11. SISTEMAS LACUSTRES INTERIORES: AVANÇOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

Gisele Barbosa dos Santos[1] & Paulo de Tarso Amorim Castro[2]

[1] Universidade Federal de Juiz de Fora; Instituto de Ciências Humanas - Departamento de Geociências - ICH - Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora - Rua José Lourenço Kelmer, S/Nº - São Pedro, Juiz de Fora - MG, 36036-900; barbosadossantosgisele@gmail.com
[2] Universidade Federal de Ouro Preto; ptacastro@gmail.com

Resumo: As investigações sobre gênese de lagos têm grande relevância em pesquisas geomorfológicas e geológicas, pois podem revelar quais são os agentes que imperam na construção desta paisagem, podendo ser os de natureza endógena, resultantes da evolução de deformações crustais, ou de âmbito exógeno, ligados principalmente à processos superficiais atmosféricos e hidrológicos. Este trabalho apresenta uma revisão de estudos científicos envolvendo gênese e classificação de lagos, dando ênfase às pesquisas desenvolvidas no Brasil. Foram elencados artigos em periódicos e eventos, além de monografias, dissertações e teses no âmbito nacional e internacional. No Brasil os estudos relacionados a lagos de origem fluvial são mais comuns, destacando-se aqueles formados por barragem natural de tributários ou por processos da dinâmica de planícies de inundação, que resultam no isolamento de corpos d'água dando origem aos lagos fluviais. Este capítulo busca organizar, reunir e ampliar o conhecimento sobre a diversidade de lagos de interiores, bem como apresentar inovações nos métodos investigativos dos mesmos. Aborda temáticas sobre características gerais, gênese, classificação e sedimentação lacustres, em diferentes escalas temporais e espaciais. Os estudos são relativamente mais desenvolvidos nas regiões Norte e Centro-oeste do país. Destaca-se a importância do sensoriamento remoto e morfometria, dentre os principais métodos investigativos utilizados, seguido por análises mineralógicas, geoquímicas, microfossilíferas, texturais e cronológicas dos sedimentos lacustres, análises geoquímicas da água das lagoas, bem como investigações com enfoque pedológicos em topossequência associadas às análises geoquímicas e micromorfológicas. Por fim, inúmeros trabalhos apontaram o uso de métodos geofísicos como promissores para a interpretação de ambientes lacustres. Nota-se que pesquisas sistêmicas multiescalares no tempo e no espaço são imprescindíveis para a consolidação do conhecimento de sistemas lacustres sob a perspectiva geomorfológica.

Palavras-Chave: Depressões Fechadas; Lagos; Multiescalaridade Geomorfológica; Morfotectônica.

Abstract: Investigations about lakes' genesis have great relevance in terms of geomorphological and geological researches once they may reveal which ones are the agents that build such landscape. They can be the ones of endogenous nature, which result from the evolution of crustal deformation, or of exogenous ambit, which are mainly related to hydrological and atmospheric superficial processes. This work presents a review of scientific studies about genesis and classifications of lakes, emphasizing the researchers developed in Brazil. Articles have been listed in journals and events besides researches in monographs, dissertations and theses, both on domestic and international ambits. The studies about lakes formed by rivers are more common in Brazil, highlighting the ones formed by natural dam of tributaries or by processes of floodplain dynamics that lead to the isolation of bodies of water, what form the fluvial lakes. This chapter aims to organize, gather and amplify the knowledge about the diversity of inland lakes, as well as to present innovations in their investigative methods, addressing themes about general characteristics, genesis, lacustrine classification and sedimentation in different spatial and temporal scales. Those studies are relatively more developed in the Northern and Midwestern Brazil. Among the main investigative methods performed, the importance of remote sensing and morphometry deserves to be highlighted, followed by mineralogical, geochemical, mcrofossiliferous, textural and chronological analyses of the lacustrine sediments, geochemical analyses of the lakes' water as well as investigations with a pedological focus on topsequences associated to the geochemical and micromorphological analyses of the soil. Finally, uncountable studies pointed to the use of geophysical methods as promising for interpretation of lacustrine environments. As noticed, multiscale systemic researches in terms of time and space are essential for the consolidation of the knowledge about lacustrine systems under the geomorphological perspective.
Keywords: Closed Depression; Lakes; Geomorphological Multiscale; Morphotectonics.

Tema: Geomorfologia Lacustre

---

1. INTRODUÇÃO

Abordar a temática "origem de sistemas lacustres" é uma empreitada complexa e desafiadora, pois um sistema no âmbito das geociências pode ser considerado como a expressão física de um arranjo de elementos ambientais que se interagem de forma dinâmica e com intensidade variável no tempo e no espaço, enquanto que a paisagem exprime heranças das sucessivas relações destes elementos. Os processos químicos, físicos e biológicos que regem um sistema lacustre estão associados às características das bacias hidrográficas, as quais pertencem, possuindo uma relação direta com as condições estruturais, litológicas, geomorfológicas, hidrológicas e climáticas.

Diante disso, os sistemas lacustres são objetos de estudos de diversos ramos das ciências. A Geologia e a Geografia abordam principalmente questões paleoambientais, paleogeográficas e geomorfológicas. Estas questões estão diretamente relacionadas a

fenômenos endógenos, aqueles originários do interior da crosta terrestre, e sua interação com os fenômenos exógenos da atmosfera e da hidrosfera.

No Brasil, os estudos relacionados aos lagos de origem fluvial são mais comuns, destacando-se aqueles formados por barramento natural de tributários ou pela dinâmica de planícies de inundação, que isolam corpos d'água dando origem aos lagos fluviais. Já estudos de lagos de conexão periódica ou desconexos de planícies fluviais são mais restritos, podendo se destacar aqueles relacionados a depressões resultantes da dissolução de rochas carbonáticas encobertas ou não, ou associadas a estruturas tectônicas. Processos de dissolução também ocorrem em rochas vulcânicas, bem como em crostas lateríticas. Sistemas lacustres não associados às planícies fluviais também podem ser originados por processos de deflação, ou seja, a ação eólica forma depressões no relevo, que ao serem preenchidas por água originam lagos. Em regiões brasileiras com grande sazonalidade, como em clima semiárido e em tropical as depressões são preenchidas por água em épocas de chuvas, e nem sempre são adequadamente estudadas sob a dinâmica lacustre sazonal.

Este capítulo apresenta uma revisão ampla de estudos científicos envolvendo processos relacionados à gênese, dinâmica e geoformas de lagos, majoritariamente de estudos realizados em Brasil. Foi realizado um levantamento da produção científica a respeito da ocorrência e distribuição de lagos, procurando destacar o uso de diversos métodos investigativos, bem como as escalas temporo-espaciais de análise. Os estudos são relativamente mais numerosos nas regiões Norte e Centro-oeste do país (Figura 1).

