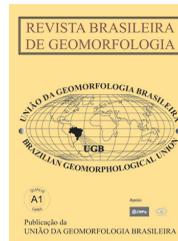




www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 14, n° 4 (2013)



NASCENTES ANTROPOGÊNICAS: PROCESSOS TECNÔGENICOS E HIDROGEOMORFOLÓGICOS

ANTHROPOGENIC RIVER SPRINGS: TECHNOGENIC AND HYDROGEOMORPHOLOGICAL PROCESSES

Miguel Fernandes Felipe

Departamento de Geociências. Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário, Bairro São Pedro – Juiz de Fora/MG – CEP: 36036-900.

E-mail: mffelippe@gmail.com

Antônio Pereira Magalhães Junior

Departamento de Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha – Belo Horizonte/MG – CEP: 31270-901.

E-mail: magalhaesufmg@yahoo.com.br

Henrique Pesciotti

Lume Estratégia Ambiental, Av. Eng. Carlos Goulart, 24/401 – Buritis – Belo Horizonte/MG – CEP: 30.493-030

E-mail: henrique.pesciotti@lumeambiental.com.br

Lílian Coeli Leite da Silva

Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - Belo Horizonte/MG – CEP: 31270-901.

E-mail: liliancoeli@gmail.com

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
04/11/2011

Data de Aprovação:
06/11/2013

Palavras-chave:

Nascente; hidrogeomorfologia;
tecnógeno.

Keywords:

River spring; hydro
geomorphology; tecnogene.

Resumo

Nascentes de cursos d'água são sistemas ambientais em que a água emerge naturalmente do meio subterrâneo integrando a rede de drenagem superficial. Porém, no Tecnógeno, as intervenções humanas podem criar condições necessárias para a exfiltração da água onde originalmente isso não ocorreria. Se essa nova zona de descarga se conecta com a rede de drenagem via fluxos superficiais, ela pode ser considerada uma nascente de acordo com os conceitos acadêmicos mais aceitos. Esse trabalho aborda conceitualmente e processualmente as nascentes antropogênicas baseado em trabalhos de campo realizados no espaço metropolitano de Belo Horizonte-MG. São evidenciados os processos antrópicos que podem originar nascentes, discutindo as possíveis consequências dessas intervenções. Por fim, seis casos ilustrativos são apresentados, demonstrando como as nascentes antropogênicas podem ser formadas e suas consequências para a dinâmica hidrogeomorfológica.

Abstract

River springs are environmental systems in which water emerges naturally from the ground, integrating the surface drainage network. Although, in Tecnogene, human intervention can create conditions for the exfiltration of groundwater where originally it would not occur. If this new discharge zone connects to the drainage network through a superficial flow, it can be called a spring, considering the most accepted academic concepts. This

work deals with a conceptually framework of anthropogenic springs based in fieldworks performed in the metropolitan space of Belo Horizonte-MG. The results show the anthropic processes that can originate springs, discussing its consequences. At last, six illustrative cases are analyzed, demonstrating how the anthropogenic springs can be formed and their consequences to the hydrogeomorphological dynamics.

Introdução: nascentes no Tecnógeno

A geomorfologia do século XXI tem sido marcada pela busca de uma transversalidade que permita a incorporação e a apropriação do conceito de meio ambiente sob óticas menos tradicionais. O “meio” é concebido como “sistema” no qual a água é um agente fundamental via fluxos de matéria e energia (VITTE, 2011; PEREZ-FILHO; QUARESMA, 2011). Conceitos, processos e métodos geomorfológicos tem se tornado imprescindíveis no discurso ecológico (NEWSON, 2002), fazendo com que novos campos do conhecimento se desenvolvam nesta interface, como é o caso da hidrogeomorfologia (BABAR, 2011; GOERL *et al.*, 2012). Em concomitância, as intervenções humanas no espaço adquirem proporções ainda mais significativas, reforçando o papel do ser humano como agente geológico-geomorfológico e consolidando a relevância do Tecnógeno nos estudos geomorfológicos e ambientais (PELOGGIA, 1997).

