

INCLUSÃO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO EM FEIÇÕES CÁRSTICAS E INOVAÇÃO MINERÁRIA NO MUNICÍPIO DE PAINS, MG

Evandro Sanguineto

Doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
E-mail: evandro@gaiaterranova.com.br

Gabriella de Oliveira Daniel

Mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
E-mail: gabriellaoliveira.d@gmail.com

Marcilene Dantas Ferreira

Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos – PPGCAm/UFSCar
E-mail: mdantas@ufscar.br

Resumo

Áreas cársticas são importantes reservatórios hídricos e fonte de economias diversas que precisam estar em equilíbrio com os aspectos socioambientais. A proteção dessas áreas deve ser intensificada e um breve estudo realizado em Pains, Minas Gerais, mostra o mapeamento de suas cavidades subterrâneas e o impacto da aplicação das legislações protetoras sobre o território. Consideram ainda os autores, o exercício de pensar e propor proteção adequada, hoje inexistente, às “nascentes espelhadas” - os sumidouros, dolinas e uvalas -, e a criação pactuada de uma Área Especial de Inovação Minerária - AEIM, delimitada na região sudeste do município de Pains.

Palavras-chave: nascentes espelhadas; Pains; proteção de sumidouros; proteção de dolinas; proteção de uvalas.

INCLUSION OF PROTECTION AREAS IN KARSTIC SITES AND MINING INNOVATION IN PAINS, MG

Abstract:

Carstic lands are important hydrous reservoirs and fountain of many economies that need to be balanced with environmental and social aspects. The protection of these areas must be intensified and a brief study of Pains, located in the Minas Gerais' state, shows the mapping of the underground cavities and the impact of the protections' law appliance on this territory. The authors also consider the exercise of thinking and proposing the adequate protection, missing today, to the “mirrored springs”, - sink drain, sinkholes and uvalas-, and the creation of a Special Area of Mining Innovation - AEIM, delimited in the southeast region of Pains.

Key words: fountainhead; Pains; sink drain protection; sinkholes protection; uvalas protection.

INCLUSIÓN DE ÁREAS DE PROTECCIÓN EN FERIAS CÁRSTICAS E INNOVACIÓN MINERA EN EL MUNICIPIO DE PAINS, MG

Resumen: Las áreas cársticas son importantes reservorios hídricos y fuente de economías diversas que necesitan estar en equilibrio con los aspectos socioambientales. La protección de esas áreas debe ser intensificada y un breve estudio realizado en Pains, Minas Gerais, muestra el mapeo de sus cavidades subterráneas y el impacto de la aplicación de las legislaciones protectoras sobre el territorio. Los autores también consideran el ejercicio de pensar y proponer la protección adecuada, que falta hoy, a las “fuentes espejadas” - el sumidero, dolinas y uvalas-, y la creación de un *Área Especial de Innovación Minera, AEIM*, delimitada en la región sureste de Pains.

Palabras-clave: fuentes espejadas; Pains; protección de sumideros; protección de dolinas; protección de uvalas.

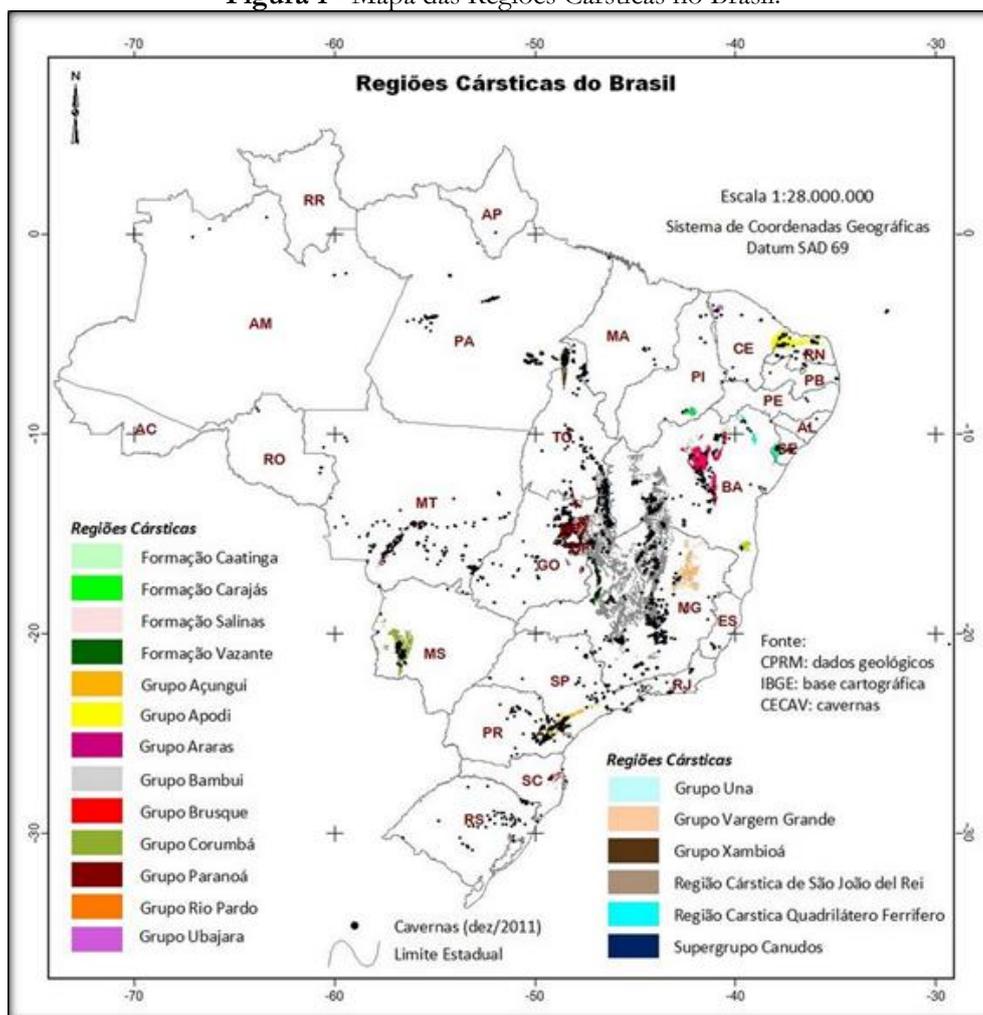
Introdução

Nas últimas décadas o mundo tem experimentado uma forte expansão urbana como consequência do intenso crescimento populacional. Isto faz com que haja a necessidade de se dinamizar a produção agrícola e a construção civil, causando a expansão da indústria cimenteira e de corretivos agrícolas. Como resultado, temos uma maior pressão de exploração de áreas com ocorrência de rochas de origem carbonática, fontes de calcário, matéria prima fundamental destas atividades (CHEREM; JÚNIOR, 2007).

As rochas carbonáticas representam grande volume da crosta terrestre, estando presentes em diferentes litoestratigrafias da Terra (SOUZA; VIDAL, 2005). Ao analisarmos formações carbonáticas do ponto de vista hidrológico e geomorfológico, é possível distinguir três componentes principais, desenvolvidos de maneira conjunta e interdependente: Sistemas de cavernas - cavidades subterráneas acessíveis à exploração; Aquíferos de condutos - formações que conduzem águas subterráneas; e Relevos Cársticos - constituídos de formações superficiais (TEIXEIRA et al., 2010).