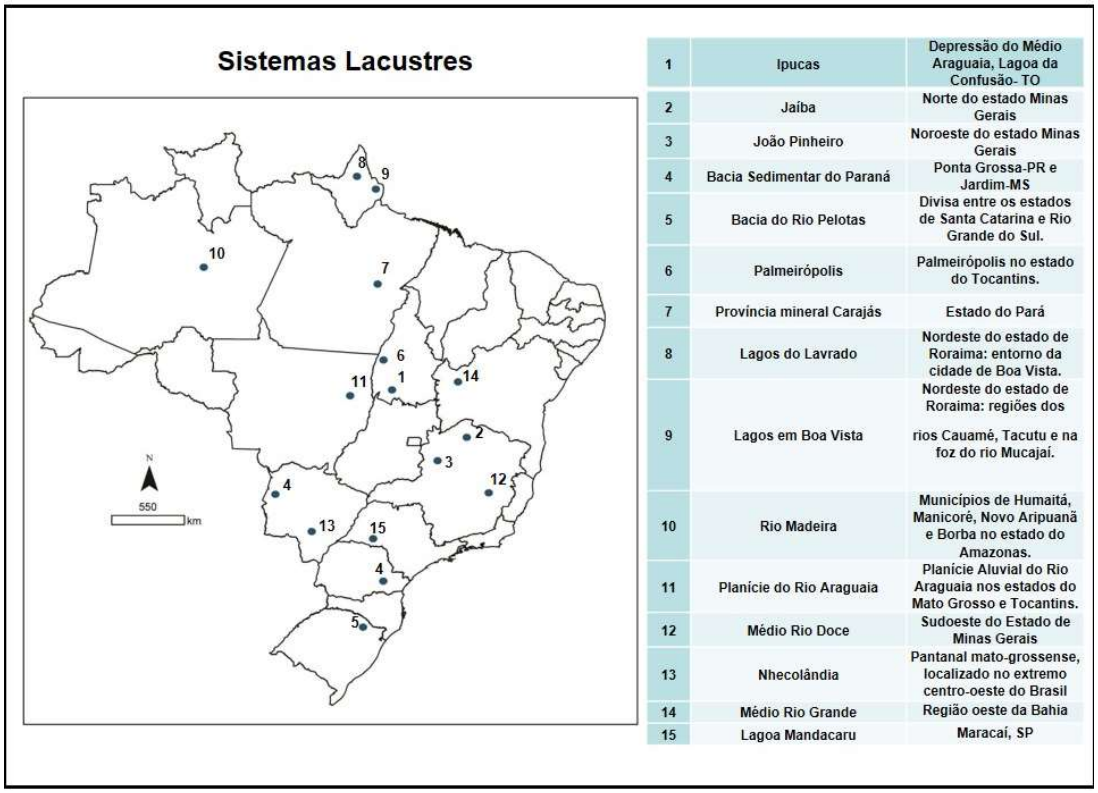

Figura 1. Principais estudos sobre Sistemas Lacustres no Brasil.

Nota-se que investigações e interpretações sobre a origem de sistemas lacustres no Brasil estão distantes de se extenuarem, o que justifica esforços da comunidade científica para desvendar as nuances desses ambientes sob uma perspectiva da evolução geomorfológica. Esses sistemas podem ser considerados como fonte importante de inspiração para muitas pesquisas, já que possuem indícios para o entendimento de uma sucessão de eventos, principalmente na história geológica e evolução climática recente.

2. ESTADO DA ARTE SOBRE FORMAÇÃO DE LAGOS DE INTERIORES

2.1. Classificação e Processos de Formação de Lagos

Day (2006) menciona que cientistas desenvolveram formas de classificação de lagos e suas características intrínsecas. Por exemplo, os geólogos, descrevem mais de cem tipos diferentes de lagos com base em suas condições de formação. O referido autor salienta que, em trabalhos mais recentes, a ênfase dos estudos descritivos deu lugar às investigações dos processos atuantes na formação de dinâmica dos lagos. Quanto à gênese de lagos destacam-se àqueles de origem glacial e periglacial, fluvial, vulcânico, tectônico, costeiro, cárstico ou de dissolução, eólico e de barramento. Dadas às condições climáticas e geológicas reinantes durante o Neógeno no Brasil, serão descritos aqui, os tipos de lagos cuja existência é recorrente no país.

2.1.1. Lagos de origem tectônica

Os lagos de origem tectônica foram divididos em dois tipos por Tundisi & Tundisi (2008), sendo um primeiro grupo originado por depressões resultantes de processos epirogenéticos positivos ou negativos e um segundo grupo resultante de falhas relacionadas à rupturas da crosta terrestre (Figura 2).

Sternberge (1950) descreve os lagos Manacupuru, Anamã, Badajós, Piorini e Miuá na Planície Amazônica, como sendo originários de processos de ajustes isostáticos epirognéticos. Onde a sobrecarga sedimentar deflagrou o neotectonismo em faixas de fraqueza preexistentes na crosta, sob as camadas sedimentares mais novas que atualmente nivelam a planície amazônica. Formando assim vales tectônicos, que foram aprofundados por erosão e alagados formando os lagos.

Ainda na Planície Amazônica, Costa *et al.* (2010) relatam a existência de inúmeros lagos piscosos, de grandes dimensões formados por barramentos tectônicos, resultantes de falhamentos. Costa *et al.* (1996) afirmam que a variação de altitudes de norte para sul, na região do Monte Roraima, sugere que falhas transcorrentes foram importantes componentes do deslocamento de blocos, resultando em vales suspensos e lagos decorrentes de canais fluviais bloqueados pelas falhas. Hayakawa & Rossetti (2012) identificaram o mesmo processo de formação de lagos no médio e baixo curso do rio Madeira, ao estudarem a rede de drenagem por meio de produtos de sensoriamento remoto.

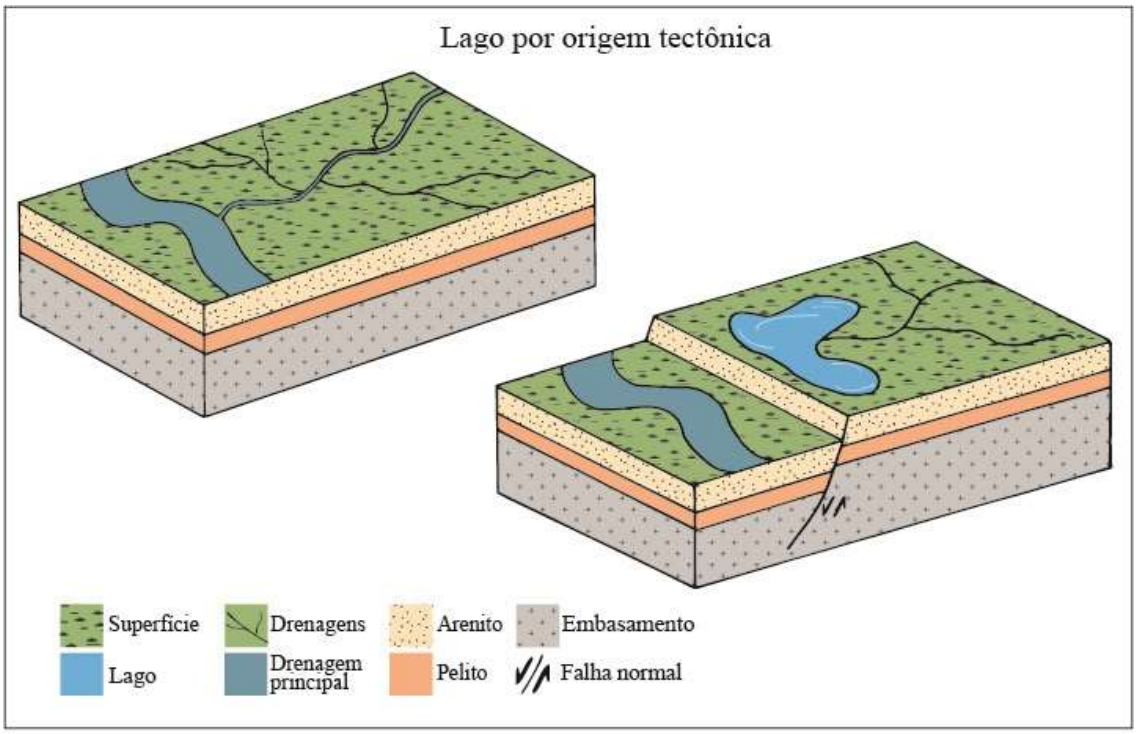

Figura 2. Lagos por origem tectônica.