Sob a ótica da indissociação entre os seres humanos e os sistemas ambientais, a geomorfologia do Tecnógeno abre possibilidades de abordagens em que o homem se configura como agente condicionador de processos morfodinâmicos e, conseqüentemente, de formação do relevo. Termo proposto por Ter Stepanian, na década de 1980, o “Tecnógeno” corresponde a uma época do Quinário, período geológico que sucederia o Quaternário na escala do tempo geológico. O Quinário é marcado justamente pela modificação dos aspectos físicos do planeta pelo homem, o qual passa a se configurar em importante agente geológico-geomorfológico condicionador de processos, formas e gênese de depósitos correlativos (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Segundo Peloggia (1998), os modelados tecnogênicos surgem a partir de formas de relevo geradas de maneira direta ou indireta pelo homem, com destaque para o relevo dos espaços urbanos.

De modo geral, os processos gerados diretamente ou induzidos pelo homem ocorrem em uma escala de tempo muito acelerada quando comparada à dos processos morfodinâmicos naturais exógenos, caracterizando uma aceleração do tempo geomorfológico (PEREZ-FILHO; QUARESMA, 2011; ROSSATO; SUERTEGARAY, 2000). Mesmo que as leis naturais permaneçam as mesmas, um sistema ambiental sob ação transformadora do homem tende a reagir e buscar adaptar-se às novas condições, podendo migrar temporalmente rumo a um novo estado de equilíbrio dinâmico.

No que tange à geomorfologia fluvial, as intervenções tecnogênicas podem alterar diretamente a dinâmica dos cursos d’água, podendo-se mencionar os casos de regularização de

vazões por barramentos e reservatórios, impactos na morfologia de canais a partir de retificações e canalizações, estabilização de margens, extração de sedimentos dos leitos fluviais ou retirada da vegetação ripária (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Indiretamente, o homem também pode alterar a morfologia fluvial por meio de mudanças no uso e na cobertura do solo. Como consequência, transformações nos fluxos de matéria e energia de um sistema desequilibram a dinâmica dos processos exógenos como intemperismo, erosão, desnudação e sedimentação (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

A capacidade humana de modificação da dinâmica hidrogeomorfológica é ainda mais evidente nos espaços urbanos. O ambiente urbano pode ser visto como a principal expressão espacial das pressões antrópicas sobre a dinâmica pluvial e fluvial. Ainda que as transformações sejam uma parte integrante da evolução dos sistemas, os distúrbios humanos introduzem mudanças que estão além das condições geomorfológicas e biológicas naturais dos cursos d’água (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Ao interagir de modo inadequado com os sistemas fluviais nas áreas urbanas, o homem pode se ver vítima de processos como as inundações, as quais podem ter os seus impactos potencializados pelas próprias intervenções humanas.

O estudo das nascentes em uma metrópole como Belo Horizonte ilustra a complexidade das interações entre a sociedade e a dinâmica das águas, podendo fornecer aspectos representativos deste potencial condicionador do homem no ciclo hidrológico e na dinâmica de evolução geomorfológica. As nascentes se configuram em elementos dos sistemas fluviais dotadas de significativa importância social e vulnerabilidade ambiental (SPRINGER; STEVENS, 2009). O homem pode promover ou intensificar os processos geomorfológicos que culminam na exfiltração da água subterrânea em locais onde, naturalmente, esta não ocorreria. Se os fluxos entrarem em contato com a rede de drenagem, estes casos de exfiltração condicionada pelas ações humanas marcariam a gênese das denominadas nascentes antropogênicas (FELIPPE, 2009), para as quais dois elementos devem ser destacados: i) a retirada de material, com conseqüente criação de uma nova superfície topográfica; ii) o favorecimento de novas condições de interceptação superficial do nível freático e, conseqüentemente, de exfiltração (FELIPPE, 2009; KNIGHTON, 1984).

Na configuração das nascentes antropogênicas, destacam-se as intervenções geradoras ou modificadoras de processos erosivos e/ou movimentos de massa. As feições resultantes podem promover o contato do nível freático com

a superfície, por alívio de pressão, e propiciar a exfiltração da água subterrânea e a sua posterior conexão com a rede de drenagem. De modo similar, materiais tecnogênicos dispostos nas superfícies dos espaços urbanos, como é o caso do concreto e do asfalto, produzem não só novos padrões de infiltração, como também de exfiltração da água (KNIGHTON, 1984).

Portanto, considerando a necessidade de compreensão de casos especiais de nascentes cuja origem é associada a intervenções humanas, este trabalho objetiva investigar as nascentes antropogênicas de três parques urbanos de Belo Horizonte, discutindo-as em termos conceituais e processuais e caracterizando o encadeamento de processos que culminaram na formação dessas nascentes. Vislumbra-se também identificar processos tecnogênicos que, em teoria, possam levar à gênese de nascentes, levando à discussão de possíveis consequências do surgimento de nascentes antropogênicas para a dinâmica hidrológica regional. Nesse sentido, sob a ótica da hidrogeomorfologia, apresenta-se uma inovação conceitual para o estudo de nascentes em consonância com a vanguarda da ciência geomorfológica e das necessidades da sociedade atual.