O “Mapa das regiões Cársticas do Brasil”, elaborado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, CECAV (s/d), apresenta 19 regiões cársticas (Figura 1).

Figura 1 - Mapa das Regiões Cársticas no Brasil.



Fonte: CECAV (s/d). Elaborado por Gabriella de Oliveira Daniel.

Levantamentos do CECAV (s/d) indicam a existência de 6.254 cavernas brasileiras, distribuídas entre as 5 regiões do país. A região com maior número de cavernas cadastradas é a Sudeste com 2.685 cavernas, representando aproximadamente 43% das cavernas do Brasil. O estado de Minas Gerais é o que possui mais cavernas nesta região (total de 1.935), seguido de São Paulo (723), Rio de Janeiro (23) e Espírito Santo (3). Pains possui 346 cavernas e é o terceiro no ranking de maior número de cavernas no país, ficando atrás apenas de São Geraldo do Araguaia, PR, com 471 e Iporanga, SP, com 403 (CNC, 2015). Pains, juntamente com o município vizinho de Arcos apresentam conflitos, pois são concomitantemente áreas de alto potencial espeleológico e minerário. Muniz e Fernandes (2013), utilizando imagens de satélite Landsat 5, fizeram uma análise multitemporal do avanço das cavas de mineração sobre os terrenos dessa região, mostrando aumento de 151% na área minerada entre 1984 e 1997.

O município de Pains está inserido no Bioma Cerrado, na mesorregião Oeste de Minas Gerais, alto da bacia do Rio São Francisco. Com área de 421,862km², abriga população de 8.270 habitantes, 80% dos quais residentes na zona urbana do município (IBGE, 2018). O alto Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (PNUD, 2010) de 0,728, coloca Pains em 95º lugar na listagem mineira dos 100 municípios melhor classificados, puxado principalmente pela educação, que saltou de 0,479 em 2000 para 0,616 em 2010, evolução positiva de 78% em uma década. O município conta com coleta seletiva de resíduos urbanos e aterro sanitário regularizado (FEAM, 2014), embora não tenha sido possível identificar sua localização. O Ministério da Saúde, por meio do Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB, 2015), informa, para dezembro de 2014, a existência de 2.597 famílias em Pains, das quais 2.275 famílias (87,6%) eram atendidas com abastecimento de água pela rede pública, 319 famílias por poços e nascentes (12,3%) e 3 famílias (0,1%) por outros meios. Na mesma data, o lixo de 2.202 famílias (84,8%) era coletado, 388 famílias (14,9%) o enterravam ou queimavam e 7 famílias (0,3%) o dispunham a céu aberto. O esgoto de 2.240 famílias (86,2%) era coletado, mas não tratado, 356 famílias (13,7%) faziam uso de fossas e 1 família (0,1%) dispunha os dejetos a céu aberto.

Jansen e Pereira (2014) indicam que a região em estudo tem litologia formada principalmente por calcários e dolomitos neoproterozóicos do Grupo Bambuí sobre embasamento granitognaissico. A evolução da paisagem resultou em maciços isolados, corredores de diaclases, simas e abismos em relevo aplainado pontilhado por dolinas, uvalas, surgências, sumidouros e vales cegos (JANSEN e PEREIRA, 2014; TEIXEIRA e DIAS, 2004; DIAS e VELÁSQUES, 2002). O Grupo Bambuí possui litologia mista, com ocorrência de calcários puros, calcários impuros, cálciofilitos, filitos e metassilitos. Os calcários apresentam grande importância para a indústria de cimentos e destaca-se sua importância geológica econômica, havendo um constante risco ambiental relacionado com grutas e sítios arqueológicos e paleontológicos (CHEREM, 2007; SANTOS, 1982).

Moraes (2007) relata que a região de Pains-Arcos-Doresópolis apresenta um grande número de mineradoras voltadas à extração, beneficiamento e calcinação de calcários para a produção de cimento e cal. No processo de extração, britagem e moagem do calcário, assim como no processo de calcinação do mesmo, metais pesados como cádmio e chumbo, presentes na constituição calcária ou nos combustíveis (madeira, carvão vegetal e mineral, óleos combustíveis, coque de siderurgia, plásticos e sucata de pneus) utilizados em sua calcinação, podem ser liberados para o ambiente e, devido suas características biocumulativas

e de biomagnificação, podem induzir a toxicidade crescente em diferentes ambientes, organismos e ecossistemas. Ainda, a combustão incompleta dos materiais utilizados na calcinação pode liberar dioxinas e furanos, compostos extremamente tóxicos, além da formação de gases de efeito estufa (CO, CO₂, CH₄) e chuva ácida (SO₂, NOX).

Dias e Velásques (2002) reportam que na região encontram-se águas bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas magnesianas nos aquíferos cársticos e águas bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas cálcicas nos aquíferos fissurais. Dizendo ser comum jogar-se lixo e até animais mortos junto aos sumidouros e dolinas, as autoras analisaram a qualidade microbiológica das águas de 15 poços (11 no aquífero cárstico), encontrando em nove deles contaminação por coliformes totais e fecais. Sabendo-se da falta de estação de tratamento de esgotos no município, da ligação direta entre águas superficiais e subterrâneas em regiões cársticas e da possibilidade de contaminação por metais pesados em função da mineração de calcário na região, propõe-se nesse artigo a implementação de medidas mais protetivas às feições cársticas superficiais, de modo a garantir maior proteção às cavidades, recursos hídricos e biota cavernícola da região em estudo.

Os aquíferos cársticos são muito susceptíveis à contaminação e poluição, dada a ligação direta existente entre as águas superficiais e subterrâneas, que ocorrem por meio dos sumidouros, canais e dolinas (JANSEN e PEREIRA, 2014; MORAES, 2007, RAVBAR; SEBELA, 2015). A permeabilidade em rochas clásticas pode chegar a 1.000m/h, valor muito superior à de basaltos fraturados, por exemplo, cuja permeabilidade não ultrapassa os 100m/dia (MORAES, 2007). Essa elevada permeabilidade, além de afetar diretamente a biota cavernícola local, pode provocar impactos em regiões muito distantes do ponto de contaminação.

Santos (2002) indica grande potencialidade agrícola para os solos da região de Arcos-Pains-Doresópolis em função de sua gênese calcária, rica em sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca). Informa o autor a presença de cambissolos, neossolos litólicos e argissolos vermelho-amarelos, ambos eutróficos, entre Pains e Arcos. Latossolos vermelho-escuros compõem as regiões de relevos planos, enquanto os argissolos vermelho-escuros estão associados a relevos acidentados. Já entre Pains e Dorésópolis, o intemperismo de filitos originou argissolos vermelho-amarelos e latossolos vermelho-amarelos, ambos álicos e distróficos. Argissolos vermelho-escuros estão presentes nas áreas cársticas, com ocorrência de cambissolos junto às dolinas, próprios para a fruticultura. Naquelas dolinas

mais sujeitas a inundações observam-se solos hidromórficos, nutricionalmente ricos, embora sujeitos à lixiviação.

