

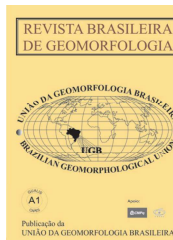


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 21, nº 2 (2020)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1794>



CLASSES HIDROGEOMORFOLÓGICAS DE ÁREAS ÚMIDAS EM MINAS GERAIS

HYDROGEOMORPHIC WETLAND CLASSES IN MINAS GERAIS

Cecília Siman Gomes

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP: 31270-901. Brasil
ORCID: 0000-0003-4554-8689
E-mail: ceciliasiman@gmail.com*

Antônio Pereira Magalhães Junior

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP: 31270-901. Brasil
ORCID: 0000-0002-5327-3729
E-mail: magalhaesufmg@yahoo.com.br*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
03/11/2019

Aceito (Accepted):
12/03/2020

Palavras-chave:

Hidrogeomorfologia; Sistemas
Hídricos; Convenção de Ramsar.

Keywords:

Hydrogeomorphology; Water
Systems; Ramsar Convention.

Resumo:

As Áreas Úmidas desempenham inúmeras funções hidrogeomorfológicas essenciais para a proteção dos sistemas hídricos, atuando na proteção da qualidade das águas, no regime de inundações, na recarga e descarga de aquíferos e na perenização de corpos d'água. Uma das principais formas de caracterização das AUs quanto às suas funções ocorre por meio de classificações hidrogeomorfológicas. Para tanto, este trabalho visa apresentar uma proposta de classificação hidrogeomorfológica das AUs de Minas Gerais (Classes HGM), a partir das características que as compõem e das funções que desempenham na paisagem. O desenvolvimento das classes HGM foi embasado na consulta e análise de diversos tipos de sistemas de classificação com viés hidrogeomorfológico e de um levantamento dos aspectos físicos dos ambientes onde há formação e ocorrência de AUs em Minas Gerais. Foram propostas cinco Classes HGM: AUs de Planícies Inundáveis; AUs Planas e Elevadas; AUs Deprimidas; AUs de Cabeceiras de Drenagem; e AUs de Fundos de Vale. As especificidades de cada classe fornecem características geomorfológicas e de manutenção e dinâmica hidrológicas dominantes das AUs, acompanhadas dos principais tipos de sistemas úmidos, solos e vegetação associados, de forma a fornecer uma visão mais integradora dos aspectos físicos de cada classe HGM. Com base nessas informações, cada classe apresentou, ainda, apontamentos sobre sua distribuição no estado. Os resultados podem contribuir para futuras pesquisas sobre o tema e para o desenvolvimento de políticas e instrumentos de proteção ambiental das AUs no Brasil e, especialmente, em Minas Gerais.

Abstract:

Wetlands perform numerous hydrogeomorphological (HGM) functions essential for the protection of water systems, acting in the protection of water quality, flood control, recharge and discharge of aquifers and maintenance of water bodies. One of the main ways to characterize wetlands according to their functions occurs through HGM classifications. In order to do so, this work aims to present a proposal for hydrogeomorphological classification of wetlands in Minas Gerais (HGM Classes), based on the characteristics that compose them and the functions they play in the landscape. The development of the HGM Classes was based on the consultation and analysis of different types of classification systems based on hydrogeomorphology, followed by a survey of the physical aspects of the environments where there is formation and occurrence of wetlands in Minas Gerais. Five major wetlands HGM Classes were proposed: Floodplain Wetlands; Depression Wetlands; Wetlands High Flats; Seep Wetlands; and Valley-bottom Wetlands. The specificities of each class provide geomorphic setting, water sources, and hydrodynamics characteristics of the wetlands, as well as an overview of their distribution in the state. Also, it was identified which types of humid systems, soils and vegetation are generally associated with these mentioned characteristics, in order to provide a more integrated view of the physical aspects of each HGM class. Results can contribute to future research on the topic, and to the development of policies and instruments for the environmental protection of wetlands in Brazil and, especially, in Minas Gerais.

Introdução

As áreas úmidas (AUs) são ecossistemas complexos que apresentam uma ampla gama de tipologias em função da sua diversidade em termos de gênese, dinâmica hidrológica, dimensões espaço temporais, e contextos físicos e bióticos de ocorrência (GOMES, 2017; GOMES e MAGALHÃES, 2017). Os três componentes comuns que definem estes ecossistemas são a presença de água (de origem superficial e/ou subsuperficial, de forma permanente ou temporária), as condições únicas de solo (ausência ou deficiência de oxigênio, que geralmente condiciona a formação de solos com características hidromórficas) e/ou a presença de vegetação adaptada às condições úmidas, encharcadas, inundadas ou alagadas (MITSH e GOSSELINK, 2007). São comumente denominadas de brejos e pântanos.

As AUs cobrem cerca de 11 % das superfícies tropicais (MITSCH e GOSSELINK, 2007) e em torno de 20% do território nacional (CUNHA *et al.*, 2015). É o único tipo de ecossistema que apresenta um tratado internacional específico de meio ambiente, no caso, a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas. O tratado, mais conhecido como a Convenção de Ramsar, ocorreu em 1971 na cidade iraniana de Ramsar e, embora originalmente seu objetivo principal fosse orientado para a conservação e uso racional dos ambientes das aves aquáticas migratórias, passou a incentivar e estabelecer ações e recomendações para preservação e uso sustentável desses ambientes em função de seus diversos serviços ambientais, tais como de regulação cli-

mática, proteção contra inundações, recursos biológicos, pesca, abastecimento de água, refúgio da diversidade biológica, dentre outros (RAMSAR, 2018).

Os serviços ambientais, muitas vezes denominados de serviços ecossistêmicos, são considerados como bens e serviços fundamentais que a natureza proporciona, direta e indiretamente, para a humanidade (EEM, 2005). No caso das AUs, estão intimamente relacionados às funções ambientais que desempenham na paisagem, que, por sua vez, são consubstanciadas pela identificação, caracterização e avaliação de suas funções hidrogeomorfológicas, como na manutenção da qualidade das águas, no controle de inundações, na recarga de aquíferos e na manutenção de sistemas hídricos. O levantamento dessas funções está, por sua vez, associado aos sistemas de classificação de base hidrogeomorfológica (HGM).

Internacionalmente, diversas classificações de AUs foram desenvolvidas e são aplicadas tanto em pesquisas científicas quanto na proteção legal. São elaboradas por meio de diversos critérios, como os vegetacionais, hidrológicos, químicos, pedológicos e/ou geomorfológicos. Os fatores HGM têm sido cada vez mais utilizados e reconhecidos nas classificações de AUs, pois são elementos que condicionam diferentes tipos de AUs e abrangem a variedade de quadros morfológicos que ocorrem na paisagem (GOMES, 2017; GOMES e MAGALHÃES, 2018). Além disso, permitem compreender seus processos de funcionamento e manutenção hidrológica, suas interações com as áreas adjacentes e suas diversas funções ambientais desempenhadas no ambiente (KOTZE, 1999).

Diversas propostas e metodologias de classificação HGM para as AUs foram elaboradas com base em abordagens genéticas (estruturais) ou funcionais (*HGM approach*). Entre as primeiras propostas de classificação HGM destacam-se as de Semeniuk e Semeniuk (1995; 2011) e Brinson (1993) e Smith *et al.* (1995), que são referências científicas internacionais nas propostas de parâmetros hidrológicos e geomorfológicos na classificação das AUs e base de inspiração para a elaboração e expansão de muitas outras.