Nascentes antropogênicas

A proposição conceitual de nascente antropogênica perpassa de antemão a definição de *nascente*, mas não é difícil constatar que esse conceito não é unívoco na comunidade científica. Na hidrologia, os conceitos mais utilizados são, mormente, baseados na proposição de Davis (1966, p.63) que considera que “qualquer descarga superficial de água grande o suficiente para fluir em um pequeno arroio pode ser chamada de nascente”. Focando em sua espacialidade geomorfológica, Goudie (2004, p.994) afirma que “nascentes são pontos onde a água subterrânea, recarregada nas mais altas elevações, emerge à superfície”. Por outro lado, oficialmente, o conceito de nascente no Brasil é apresentado pela Resolução CONAMA nº 357/2012 que considera o “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água” (BRASIL, 2012. Art. 3º; XVII). Contudo, todos esses conceitos recaem em problemas teórico-metodológicos que dificultam a sua aplicação.

Visando elucidar essa questão, Felipe (2009) realizou consulta a um painel de especialistas para propor um conceito mais preciso. Baseado, portanto, em revisão conceitual e na opinião de especialistas, três elementos podem ser enumerados como essenciais na conceitualização das nascentes: i) a exfiltração da água subterrânea de modo perene ou não; ii) a formação de um canal de drenagem a jusante; iii) a naturalidade da exfiltração nas nascentes, ou seja, condições em que não haja

boombeamento (FELIPPE, 2009). A partir dos resultados da referida pesquisa, considera-se, portanto, que uma nascente é um “sistema ambiental natural em que ocorre o afloramento da água subterrânea de modo temporário ou perene, integrando à rede de drenagem superficial” (FELIPPE, 2009, p.99).

O presente trabalho está focado, todavia, nos locais onde as condições naturais não convergem para a ocorrência de nascentes, mas sim naqueles nos quais a intervenção humana “cria” condições propícias para a exfiltração. Quando isso ocorre e forma-se, à jusante, um canal que se conecta os fluxos à rede de drenagem de forma intermitente ou perene, configura-se uma “nascente antropogênica”. Esse tipo de nascente foi proposto primeiramente por Felipe (2009) que verificou que esses sistemas gerados pela ação do homem possuem relações nebulosas entre suas variáveis, ou seja, uma nascente antropogênica poderia possuir quaisquer características.

De um modo geral, uma nascente é categorizada como antropogênica quando resulta de cicatrizes de processos geomorfológicos – erosão acelerada ou movimentos de massa –, de retirada direta de cobertura pedológica superficial, ou de implantação de infraestrutura construída, como manilhas, valas ou taludes de estrada. Entretanto, não se podem confundir nascentes que sofreram algum tipo de influência antrópica daquelas que, efetivamente, surgiram a partir de intervenções humanas. Portanto, a concepção de uma nascente antropogênica exige, de antemão, a interpretação de suas condições genéticas.

Materiais e métodos

A pesquisa foi iniciada por uma campanha de campo visando o reconhecimento das diversas condições ambientais associadas à gênese de nascentes nos parques urbanos estudados. Os trabalhos de campo também permitiram confirmar ou refutar várias das propostas de aspectos conceituais vigentes na literatura. Neste sentido, foram aprimoradas algumas informações referentes aos aspectos condicionantes dos processos de surgência nas áreas de pesquisa, facilitando a exclusão daqueles que não se enquadram às nascentes. O levantamento dos processos relacionados à gênese das nascentes permitiu a verificação dos casos em que houve contribuição antrópica direta ou indireta, abrindo caminho para a consolidação do conceito de nascente antropogênica nos casos em que foi confirmada a origem fundamentada de processos tecnogênicos.

Tendo em mente a lógica de reconhecimento, identificação e caracterização de nascentes antropogênicas, os procedimentos metodológicos que permearam este trabalho podem ser sintetizados na Figura 1.