A vegetação que recobre as litologias presentes, já bastante degradada pela pecuária e mineração, é formada por manchas esparsas de cerrado (savana), com feições de campo limpo e cerradão, e por floresta estacional decidual, referente à Mata Atlântica, a “Mata de Pains”, ocorrendo nos topos dos maciços e ao longo dos cursos d’água (JANSEN e PEREIRA, 2014; TEIXEIRA e DIAS, 2004 e MORAES, 2007).

Watson *et al.* (1997) afirmam que a proteção de feições cársticas frequentemente foca as cavernas, desconsiderando a necessidade de proteção e gestão apropriada da totalidade da unidade territorial. A vegetação superficial regula o fluxo de água no interior do carste por meio principalmente das árvores, serapilheira e raízes que interceptam as águas e facilitam a infiltração no solo. A zona de raízes e a biota presente no solo respira gás carbônico que forma, com a água, o ácido carbônico, responsável pela dissolução do calcário e formação dos veios, espaços, condutos, vazios e cavernas no carste. A erradicação dessa vegetação pode mudar radicalmente o fluxo e qualidade de água no carste, promovendo maior erosão superficial, mudanças na drenagem, mudanças de pH, lixiviamento e assoreamento de rios, cavernas, dolinas e estreitos, podendo comprometer o suprimento de água no aquífero cárstico e a saúde de todo ecossistema associado. Fertilizantes, pesticidas e herbicidas da atividade agrícola podem comprometer os ecossistemas cavernícolas para além de sua capacidade de recuperação. Dessa forma, o gerenciamento cárstico deve ser holístico em sua abordagem, visando manter a qualidade e quantidade de água e movimentos de ar entre o ambiente subterrâneo e superficial.

Proteção legal internacional

Zhalov (2010) apresenta um resumo das legislações relativas às cavernas da Albânia, Bulgária, Croácia, República Tcheca, Irlanda, Islândia, Kosovo, Letônia, Moldávia, Polônia, Romênia, Rússia, Sérvia, Eslováquia, Eslovênia (RAVBAR; SEBELA, 2015), França, Grã-Bretanha, Hungria, Filipinas, Canadá, Estados Unidos, Geórgia, que reconhecem as cavernas, zonas cársticas e regiões de entorno, como de importância natural, cultural, histórica, ecológica, estética, turística, geológica, paleontológica e espiritual, considerando-as patrimônio natural e cultural da humanidade. Várias dessas legislações, ao passo que reconhecem a importância dessas feições, estabelecem normas rígidas para visitação,

pesquisa e utilização econômica, prevendo sanções civis e penais em relação a usos causadores de impactos negativos como poluição; disposição de lixo, animais mortos e resíduos tóxicos; destruição ou retirada de espeleotemas; comprometimento da biodiversidade cavernícola; lançamento de esgotos; e alteração no curso, quantidade e qualidade da água, dentre outras. A gestão dessas áreas pode estar a cargo do poder público local, regional ou nacional, bem como de ONGs e particulares.

O Quadro 1 (FAOLEX, s.d.) apresenta um resumo de algumas das legislações de cavernas em diferentes países. Tanto em Zhalov (2010) quanto em Faolex (s.d.), não obtivemos informações sobre o tamanho de áreas de proteção no entorno das cavidades naturais.

Quadro 1 – Legislação em Albânia, Groenlândia, Estados Unidos da América, Filipinas.

PAÍS	Legislação	Propósito	Descreve	Fonte
Albânia	Decisão No 451/16.09.1993 do Conselho de Ministros da Albânia		Cavernas exploradas e não exploradas no território da República da Albânia são protegidas e geridas pelo Estado, como uma riqueza natural nacional.	Albania. Decision no. 451 date 16.09.1993 on the management of caves. Disponível em: < http://faolex.fao.org/ >. Acesso em: 04 Jul. 2016.
			Para explorar é necessária licença dos órgãos competentes;	
			Proibição de causar qualquer tipo de poluição, lançar resíduos ou degradar as cavernas.	
	Lei No. 8906, 6.6.2002 para as áreas protegidas	Declaração, preservação, administração, gerenciamento e utilização de áreas protegidas e seus recursos naturais e biológicos.	Art. 4 – Deve ser estabelecida uma área de proteção no entorno das áreas protegidas.	Albania. Law 8906, dated 6.6.2002. Protected areas. Republic of Albania. Disponível em: < http://faolex.fao.org/docs/pdf/alb60472E.pdf >. Acesso em: 04 Jul. 2016.
			Art. 8.1 – Cavernas devem ser declaradas monumentos naturais.	
			Art 8.6 – Cavernas, cânions e cachoeiras naturais não apresentam áreas de amortecimento.	

			Art. 30.c – Áreas tampão para apoiar e proteger a rede ecológica de impactos externos e dentro das quais deve ser promovido o desenvolvimento ecológico e sustentável.	
Groenlândia	The Nature Conservation Act No. 44, 22 March 1999	Tem por objetivo direcionar a interação do homem com o ambiente de modo a não prejudicar a biosfera, geosfera, poluir o ar, mar ou água.	Art. 53.2 – formações naturais como cachoeiras, vulcões, cavernas, afloramentos rochosos (...). Áreas no entorno das formações também devem ser protegidas (...)	Groenlândia. The Nature Conservation Act No. 44, 22 March 1999. Ministry for the Environment. Iceland. Disponível em: < http://faolex.fao.org/ >. Acesso em: 04 Jul. 2016
Estados Unidos da América	Federal Cave Resources Protection Act of 1988	(1) Garantir, proteger e preservar cavernas significativas em terras federais; (2) promover a cooperação e troca de informações entre as autoridades e aqueles que utilizam cavernas para fins científicos, educacionais ou recreativos.	As Secretarias de Agricultura ou do Interior devem indicar as cavernas a serem protegidas. Grupos de interesse fazer indicações. Danificar de algum modo as cavernas pode levar à prisão e penalidades civis. Critérios de significância para as cavernas incluem: biota, cultural, geológico, mineralógico, paleontológico, hidrológico, recreacional, educacional ou científico.	United States of America. The Federal Cave Protection Act of 1988. United States Code: 16 USC Sec. 4301 TITLE 16 CHAPTER 63. Disponível em: < http://faolex.fao.org/ >. Acesso em: 04 Jul. 2016.
Filipinas	Republic Act No. 9072. National Caves and Cave Resources Management and Protection Act	Gerenciar e proteger cavernas e recursos rupestres.	Cavernas significativas são aquelas que apresentam valor arqueológico, cultural, ecológico, histórico ou científico. Danificar ou coletar artefatos em cavernas pode levar à prisão e multa.	Republic Act No. 9072. National Caves and Cave Resources Management and Protection Act. Disponível em: < http://faolex.fao.org/ >. Acesso em: 04 Jul. 2016.