Semeniuk e Semeniuk (1995; 2011), com base nos tipos de AUs da Austrália Ocidental, propuseram uma classificação das AUs interiores no mundo, utilizando como níveis primários de classificação as formas de relevo e o regime hidrológico. As formas de relevo foram subdivididas em topos de morro, escarpas, encostas, áreas planas/planícies, vales em U, cursos d'água e formas depressionais. O regime hidrológico foi subdividido em saturação/encharcamento permanente e sazonal, e em inundação permanente, sazonal e intermitente. Para os autores, esses parâmetros são considerados estruturantes e ideais para formar a base de uma classificação de AUs, pois tendem a ser menos mutáveis ao longo do tempo em relação aos biológicos, o que permite categorizar as AUs em classes mais estáveis, mesmo quando são alteradas pela remoção da vegetação e/ou dos solos. Conforme os autores, o cruzamento desses critérios cobre a diversidade global de AUs e pode ser usada como base para seu registro ou mapeamento mundial.

Já a proposta elaborada por Brinson (1993) e depois expandida por Smith *et al.* (1995) buscou identificar grupos de AUs que funcionam de forma semelhante. Conforme os autores, três características básicas respondem pelo funcionamento das AUs: o contexto geomorfológico, a fonte de água e a hidrodinâmica – (BRINSON, 1993; SMITH *et al.*, 1995; BRINSON, 2009). O contexto geomorfológico refere-se à morfologia e à posição topográfica da AU na paisagem, sendo formado por sete classes HGM: Fluvial, Depressão, Encosta, Lacustre, Estuarino, Planície alagada orgânica, e Planície alagada mineral. Cada uma dessas classes apresenta fontes de água (precipitação; exfiltração do nível freático; escoamento de águas superficiais e próximas a superfície) e características hidrodinâmicas (oscilações verticais do nível d'água; fluxos unidirecionais superficiais ou próximos a superfície; e fluxos bidirecionais superficiais ou próximos à superfície ao

longo de vertentes) dominantes. Conforme os autores, essa classificação é regional e enfatiza a importância das características físicas na identificação de funções HGM e de grupos de AUs que funcionam de forma semelhante, auxiliando a identificação de alterações de origem antrópica.

Brinson (1993) recomendou que algumas características dos tipos de solo e vegetação fossem incorporadas às classificações hidrogeomorfológicas, pois podem influenciar, dependendo do caso, a amplitude das funções das AUs. Uma AU com presença de solos mais arenosos, por exemplo, será mais efetiva no controle de inundações do que uma com solo argiloso. Uma AU com presença de mata ciliar será mais efetiva na infiltração de água do que uma com presença de gramíneas. Por sua vez, a textura e o pH do solo influenciam o tipo de vegetação de cada AU.

Nos Estados Unidos, por sua vez, a classificação HGM vem sendo aplicada até o nível das subclasses em várias regiões para a avaliação funcional das AUs, resultando na elaboração de guias HGM regionais aplicáveis (<https://wetlands.el.erd.c.dren.mil/guidebooks.cfm>). Além disso, diversas publicações científicas foram geradas sobre classificações HGM e avaliações funcionais no país, como as de Davis *et al.* (2013); Dvoretz *et al.* (2011) e Brooks *et al.* (2004). Na mesma linha, pesquisas em outros países também vêm buscando avanços na gestão de AUs, como os trabalhos de Finlayson (2001), na Austrália, Manzano e Barrera (2002), na Espanha, e Rodríguez (2003), no México.

Conforme Maltby *et al.*, (2009), o uso de classes HGM para uma avaliação funcional é um pré-requisito fundamental para as decisões públicas que afetam os serviços ecossistêmicos das AUs. Como lembram Larson (2009) e Brinson (2009), a avaliação funcional pode ajudar os órgãos ambientais a elaborar programas de gestão e proteção de recursos hídricos, antecipar impactos decorrentes da implantação e operação de empreendimentos, analisar alternativas locais, desenvolver planos de mitigação, identificar os sistemas mais vulneráveis às alterações humanas e os mais relevantes em termos de funções desempenhadas.

No Brasil, não foram elaboradas classificações hidrogeomorfológicas de AUs, seja em um contexto nacional ou regional. As poucas propostas existentes são baseadas em critérios hidrológicos e vegetacionais, e abarcam principalmente os tipos de AUs encontradas

no Pantanal e nas regiões litorânea e amazônica. No contexto de Minas Gerais, o uso de parâmetros HGM para a classificação de AUs pode ser extremamente vantajoso, pois o estado apresenta uma grande diversidade de contextos geomorfológicos que respondem e funcionam hidrologicamente de forma específica, configurando diferentes tipos de AUs (GOMES, 2017).

Nesse contexto, este trabalho visa apresentar uma proposta de classificação hidrogeomorfológica das AUs de Minas Gerais (Classes HGM), a partir das características que as compõem e das funções que desempenham na paisagem. Nesse sentido, foram definidos os sistemas úmidos presentes em cada classe, bem como os principais tipos de solo, vegetação e funções hidrogeomorfológicas. A proposta de classificação em nível estadual pode fornecer subsídios para o desenvolvimento de pesquisas sobre as diferentes tipologias de AUs existentes em Minas Gerais e embasar iniciativas de gestão e proteção ambiental de AUs pelos órgãos ambientais. Nesse sentido, a proposta oferece um panorama regional e os objetivos de verticalização devem buscar o detalhamento das informações de cada AU em campo, no nível das subclasses.

Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento das classes HGM foi baseado na consulta a diversos tipos de sistemas de classificação com viés hidrogeomorfológico, entre os quais os de Semeniuk e Semeniuk (1995, 2011), Brinson (1993; 2009) e Smith *et al.* (1995). Também foi estudado o sistema sul-africano de AUs que adota a base HGM (OLLIS, 2013), pois o Brasil e a África do Sul apresentam semelhanças geográficas e latitudes coincidentes. A proposta sul-africana é apresentada no formato de um manual governamental com exemplos ilustrativos de tipos de AUs semelhantes aos ocorrentes em Minas Gerais. Nesses estudos, foram analisados: estrutura, objetivos, critérios, categorias, organização e funções, bem como suas potencialidades e limitações práticas para fins legais.

Também foi feito um levantamento dos aspectos físicos dos ambientes onde há formação e ocorrência de AUs em Minas Gerais, a partir de leituras de manuais governamentais, artigos, dissertações, teses e livros científicos, bem como a análise de mapas temáticos sobre as características físicas (geologia, geomorfologia e pedologia) e fitofisionômicas do Estado.

Para a construção das classes HGM foram analisados critérios geomorfológicos das AUs e do seu entorno, a saber: forma (plana, deprimida ou côncava); posição na paisagem (topos de morro, vertentes e fundos de vale) e contexto geomorfológico de ocorrência; processos (perda ou acumulação de materiais); e tipo de materiais associados. Em sequência, foram selecionados os critérios hidrológicos necessários para caracterizar os diferentes tipos de AUs e compreender a sua origem e dinâmica de manutenção hidrológica. Para tanto, foram considerados os dados de origem/entrada da água predominante (superficial ou subsuperficial), a dinâmica da água prevalente (tipo de movimento e saída da água) e o regime hidrológico (permanente ou temporário). Com base nesse levantamento, chegou-se à definição de cinco Classes HGM, a saber: AUs de Planícies Inundáveis; AUs Deprimidas; AUs Planas e Elevadas; AUs de Cabeceira de Drenagem; e AUs de Fundo de Vale. A tabela 1 sintetiza as informações dos critérios geomorfológicos e hidrológicos adotados e apresenta os nomes das Classes HGM.