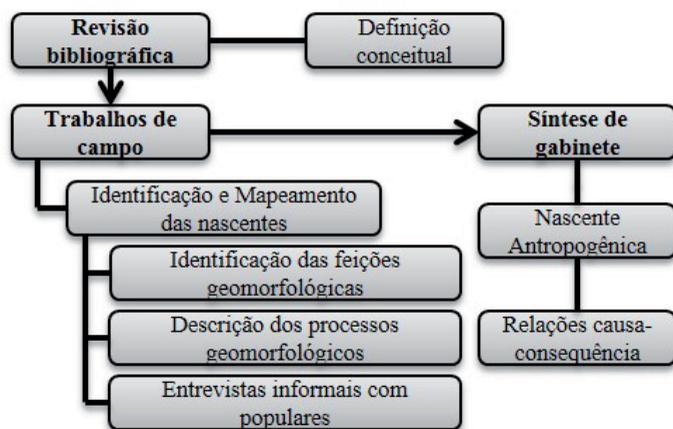


Figura 1 – Síntese dos procedimentos metodológicos adotados.

O critério metodológico para a definição de nascente antropogênica precisa ser suficientemente claro para evitar equívocos interpretativos. Conceitualmente, uma nascente antropogênica foi gerada pela ação humana em um local onde não havia condições naturais para sua formação (FELIPPE, 2009). Porém, esse tipo de nascente pode possuir aparência natural, sem vestígios evidentes de sua história genética e da ação antrópica. Ainda assim, sua gênese pode ser atribuída ao homem, sendo que em alguns casos, somente entrevistas com populares podem desvendar as condições de origem. Há também nascentes cuja aparência é bastante artificial, mas que não devem ser consideradas antropogênicas, pois existem condições naturais que possibilitam a exfiltração da água subterrânea; ou seja, a sua gênese se deve a processos naturais, apesar da intensa alteração de suas características pelo homem.

As nascentes antropogênicas comumente estão inseridas em feições como ravinas, voçorocas e cavidades alveolares resultantes de intervenções humanas. Portanto, o que define a gênese antrópica ou natural são os processos geomorfológicos (e feições resultantes) que levaram ao contato entre a superfície topográfica e o nível freático. Esta constatação foi seguida da concepção de três procedimentos adotados em campo: i) identificação da feição geomorfológica na escala local na qual se insere a nascente; ii) descrição dos processos (naturais ou antrópicos) que originaram tal feição; iii) entrevistas informais com populares que possuíam conhecimento sobre a história da área.

Devido à dupla estacionalidade do regime pluviométrico de Belo Horizonte, os trabalhos de campo foram realizados em duas campanhas: janeiro a março de 2009 e julho a setembro de 2009. Todos os cursos d'água das áreas de estudo foram percorridos de jusante para montante a fim de identificar todas as surgências. Todos os pontos/áreas de exfiltração considerados como nascentes tiveram a sua localização definida por GPS portátil Garmin 76CSx – medida a partir da média de ao menos 30 pontos, para reduzir a imprecisão da marcação

– e suas características geomorfológicas descritas – formas, processos e materiais. Em concomitância, o mesmo trabalho foi realizado em gabinete para abranger uma escala diferente daquela de campo, possibilitando a ampliação da compreensão da geomorfologia das nascentes estudadas. Utilizaram-se bases cartográficas digitais e imagens QuickBird fornecidas pela Prefeitura de Belo Horizonte para tal finalidade.

As nascentes foram descritas e mapeadas para a busca por características antropogênicas. As feições e processos geomorfológicos identificados em cada nascente foram interpretados a luz de relações causa-consequência na investigação da gênese das nascentes estudadas. Quando a influência humana pôde ser comprovada pelos registros de campo, a nascente em questão era classificada como antropogênica.

A presença de manilhas e condutos de escoamento de águas pluviais são bons indicativos do condicionamento antrópico em uma nascente. Ademais, o conhecimento das áreas e das pressões antrópicas no entorno consistiu em uma ferramenta essencial para o desenvolvimento da pesquisa. Em alguns casos, modificações diretas no relevo como cortes no terreno ou escavações foram visualizadas. Finalmente cabe destacar que o contato com populares pode ser esclarecedor em casos de difícil definição da antropogenia.

Áreas de estudo

Os estudos foram realizados em três parques urbanos de Belo Horizonte/MG, que representam distintas características hidrogeomorfológicas e hidrogeológicas: os parques Lagoa do Nado e Primeiro de Maio encontram-se na Depressão de Belo Horizonte, sobre rochas do embasamento cristalino arqueano; já o Parque das Mangabeiras encontra-se na borda norte do Quadrilátero Ferrífero, instalado sobre rochas metassedimentares paleoproterozóicas (Figura 2).