Proteção legal no Brasil

No Brasil, algumas normas jurídicas dão proteção às cavidades subterrâneas. A Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), estabelece em seu artigo 225 que:

Art. 225 Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

O Decreto N° 99.556, de 1° de outubro de 1990 (BRASIL, 1990), que estabelece a “proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional”, modificado e acrescido pelo Decreto N° 6.640, de 07 de novembro de 2008 (BRASIL, 2008) define o que sejam essas cavidades em seu Artigo 1° e sua classificação no Art. 2°:

Art. 1o As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional deverão ser protegidas, de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo. (Redação dada pelo Decreto n° 6.640, de 2008).

Parágrafo único. Entende-se por cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante. (Redação dada pelo Decreto n° 6.640, de 2008).

Art. 2º A cavidade natural subterrânea será classificada de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local. (Redação dada pelo Decreto n° 6.640, de 2008).

§ 1º A análise dos atributos geológicos, para a determinação do grau de relevância, deverá ser realizada comparando cavidades da mesma litologia. (Incluído pelo Decreto n° 6.640, de 2008).

O referido Decreto não especifica quais são esses atributos, o que é feito pela Instrução Normativa N° 2, de 20 de agosto de 2009 (MMA, 2009), do Ministério do Meio Ambiente, que estabelece a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais, identificando no Anexo I os atributos e variáveis a serem considerados.

Ainda no Art. 2°, parágrafo 2°:

§ 2º Para efeito deste Decreto, entende-se por enfoque local a unidade espacial que engloba a cavidade e sua área de influência e, por enfoque regional, a unidade espacial que engloba no mínimo um grupo ou formação geológica e suas relações com o ambiente no qual se insere. (Incluído pelo Decreto nº 6.640, de 2008).

Pelo texto, depreende-se que o conjunto de cavidades naturais mapeados em Pains guarda enfoque regional, embora omita o entendimento do que seja “área de influência”, que será definida no Art. 2º da Resolução CONAMA Nº 347 (CONAMA, 2004a):

IV - área de influência sobre o patrimônio espeleológico: área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola;

E mensurada em seu Art. 4º, § 3º (CONAMA, 2004a):

§ 3o (...) a área de influência das cavidades naturais subterrâneas será a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa.

Retomando o Decreto Nº 99.556 (BRASIL, 1990), o Art. 3º, determina que as cavidades com grau de relevância máximo não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, enquanto o Art. 4º abre essa possibilidade para aquelas cavidades de relevância alta, média ou baixa, necessitando, no entanto, de licenciamento ambiental:

Art. 3º A cavidade natural subterrânea com grau de relevância máximo e sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, sendo que sua utilização deve fazer-se somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do seu equilíbrio ecológico. (Redação dada pelo Decreto nº 6.640, de 2008).

Art. 4º A cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental. (Redação dada pelo Decreto nº 6.640, de 2008).

Regulamentando o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000) cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), definindo, dentre outros objetivos do art. 4º, aquele do inciso VII:

VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;

A Constituição do Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2015), ao dispor sobre a proteção de bens culturais:

Art. 208 – Constituem patrimônio cultural mineiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, que contenham referência à identidade, à ação e à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade mineira, entre os quais se incluem:
V – os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, espeleológico, paleontológico, ecológico e científico.

Sobre as cavidades naturais subterrâneas, a Lei Estadual nº 11.726, de 30 de dezembro de 1994 (MINAS GERAIS, 1994), estabelece a necessidade de estudos técnicos para a proteção do entorno das mesmas, embora sem definir parâmetros mínimos:

Art. 13 - Os bens e sítios arqueológicos, as cavidades naturais subterrâneas e os depósitos fossilíferos sujeitam-se à guarda e proteção do Estado, que as exercerá em colaboração com a comunidade.
§ 1º - O dever de proteção estende-se às áreas de entorno, até o limite necessário à preservação do equilíbrio ambiental, dos ecossistemas e do fluxo das águas e à manutenção da harmonia da paisagem local.
§ 2º - Os limites das áreas de entorno devem ser definidos mediante estudos técnicos específicos, de acordo com as peculiaridades de cada caso.
§ 3º - O Estado dará proteção especial às áreas cársticas, das quais manterá cadastro e registro cartográfico específicos e atualizados, destinados a orientar a sua preservação.

Um indicativo de área de entorno protetora das cavidades naturais subterrâneas a ser considerado, é oferecido pela Resolução CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004 (CONAMA, 2004a), que dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Estabelece a resolução, em seu art. 4º:

Art. 4o A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente.
§ 2o A área de influência sobre o patrimônio espeleológico será definida pelo órgão ambiental competente que poderá, para tanto, exigir estudos específicos, às expensas do empreendedor.
§ 3o Até que se efetive o previsto no parágrafo anterior, a área de influência das cavidades naturais subterrâneas será a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa.

A Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), conhecida como Novo Código Florestal, em seu artigo 2º, e a Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013 (MINAS GERAIS, 2013), que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, em seu art. 8º, concordam na definição das Áreas de Proteção Permanente:

Considera-se APP a área, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O código federal, em seu artigo 4º determina:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

(...)

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50m (cinquenta metros), para os cursos d'água de 10m (dez metros) a 50m (cinquenta metros) de largura;
- (...)

O código mineiro aborda o mesmo tema no Art 9º, com outra redação, mas reproduzindo as mesmas metragens:

Art. 9º Para os efeitos desta Lei, em zonas rurais ou urbanas, são APPs:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

(...)

- c) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - d) 50m (cinquenta metros), para os cursos d'água de 10m (dez metros) a 50m (cinquenta metros) de largura;
- (...)

O Art. 4º, inciso IV do código federal especifica a proteção:

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

O mesmo inciso IV do Art. 9º do código mineiro concorda com a metragem definida pelo código federal, suprimindo, no entanto, o “qualquer que seja sua situação

topográfica”, abrindo espaço para considerar-se não só as nascentes de superfície como aquelas, propomos, que se formem no interior das cavidades.

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, no raio mínimo de 50m (cinquenta metros);

Voltam a concordar os códigos federal e mineiro no inciso V:

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° (quarenta e cinco graus), equivalente a 100% (cem por cento), na linha de maior declive;

A Resolução CONAMA nº 74 de 2004 (CONAMA, 2004b), classifica as atividades e empreendimentos segundo seu porte e potencial poluidor degradador. As lavras em áreas cársticas são assim descritas:

A-02-05-4 Lavra a céu aberto ou subterrânea em áreas cársticas com ou sem tratamento Potencial Poluidor/Degradador: Ar: Médio Água: Grande Solo: Grande Geral: Grande Porte: Produção Bruta \leq 100.000 ton/ano: Pequeno 100.000 < Produção Bruta \leq 500.000 ton/ano: Médio Produção Bruta > 500.000 ton/ano: Grande

O cruzamento entre o porte e o potencial poluidor degradador geral da atividade ou empreendimento define a classe do mesmo. Aqueles de classe 1 e 2 necessitam de uma Autorização Ambiental de Funcionamento - AAF, enquanto os de classe 3 a 6 são obrigados a apresentar um Estudo de Impacto Ambiental - EIA. Quaisquer atividades ou empreendimentos que apresentem potencial poluidor degradador geral grande, estarão necessariamente enquadrados nas classes 3, 5 ou 6, independente de seu porte. Uma vez que o território de Pains está em sua quase totalidade assentado sobre áreas cársticas, todo processo minerário no município necessita de um EIA para estar devidamente legalizado.