Na região sudeste do Brasil, na bacia do Rio Doce, em Minas Gerais, emergem discussões valiosas quanto à origem do sistema lacustre local. De acordo com Castro (2001), a gênese dos lagos pode ser explicada por duas grandes correntes interpretativas, a primeira afirma que a gênese dos lagos estaria associada à colmatação de afluentes do rio Doce, em função de oscilações climáticas advindas desde o Pleistoceno, identificadas a partir de análises em sedimentos coluvionares e lacustrinos (MEIS, 1977; MEIS & MONTEIRO, 1979; MEIS & TUNDISI, 1986). Neste caso, para os autores que advogam esta corrente, a gênese dos lagos estaria relacionada ao barramento ocasionado por colúvios. Para a segunda corrente a origem dos lagos estaria associada tectônica regional. Barbosa & Kohler (1981), utilizando-se de fotografias aéreas e imagens de radar, atestaram um intenso controle tectônico relacionado à direção dos lagos e dos barramentos. Mello (1997) comprova de maneira irrefutável, a influência da tectônica na evolução dos lagos, utilizando de dados neotectônicos e de seções sísmicas realizadas nos lagos do rio Doce.

Saadi (2005) ao estudar os terraços fluviais e rampas coluviais identificou evidências morfotectônicas que são compatíveis com o basculamento de blocos, que controlam a rede fluvial e lacustre na bacia do rio Doce, corroborando os estudos aventados acima. Já Faria (2013), estudou este mesmo sistema e constatou por meio de cartografia morfométrica que não existe relação entre a colmatação das lagoas, forma das bacias de contribuição e formato das lagoas, demonstrando que as condições ambientais das lagoas se devem à tectônica Cenozoica.

Neste tipo de processo tectônico ocorre um ajuste da drenagem na zona de falha, promovendo mudanças no gradiente topográfico dos rios, o que provoca o afogamento de canais tributários em suas desembocaduras e formação de lagos e, também abandono de canais, resultantes de processos de avulsão e formação de paleocanais e entulhamento de lagos.

2.1.2. Lagos de origem antrópica

Os lagos de origem antrópica podem ser originários de escavações artificiais, superficiais ou subterrâneas, que são posteriormente preenchidas por água, ou provenientes do barramento artificial (Figura 3) de cursos d'água (SPERLING, 1999).

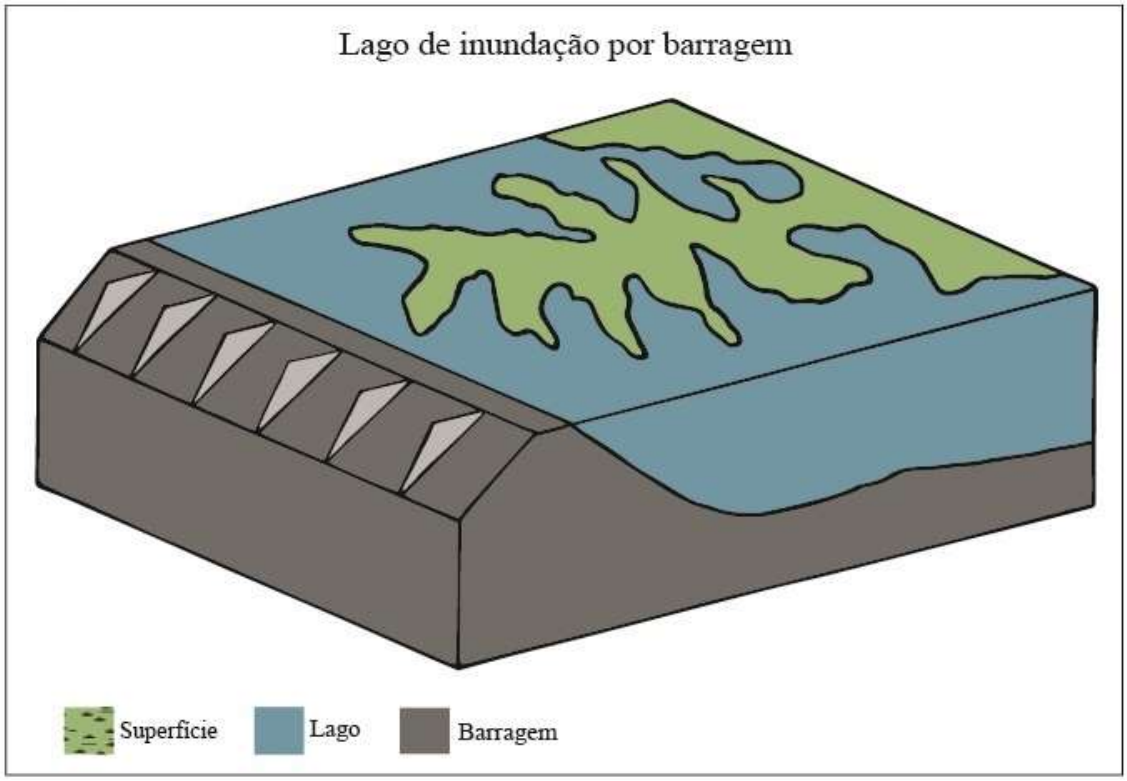

Figura 3. Lagos por origem de barramento antrópico.

A sua maior expressão são aqueles formados a partir de barragens, que apresentam geralmente grande porte, formato alongado e seguem o formato original do vale do rio que foi barrado artificialmente. No Brasil, eles têm como principal objetivo a geração de energia elétrica, mas podem também ser utilizados para irrigação, abastecimento industrial e doméstico (SPERLING, 1999).

Os estudos sobre lagos resultantes de cava de mineração se tornaram mais frequentes a partir da década de 1990. Diversos interesses permeiam a formação destes lagos, como estudos de impactos ambientais, morfológicos, qualidade da água, hidrológicos, biológicos e turístico.

Morfologicamente, são lagos geralmente afunilados e com profundidade acentuada, possuem paredes rochosas abruptas e não possibilitam boa circulação da d'água (Figura

4). Hidrologicamente, ocorre interferência no lençol freático com uso de bombas de sucção para rebaixamento do nível de água e a consequente possibilidade de extração do minério. Ao cessar a retirada do minério cessa também a retirada de água, o que causa a formação de um lago na cava da mina (CASTENDYK e EARY 2009).

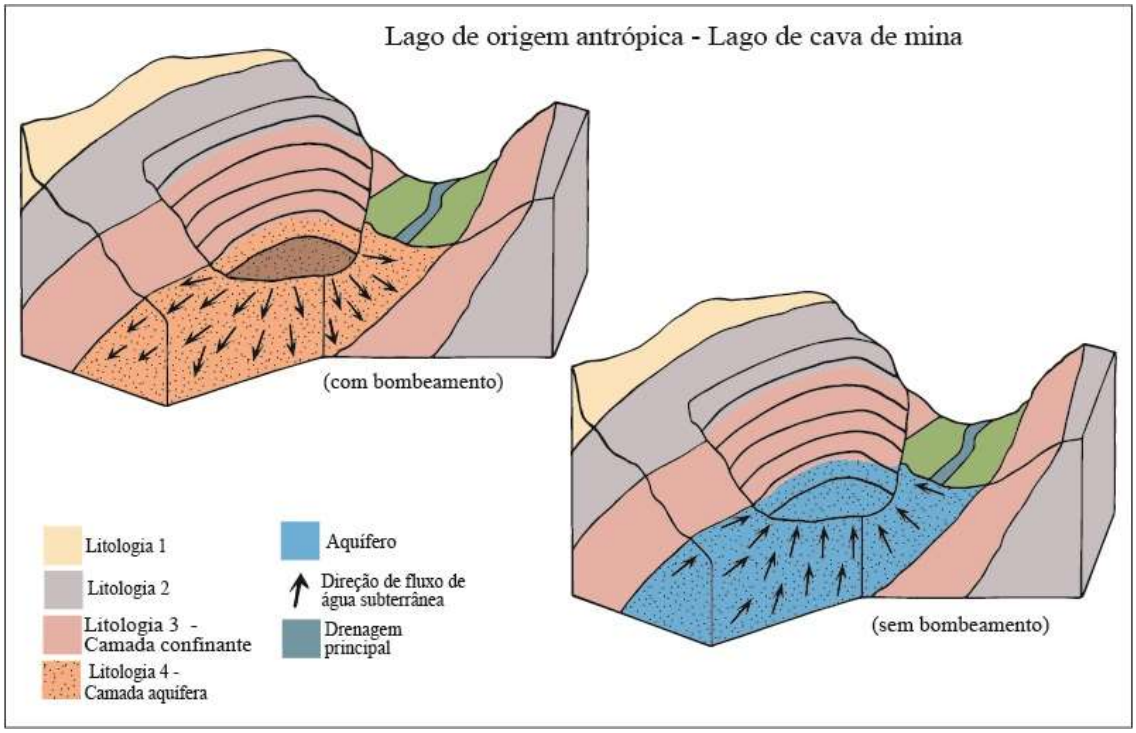

Figura 4. Lagos por origem antrópica: cava de mina.

