos indicadores de sustentabilidade comparada com a máxima pontuação que poderia ser alcançada indica se o município está buscando uma urbanização mais sustentável, possibilitando que o ciclo da água se altere o mínimo possível.

A pontuação máxima do conjunto de indicadores proposto é 85 (vide Tabela 1). Porém, como não foi possível aplicação dos três indicadores do fator

impermeabilização do solo, a maior pontuação possível na avaliação realizada seria de 70. Patrocínio atingiu apenas a pontuação de 25, o que representa 36% da pontuação possível. Segundo Silva, Pinheiro e Lopes (2003), quando a soma alcançada pelas notas dos indicadores é menor que a metade da pontuação máxima, a área avaliada apresenta tendência desfavorável à sustentabilidade. Logo, a cidade de Patrocínio apresenta uma tendência desfavorável à sustentabilidade.

Tabela 4: Resultado da avaliação dos indicadores de sustentabilidade na cidade de Patrocínio/MG

Fator	Indicadores	Avaliação	Nota	
Impermeabilização do solo	Porcentagem de lotes que possui a taxa de permeabilidade de acordo com a legislação do município	Indicador não aplicado	-	
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de armazenamento e infiltração para água pluvial			
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de captação e reuso de água pluvial			
Sistema de Drenagem Urbana	Existência de cursos d'água canalizados	Há cursos d'água canalizados	0	
	Condições físicas dos equipamentos de drenagem	Equipamentos em más condições, de difícil acesso, remoção e manutenção	0	
	Manutenção do sistema de drenagem urbana	Manutenção deficiente e com dispositivos construídos erroneamente	3	
Drenagem no período de chuvas	Ocorrência de alagamentos e inundações	Ocorrem alagamentos em eventos chuvosos muito intensos	3	
	Possível interferência do escoamento pluvial no trânsito de veículos	Há interferência	0	
	Possível interferência do escoamento pluvial no movimento de pedestres	Há interferência	0	
Limpeza Urbana	Possível erosão na pavimentação e nos acessos ocasionada por escoamento pluvial	Há evidências de processos erosivos ocasionados pelo escoamento das águas pluviais	0	
	Frequência da varrição dos passeios públicos	Diária	5	
	Frequência da Coleta de Lixo	Diária	5	
Esgotamento sanitário	Disposição de resíduos sólidos nas vias públicas	Há descarte de resíduos sólidos nas vias públicas	0	
	Frequência na limpeza do sistema de drenagem	Não há cronograma	0	
	Porcentagem da população atendida pelo sistema de tratamento de esgoto	Entre 50% e 90%	4	
	Eficiência do tratamento do esgoto	Acima de 60% (exigido pela COPAM)	5	
	Ocorrência de lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água	Há lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água	0	
			Pontuação obtida	25
			Pontuação máxima	70
			Tendência à sustentabilidade	36%

Fonte: as autoras, 2017.

Com relação aos impactos ocasionados pela urbanização no ciclo hidrológico, por meio das análises realizadas, observaram-se alguns já consolidados em Patrocínio, conforme está esquematizado Figura 8. As ações de impermeabilização do solo, canalização dos córregos e ocupação das várzeas, aliadas a um sistema de drenagem ineficiente, provocam os impactos de primeira ordem aumento do escoamento

superficial e diminuição do processo de infiltração. Esses, por sua vez, aumentam os picos de vazão, aumentam a ocorrência de alagamentos e enchentes e intensificam os processos erosivos e o assoreamento dos corpos hídricos. Vale destacar que nesse contexto outro problema recorrente é a quantidade de resíduos dispostos em locais inapropriados, que além de atrapalhar o funcionamento do sistema de drenagem ainda contaminam os cursos d'água.



Figura 8: Relação entre os fatores do processo de urbanização e os impactos consolidados

Fonte: as autoras, 2017.

Estes impactos não são exclusivos de Patrocínio e já foram relatos por outros trabalhos: em Belo Horizonte/MG, a partir da década de 1970, a intensificação no processo de urbanização, aliado às altas declividades presente na cidade, acarretaram processos erosivos, tendo como consequências diretas o alto volume de sedimentos e resíduos sólidos nos rios

(FONSECA; NASCIMENTO; LONGO, 2006); já em Curitiba/PR, a impermeabilização do solo, devido ao processo de urbanização, tem ocasionado enchentes, gerando prejuízos frequentes a população que ocupa o leito maior dos rios e impactos localizados sobre a drenagem (FONSECA; NASCIMENTO; LONGO, 2006); por fim, no caso de Piracicaba/SP, a

implantação de vários loteamentos na bacia do ribeirão Piracicamirim em substituição às áreas naturais ou de cultivo vem ocasionando um acréscimo significativo nas áreas impermeabilizadas dentro da bacia, aumentando a taxa de impermeabilização e acarretando sérios problemas de enchente e inundações (BENEDITO, 2015).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas cidades têm modificado o funcionamento natural do ciclo hidrológico, principalmente, devido ao crescimento desordenado, construindo sistemas de drenagem ineficientes e diminuindo a taxa de permeabilidade do solo. Isto ocasiona aumento de processos erosivos e sérios problemas de enchente e inundações, que trazem prejuízos frequentes a população.