Considerando a ameaça à saúde humana e dos ecossistemas (MORAES, 2007; DIAS; VELÁSQUES, 2002) que o avanço da mineração (MUNIZ; FERNANDES, 2013) pode intensificar na área e que, embora os códigos apontem as APPs com “função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”, nota-se que os mesmos se omitem em relação às feições cársticas de dolinas, uvalas e sumidouros, ambos diretamente relacionados à manutenção da qualidade

dos aquíferos locais, da estabilidade geológica, da biodiversidade, da proteção do solo e do bem-estar das populações humanas.

Dessa forma, o presente artigo propõe o exercício de considerar:

1. O estabelecimento de APPs de 30 metros ao longo dos cursos d'água (BRASIL, 1988; MINAS GERAIS, 1989; BRASIL, 2012; MINAS GERAIS, 2013);
2. O estabelecimento de APPs de 50 metros ao redor das nascentes, incluindo aquelas que se formem no interior de dolinas, uvalas e sumidouros (BRASIL, 1988; MINAS GERAIS, 1989; BRASIL, 2012; MINAS GERAIS, 2013);
3. O estabelecimento de uma área de proteção de 250 metros (CONAMA, 2004) no entorno das cavidades (BRASIL, 1988; MINAS GERAIS, 1989; BRASIL, 1990; BRASIL, 2000) do terreno mapeadas pelo CECAV (2015);
4. Incorporação da proteção de 50 metros para os sumidouros (BRASIL, 1988; MINAS GERAIS, 1989; BRASIL, 1990; BRASIL, 1990; MINAS GERAIS, 1994; BRASIL, 2000), entendendo-os como “nascentes espelhadas”: sumidouros em relação à superfície; nascentes, mesmo que intermitentes, em relação às cavidades subterrâneas (proposta dos autores);
5. Incorporação da proteção de 250m (BRASIL, 1988; MINAS GERAIS, 1989; BRASIL, 1990; MINAS GERAIS, 1994; CONAMA, 2004; BRASIL, 2000) para as dolinas e uvalas, mapeadas a partir das cartas Arcos, Piumhi e Pontevila (IBGE, 1970).

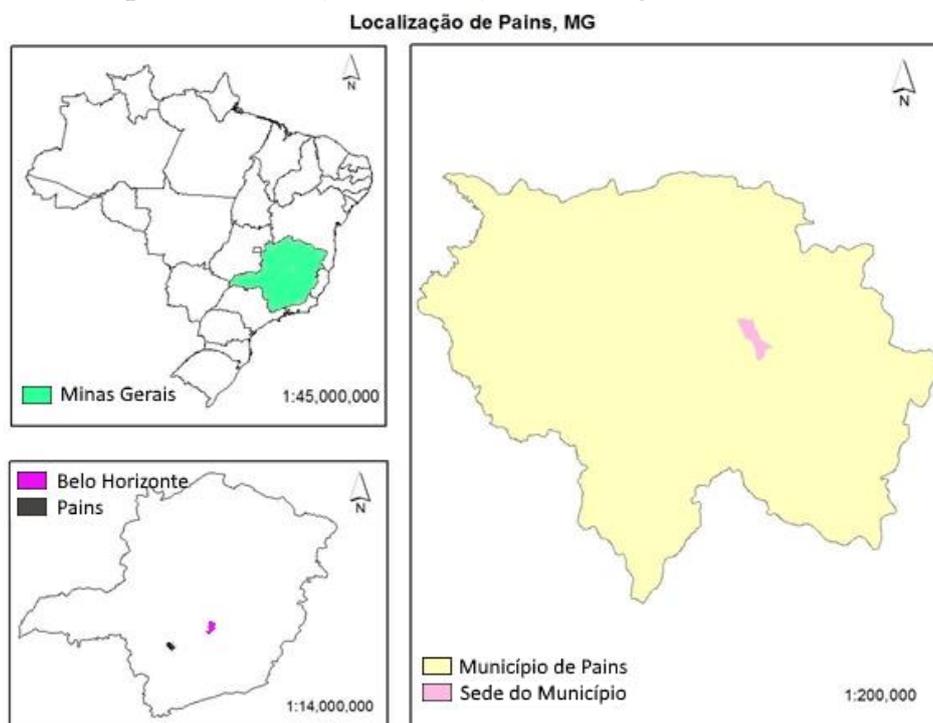
Com isso em mente, foram elaborados mapas temáticos de modo a facilitar a visualização do proposto, de modo a favorecer uma visão mais ampla da dinâmica e conflitos locais associados.

Materiais e Métodos

Caracterização da área de estudo

Para a elaboração deste trabalho, inicialmente fez-se necessária a contextualização da área de estudo, o município de Pains. Para isso, fez-se uma ampla pesquisa bibliográfica sobre as características do município e do seu ambiente físico e histórico. A Figura 2 foi elaborada no software de Sistemas de Informação Geográfica ARCGis 10.3 gerando um mapa temático da região. O *shapefile* do Brasil possui escala 1:500.000 e foi disponibilizado pelo IBGE (2014), assim como a hidrografia com escala de 1:50.000.

Figura 2 - Localização e delimitação do município de Pains, MG.

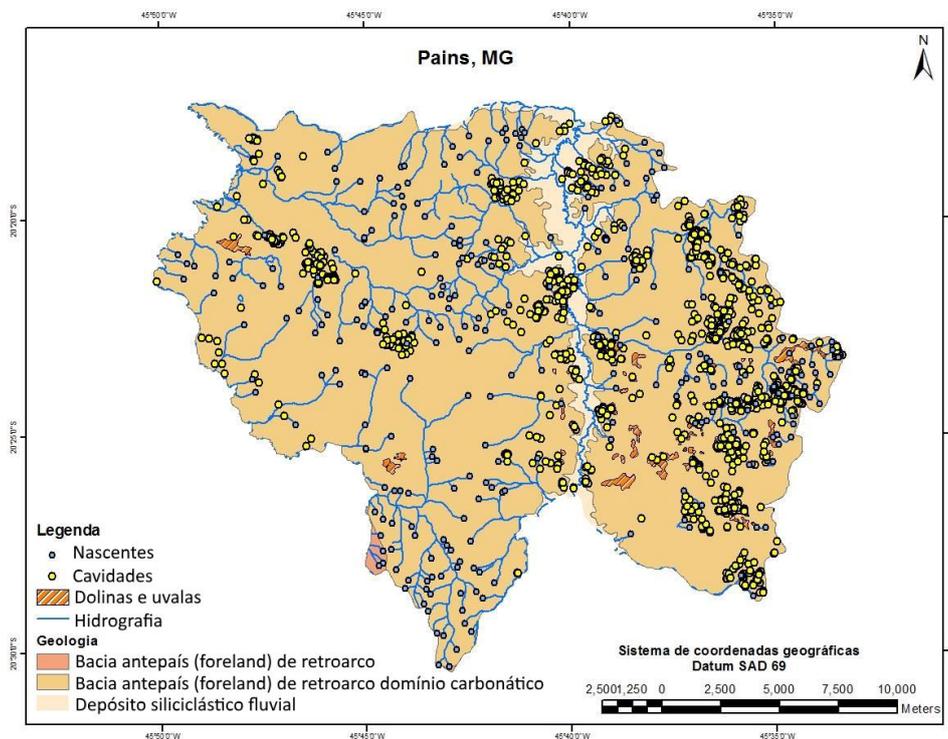


Fonte: IBGE (2014). Elaborado por Gabriella de Oliveira Daniel.