Com base no contexto físico de Minas Gerais e nas informações da tabela 1, foram levantados os tipos de sistemas úmidos (sistema que envolve as dimensões “área e umidade”) que poderiam ocorrer nas Classes HGM das AUs do estado, a saber: brejos e pântanos; nascentes difusas; lagoas transicionais; veredas; e campos de murundus. O motivo para sua inclusão na classificação proposta resultou da verificação que, ao classificar uma AU em uma das Classes HGM, ela apresentava ao menos sempre um dos sistemas úmidos levantados.

A descrição das características destes sistemas considerou seu regime hidrológico, seu contexto físico de ocorrência, sua associação ou não com corpos d’água e as Classes HGM.

Em relação aos critérios de vegetação e solos, Gomes (2017) considerou como os principais tipos de vegetação presentes nas AUs do Estado as florestas inundáveis, os campos úmidos, os campos úmidos rupestres, e os palmeirais; e para os tipos de solo, a autora considerou os solos hidromórficos (organossolos/turfeiras, gleissolos e planossolos hidromórficos); os solos que podem apresentar acentuado hidromorfismo (planossolos, plintossolos, vertissolos, neossolos quartzarênicos e espodossolos); e os solos aluviais (neossolos flúvicos). A tabela 2 faz uma síntese das informações apresentadas, ou seja, em termos de nomes de classes HGM, tipos de sistemas úmidos, vegetação e solos associados às AUs. Para informações mais detalhadas vide Gomes (2017).

Tabela 1: Critérios das Classes HGM para as AUs de MG

Critério	Parâmetros		Classes HGM resultantes
Contexto geomorfológico	Morfologia da AU (plana, deprimida ou côncava);		- AUs de Planícies Inundáveis
	Posição topográfica na paisagem (topos de morro, vertentes e fundos de vale, estes associados ou não as planícies de inundação);		
	Processos (perda ou acumulação de materiais);		
	Tipo de materiais associados		
Fonte/ origem da água e sua duração e frequência	Predominantemente superficial	Precipitação direta, escoamento pluvial e extravasamento da água de corpos d'água lênticos e lóticos	- AUs Planas e Elevadas
	Predominantemente subsuperficial	Nível freático suspenso e profundo	- AUs Deprimidas
	Regime hídrico associado	Permanente ou temporário	
Dinâmica da água	Tipos de fluxo	Verticais, difusos, laterais (horizontais), laminares, concentrados	- AUs de Cabeceiras de Drenagem
	Tipos de saídas	Evaporação, infiltração e percolação para o nível freático superficial e profundo e para corpos d'água	- AUs de Fundos de Vale*

*As AUs de Fundo de vale diferem-se das AUs de planície inundáveis ao não formar feições deposicionais típicas de planícies de inundação fluviais, como barras de pontal, diques e lagoas marginais. Geralmente associam-se a cursos d'água de pequena a média magnitudes e ordens.

Tabela 2: Classes HGM, sistemas úmidos e tipos de vegetação e solos associados às AUs

Classes HGM	Tipos de sistemas (ou subsistemas*)
AUs de Planícies Inundáveis	Brejos e Pântanos;
AUs de Áreas Planas e Elevadas	Nascentes Difusas;
AUs Deprimidas	Lagoas dinâmicas/transicionais;
AUs de Cabeceiras de Drenagem	Veredas;
AUs de Fundo de Vale	Campos de murundus
Principais tipos de vegetação e solos associados às AUs	
Vegetação	Solos
Florestas inundáveis;	Solos hidromórficos (Organossolos/Turfeiras, Gleissolos e Planossolos hidromórficos);
Campo úmido;	Solos que podem apresentar acentuado hidromorfismo (Planossolos, Plintossolos, Vertissolos, Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos);
Campo úmido rupestre;	
Palmeirais	Solos aluviais (Neossolos Flúvicos)

*Um subsistema compreende uma parte de um sistema, individualizado por suas características homogêneas quanto a critérios definidos.

Por fim, ao fazer uma análise integrada das Classes HGM, considerando os sistemas úmidos e elementos do solos e da vegetação, foram levantadas as principais funções HGM das AUs, a saber: manutenção ou melhoria da qualidade das águas, controle de inundações, recarga e/ou descarga de aquíferos, e manutenção hidrológica de corpos d'água e nascentes. A presença e predominância das funções em cada classe HGM foi feita considerando, principalmente, o funcionamento hidrológico da AU, sua posição no relevo, sua forma e

materiais. Os sistemas úmidos e as Classes HGM são descritos e discutidos nos resultados e discussões.

Resultados e discussões

Sistemas Úmidos

A Tabela 3 a seguir apresenta as características que compõem os sistemas úmidos (brejos e pântanos; nascentes difusas; lagoas transicionais; veredas; e campos de murundus), e sua associação com as Classes HGM.

Tabela 3: Tipos de sistemas úmidos e suas relações com as Classes HGM

Brejos e Pântanos: são nomes populares de cunho genérico para áreas encharcadas, perenes ou temporárias. Ocorrem em diversos contextos físicos, geralmente ocupando morfologias planas, côncavas ou deprimidas, que acumulam águas superficiais e/ou subsuperficiais. São comuns a todas as classes HGM. Estão geralmente associados a cursos d'água e/ou a outros sistemas úmidos, como as nascentes difusas e as lagoas temporárias (GOMES, 2017).

Nascentes Difusas: são sistemas ambientais naturais em que ocorre o afloramento da água subterrânea de modo temporário ou perene, que dão origem a cursos d'água (FELIPPE, 2009). As nascentes difusas afloram em áreas indefinidas, promovendo o encharcamento do solo. São comuns a todas as classes e são típicas de concavidades de AUs de Cabeceiras de Drenagem, uma vez que as morfologias côncavas suaves tendem a conferir menor gradiente aos fluxos subterrâneos, promovendo a exfiltração de modo difuso. Também ocorrem em inúmeros contextos físicos.

As **lagoas transicionais** são sistemas relativamente deprimidos que acumulam águas superficiais e/ou subsuperficiais, de forma permanente ou temporária. Diferentemente dos lagos e lagoas, suas formas (ou extensões) são espacialmente variáveis ao longo do tempo e geralmente se transformam em sistemas brejosos ou secos nos períodos de estiagem. Quando permanentes, suas águas são sempre rasas e a vegetação predomina no ambiente. Podem apresentar-se sob a forma de lagoas marginais, associadas às AUs de Planície Inundáveis, e também de lagoas e áreas alagadas principalmente em rochas ferruginosas (canga e itabiritos), quartzíticas e carbonáticas (calcários e dolomitos), associadas às AUs Deprimidas. Ressalta-se que o contexto geológico não é condicionante para a formação desta classe, e o contrário também não (GOMES, 2017).