Esta dinâmica também interfere nos processos geomorfológicos como na estabilidade dos taludes da mina, bem como no sistema de escoamento da drenagem pluvial e fluvial das vertentes próximas à cava.

No que tange à qualidade da água, Zhao *et al.* (2009) agruparam os lagos em quatro categorias: ácidos, neutros, salinos, com boa qualidade bacteriológica e físico-química. De acordo com Gammons *et al.* (2009), os lagos de mineração de carvão mineral e de ouro em rochas sulfetadas tendem a serem ácidos, causando graves consequências ambientais.

A criação de lagos antrópicos acarreta a transformação de um ambiente lótico em um ambiente semelhante ao lêntico, e esse fato emerge uma demanda por estudos e pesquisas no que se refere à formação do lago relacionada ao uso e ocupação da área inundada, questões climáticas (principalmente sobre evaporação e umidade), propagação de vetores de doenças, dinâmica geomorfológica da drenagem e de encostas, abalos associados ao peso da lâmina d'água, sedimentação do lago, eutrofização, questões sobre perda genética de fauna e flora.

2.1.3. Lagos originados por processos eólicos

Lagos originados por processos eólicos são também denominados de "*Lagos de Deflação"* e *"Lagos de Duna"*, ou seja, são àqueles formados pela ação do vento. De acordo com Esteves (1998), o deslocamento de dunas, principalmente aquelas desprovidas de vegetação, ao se acomodarem em um novo local, podem represar os pequenos córregos, transformando-os em lagos (Figura 5).

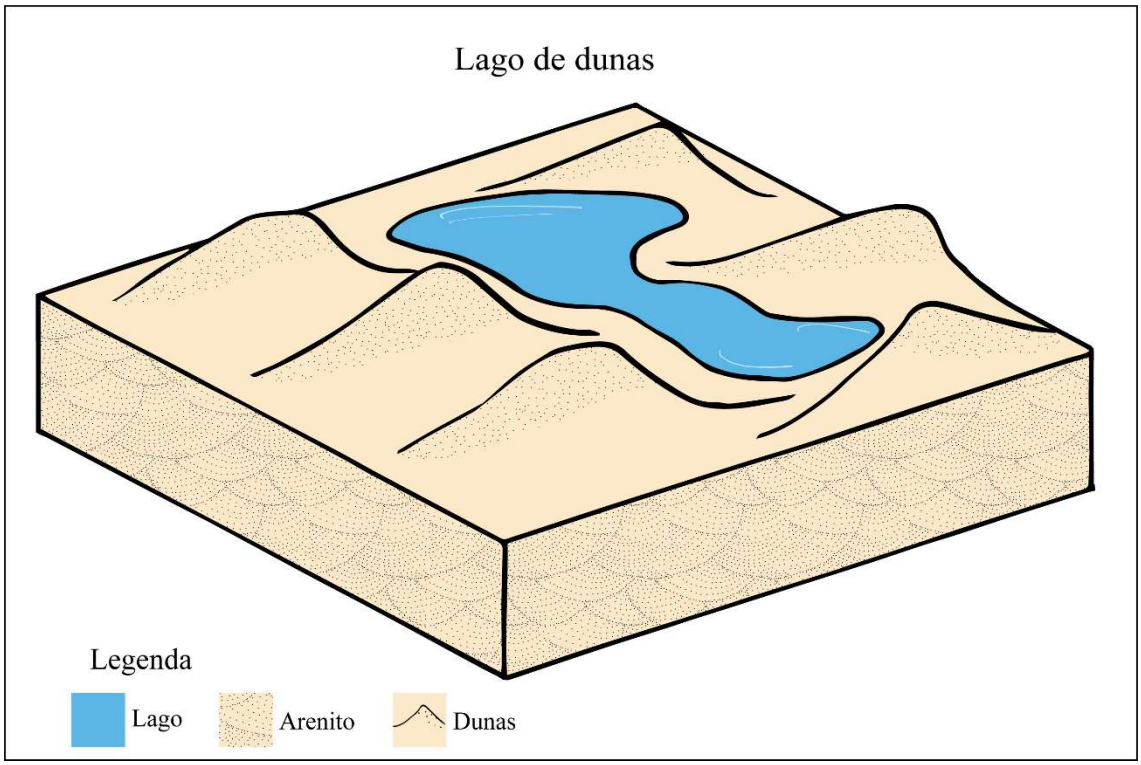

Figura 5. Lagos de origem eólica: dunas.

Christiansen & Hamblin (2014) explicam que o processo de deflação ocorre quando partículas soltas de areia e poeira são transportadas pelo vento a partir da superfície e depositadas em outros locais, formando uma bacia de deflação no local que perdeu massa pelo transporte eólico. Este processo ocorre comumente em regiões semiáridas ou costeiras, onde ventos são intensos, ou onde a camada de vegetação foi removida pela atividade de seres humanos e animais (Figura 6). Caso ocorram mudanças climáticas, para condições mais úmidas, essas bacias de deflação podem ser preenchidas por água formando lagoas perenes ou intermitentes, denominadas *pans* ou *playas* (SPERLING, 1999).

Klammer (1982) e Tricart (1982) sugerem que a origem do complexo Sistema Lacustre da Nhecolândia inserida no Megaleque do Taquari, no Pantanal sul mato-grossense, seja originada por processos eólico/fluviais, como herança de um paleoclima semiárido. Já Clapperton (1993) contesta essa origem pela ausência de parâmetros relacionados à estratigrafia, que balizem cronologicamente a evolução do Pantanal sob modelo de ambiente de deflação e à formação de dunas em ciclos descontínuos

(ALMEIDA *et al.* 2003). Soares *et al.* (2003) asseguram que apesar do não reconhecimento de dunas, existem feições eólicas compostas por areias brancas, finas e bem selecionadas, que podem ser interpretadas como indício de um paleoclima árido e frio, hodierno à última glaciação do Pleistoceno terminal. Zani (2008) aponta a correspondência nas direções das lagoas e paleocanais na porção sudoeste do Megaleque do Taquari com o lineamento Transbrasiliano com direção SW-NE, o que poderia suscitar a participação do controle estrutural na forma e distribuição das lagoas. Em estudos mais recentes, Oliveira *et al.* (2016) demonstraram que o alinhamento das lagoas é correspondente, ou seja não possui aleatoriedade, afirmando que as direções NE e NW corresponderiam à direção dos ventos no período de surgimento das lagoas da Nhecolândia.