Mapas temáticos

Para a elaboração dos mapas temáticos foi utilizada a base cartográfica disponibilizada pelo IBGE (2014). A carta dos municípios de Arcos, Piumhi e Ponte Vila possuem escala de 1:50.000, de onde foram extraídas informações de hidrografia e geologia local. As informações sobre as cavidades existentes, genericamente englobando abismos, abrigos, cavernas, tocas e algumas cavidades ainda sem definição, foram obtidas do CECAV (2015). Os mapas foram gerados no Datum SAD 69, com escala fixa de 1:150.000 e a digitalização da malha urbana foi feita por meio de imagens de satélite disponibilizadas pelo próprio software do ArcGis (Figura 3). A figura 3 apresenta a delimitação do município de Pains, constituição geológica e hidrografia pontuando nascentes, sumidouros, dolinas e uvalas e cavidades subterrâneas.

Figura 3 - Mapa da geologia e feições geológicas e hidrológicas do município.



Fonte: IBGE (2014). Elaborado por Gabriella de Oliveira Daniel.

Resultados e Discussão

A retirada da vegetação nativa deixa o solo exposto ou sem a devida proteção, tornando-o susceptível à erosão, compactação e baixa infiltração, o que diminui a possibilidade da percolação e filtragem das águas superficiais que passam a carrear concentrações crescentes de materiais particulados e dissolvidos diretamente para as cavidades e aquíferos subterrâneos. Considerando que as comunidades bióticas presentes nessas cavidades dependem de recursos vindos do exterior, e estando estes contaminados e carregados de potenciais poluentes, coloca-se em risco toda biota associada aos ecossistemas cársticos, assim como o abastecimento domiciliar, comercial e industrial de Pains, usuários diretos dos aquíferos cársticos.

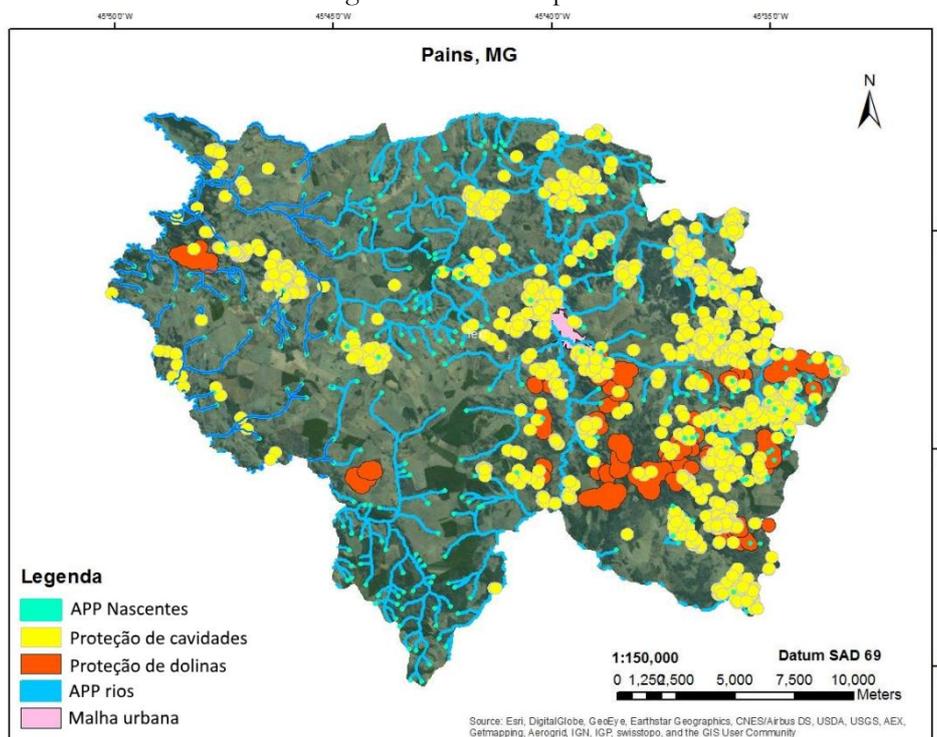
Some-se ao risco de tornarem-se os aquíferos comprometidos quanto à sua qualidade e quantidade, a consideração de que na região de Pains nascem os rios Candongas e São Miguel, tributários do alto Rio São Francisco, o Velho Chico, que vê suas águas

deteriorarem em quantidade e qualidade ao longo das últimas décadas e que teve seca sua nascente na estiagem de 2014.

A sinalização ambiental de mudanças climáticas, associadas à ação humana degradadora das condições gerais de manutenção das bases sobre as quais se assenta a saudável qualidade de vida (BRASIL, 1988), seria, por si só, justificativa para ações corretivas e impeditivas de danos ainda maiores. Essa visão levou os autores a considerarem a aplicação das normas jurídicas em vigor, para aqueles temas e situações em que não são previstas, caso da proteção de sumidouros, dolinas e demais feições cársticas diretamente associadas à manutenção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, tomando por exercício da proposta o município de Pains, MG.

Para a definição das APPs, utilizou-se as medidas previstas na Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), conhecida como Novo Código Florestal e a Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013 (MINAS GERAIS, 2013), o Código Florestal Mineiro, gerando *buffers* indicativos das faixas de proteção de 30 metros para rios e riachos de até 10 metros de largura e 50 metros no entorno de nascentes. Na mesma construção, propondo os sumidouros como “nascentes espelhadas” (sumidouros em relação à superfície; nascentes, mesmo que intermitentes, em relação às cavidades subterrâneas), aplicando *buffer* de 50 metros em seu entorno. Para as cavidades subterrâneas, embora não dispo de sua projeção horizontal, aplicou-se *buffer* de 250 metros (CONAMA, 2004) apenas ao redor dos pontos georreferenciados pelo CECAV, assim como para as dolinas e uvalas demarcadas a partir das cartas do IBGE (1970). Os resultados destas propostas são mostrados na figura 4 e evidenciam a grande importância da região oriental do município em relação às feições cársticas em estudo.