Veredas: são sistemas úmidos perenes do cerrado associados a áreas de solos hidromórficos, onde o nível freático é aflorante ou muito próximo da superfície na maior parte do ano. Formam, geralmente, nascentes difusas e, em alguns locais, lagoas (transicionais ou não) margeadas por buritis. Ocupam vales rasos, vertentes côncavas suaves ou áreas planas acompanhando linhas de drenagem mal definidas. Geralmente, são AUs Planas e Elevadas em topos de planaltos e chapadas e AUs de Cabeceiras de Drenagem em suas bordas e escarpas, onde o afloramento do nível freático é decorrente, principalmente, da alternância de camadas do solo de permeabilidade diferente (RIBEIRO e WALTER, 1988; CARVALHO, 1991).

Campos de murundus (covais): são áreas brejosas ou alagadas do cerrado, que apresentam pequenas elevações naturais conhecidas como "murundus", com configuração aproximadamente cônica/convexa e dimensões variáveis. Os morrotes apresentam geralmente solos bem drenados e arbustos e árvores de pequeno porte, sendo cercados por depressões de maior umidade que apresentam gramíneas e solos hidromórficos (RESENDE *et al.* 2004). Os campos de murundus são, geralmente, AUs de Áreas Planas e Elevadas, ocorrendo nos topos e bordas das chapadas. Apresentam grandes variações sazonais do nível d'água em função da sua interdependência com o regime climático (MOREIRA e FILHO, 2015).

Fonte: Adaptado de Gomes (2017).

As Classes Hidrogeomorfológicas (Classes HGM)

A seguir são apresentadas as cinco Classes HGM (AUs de Planícies Inundáveis, AUs Deprimidas, AUs Planas e Elevadas, AUs de Cabeceiras de Drenagem, e AUs de Fundos de Vale) propostas para as AUs de Minas Gerais. Conforme já dito anteriormente, a descrição de cada classe HGM é resultado da análise de critérios geomorfológicos e hidrológicos, dos tipos de sistemas úmidos, vegetação e solos associados às AUs, das funções hidrogeomorfológicas desempenhadas pelas AUs, e de seus principais contextos de ocorrência no estado, de forma a abranger uma visão mais completa e integrada dos tipos de AUs existentes em Minas Gerais.

AUs de Planícies Inundáveis

AUs de Planícies Inundáveis apresentam forma plana ou suave e são geradas por inundações periódicas marginais de corpos d'água, estando sempre associadas a corpos d'água, naturais e/ou artificiais, permanentes ou temporários. Em geral, situam-se em vales amplos e de baixo gradiente e podem ser de origem fluvial ou fluviolacustre. Quando de origem fluvial, apresentam formas deposicionais fluviais ativas associadas à dinâmica de cursos d'água, como barras de pontal, diques marginais, meandros abandonados e/ou lagoas marginais. São fluviolacustres em dois contextos: quando um rio é represado, gerando AUs artificiais no entorno do barramento, ou quando há sistemas com diversas lagoas marginais de maiores dimensões. Os grandes represamentos ocorrem, geralmente, nesta classe.

A principal fonte hídrica das AUs de Planícies Inundáveis é proveniente de inundações por extravasamento marginal de cursos d'água, lagoas ou represas, condicionadas pelo regime pluviométrico. Assim, a frequência coincide com os períodos de inundação e a duração é variável conforme fatores favoráveis à drenagem das águas superficiais e/ou à sua evaporação. Pode haver contribuições secundárias constantes ou temporárias de água subsuperficial em subsistemas deprimidos (como lagoas marginais formadas em meandros abandonados) ou em toda a planície. A frequência e a duração são variáveis conforme as oscilações do nível freático, dos contatos hidráulicos com o corpo d'água e/ou da drenagem das águas subsuperficiais, bem como do volume de água estocado e do tipo de material. Também podem ocorrer contribuições do escoamento pluvial e subsuperficial dos relevos adjacentes.

A água flui, principalmente, através de fluxos superficiais difusos, embora durante as inundações possam ocorrer fluxos concentrados de curta duração e armazenamento temporário ou permanente de água em depressões. Os *outputs* hídricos geralmente fluem para cursos d'água por meio de fluxos superficiais após inundações ou subsuperficialmente, por meio da infiltração e da percolação da água na planície. Também podem ocorrer saídas por evapotranspiração e/ou para o nível freático profundo.

As coberturas superficiais associadas são geralmente campos úmidos e florestas inundáveis. Os solos são aluviais, hidromórficos ou com acentuado hidromorfismo. Essa classe apresenta diversas funções HGM, com destaque à manutenção do funcionamento hidrológico dos cursos d'água associados e o auxílio ao controle das inundações.

Em Minas Gerais, as AUs de Planícies Inundáveis apresentam contextos geomorfológicos, extensões laterais e longitudinais muito variados e estão presentes em inúmeras bacias hidrográficas. Geralmente são sistemas brejosos ou pantanosos e com presença de subsistemas deprimidos (lagoas transitórias) mais úmidos que, dependendo do tamanho e da escala adotada, podem ser classificados em subclasses, como AUs Deprimidas.

Há grandes AUs de Planícies Inundáveis formando verdadeiros sistemas de lagoas marginais, como na bacia do rio Pandeiros, que integra o Médio São Francisco, e no alto e médio curso da bacia do rio Doce. Nessa classe, diversas AUs são formadas por grandes represamentos, como na região de Furnas, na bacia do rio Grande, e entre Três Marias e Pirapora na bacia do rio São Francisco. Como exemplo, no vale do Alto São Francisco, entre a nascente em São Roque de Minas e Pirapora, ocorrem vastas AUs formadas pelas inundações na planície fluvial, formando extensas lagoas marginais sazonais e permanentes que são prioritárias para a conservação do patrimônio ambiental do estado (WELCOMME, 1985; DRUMMOND *et al.* 2005), particularmente a conservação de aves aquáticas (CARVALHO, 2013) e peixes migratórios (POMPEU e GODINHO, 2003). Essas AUs dependem, portanto, de inundações periódicas para ciclar nutrientes, redistribuir sedimentos e controlar a distribuição da biota (JUNK *et al.*, 1989). A figura 1 ilustra as AUs de Planícies Inundáveis e seus mecanismos de funcionamento hidrogeomorfológico.



Figura 1 - A) Bloco diagrama exemplificando AUs de Planícies Inundáveis; B) AU tipo lagoa marginal na planície de inundação do rio São Francisco, em Pirapora, Minas Gerais.

AUs Deprimidas

As AUs Deprimidas apresentam formas planas ou abauladas com contornos fechados ou quase fechados, associadas ou não a corpos d'água. São típicas de relevos topograficamente suaves, apresentam tamanhos variados e são, na maioria das vezes, lagoas transitórias. Podem abranger verdadeiros ecossistemas aquáticos gerados pela acumulação de águas pluviais e/ou interceptação do nível freático. Podem estar isoladas ou conectadas à rede de drenagem superficial e/ou subterrânea.

Os *inputs* hídricos nas AUs Deprimidas podem ser superficiais (precipitação direta e/ou escoamento superficial) e/ou subsuperficiais (oscilações do nível freático profundo e/ou suspenso). Quando a principal ou a única fonte é superficial, a frequência e a duração da presença de água são dependentes dos períodos chuvosos e da permeabilidade do material da AU. Em materiais pouco permeáveis, a água fica retida mais tempo na superfície ou próxima dela, podendo formar níveis freáticos suspensos. Quando ocorrem associadas a corpos d'água, podem receber contribuições ocasionais de inundações por extravasamento marginal, mas, ao contrário da classe Planícies Inundáveis, essa fonte hídrica não será preponderante. Uma lagoa marginal, por exemplo, pode se comportar mais como uma AU Deprimida quando estiver isolada ou praticamente isolada hidrologicamente do fluxo de água de extravasamento lateral do canal fluvial.