Ambos localizados na Depressão do Médio-Alto São Francisco, localmente chamada de Depressão de Belo Horizonte, em área do domínio hidrogeológico do Complexo Belo Horizonte, os parques Lagoa do Nado e Primeiro de Maio possuem forte influência antrópica em sua vegetação e morfologia. O Parque da Lagoa do Nado está instalado em um vale fluvial de fundo chato, com vertentes suaves e declividade variando entre próximo a zero – na planície dos canais de drenagem – e superiores a 30° em alguns pontos isolados como cabeceiras de drenagem e rupturas de declive. Assim como o Parque Lagoa do Nado, o Primeiro de Maio também se insere em um vale fluvial. Este se encontra na porção média da bacia e acompanha o trecho médio do córrego homônimo. No interior do Parque, há pouca variação altitudinal, com a maior parte das áreas estando entre 775 e 800m. Litologicamente, ocorrem gnaisses e migmatitos indiscriminados, sem evidências de descontinuidades físicas. Os mantos de intemperismo são espessos e alterados por sucessivos revolvimentos de origem antrópica, não ocorrendo, afloramentos rochosos.

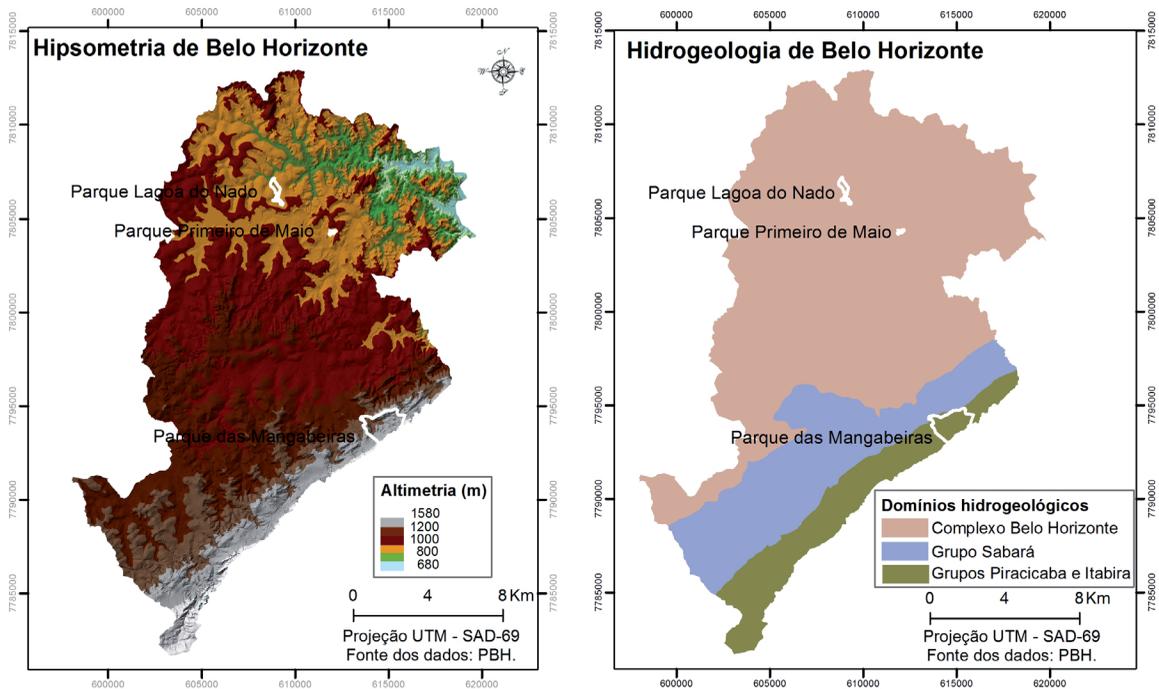


Figura 2 – Hipsometria e hidrogeologia de Belo Horizonte e localização das unidades de estudo.

Fonte: Bases cartográficas cedidas pela Prefeitura de Belo Horizonte.

O Parque das Mangabeiras constitui-se como uma grande área de vegetação predominantemente florestal no limite meridional da densa mancha urbana belo-horizontina. Em termos geomorfológicos, encontra-se na vertente norte da Serra do Curral – domínio do Quadrilátero Ferrífero – com cotas altimétricas variando entre 950 e 1.350 metros. O extremo sudeste do Parque é marcado por uma linha de crista sustentada por concreções lateríticas que determina o divisor da drenagem e também o limite intermunicipal. Litologicamente, predominam itabiritos, filitos e dolomitos. O domínio hidrogeológico dos Grupos Piracicaba e Itabira possui seqüências de aquíferos e aquíferos com mergulho para sudeste e profundidades superiores a 600 metros. A alta permeabilidade secundária dos itabiritos e quartzitos explicam o elevado potencial hídrico subterrâneo destes aquíferos.