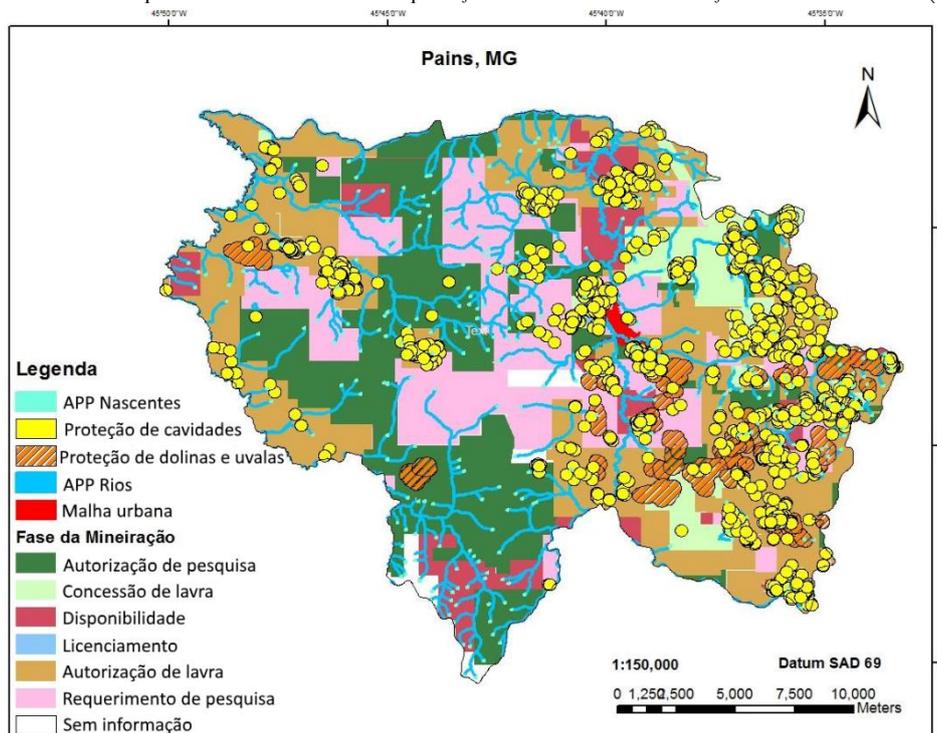
Figura 4 - Delimitação das APPs hídricas e áreas de proteção de sumidouros, dolinas e uvalas e cavidades georreferenciadas pelo CECAV.



Fonte: IBGE (2014). Elaborado por Gabriella de Oliveira Daniel.

Uma nova sobreposição foi realizada, desta vez considerando mapeamento das fases de mineração obtidas pelo SIGMINE (2015). A nordeste e sudeste do município, predominam a concessão e autorização de lavra para fins industriais, coincidindo com expressiva presença de cavidades mapeadas, enquanto na parte leste e sudeste as cavidades, sumidouros, dolinas e uvalas estão em áreas com autorização de pesquisa, requerimento de pesquisa e autorização de lavra (Figura 5).

Figura 5 - APPs hídricas e áreas de proteção de sumidouros, dolinas e uvalas e cavidades georreferenciadas pelo CECAV em sobreposição às fases de mineração do SIGMINE (2015).



Fonte: IBGE (2014). Elaborado por Gabriella de Oliveira Daniel.

Ocorrendo a lavra e os processos de transformação do minério, os impactos aos ecossistemas superficiais e subterrâneos são diretos e em graus diversos. A região sudeste do município ganha destaque, visto as áreas com potencial de proteção se sobreporem às de lavra. Ocorrem ali os maiores potenciais de conflitos entre (i) mineração (concessão e autorização de lavras expedidas); (ii) atividades industriais de transformação; e (iii) conservação dos recursos naturais, especialmente os hídricos e feições cársticas de sumidouros, dolinas e uvalas.

Especialmente na porção sudeste do município, a maior concentração de sumidouros, dolinas e uvalas e a pouca expressão de drenagem superficial, indicam a ocorrência de drenagem interiorizada, reforçando a ideia de “nascentes espelhadas”, quando as uvalas, dolinas e sumidouros, ao drenarem as águas superficiais para dentro dos maciços, fazem desses locais “nascentes interiores”, intermitentes ou perenes, cuja proteção mereceria maior atenção. Por outro lado, não se pode negar a importância econômica do território não só do município de Pains, como de municípios de entorno, estes não tratados nesse texto, embora fazendo parte do mesmo conjunto geocossitêmico.

As indústrias estabelecidas na região, produtoras de cimento e cal, atendem não só às demandas locais como exportam para outros pontos do território mineiro e nacional um insumo indispensável a qualquer obra ligada à engenharia civil - de infraestrutura necessária ao desenvolvimento do país à construção de edifícios comerciais, industriais e residenciais. Dito de outra forma, as indústrias da região exercem uma atividade que poderia ser considerada de interesse estratégico nacional, visto estarem na base de sustentação da própria sociedade contemporânea.

A equalização da proteção do ambiente e o desenvolvimento da atividade industrial no lugar não é tarefa fácil e não se defende, ingenuamente, que qualquer dos dois seja melhor em relação ao outro. Conscientes ainda dos conflitos entre o econômico local, regional e nacional e a necessidade de se estabelecer a proteção e manutenção dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelas feições cársticas da região, entende-se que a pura e simples restrição legal e licenciamento ambiental individualizado tendem a agravar e não solucionar os conflitos.

Uma vez que (i) a legislação indica a necessidade de proteção de diferentes aspectos da paisagem e das feições cársticas; (ii) os levantamentos aqui apresentados ampliam a área do território a ser protegida; (iii) o processo de licenciamento das atividades industriais são individualizados e implicam no atendimento de condicionantes e diretrizes impostas pelos órgãos licenciadores que restringem a atividade minerária e industrial, implicando em elevados custos para o empreendedor; (iv) a atividade econômica local e regional depende diretamente das atividades minerárias e industriais, sem as quais graves consequências sociais seriam sentidas; e que (v) as atividades minerárias e industriais locais guardam um caráter de interesse estratégico nacional, o presente estudo, que inicialmente abraçava tão somente a proposta de ampliar a área protegida, ganhou corpo e traz outras considerações e propostas para reflexão e debate.

Defende-se, desta forma, que se amplie a discussão, avaliando uma proposta com certo grau de inovação: a criação de uma *Área Especial de Inovação Mineral - AEIM*, termo não previsto na legislação ambiental ou minerária, com as seguintes características gerais:

1. Delimitação negociada entre poder público, população e iniciativa privada da porção sudeste do município como um polo de inovação minerária e industrial, com forte envolvimento da comunidade científica;
2. Aglutinamento de variados setores governamentais e privados na criação de uma incubadora de empresas de base tecnológica (*startups*) voltadas para a criação e

- desenvolvimento de produtos, serviços e processos inovadores e sustentáveis, voltados para o aperfeiçoamento da atividade minerária e indústrias correlatas, em sintonia com a plena proteção dos ecossistemas e dos serviços ambientais por eles prestados;
3. Estabelecimento de incentivos fiscais, tributários, gerenciais, etc. para a abertura e consolidação dessas *startups*, atrelados ao desenvolvimento de soluções inovadoras para o setor minerário;
 4. Estabelecimento de um EIA simplificado, considerando o território delimitado e não empreendimentos individualizados;
 5. Redirecionamento das atividades fiscalizatórias e punitivas dos órgãos ambientais, para atuações propositivas e geradoras de soluções socioambientais, integradas ao desenvolvimento econômico local e regional.

Conclusões

O resultado da sobreposição das APPs hídricas e áreas propostas para proteção no entorno dos sumidouros, dolinas, uvalas e cavidades subterrâneas, evidencia a importância da porção oriental do município de Pains para a proteção das feições e aquíferos cársticos locais e manutenção da qualidade e quantidade de água drenada para a bacia do Alto Rio São Francisco.