Quando a principal fonte hídrica é subsuperficial, a frequência e a duração de sua presença são depen-

dententes das oscilações do nível freático e/ou de contatos hidráulicos com corpos d'água, quando existentes. Geralmente, formam uma classe de AUs que intercepta o nível freático suspenso ou profundo durante os períodos de maior recarga.

Nas AUs Deprimidas as águas se movimentam, sobretudo, por flutuações verticais. As perdas hídricas ocorrem por evaporação, para o nível freático e/ou para outros corpos d'água, quando estes existentes. Apresentam diversas funções HGM, atuando principalmente na recarga e/ou descarga do nível freático e de corpos d'água. Ressalta-se que, assim como as AUs de Cabeceiras de Drenagem, podem variar de função ao longo do ano, tornando-se locais de recarga nos períodos em que o nível freático estiver mais baixo e locais de descarga nos períodos em que o nível freático estiver mais elevado. Quando conectadas à rede de drenagem superficial e/ou subterrânea a sua preservação é essencial em termos de manutenção de nascentes e conservação da qualidade das águas subterrâneas.

Em Minas Gerais, as AUs Deprimidas estão associadas principalmente às áreas deprimidas carbonáticas, ferruginosas e/ou quartzíticas, que apresentam surgência periódica de água. Em termos de cobertura superficial, a vegetação é formada, principalmente, por campos úmidos. Em quartzitos e/ou crostas ferruginosas é notável a presença de campos úmidos rupestres. Esses ambientes podem apresentar desde substratos rochosos ou pouco alterados até solos estritamente hidromórficos.

No estado, as AUs Deprimidas carbonáticas ocorrem nos relevos da Formação Vazante (Coromandel-Lagamar, Vazante-Paracatu e Unaí) e, principal-

mente, do Grupo Bambuí, no médio curso do rio São Francisco, como nas regiões de Arcos-Pains, Lagoa Santa, Sete Lagoas e vale do rio Peruaçu. A região de Lagoa Santa, por exemplo, apresenta um sistema com inúmeras lagoas cársticas temporárias e perenes, formado por dolinas e uvalas, com tamanhos, formas e padrões hidrológicos variados, e por extensas planícies rebaixadas (BERBERT-BORN, 2002). As lagoas da APA Carste de Lagoa Santa são de extrema importância para a conservação da biodiversidade (DRUMMOND *et al.*, 2005), sobretudo em relação à ocorrência de uma grande riqueza de aves aquáticas, incluindo espécies migratórias (NOBREGA, 2015).

Também há AUs em depressões carbonáticas no topo da Serra do Gandarela, interior do Quadrilátero Ferrífero, em função da ocorrência de dolomitos sobre substrato de canga que, periodicamente, formam áreas alagadas (SILVA e SALGADO, 2009). Contudo, as AUs mais ocorrentes no Quadrilátero Ferrífero estão associa-

das a rochas ferruginosas e quartzíticas. Algumas dessas áreas de canga, por exemplo, exibem lagoas e AUs que ocupam uma área em torno de 300 hectares e que podem estar em altitudes acima de 1.300 m (CARMO e JACOBI, 2012; 2013). Esses sistemas atuam como importantes áreas de recarga hídrica e armazenam uma grande quantidade de água, além de garantir a perenidade de diversos cursos d'água. Desempenham, portanto, importante papel nos mananciais regionais.

As AUs Deprimidas associadas às rochas quartzíticas são mais frequentes na Serra do Espinhaço Meridional, na porção central do Estado. Ocorrem geralmente de forma descontínua em altitudes superiores a 900 metros e estão associadas aos campos rupestres encharcados, formando ambientes únicos (DRUMMOND *et al.*, 2005). Por vezes, manchas de turfeiras também podem ser encontradas, sobretudo onde o microclima é mais ameno. A figura 2 ilustra as AUs Deprimidas e seus mecanismos de funcionamento hidrogeomorfológico.



Figura 2 - A) Bloco diagrama exemplificando AUs Deprimidas; B) AU Deprimida brejosa turfosa, na Serra do Espinhaço Meridional, em Minas Gerais.

AUs Planas e Elevadas

AUs Planas e Elevadas apresentam formas planas ou suaves sem contornos fechados definidos e podem estar ou não associadas a corpos d'água naturais e/ou artificiais. Podem apresentar dimensões muito variadas e geralmente ocorrem no contexto geomorfológico de chapadas. Na maioria das vezes, estão conectadas à rede de drenagem superficial e/ou subsuperficial.

As principais entradas de água não são por inundação e sim do acúmulo das águas pluviais e da surgência/exfil-

tração de água subsuperficial, em função do nível freático na superfície ou próxima a esta. A frequência e a duração da presença da água no sistema irão depender do regime pluviométrico, do regime de oscilação do nível freático e da permeabilidade do material. A água se movimenta, principalmente, através de fluxos verticais e/ou superficiais difusos. Em períodos de maior pluviosidade podem ocorrer fluxos concentrados de curta duração. As saídas de água geralmente ocorrem por evapotranspiração, infiltração e percolação da água da planície para o nível freático e/ou para o corpo d'água, quando existentes.

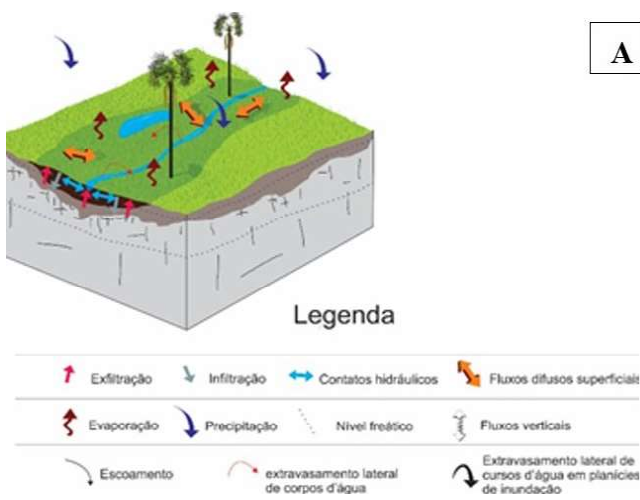
Em Minas Gerais, as AUs de Áreas Planas e Elevadas são, geralmente, sistemas de veredas e de campos de murundus. Nas veredas é comum a ocorrência de subsistemas de nascentes difusas permanentes e lagoas transicionais rasas, permanentes ou temporárias, ocupando áreas mais deprimidas e formando subsistemas mais úmidos. Nos sistemas de campos de murundus ocorrem, com mais frequência, subsistemas de nascentes difusas sazonais.

As coberturas superficiais são geralmente associadas a campos úmidos e, em áreas específicas, palmeirais. Apresentam solos hidromórficos ou com acentuado hidromorfismo. A ocorrência de Organossolos é mais frequente nos sistemas de veredas. Indicadores das veredas são os buritis e dos murundus os microrelevos arredondados, que apresentam solos mais drenados em relação ao seu entorno direto e arbustos e árvores de pequeno porte.