O município de Patrocínio vivenciou, nos últimos anos, um processo de urbanização desordenada, em que rios foram canalizados, áreas impermeabilizadas e fundos de vale ocupados; além disso, seu Sistema de Drenagem Urbana não demonstra ser eficiente. Devido a esses fatores, apesar da cidade de Patrocínio ser de pequeno porte, ela apresenta problemas como alagamentos e inundações, erosão e assoreamento a sua jusante, isso implica que os processos de

infiltração e escoamento do ciclo hidrológico têm sido alterados. A limpeza urbana e o esgotamento sanitário do município necessitam de melhorias para que não prejudiquem a autodepuração natural dos cursos d'água. Ao agrupar essas questões no conjunto de indicadores de sustentabilidade analisados, percebeu-se que a cidade obteve um cumprimento de apenas 36% dos indicadores, o que representa uma tendência desfavorável à sustentabilidade em relação ao ciclo hidrológico.

Em suma, percebe-se que o processo de urbanização deve ser planejado e ocorrer sem causar alterações significativas nas taxas de infiltração e no escoamento das bacias hidrográficas. As cidades devem crescer buscando garantir grandes áreas permeáveis e construir um sistema de drenagem eficiente que se aproxime do funcionamento natural do ciclo hidrológico, pois, mesmo em pequenas cidades como Patrocínio, os impactos devido à urbanização desordenada estão presentes.

5. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.
- BENEDITO, C. **Urbanização e recursos hídricos: vulnerabilidade**

- socioambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão Piracicamirim na cidade de Piracicaba/SP.** 2015. 141f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.
- BENINI, R. M.; MENDIONDO, E. M. Urbanização e impactos no ciclo hidrológico na Bacia do Mineirinho. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, p.211-222, 2015.
- BESE, R. M. B. Expansão e Interiorização da Educação Superior. **Revista Gestão Universitária**, 2007. Disponível em:<<http://gestaouniversitaria.com.br/artigos/expansao-e-interiorizacao-da-educacao-superior>>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- CASTRO, L. M. A. **Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água.** 2007. 297 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- DOS SANTOS TARGA, M. et al. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.7, n.2, p. 120, 2012.
- FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações básicas para drenagem urbana.** Belo Horizonte: FEAM, 2006. Disponível em:<<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2016.
- FONSECA, P. L.; DO NASCIMENTO, E. A.; LONGO, O. C. **Gestão ambiental de bacias hidrográficas: medidas não convencionais no controle de cheias urbanas – principais aspectos, considerações e ações integradas.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru.
- FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Revista eletrônica AteliêGeográfico**, v.5, n. 3, p. 239-254, dez.2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades – Censo 2010.** Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/patrocinio/panorama>>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biblioteca.** Disponível em:<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/minasgerais/patrocinio.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Mapas Bacia hidrográficas Rio Paranaíba.** Disponível em:<http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=89&> Acesso em: 11 jul. 2017.
- MORAES, I. C. **Análise da dinâmica do uso da terra e sua interferência em inundações na cidade de Rio Claro (SP).** 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011.
- MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos.** 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.
- PATROCÍNIO. **Lei Complementar nº 132 de 10 de dezembro de 2014.** Dispões sobre o zoneamento, o uso e a ocupação do solo no

- município de Patrocínio e dá outras providências. 2014a.
- PATROCÍNIO. **Proposição de Lei Complementar nº 130/2014.** Dispõe sobre o plano diretor participativo de Patrocínio e dá outras providências. 2014b.
- PATROCÍNIO ON LINE. **Notícias de Patrocínio.** Disponível em: <<https://patrocinioonline.com.br/noticias-locais/>>. Acesso em: 11 jul. 2017.
- PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** Patrocínio, 2016a.
- PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico. **Relatório do Plano Municipal de Saneamento Básico.** Patrocínio, 2016b.
- REIS, P. A.; SCHMIDT, M. A. R. **Análise da expansão urbana e delimitação de áreas de inundação na cidade de Patrocínio, MG.** In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12, 2014, Natal.
- SILVA, R. E.; ASSUNÇÃO, W. L. O avanço da mancha urbana de Patrocínio (MG) sobre mananciais com potencial de abastecimento urbano. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 6, 2015.
- SILVA, B. R.; PINHEIRO, H.; LOPES, D. D. Seleção de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de drenagem urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 1, 2013.
- TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas.** In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1.ed. 2003. Disponível em: <<http://www.cepal.org/samta/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2016.
- TUCCI, C. E. M. Urbanização e recursos hídricos. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas.** São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 111-128.
- TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, n. 70, p. 24-35, 2006.
- VOLPATO, M. M. L. et al. **Determinação de estiagem em áreas cafeeiras no município de patrocínio, MG, utilizando imagens modis/terra.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6, 2009, Vitória.