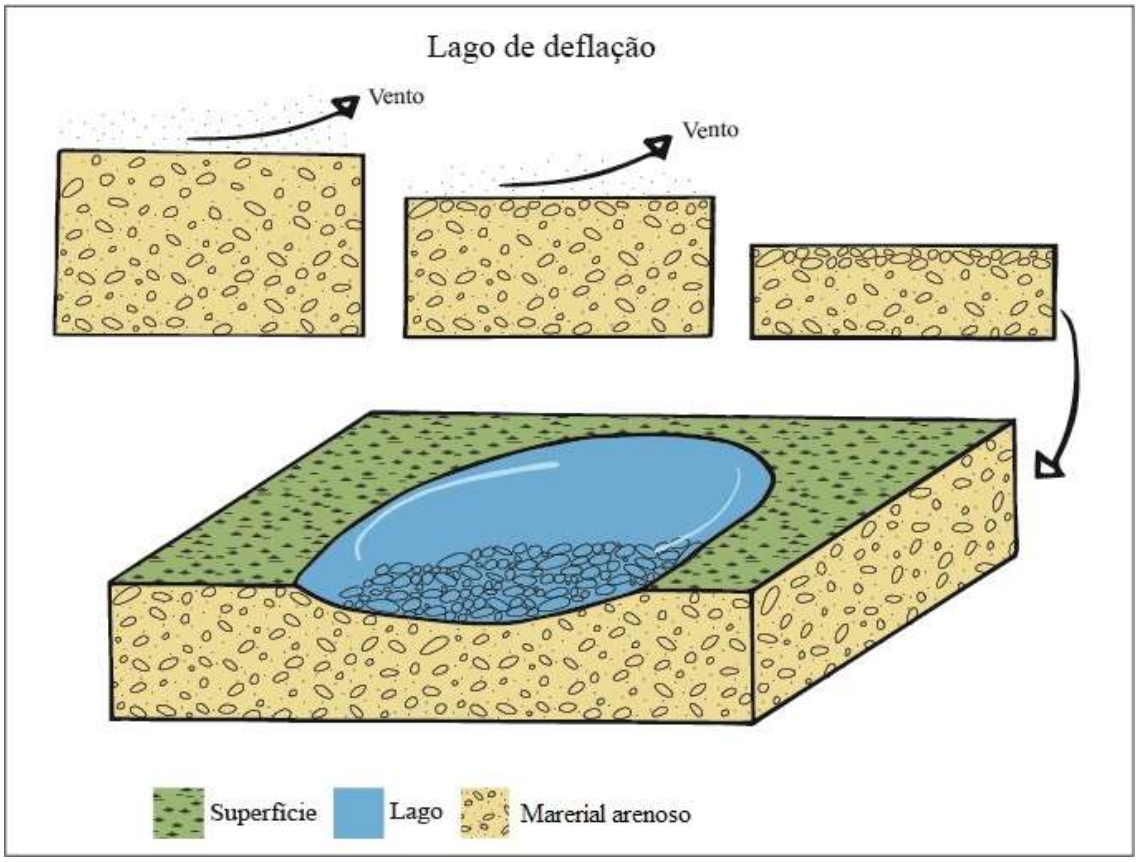

Figura 6. Lagos de origem eólica: deflação.

Latrubesse & Nelson (2001) apresentam uma explicação genética por processos de deflação para o sistema lacustre no nordeste do estado de Roraima, no entorno da cidade de Boa Vista. Segundo eles, o grau de preservação no local de formas de duna, características estratigráficas, e a história climática de regiões vizinhas na América do Sul tropical, indicam que as lagoas foram formadas por atividade eólica, provavelmente no Neopleistoceno, mais especificamente durante o Último Máximo Glacial. Atualmente, essas depressões são lagoas sazonais ou permanentes devido às chuvas e à oscilação do nível freático. Nas proximidades dessa área, Meneses *et al.* (2007) determinaram outro

tipo de sistema lacustre, sugerindo a ocorrência de lagos e brejos em planícies savânicas relacionados ao alcance de águas subterrâneas na superfície, que nas diferentes estações climáticas afloram nas depressões do terreno ou nas áreas planas da superfície, que ocupam a baixa planície nordeste do estado de Roraima, mais conhecida por lavrado. Ao contrário do que atestam Latrubesse & Nelson (2001), nessa área não foi registrada a presença de paleodunas, o que demonstra que mesmo essas lagoas estando em áreas muito próximas existe a influência de algum fator do meio físico condicionando a gênese distinta entre elas. A formação de bacias de deflação pode estar associada à processos de dissolução em formações areníticas que possuem cimentação carbonática. Esse cimento carbonático pode ser dissolvido por águas subterrâneas, deixando grãos de areia soltos, que são transportados pelo vento mais facilmente, como exemplifica (CHRISTIANSEN & HAMBLIN, 2014).

Pillmore (1976), ao estudar dois lagos profundos, no Novo México, constatou que o processo de deflação parecia ser a sua origem mais provável. No entanto, a deflação simples não poderia explicar a remoção de aproximadamente 1,5 a 3 metros de cascalho, que estão no entorno desses lagos e que deveriam estar depositados antes da formação das depressões pela ação do vento. Então, outros fatores foram aventados pelo autor, como mudanças climáticas, seguidas por processos de eluviação. Primeiramente, em condições mais áridas os sedimentos mais grosseiros foram acumulados por transporte fluvial, formando uma barreira mais elevada em relação ao nível atual dos lagos. Posteriormente, sob clima mais úmido, os arenitos arcoseanos, que estavam topograficamente mais baixos, foram intemperizados, o que ocasionou a eluviação dos grãos feldspáticos resultando em grãos de areia quartzosa soltos, facilitando a ação do vento para formar e aprofundar as bacias.

Nas áreas adjacentes aos dois lagos estudados por Pillmore (1976), onde as barreiras de pedimentos não se formaram, os arenitos arcoseanos foram amplamente decompostos formando canais, onde ocorrem bacias de deflação de menor porte que a dos dois lagos. Então, para os lagos que se originam por deflação, existem evidências de que uma combinação de fatores é responsável pela formação dos lagos. A sua formação é resultado do intemperismo mecânico causado pela água e vento, da formação de barreira topográfica, além da dissolução de minerais, lixiviação e deslocamento em profundidade dos minerais, disponibilização de areia solta na superfície, além de marcas de estrias de abrasão em rochas e depósitos eólicos de areia.

2.1.4. Lagos formados por dissolução

Este tipo de lago é formado pela lixiviação de minerais das rochas causada pela percolação de água terreno, o que causa depressões no relevo, que ao serem preenchidas por água, formam lagoas (SPERLING, 1999). Esta dissolução ocorre preferencialmente em rochas carbonáticas, pois o carbonato de cálcio é altamente solúvel sob ação de água ácida, seja ela proveniente de chuvas ou por ação do lençol subterrâneo.

É importante destacar que para haver o fenômeno de carstificação é necessário que existam fraturas nas rochas, permitindo que a água acidificada possa percolar e dar origem ao carste e as depressões no terreno. A depressão que pode formar as lagoas cársticas é denominada *dolina*; elas podem evoluir para *uvalas*, que são coalescências de dolinas, resultantes da evolução superficial mais rápida em área do que em profundidade tendendo a tomar forma elipsoidal quando derivam da conjugação de duas dolinas.

Vale destacar que o alinhamento das extensões diametrais das uvalas, geralmente, está conectada à direção de fraturas da rocha e indica a direção de percolação prioritária das águas subterrâneas. Portanto, outros fatores também necessitam ocorrer combinados à dissolução, como a presença de estruturas menores dominadas por elementos tectônicos, estratigráficos e litológicos (SILVA, 1984). No entanto, o processo de dissolução e formação de depressões pode ocorrer também em rochas menos solúveis, desde que existam alguns fatores favoráveis, como um longo período de exposição aos agentes do intemperismo, existência de elementos facilitadores dessa dissolução, como presença de minerais de ferro, matéria orgânica, ambientes básicos, ou ainda, características climáticas (HARDT *et al.*, 2009).