As AUs dessa Classe apresentam diversas funções HGM, com destaque para recarga de aquíferos e/ou descargas hídricas, alimentando e perenizando corpos d'água a jusante, e como filtros naturais de qualidade

das águas. As veredas, por exemplo, são sistemas que desempenham um papel fundamental no equilíbrio hidrológico dos cursos d'água no bioma do cerrado (RAMOS, 2006) e são responsáveis pela manutenção e multiplicação da fauna tanto terrestre quanto aquática (CARVALHO, 1991). Em seu interior, podem apresentar áreas permanentemente secas e ambientes aquáticos.

A classe de AUs Planas e Elevadas é mais presente no bioma do cerrado e nos planaltos da região norte do estado e do Triângulo Mineiro. As de maior extensão estão associadas, principalmente, aos sistemas de veredas nos chapadões e depressões do oeste (Triângulo Mineiro), noroeste e norte do estado, nas bacias dos rios São Francisco, Paranaíba e Grande (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2006). Em menor expressão, ocorrem nas chapadas das bacias dos rios Jequitinhonha e Pardo (DRUMMOND *et al.*, 2005). Em direção leste do estado, as veredas são mais esparsas e concentram-se em alguns trechos de depressões, chapadas e áreas da Serra do Espinhaço (DRUMMOND *et al.*, 2005). A figura 3 ilustra as AUs Planas e Elevadas, bem como seus mecanismos de funcionamento hidrogeomorfológico.



A



Figura 3) A) Bloco diagrama exemplificando AUs Planas e Elevadas; B) Veredas na região da Serra do Cabral, na região centro-norte de Minas Gerais.

AUs de Cabeceiras de Drenagem

As AUs de Cabeceiras de Drenagem apresentam forma côncava e podem coincidir com vales não canalizados e anfiteatros. Estão associadas a zonas de exfiltração/surgência de água, dando origem, na maioria das vezes, a nascentes difusas e canais de 1ª ordem brejosos e/ou pantanosos. Sua forma facilita a convergência de fluxos pluviais e subsuperficiais e a acumulação de se-

dimentos das encostas, que podem auxiliar na retenção de água e na formação de áreas encharcadas.

As AUs de Cabeceiras de Drenagem apresentam extensão e gradientes de inclinação variados e geralmente ocorrem em posição de alta ou média encosta, podendo apresentar calhas fluviais bem definidas, porém rasas e com vegetação. Quando ocorrem em baixas porções das vertentes estão associadas, na maioria das vezes, a

soleiras geomorfológicas/geológicas, onde há um maior acúmulo de água. Apresentam, com frequência, feições deposicionais permeáveis, como rampas de colúvio e tálus de blocos. Geralmente, estão conectadas à rede de drenagem. Ressalta-se que quando os contornos são completamente fechados, são AUs Deprimidas.

As principais entradas de água são provenientes da exfiltração do nível freático profundo e/ou suspenso, da precipitação direta e do escoamento superficial. Quando a principal fonte de água é o nível freático profundo, as AUs tendem a ser permanentes. Por outro lado, quando a principal fonte é a água superficial, tendem a ser AUs com regime temporário alimentadas pelas águas pluviais que formam níveis freáticos suspensos no solo. Assim, a formação e a manutenção destas AUs dependem, portanto, das contribuições periódicas pluviais e da permeabilidade do material, que deve ser baixa o suficiente para permitir um maior acúmulo de água. Em relação ao movimento hídrico dominante, este se

dá por fluxos geralmente difusos no sentido das baixas vertentes. As saídas de água ocorrem por evapotranspiração, infiltração e, na maioria das vezes, por pequenos fluxos fluviais. A jusante podem ser formadas AUs de Fundos de Vale.

As AUs de Cabeceiras de Drenagem apresentam dimensões variáveis e ocorrem com grande frequência em todo o estado. Apresentam comumente solos hidromórficos ou com acentuado hidromorfismo. A vegetação é variada e adaptada às condições físicas locais. Em termos HGM, apresentam interconexões entre a superfície e o meio subterrâneo, o que torna sua preservação essencial para a manutenção hidrológica dos cursos d'água de ordens superiores. Além disso, dependendo do uso do solo da bacia, AUs em zonas de cabeceiras têm grande capacidade de alterar a qualidade das águas à jusante. A figura 4 ilustra as AUs de Cabeceiras de Drenagem e seus mecanismos de funcionamento hidrogeomorfológico.



Figura 4 - A) Bloco diagrama exemplificando AUs de Cabeceiras de Drenagem; B) AU de Cabeceiras de Drenagem, associado a canal de primeira ordem brejoso, na Serra do Cipó – MG, típicas em qualquer contexto de Minas Gerais.

AUs de Fundos de Vale

As AUs de Fundos de Vale apresentam morfologias planas a onduladas, extensões variadas e estão sempre conectadas à rede de drenagem, mas podem ou não apresentar cursos d'água bem definidos. Se diferem das AUs de Planícies Inundáveis por não apresentarem (ou apresentarem poucas) feições deposicionais fluviais atuais típicas de planície de inundação (como barras de pontal, diques marginais, meandros abandonados e lagoas). Se diferem das AUs de Cabeceira de Drenagem por não apresentarem forma côncava. Ocorrem em contexto serrano e colinoso.

As AUs de Fundos de Vale sem curso d'água bem definido tendem a se formar quando um canal perde confinamento e energia, de forma natural ou por influência antrópica. Estes canais integram as AUs, pois apresentam margens pouco delimitadas e fluxos difusos. Já as AUs de Fundos de Vale que abrangem um curso d'água definido, as margens do canal são bem marcadas e o fluxo de água é geralmente concentrado.

As principais fontes de água das AUs sem canais definidos são provenientes das águas superficiais (precipitação direta e/ou escoamento superficial), das águas

percoladas das encostas adjacentes e, quando presentes, dos fluxos espraiados e difusos de origem fluvial. Podem apresentar contribuições dominantes ou secundárias da exfiltração do nível freático. A água se movimenta, principalmente, através de fluxos superficiais difusos. As saídas de água ocorrem por escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração e, com frequência, formam-se cursos d'água nas zonas de saída dos fluxos.

Nas AUs com canais definidos pode haver contribuições primárias ou secundárias de inundações e, em momentos de maior pluviosidade, os fluxos superficiais difusos podem dar lugar aos concentrados. Os *outputs* hídricos geralmente ocorrem por escoamento superficial, evapotranspiração, infiltração e percolação para o canal e/ou nível freático. O regime hidrológico das AUs de Fundos de Vale pode envolver saturação permanente ou sazonal do solo e/ou inundações ou

alagamento permanente ou temporário. Associam-se, geralmente, a cursos d'água de pequena a média magnitudes e ordens.

Esta categoria de AUs ocorre com grande frequência no estado e, muitas vezes, relacionada a pequenos barramentos antrópicos. São, geralmente, sistemas brejosos ou pantanosos. Os solos são aluviais, hidromórficos ou com acentuado hidromorfismo e as fitofisionomias presentes são os campos úmidos, as florestas inundáveis e/ou palmeirais. As AUs apresentam diversas funções HGM, como recarga e/ou descarga do nível freático e a manutenção de cursos d'água e da qualidade das águas superficiais e/ou subsuperficiais.

A figura 5 ilustra as AUs de Fundo de Vale e seus mecanismos de funcionamento hidrogeomorfológico. Observa-se o maior desenvolvimento de vales fluviais em relação às AUs de Cabeceiras (figura 4b).