Um total de 79 nascentes foi estudado, dentre as quais nove tiveram sua gênese antrópica comprovada por meio de registros morfológico-ambientais ou relatos de populares. A partir de um inventário de mais de cinquenta variáveis destas nascentes, realizou-se a interpretação dos processos genéticos e dos atributos geomorfológicos e hidrológicos que as caracterizam. Desse modo, relações causais foram estabelecidas, contribuindo para a compreensão das relações entre as ações humanas e a dinâmica hidrogeomorfológica das nascentes.

Resultados

Nos três parques estudados foram catalogadas 79 nascentes, sendo nove consideradas antropogênicas. Nota-se no Quadro 1 que não há uma convergência de características das nascentes, o que denota as suas múltiplas possibilidades fisiográficas.

Quadro 1: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS NASCENTES ESTUDADAS

ID	X*	Y*	Z*	Parque	Morfologia	Exfiltração	Vazão - verão (L/s)	Mobilidade	Sazonalidade
N032	615450	7794353	1.132	Mangabeiras	Talvegue	Pontual	0,44	-	Intermitente
N060	609122	7806618	791	Lagoa do Nado	Concavidade	Difusa	0,06	Móvel	Perene
N063	609328	7805835	785	Lagoa do Nado	Intervenção	Pontual	1,05	Fixa	Perene
N064	609019	7806243	774	Lagoa do Nado	Cavidade	Difusa	0,03	Fixa	Perene
N066	609147	7805953	775	Lagoa do Nado	Cavidade	Difusa	0,01	Fixa	Perene
N072	611986	7804281	790	Primeiro de Maio	Concavidade	Pontual	0,02	-	Intermitente
N074	612018	7804295	798	Primeiro de Maio	Concavidade	Pontual	0,26	Fixa	Perene
N077	609104	7806251	776	Lagoa do Nado	Cavidade	Difusa	Não mensurável	-	Intermitente
N078	609035	7805962	782	Lagoa do Nado	Cavidade	Difusa	Não mensurável	Fixa	Perene

Fonte: Dados de campo *UTM – SAD69

Foram encontradas nascentes antropogênicas nos três parques, mas a sua proporção foi maior naqueles com menor área e maior influência antrópica externa. Enquanto no Parque das Mangabeiras apenas uma das 60 nascentes é antropogênica (1,7%), taxas maiores são verificadas nos parques Lagoa do Nado e Primeiro de maio: 6/12 (50%) e 2/7 (28,5%), respectivamente.

A principal morfologia verificada nas nascentes antropogênicas foi cavidade associada à exfiltração difusa, típica de processos de erosão concentrada por cavitação. Fica claro, portanto, que a fisiografia das nascentes antropogênicas é dependente dos processos geomorfológicos que as criaram.

Foi constatado que há nascentes antropogênicas com aparência bastante artificial, como em N063 (Figura 3), mas também, com aparência “natural”, como em N072 (Figura 4), o que confirma que o aspecto meramente visual não é o suficiente para caracterizar a antropogenia. A exfiltração da nascente N063 ocorre em meio a um muro de gabião de uma bacia de retenção de sedimentos criada no Parque Lagoa do Nado (Figura 3), para mitigação do assoreamento da Lagoa do Nado. Porém, ao realizarem o corte do terreno para construção da barragem, ocorreu o alívio de pressão do aquífero granular, convergindo os fluxos subterrâneos para a exfiltração pontual no talude. Devido à magnitude de N063 os funcionários do parque colocaram um cano para facilitar a utilização da água pela população.



Figura 3 – Nascente antropogênica N063 com aparência artificializada, criada pela construção de uma barragem de contenção de sedimentos. Parque Lagoa do Nado, Belo Horizonte.



Figura 4 – Nascente antropogênica N072 com aparência menos artificializada, criada pela implantação de um dreno em área encharcada a montante. Parque Primeiro de Maio, Belo Horizonte.