Existem sistemas lacustres formados por dissolução em rochas vulcânicas, como atestam Maciel Filho *et al.* (2013), que identificaram depressões na região limítrofe do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, devido à alteração por dissolução da sílica do vidro vulcânico. Embora produzindo alguma argila (alofana), este processo reduz o volume das rochas ocasionando depressões na superfície. É importante destacar que em formações de lagoas nesse tipo de rocha, os lineamentos estruturais também são considerados um importante caminho para a infiltração da água e, consequentemente, para os processos de dissolução.

Processos de dissolução semelhantes foram descritos na região da Patagônia argentina na unidade geomorfológica denominada Meseta de Somuncurá, tratando-se de um platô basáltico cenozoico com altitude que varia de 600 a 1000 m, coberto por depósitos aluvionares e coluvionares recentes. A superfície plana das mesetas basálticas, especialmente no sul da Patagônia, é marcada por depressões fechadas quase circulares alagadas chamadas *"bajos sin salida"*. O diâmetro dessas depressões varia de 10 a até 3000 m, com profundidades rasas (CORBELLA & LARA, 2008). Os mesmos autores apresentam dois fatores como sendo os elementos chaves para a origem de tais destes; o primeiro relacionado à dissolução de rochas subjacentes, formando um alvéolo subjacente aos basaltos que, sem sustentação colapsa, formando a depressão; o segundo é o controle tectônico como desencadeador da dissolução. Nesse ambiente, a drenagem é pouco desenvolvida com direções principais de nordeste-sudoeste e noroeste-sudeste, corroborando o controle estrutural na região (HIDROAR, 2014).

Já Sallun Filho & Karmann (2007) demonstram que dolinas em arenitos em Ponta Grossa, no Paraná e em Jardim, no Mato Grosso do Sul, são fenômenos de colapso gerados por ação de *piping*, ocasionado pela ampliação de um sistema cárstico subjacente,

profundo, em ambiente freático, nos carbonatos do substrato. E complementam que o disposição de feições de superfície relaciona-se com o domínio das estruturas nos arenitos e expressa direção de canais cársticos em profundidade. Portanto, nos dois casos não há evidências de dissolução dos arenitos, mas processos cársticos em subsuperfície que geram colapsos em superfície (MAACK, 1946; 1956; LE BRET, 1962; BIGARELLA *et al.*, 1994). A justificativa para este fato é que as dolinas não estão distribuídas ao longo dos arenitos da Bacia do Paraná. Elas são restritas apenas a localidades em que são encontradas rochas carbonáticas subjacentes.

Neste sentido, BERBERT-BORN (2002) afirma que no *Carste de Lagoa Santa*, em Minas Gerais, ocorrem as "*superfícies filíticas"* que recobrem ampla área, onde os carbonatos estão recobertos por rochas metapelíticas; neste domínio há ocorrências indicativas de formas cársticas, que podem derivar de carstificação ocorrendo em profundidade nos carbonatos. Nascimento & Morais (2012) observaram o mesmo processo em carste encoberto por filitos e metarcóseos na cidade de Lagoa da Confusão, no Estado de Tocantins. As lagoas (Ipucas) na Depressão do Médio Araguaia, estão situadas em carste parcialmente encoberto e, além disso apontaram que os eixos dos lagos estão associados ao alinhamento das falhas geológicas da região (MORAIS & PEREIRA, 2012).

Já Hardt (2011) apresenta uma área típica de formação de dolinas em arenito, ou seja, proveniente do processo de intemperismo dos arenitos quartzosos, através da dissolução parcial dos grãos de quartzo. Segundo este autor, tratam-se de depressões na superfície que acumulam água na Serra de Itaqueri no estado de São Paulo. Essas lagoas se formam em um arenito friável e mal selecionado, afetado por lineamentos estruturais. As lagoas são sazonais, formam turfeiras. Além disso, a fina camada de arenito se encontra superposta aos basaltos, o que permite o aparecimento de uma camada de argila que ajuda na impermeabilização e consequente acúmulo de água, com tendência ao processo de coalescência das lagoas, formando uvalas. Portanto, o alargamento das lagoas é maior que seu aprofundamento.

Um estudo sobre sistema lacustre no oeste da Bahia apresenta a proposta integradora de condições e processos para a gênese daqueles lagos. Tendo sido realizada uma análise multiescalar que forneceu significativas evidências sobre o clima, litologia e tectônica, permitindo definir o padrão da evolução das depressões que formam as lagoas da bacia do Rio Grande, na região do médio São Francisco, e balizaram a proposta de dois modelos de evolução geomorfológica para explicar a história da paisagem durante o Holoceno (SANTOS, 2016). Por meio de dados obtidos por sensoriamento remoto, morfometria, geoquímica, sedimentologia e micropaleontologia os sistemas lacustres do médio rio Grande foram divididos em dois setores distintos. Evidências indicam que fatores fisiográficos, além do clima, afetaram a dinâmica dessas lagoas. As características estruturais, tectônicas e litológicas de seus substratos foram importantes condicionantes de sua origem. Considera-se que a reativação de falhas pré-existentes e as características

litológicas são os fatores mais importantes para a gênese e dinâmica dos lagos (SANTOS & CASTRO, 2016a; SANTOS & CASTRO, 2016b; JANONI *et al.* 2016; SANTOS *et al*. 2017).

Em outro ambiente, Mateus *et al.* (2016), ao examinarem depressões fechadas em crostas bauxíticas em Espera Feliz na região leste de Minas Gerais, destacam que estas feições resultam de diminuição da espessura pedogenética não sendo originadas por aprofundamento do embasamento regional. Neste mesmo viés pedológico Alves (2014), ao investigar a origem da depressão da Lagoa de Mandacaru em Maracaí no estado de São Paulo, evidencia que os processos de latossolização de couraças lateríticas em condições mais úmidas de hidromorfia deu início à formação da depressão. A evolução de processos de iluviação contribuiu para seu o aprofundamento e alargamento. O autor salienta que a estrutura geológica, principalmente fraturas e falhas nos basaltos também foram importantes para a evolução e formação da lagoa.

Noronha (2009), ao pesquisar o sistema lacustre localizado sobre lateritas em Palmeirópolis, no estado do Tocantins, afirma que as depressões lacustres, tiveram origem a partir da dissolução da matriz internodular das couraças lateríticas. Estas couraças são formadas por materiais pobres em ferro e apresentam vazios de dissolução. As depressões topográficas do terreno se formam em crostas lateríticas que possuem nódulos com comportamento de baixa que causam o preenchimento por água e consequente formação dos lagos.

Destaca-se que lagos que possuem a dissolução como processo genético, estão em grande medida associados a fatores que amplificam ou diminuem a dissolução; estes fatores podem interferir na forma, extensão e profundidade das depressões. As falhas e demais descontinuidades nas rochas podem ser consideradas como gatilho da dissolução e ampliação em superfície e em profundidade gerando as depressões. A mineralogia exerceria um papel importante na permeabilidade, interferindo preferencialmente na percolação de água e, consequentemente, na sazonalidade das lagoas. A Figura 7 apresenta uma síntese dos tipos de lagos formados por dissolução em diferentes tipos de litologias e seus processos associados.

Diante dos exemplos citados, nota-se que a feição "dolina" e o preenchimento de água que origina uma lagoa de dissolução ocorrem em diferentes litologias. Geralmente, essas dolinas estão relacionadas à lineamentos estruturais que permitem a percolação da água e início do intemperismo químico, ocasionando depressões na superfície onde são formadas lagoas.