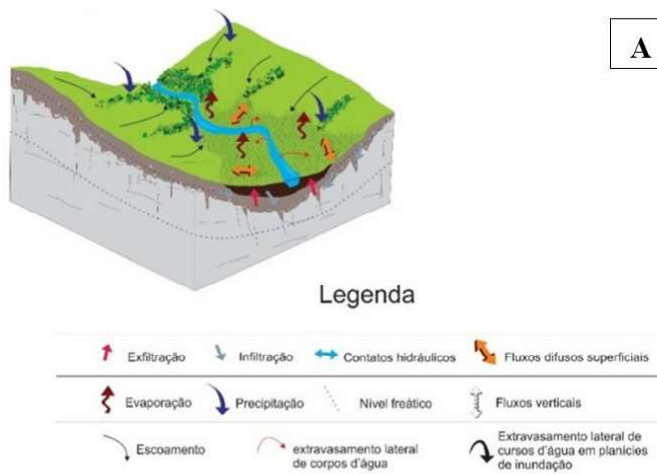


Figura 5 - A) Bloco diagrama exemplificando AUs de Fundo de Vale; B) AU de Fundo de Vale sem curso d'água bem definido na Mesorregião do Campo das Vertentes - MG.

Considerações finais

Conforme foi abordado ao longo deste artigo, as AUs desempenham inúmeras funções hidrogeomorfológicas e ambientais essenciais, atuando na manutenção da dinâmica hidrológica e no regime de inundações, na recarga de aquíferos, e na proteção da qualidade das águas, dentre outras. O desenvolvimento de uma classificação HGM das AUs auxilia pesquisadores e profissionais a compreender melhor a diversidade de processos e funções desempenhados pelas AUs na paisagem.

O trabalho trouxe um panorama geral dos principais tipos de AUs existentes no Estado de Minas Gerais, considerando seus contextos geomorfológicos de

ocorrência, os mecanismos e processos de manutenção e funcionamento hidrológicos, suas relações com os sistemas aquáticos adjacentes, suas principais funções hidrogeomorfológicas e características fitofisionômicas e pedológicas. Pode-se dizer que a proposta forneceu elementos necessários para permitir que os leitores entendam a base e teoria subjacente à abordagem HGM, dentro de uma classificação HGM de AUs de Minas Gerais.

O foco nas características abióticas das AUs não pretendeu desconsiderar a importância que a biota desempenha na estrutura e função dos ecossistemas das AUs. Pelo contrário, espera-se que, conhecendo-se as classes, leve-se a uma melhor compreensão da relação entre os aspectos bióticos e físicos.

As Classes HGM podem auxiliar tanto a realização de trabalhos técnicos ou científicos que visem classificar as AUs em escalas mais detalhadas, assim como o desenvolvimento de sistemas de classificação mais abrangentes, que envolvam diversas variáveis ambientais. Assim, espera-se que as Classes HGM possam fornecer elementos para trabalhos com recortes espaciais locais ou regionais.

As Classes HGM propostas apresentam um panorama geral das AUs de Minas Gerais e é limitada à agregação de AUs com formas e funções semelhantes. É uma abordagem para que um conjunto de AUs existentes em uma dada região geográfica possa receber classes hidrogeomorfológicas que revelem melhor suas funções no ecossistema. Não se destina a ser um procedimento de “avaliação” que classifique uma AU em relação a outra para avaliar suas funções específicas, embora possa servir como ponto de partida para os procedimentos de avaliação HGM em campo.

Brooks *et al.* (2013) salientam que o método HGM de classificação das AUs é uma ferramenta científica de auxílio na elaboração de medidas de proteção e/ou recuperação de bacias hidrográficas. Os autores ainda sugerem que os sistemas de classificação locais ou regionais sejam acompanhados de exemplos representativos de AUs que tipificam cada classe e subclasses principais, e que exibem características que melhor definem um tipo específico de AU para dada região.

Para que se tenha um panorama mais detalhado dos tipos de AUs em uma dada região geográfica (área relativamente homogênea no que diz respeito a fatores determinantes do funcionamento das AUs), subdivisões em subclasses específicas são necessárias para distinguir os muitos tipos de AUs que podem ocorrer. Por outro lado, ao estudar em detalhes o funcionamento de vários tipos de AUs, deve-se conseguir extrapolar dentro dessa mesma região geográfica para outras AUs semelhantes (BRINSON, 1993; SMITH *et al.*, 1995). Conforme Brinson (1993), o critério mais crucial para a seleção de AUs representativas de um dado contexto geográfico analisado (denominadas de AUs de referência) é que elas incluam representantes de AUs naturais (sem alterações antrópicas) ou quase naturais, representando “tipos” semelhantes em termos vegetacionais, geológicos e pedológicos.

Nesses estudos, informações hidrogeomorfológicas adicionais podem ser necessárias, tais como a

dimensão da AU, sua localização na bacia hidrográfica, tamanho e configuração geomorfológica da bacia, sua conexão e proximidade com corpos d’água e ordens e gradiente dos cursos d’água associados (quando aplicável) (LARSON, 2009). Além disso, a identificação de indicadores de campo pode ser necessária, como marcas d’água, composição de espécies, textura do solo, etc (BRINSON, 1993). Esse levantamento deve ser acompanhado de ilustrações, imagens e mapas temáticos a fim de auxiliar a classificação (GOMES, 2017). Assim, a determinação da função ou das funções HGM de uma AU em campo depende de um levantamento específico de dados secundários e primários para avaliar as características e relações de dependência entre diversos componentes ambientais, bem como as magnitudes da dinâmica e funcionamento das AUs (MANZANO *et al.*, 2002). Com esses estudos, subclasses de AUs podem ser criadas à medida que novos dados se tornam disponíveis e os controles hidrogeomórficos se tornam mais bem compreendidos para as diferentes regiões geográficas.

Pode-se dizer que a proposta de classificação hidrogeomorfológica das AUs em Minas Gerais contribui para a literatura das AUs brasileiras, em especial os tipos gerais de AUs de Minas Gerais. Além disso, espera-se que este trabalho possa servir de embasamento ou estímulo para futuras pesquisas sobre o tema e para propiciar avanços na proteção desses ecossistemas.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de pesquisa; Ao grupo RIVUS - Geomorfologia e Recursos Hídricos.

Referências bibliográficas

BERBERT-BORN, M (2002). Carste de Lagoa Santa, MG - berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. In SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília: p. 415-430.

BRINSON M.M (1993). **A hydrogeomorphic classification for wetlands**. Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4. Vicksburg, MS: US Army Engineer Waterways Experimental Station, 79p.