A nascente N072, apesar de não possuir uma intervenção estrutural tão aparente, também foi originada pela ação humana. Durante a implantação do parque, uma área brejosa foi drenada para evitar o desgaste do muro e da pista de caminhada recém construídos. Porém, ao final do cano, a água subterrânea conseguiu escavar o material e exfiltrar pontualmente. Para facilitar o escoamento, foi criado um sulco a jusante da nascente antropogênica (Figura 4).

Outro caso de interferência direta do homem no sistema fluvial e criação de nascentes antropogênicas é ilustrado por N066, N077 e N078, cujas origens são similares: a exfiltração é originada em uma cavidade promovida pelo escoamento concentrado, gerado por canaletas de drenagem pluvial (Figura 5). Ao final desses condutos, em vertentes com declividade média a alta, ocorre erosão por cavitação, formando uma cavidade que poderá ser aprofundada gradativamente até o contato do nível freático com a superfície.



Figura 5 – Nascente antropogênica N078 gerada por cavitação promovida pela concentração da drenagem pluvial em uma canaleta. Parque Lagoa do Nado, Belo Horizonte.

Entretanto, existem casos em que as intervenções não geram uma nascente antropogênica de imediato, porém o seu surgimento decorre do encadeamento de processos hidrológicos posteriores. Normalmente essas intervenções indiretas estão relacionadas à alteração no uso e cobertura do solo, o que promove mudanças nos processos de vertente.

A nascente N032 (Figura 6) é intermitente e ocorre no talvegue de uma ravina, no Parque das Mangabeiras. O ravinamento é consequência da abertura de uma estrada a montante e percebe-se que a exfiltração ocorre no contato do material intemperizado com entulho de construção justamente pelo escoamento superficial concentrado na ravina. A partir desse contato – manto de intemperismo/ entulho – a água esco superficialmente formando uma ravina que é ativa nos períodos de chuva.



Figura 6 – Nascente pontual em talvegue (N032) gerada pela existência de entulho que funciona como superfície de contato para a exfiltração da água. Parque das Mangabeiras, Belo Horizonte.

Voçorocamentos também são processos potenciais para a criação de nascentes. No Parque Lagoa do Nado, foi identificada a nascente antropogênica N060 que ocorre em uma cavidade presente em uma cabeceira formada por uma voçoroca – hoje estabilizada (Figura 7). O registro morfológico do voçorocamento ainda é evidente, apesar da densa cobertura vegetal. Todavia, a antropogenia só poderia ser confirmada caso o voçorocamento tivesse causa antrópica, o que foi confirmado avaliando-se a drenagem pluvial no exterior do parque. Tal feição, já estudada anteriormente (MOURA; SAADI, 1989), tem o seu limite à montante coincidente com o limite do parque. O escoamento superficial pluvial da área urbana concentra-se justamente a montante da voçoroca. Esse processo é considerado a causa do voçorocamento e, por conseguinte, da origem de N060.



Figura 7 – Vista de montante da voçoroca – já estabilizada – que abriga N060, caracterizada por uma alta declividade em seu trecho superior. Parque Lagoa do Nado, Belo Horizonte.

Outro caso peculiar de antropogenia de nascentes ocorre em uma cavidade gerada pela queda de um eucalipto. Décadas atrás, muitas áreas do Parque Lagoa do Nado foram cobertas por eucaliptos (espécies exóticas). Segundo relato dos funcionários do parque, uma severa tempestade há alguns anos promoveu a queda de vários exemplares de grande porte.

Em um desses casos, as raízes, quando arrancadas do chão, criaram uma cavidade com mais de dois metros de profundidade, na qual a água passou a exfiltrar. Isso ocorreu na nascente antropogênica N064, que mantém um fluxo perene de água em direção à Lagoa do Nado (Figura 8).

Este é mais um exemplo da interferência indireta da sociedade nos sistemas fluviais. A antropogenia da nascente N064 é complexa, pois não está ligada ao fenômeno que derrubou a árvore e que promoveu à exfiltração, já que a influência humana ocorreu anteriormente, quando da plantação dos eucaliptos.



Figura 8 – Nascente antropogênica N064 gerada pela queda de um eucalipto e a formação de uma cavidade onde suas raízes se encontravam. Parque Lagoa do Nado, Belo Horizonte.

Conclusões

Na atual conjuntura geopolítica mundial, é oportuno discutir a proteção dos mananciais hídricos em um contexto complexo em que homem e natureza compõem o sistema ambiental global. Nesse sentido, as zonas urbanas configuram-se como os *loci* mais ilustrativos da geomorfologia do Tecnógeno, abarcando diferentes exemplos dos resultados do papel geomorfológico do homem.