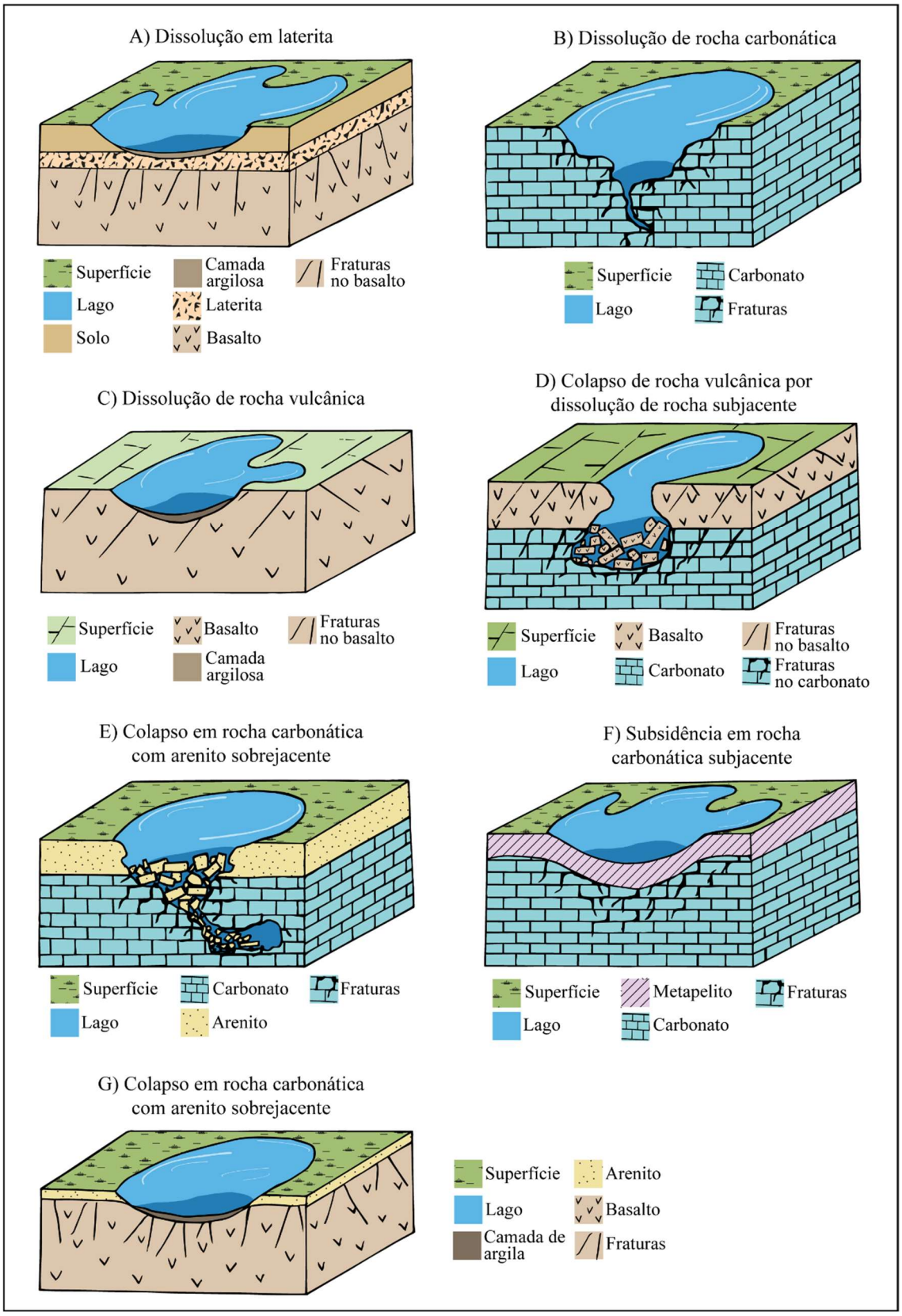

Figura 7. Lagos formados por dissolução.

2.1.5. Lagos originados por processos fluviais

A dinâmica fluvial é responsável pela formação de diferentes tipos de lagos, que estão relacionados à sedimentação e à dinâmica da planície de inundação dos rios (SPERLING, 1999). Esse tipo de formação de lagos pode estar diretamente ligado à processos tectônicos e de barramentos, já abordados anteriormente e que resultam em mudanças na dinâmica do canal fluvial. Portanto, neste item será dada ênfase aos processos de formações de lagos de várzea ou de inundação, provenientes da hidrodinâmica fluvial.

Os sistemas lacustres associados à planícies de inundação possuem importante papel ecológico e estreita relação entre a dinâmica de cheias e as características geomorfológicas da planície. Rasbold *et al.* (2019), ao estudarem lagos das planícies de inundação no Pantanal, por meio da estratigrafia e da análise de microfósseis dos sedimentos lacustres, puderam perceber que os lagos respondem de uma maneira complexa e, às vezes, indireta às mudanças climáticas, e acrescentam que a dinâmica do sistema fluvial adjacente deve ser considerada ao interpretar a paleohidrologia e os padrões de vegetação.

De acordo com França & Latrubesse (2001), os lagos de gênese fluvial são os de maior representatividade no Brasil, devido à sua grande rede fluvial e por possuir quatro das dez maiores bacias hidrográficas do planeta (Negro, Amazonas, Paraná e Madeira). Esses mesmos autores elencaram vários tipos de lagos de planície de inundação, podendo-se destacar os seguintes: lagos de canal abandonado encadeado; espiras de meandro; espiras de meandro compostas; lagos de acreção lateral; lagos de canal abandonado; *oxbows; oxbows* compostos; *oxbows* colmatados; lagos de vale bloqueado; e lagos de diques marginais (Figura 8). De acordo com Drago (1976) e França & Latrubesse (2001), esses lagos podem ser entendidos como:

- *lagos de canal abandonado* são aqueles em que uma ilha divide o fluxo de um rio e, com a perda de energia e aumento da sedimentação de um dos canais, faz com que a ligação entre eles seja colmatada e se transforme em um lago. Comumente apresentam espelhos d'água estreitos e com o aumento longitudinal normalmente sinuoso, podendo incluir longos trechos retilíneos;
- *lagos de canal abandonado encadeado* ocorrem quando um canal ativo une vários lagos para formar os lagos descritos anteriormente;
- *lagos de espiras de meandro* constituem uma paisagem que integra vários espelhos de água paralelos e estreitos organizados em semicírculo. Estes espelhos de água preenchem as depressões entre espiras de meandros, que são elevações observadas nas margens convexas dos meandros (margens internas) originadas pela migração lateral do canal por erosão da margem côncava. Já *lagos de espiras de meandro compostas* ocorrem quando existe apenas um espelho de água unindo os lagos de espiras de meandro;

- *oxbows; oxbows colmatados* e *oxbows compostos* são resultado do estrangulamento de um meandro que evolui para um sistema lacustre, os *colmatados* são àqueles que possuem alto grau de assoreamento e os *compostos* representam a junção de vários o*xbows* e se apresentam retilíneos;
- *lagos de acreção lateral* se originam quando uma porção da água de inundação fica confinada nas zonas rebaixadas restritas devido à acumulações de sedimentos de várias extensões e espessuras;
- *lagos de vale bloqueado* resultam da acumulação de sedimentos na desembocadura de um tributário até evoluir para um sistema lacustre;
- *lagos de dique marginal* são lagos formados em áreas mais baixas da planície, laterais ao canal, e paralelos aos diques marginais, que são entendidos como feições deposicionais formadas basicamente de areia fina, com contribuição de silte e argila; possuem posição mais alta que a planície adjacente sustentando vegetação arbórea bem desenvolvida. Os diques marginais formam, assim, o conjunto de partes altas nas planícies de inundação podendo, portanto, isolar a água acumulada, formando os lagos.

Nota-se que existe uma diversidade de sistema lacustres no Brasil, desde suas origens à morfologia, bem como a processos associados. As pesquisas relacionadas à origem de sistemas lacustres são pouco consensuais, pois diferentes sistemas lacustres podem se assemelhar em um dos elementos, como forma, ou mesmo geoquímica das águas, porém diferem quanto a litologia, influência tectônica, processos de dissolução em diferentes litologias.