Especialmente na região sudeste do município, as APPs hídricas, bem como as áreas de proteção das cavidades, sumidouros, dolinas e uvalas entra em conflito com as áreas de concessão de lavra e autorização de lavra já expedidos.

A criação de uma *Área Especial de Inovação Mineral – AEIM* aponta para a compatibilização de atividades conflitantes na região (proteção ambiental *versus* produção minerária e industrial), com potencial de geração de novos modelos de negócios sustentáveis.

Referências bibliográficas

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Texto promulgado em 05 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. **Decreto Nº 99.556, de 1º de outubro de 1990**. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências.

Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 40, v. 1, p. 68-92, Jan./Jun. 2018.
ISSN: 2176-5774

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm>. Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. **Decreto Nº 6.640, DE 7 DE NOVEMBRO DE 2008.** Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm>. Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Novo Código Florestal. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 23 out. 2018.

CADASTRO NACIONAL DE CAVERNAS DO BRASIL. **Ranking dos Municípios por ordem do número de cavernas.** Disponível em: <<http://cnc.cavernas.org.br/Administracao/EstatisticaDetail?intTipoRel=2>>. Acesso em: 23 out. 2018.

CECAV. **Base de dados geoespacializados das cavernas do Brasil.** Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV. Dados atualizados em 30 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em: 23 out. 2018.

CECAV. **Regiões Cársticas do Brasil.** Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV, sd. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/provincias-espeleologicas.html>>. Acesso em: 23 out. 2018.

CHEREM, Luís Felipe S.; JÚNIOR, Antônio Pereira M. **O uso de imagens CBERS no monitoramento da expansão de atividades extrativas de rochas carbonáticas em Minas Gerais: o caso da província cárstica de Arcos-Pains, 2007.** Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.00.43/doc/807-814.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

CONAMA(a). **Resolução Nº 347, de 10 de setembro de 2004.** Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=452>>. Acesso em: 23 out. 2018.

CONAMA(b). **Resolução Nº 74, de 09 de setembro de 2004.** Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades

modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental (...). Disponível em:

<http://www.igam.mg.gov.br/images/TR_outorga/dn_copam_74-04%20empreendimentos%20poluidores.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

DIAS, Frederico Soares; VELÁSQUES, Leila Nunes Menegasse. **Hidrogeologia da bacia do Rio São Miguel, Município de Pains e Arcos, MG**. 2002. Disponível em:

<<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22061/14420>>. Acesso em: 23 out. 2018.

FAOLEX. **Legislative Database**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://faolex.fao.org/faolex/index.htm>>. Acesso em: 23 out. 2018.

FEAM. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2014**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em:

<http://www.feam.br/images/stories/2015/MINAS_SEM_LIXOES/ARQUIVOS/relatorio-de-%20progresso-panorama-%20rsu_2015_gerub_fpf.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

IBGE. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **IBGE Cidades**. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pains/panorama>>. Acesso em: 23 out. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Downloads**. Geociências. 2014.

Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 23 out. 2018.

IBGE. **Cartas topográficas de Arcos, Piui e Pontevila**. Primeira Edição, 1970. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cartas, mapas e cartogramas. Disponível em:

<<http://loja.ibge.gov.br/cartas-mapas-e-cartogramas.html>>. Acesso em: 23 out. 2018.

JANSEN, Débora Campos; PEREIRA, Karolina do Nascimento. Distribuição e caracterização das cavernas brasileiras segundo a base de dados do CECAV. **Revista Brasileira de Espeleologia**, vol. 2, nº 4, 2014. Disponível em:

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/RBEsp/article/view/511/pdf_7>. Acesso em: 23 out. 2018.

MINAS GERAIS. **Constituição do Estado de Minas Gerais (1989)**. Assembleia Legislativa de Minas Gerais. Atualizada e acompanhada dos textos das Emendas à Constituição nº 1 a 93. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2015. Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/opencms/export/sites/default/consulte/legislacao/Downloads/pdfs/ConstituicaoEstadual.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MINAS GERAIS. **Lei Estadual (MG) nº 11.726, de 30 de dezembro de 1994**. Dispõe sobre a política cultural do Estado de Minas Gerais. (Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 31/12/1994). Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2292>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Código Florestal Mineiro. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. (Publicação – Diário do Executivo – “Minas Gerais” 17/10/2013). Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MMA. **Instrução Normativa Nº 2, de 20 de agosto de 2009**. Ministério do Meio Ambiente. CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Disponível em: <<http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=212040>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MORAES, Adriano Fernandes de. **Abordagem da Vulnerabilidade Química e Risco de Contaminação dos Solos por Metais Pesados em Área dos Municípios de Pains, Arcos e Córrego Fundo – MG, Baseada nos Constituintes dos Solos Retentores dos Metais Pesados**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-7CTM6J>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MUNIZ, Fabrício; FERNANDES, Ednilson. **Análise da expansão das áreas de cavas de mineração nos municípios de Arcos e Pains (MG) utilizando imagens Landsat. 2013**. Disponível em: <http://cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_239-244.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Ranking IDHM Municípios 2010**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/ranking-idhm-municipios-2010.aspx>>. Acesso em: 23 out. 2018.

RAVBAR, Natasa; SEBELA, Stanka. **The effectiveness of protection policies and legislative framework with special regard to karst landscapes: Insights from Slovenia**. Environmental Science & Policy (2015) 106-116. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901115000441>>. Acesso em: 23 out. 2018.

SIAB. **Situação de saneamento - Minas Gerais**. Sistema de Informação de Atenção Básica - SIAB. DATASUS. Tecnologia da informação a serviço do SUS. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?siab/cnv/SIABCMG.def>>. Acesso em: 23 out. 2018.

SIGMINE. Sistema de Informações Geográficas da Mineração. **Shapefile dos dados de mineração em SIRGAS 2000 de Minas Gerais**. DNPM, 2015. Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>>. Acesso em: 23 out. 2018.

SOUSA, José F.; VIDAL, Francisco Wilson H. **Rochas Carbonáticas**, 2005. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-173-00.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

TEIXEIRA, Paulo Sérgio D., DIAS, Marcelo S. **Levantamento espeleológico da região cárstica de Arcos, Pains, Dorasópolis, Córrego Fundo e Iguatama frente às atividades degradadoras**. 2004. Disponível em:

<<http://www.sbe.com.br/pains/levantamento%20espeleologico%20-%20pains.pdf>>.

Acesso em: 23 out. 2018.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, Thomas R.; TOLEDO, M. Cristina M.; Taioli, Fabio.

Decifrando a Terra. 2ª edição – São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

WATSON, John; HAMILTON-SMITH, Elery; GILLIESON, David; KIERNAN, Kevin.

Guidelines for cave and karst protection. World Commission on Protected Areas - WCPA. IUCN – The World Conservation Union. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 1997, 63 pp. Disponível em: <<https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/1997-026.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

ZHALOV, Alexey. **The Protection of Karst and Caves in Europe and Some Other Countries** (Basic information). Bulgarian Federation of Speleology & Balkan Speleological Union & European Federation of Speleology, 2010. Disponível em:

<https://www.academia.edu/1823816/Legislation_for_Karst_and_cave_protection_in_Europe_and_other_countries>. Acesso em: 23 out. 2018.