Ainda que as nascentes sejam sobremaneira importantes para a manutenção do equilíbrio ambiental, em um sentido mais amplo, as consequências das intervenções humanas na sua morfologia e dinâmica ainda são pouco estudadas pelas ciências. Por outro lado, a pesquisa demonstra que interferências diretas ou indiretas nos processos geomorfológicos podem estar relacionadas à origem de nascentes a partir de intervenções que permitem a exfiltração das águas sub-superficiais como resultado de modificações da superfície topográfica ou do uso e da ocupação do solo.

Porém, estudos que vislumbrem interpretar as consequências ambientais – sobretudo hidrológicas – do surgimento de nascentes antropogênicas ainda são necessários. Investigações baseadas em monitoramentos sazonais de longo prazo seriam de grande valia na interpretação de novas condições hidrogeomorfológicas criadas após intervenções. Tais pesquisas permitiriam compreender a busca de um novo estado de equilíbrio por esses sistemas, minimizando as dúvidas

sobre o limiar natural/artificial que caracteriza uma nascente antropogênica.

Exatamente por abordar um tema pouco usual na literatura, a pesquisa também busca contribuir para o avanço da consolidação conceitual das nascentes e, particularmente, das nascentes antropogênicas. Ficou demonstrado que há uma heterogeneidade de características fisiográficas que essa categoria de nascentes pode apresentar, as quais são diretamente relacionadas com os processos geomorfológicos que as originaram. Distinguir a tipologia das nascentes é essencial para definição de propostas de manejo e conservação dos sistemas hidrológicos e ambientais e; sob essa ótica, as nascentes antropogênicas merecem especial atenção.

Agradecimentos

Ao grupo de pesquisa “Geomorfologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais”, IGC/UFMG e ao Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências da UFMG pelo suporte técnico; ao CNPq e a FAPEMIG pelo apoio financeiro na forma de bolsas de Pós-Graduação e Iniciação Científica; ao Projeto SWITCH e à Fundação de Parques Municipais da Prefeitura de Belo Horizonte.

Referências bibliográficas

BABAR, M. **Hydrogeomorphology: Fundamentals, Applications and Techniques**. New Delhi: Publisher, 2005.

BRASIL. **Lei Federal n. 12.651**, de 25 de maio de 2012. Presidência da República – Casa Civil, 2012.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and river management: applications of the river styles framework**. Malden, MA: Blackwell Pub., 2005.

DAVIS, S. N. **Hydrogeology**. New York: 1966.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Dissertação

(mestrado). Instituto de Geociências / Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M.; SANTOS, I. Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.13, nº 2, 2012.

GOUDIE, A. **Encyclopedia of geomorphology**. London; New York: Routledge: International Association of Geomorphologists, 2004.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms and processes**. London: 1984.

NEWSON, M. Geomorphological concepts and tools for sustainable river ecosystem management. **Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems**. 12: 365–379, 2002.

OLIVEIRA, A.M.S.; BRANNSTROM, C.; NOLASCO, M.C.; PELOGGIA, A.U.G.; PEIXOTO, M.N.O.; COLTRINARI, L. Tecnógeno: registros da ação geológica do homem. In: SOUZA, C.R.G. *et al.* (eds.), **Quaternário do Brasil**. São Paulo: ABEQUA; Ribeirão Preto: Holos, 2005. cap. 17.

PELOGGIA, A.U.G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**. 27(3), setembro de 1997, p. 257-268.

PELOGGIA, A.U.G. A magnitude e a frequência da ação humana representam uma ruptura na processualidade geológica na superfície terrestre? **Geosul**, v.14, n.27, p.60, 1998.

PEREZ-FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 83-90, 2011.

ROSSATO, M. S.; SUERTEGARAY, D. M. A. Repensando o Tempo da Natureza em Transformação. **Ágora** (UNISC), Santa Cruz, v. 6, n. 2, p. 93-98, 2000.

SPRINGER, A. E.; STEVENS, L. E. Spheres of discharge of springs. **Hydrogeology Journal**, v. 17, p. 83-93, 2009.

SWYNGEDOUW, E.; KAĪKA, M.; CASTRO, E. Urban Water: A Political-Ecology Perspective. **Built Environment**, v.28(2), 124-37, 2002.

VITTE, A. C. A construção da geomorfologia brasileira: as transformações paradigmáticas e o estudo do relevo. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 12, n.2, p. 36-45, 2008.