BRINSON, M.M (2009). The United States HGM

- (hydrogeomorphic) approach. In: MALTBY, E; BARKER, T (eds). **The wetlands handbook**. Wiley-Blackwell, Oxford, UK: p.486 -512.
- BROOKS, R; BISHOP, J.A; WARDROP, D.H. Assessing Wetland Condition on a Watershed Basis in the Mid-Atlantic Region Using Synoptic Land-Cover Maps. **Environmental monitoring and assessment**, v. 94 (1-3), p.9-22, 2004. DOI: 10.1023/B:EMAS.0000016876.63062.3d
- BROOKS, R.P; BRINSON, M.M; WARDROP, D.H; BISHOP, J.A. (2013). Hydrogeomorphic (HGM) classification, inventory, and reference wetlands. In R.P. BROOKS; D.H. WARDROP (eds). **Mid-Atlantic freshwater wetlands: Advances in science, management, policy, and practice**. Springer, New York: 39-59. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5596-7_2
- CARMO, F.F.; JACOBI, C.M. (2012). As cangas do Quadrilátero Ferrífero. In Jacobi, C.M. & Carmo, F.F. (orgs.). **Diversidade florística nas cangas do Quadrilátero Ferrífero**. Editora IDM, Belo Horizonte: p. 1-13.
- CARMO, F. F. e JACOBI, C. M. A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.64, n.3, p.527-541. 2013.
- CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.168, p.54-56, 1991.
- CARVALHO, C.M.S. **Lagoas marginais: importância ecológica para a conservação de aves aquáticas no Alto Rio São Francisco Minas Gerais – Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Viçosa. 2013. 57p.
- CUNHA, C.N.; PIEDEDE, M.T.F.; JUNK, WJ. **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats** [recurso eletrônico]. Cuiabá: EdUFMT, 2015. 165p.
- DAVIS, C.A; DVORETT, D.; BIDWELL, J.R; BRINSON, M.M. (2013). Hydrogeomorphic Classification and Functional Assessment. In ANDERSON, J.T.; DAVIS, C. **Wetland Techniques**. Springer. p.29-68. DOI: 10.1007/978-94-007-6907-6
- DRUMMOND, G.M.; MARTINS, C.S.; MACHADO, A.B.M.; SEBAIO, F.A.; ANTONINI, YASMINE. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2. Ed - Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.
- DVORETT, D.; BIDWELL, J.; DAVIS, C.; DUBOIS, C. Developing a Hydrogeomorphic Wetland Inventory: Reclassifying National Wetlands Inventory Polygons in Geographic Information Systems. **Wetlands**. 32 (1). 83–93, 2011. DOI: 10.1007/s13157-011-0247-7.
- EEM, Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). **Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua**. Informe de síntesis. World Resources Institute, Washington. 43p.
- 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 em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 2009. 275p.
- FINLAYSON CM; DAVIDSON, N.C; STEVENSON, N.J (2001). **Wetland inventory, assessment and monitoring: Practical techniques and identification of major issues**. Publication Proceedings of Workshop 4, 2nd International Conference on Wetlands and Development, Dakar, Senegal, November 1998, Supervising Scientist Report 161, Supervising Scientist, Darwin, 136p.
- GOMES, C.S. **Bases teórico-conceituais e subsídios para a classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas em Minas Gerais**. Dissertação (mestrado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. 212p.
- GOMES, C. S. MAGALHÃES JR, A.P. Aparato conceitual sobre áreas úmidas (wetlands) no Brasil: desafios e opiniões de especialistas. **Bol. Goia. Geogr.** (Online). Goiânia, v. 37, n. 3, p. 485-508, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v37i3.50767>
- GOMES, C. S; MAGALHÃES JR, A.P. Sistemas de classificação de áreas úmidas no Brasil e no mundo: panorama atual e importância de critérios hidrogeomorfológicos. **Geouerj**. n. 33, e, 34519, 2018. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.34519>
- JUNK, W; BAYLEY, P; SPARKS, R. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. **Can. Spec. Public Fish. Aquat. Sci.** 106: p. 110-127, 1989.
- KOTZE, D.C. **A system for supporting wetland management decisions**. PhD (Doctor of Philosophy). Scholl of Applied Environmental Sciences, University of Natal, Pietermaritzburg. 1999.
- LARSON, J.S (2009). Introduction – Methodologies for Wetland Assessment. In MALTBY, E; BARKER, T (eds). **The wetlands handbook**. Wiley-Blackwell, Oxford, UK: p.467-485.
- MALTBY, E; BARKER, T; LINSTEAD, C (2009). Development

- of a European Methodology for the Functional Assessment of Wetlands. In MALTBY, E; BARKER, T (eds). **The wetlands handbook**. Wiley-Blackwell, Oxford, UK: p. 513-544.
- MANZANO, M; BARRERA, F.B. Metodología de tipificación hidrológica de los humedales españoles con vistas a su valoración funcional y a su gestión. Aplicación a los humedales de Doñana. **Boletín Geológico y Minero**, 113 (3): 313-330. 2002.
- MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. **Wetlands**. 4th ed. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons. 2007. 582p.
- MOREIRA, V.B.; FILHO, A.P. Nascentes do Cerrado no Triângulo Mineiro-MG: caracterização física das veredas e campos de murundus. In: XI Encontro Nacional da ANPEGE. **Anais A diversidade da geografia brasileira: escalas e dimensões da análise e da ação**. Presidente Prudente/SP: UFGD/ANPEGE/UNESP. 2015. p. 6549-6560. ISBN 2175-8875.
- NÓBREGA, P.F.A. **Aves aquáticas da área de proteção ambiental Carste de Lagoa Santa: ecologia e conservação**. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. 186p.
- OLIVEIRA FILHO, A.T. **Catálogo das árvores nativas de Minas Gerais: mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Editora UFLA, Lavras, 2006. 423p.
- OLLIS, D.J.; SNADDON, K.; JOB, N.; MBONA, N (2013). **Classification System for Wetlands and other Aquatic Ecosystems in South Africa**. User Manual: Inland Systems. SANBI Biodiversity Series 22. South African National Biodiversity Institute, Pretoria, 110p.
- POMPEU, P. S.; GODINHO, H. P (2003). Ictiofauna de três lagoas marginais do médio São Francisco. In GODINHO, H. P; GODINHO, A. L. **Água, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Editora PUC Minas, Belo Horizonte: 167-181p.
- RESENDE, I.L.M; ARAÚJO, G.M.; OLIVEIRA, A.P.A.; OLIVEIRA, A.A.; JÚNIOR, R.S.A. A comunidade vegetal e as características abióticas de um campo de murundu em Uberlândia, MG. **Acta bot. bras.** v.18, n.1, p.9-17. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000100002>.
- RAMOS, M; CURI, N. Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**. v.30, n.10, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000200014>
- RAMSAR. (2018). **Ampliar la conservación, el uso racional y la restauración de los humedales para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible**. Los humedales y los ODS.13p.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T (1998). Fitofisionomias do bioma Cerrado In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa Cerrados, Brasília. p.87-166.
- RODRÍGUEZ, M. G. Clasificación funcional de humedales ribereños. **Tecnología y desarrollo**, n.1: p 1-26, 2003.
- SEMENIUK, C.A.; SEMENIUK, V. A geomorphic approach to global classification for inland wetlands. **Vegetatio** 118: 103–124, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00045193>
- SEMENIUK, C.A.; SEMENIUK, V. A comprehensive classification of inland wetlands of Western Australia using the geomorphic-hydrologic approach. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, 94: 449–464, 2011.
- SILVA, J.R.; SALGADO, A.AR. Mapeamento das unidades de relevo da região da Serra do Gandarela - Quadrilátero Ferrífero-/MG. **Geografias**, v.5 n.2. p.107-125, 2009.
- SMITH R. D.; AMMANN A.; BARTOLDUS C.; BRINSON M. M (1995). **An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices**. Wetlands Research Program Technical Report TR WRP-DE-10. Vicksburg, MS: U S Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, 71p.
- WELCOMME, R. L (1985). **River Fisheries**. FAO Fisheries Technical Paper nº262, 330p.