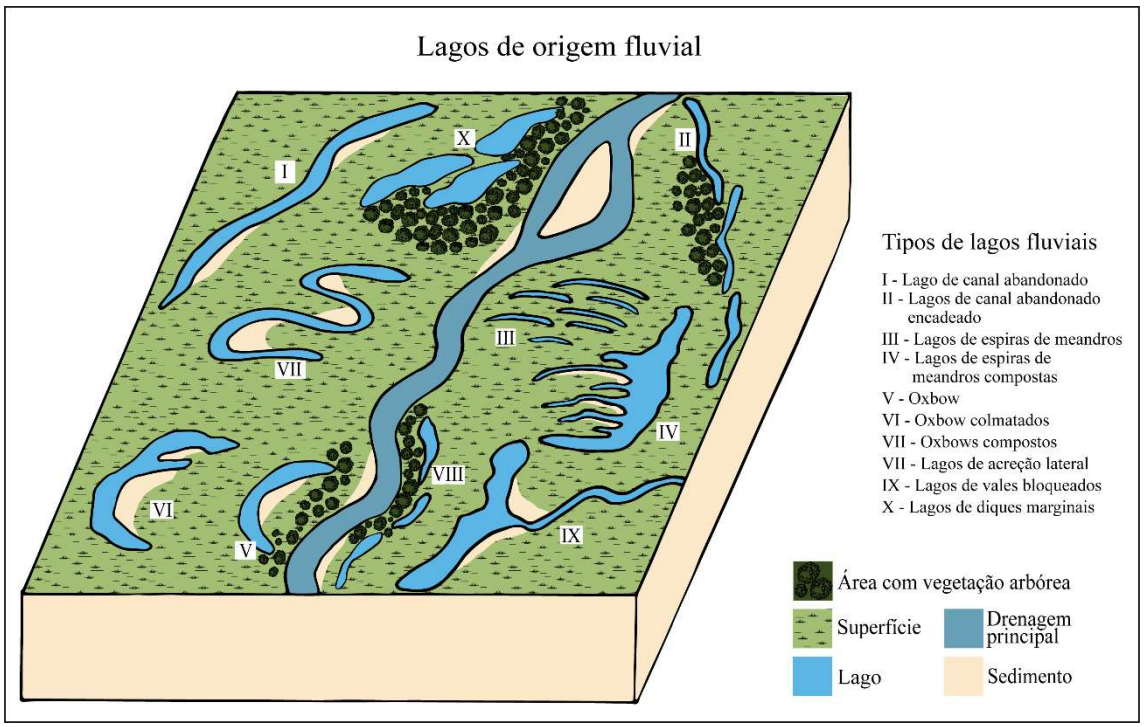

Figura 8. Lagos de origem fluvial.

3. AVANÇOS E TÉCNICAS DE ANÁLISES EM PROCESSOS LACUSTRES

Para estudar a origem, processos, formas e dinâmica de sistemas lacustres existe uma gama variada de métodos investigativos, que podem ser realizados por diferentes profissionais das ciências da natureza, o que justifica distintas perspectivas para explicar um mesmo sistema. As Figuras 9a e 9b sintetizam importantes características de sistemas lacustres brasileiros, quanto aos métodos utilizados na investigação e as propostas para a gênese de lagos.

As pesquisas que têm como foco principal o entendimento sobre fatores e processos formadores de lagos, bem como suas formas e distribuição espacial no âmbito da geomorfologia, revelaram uma gama de métodos diversificados e, em grande medida buscaram análises que contemplassem diferentes escalas espaciais e temporais. Essa multiplicidade de métodos traz à baila uma visão integradora, ou seja, "o sistema lacustre" é visto como um conjunto de feições geomorfológicas (depressões) resultantes de conexões entre os elementos da superfície terrestre e o clima; além disso os sedimentos e a água contidos nestas depressões resultam das interações biogeoquímicas.

De acordo com Huggett (2011), essas interconexões ilustram as tendências atuais de pesquisas geomorfológicas, que têm como foco uma perspectiva histórica que investiga as causas e efeitos das mudanças de regimes e processos, tomando como base estudos sobre tectônica, estimativa de precipitação e cobertura vegetal que em longo prazo revelam a interação entre o relevo e o clima. Outra característica importante resultante da análise do estado da arte de sistemas lacustres sob uma ótica geomorfológica foi a constatação de uma variedade de ferramentas metodológicas capazes de fornecer importantes informações sobre a evolução da paisagem.

Segundo Jain *et al.* (2012), os avanços tecnológicos das últimas décadas têm influenciado consideravelmente a pesquisa geomorfológica, principalmente em aplicações do sensoriamento remoto e geoprocessamento, que permitem a análise da paisagem em maiores escalas e o grande impulso fornecido por avanços nos métodos cronológicos em termos de datações para determinação das taxas e processos de deposição. Huggett (2011) salienta que a percepção escalar na análise geomorfológica aponta para a importância no cruzamento de escalas, onde a alta resolução, em estudos baseados em processos de pequena escala podem ser usados para explicar o padrão da paisagem.

SISTEMA LACUSTRE	LOCALIZAÇÃO	ORIGEM	CONTROLE ESTRUTURAL	LITOLOGIA	MÉTODO	REFERÊNCIAS
Rio Madeira	Municípios de Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Borba no estado do Amazonas.	Formação de lagos (rias) por abandono da drenagem, a partir do decréscimo de energia de antigos cursos fluviais, barrado por reativação de falhas.	Sistema fluvial é influenciado tectonicamente, além dos lagos (rias) outros elementos corroboram esta hipótese: anomalias de drenagem, assimetria de bacias, avulsões, lineamentos, capturas de drenagem.	Depósitos holocênicos pantanosos	Técnicas de sensoriamento remoto.	Hayakawa&Rossetti (2012); Souza Filho et al.(1999)
Planície do Rio Araguaia	Planície Aluvial do Rio Araguaia nos estados do Mato Grosso e Tocantins.	Lagos de origem fluvial relacionados à sedimentação e à dinâmica da planície de inundação.	Alinhamentos tectônico-estruturais influenciam na carga sedimentar e em processos de avulsão dos rios	Larga faixa deposicional contínua de sedimentos inconsolidados.	Análises morfométricas, mapeamento geomorfológico em campo e com produtos de sensoriamento remoto.	França (2002), França & Latrubesse (2001).
Médio Rio Doce	Sudoeste do Estado de Minas Gerais	Associada ao entulhamento das drenagens afluentes associadas a mudanças climáticas (barramentos por colúvios); Associada a movimentos tectônicos.	Não abordam; Movimentações ao longo de falhas, subsidência, diferentes intensidades de fluxos de detritos, causando mudança do curso do rio Doce, entulhamento dos cursos d'água e a formação dos lagos nos vales dos tributários.	Biotita gnaisses do Complexo Mantiqueira e xistos e gnaisses com lentes de quartzito da Formação São Tomé.	Análise nos depósitos coluvionares e sua relação com depósitos lacustres; Análise de fotografias aéreas e imagens de Radar; dados neotectônicos e de seções sísmicas; Métodos palinológicos.	Meis (1977), Meis & Monteiro (1979). Meis & Tundisi (1986); Barbosa & Kohler (1981), Mello (1997), Perônico & Castro (2009);Faria (2013), Fonseca-Silva et al.(2015).
Nhecolândia	Pantanal mato-grossense, localizado no extremo centro-oeste do Brasil	Heranças de um paleoclima semiárido (deflação); Explicam parte da evolução deste conjunto de lagoas por processos geoquímicos. Dividem as lagoas em dois grupo: alcalinas e não alcalinas. *Não existe consenso até o presente momento sobre a origem deste sistema.	Não abordam; Nhecolândia alçada em relação às planícies vizinhas por influência do Lineamento Transbrasiliano.	Cobertura arenosa inconsolidadas, sobre rochas metamórficas dos grupos Cuiabá e Corumbá e, em sua porção oriental, afloram rochas sedimentares de unidades paleozoicas da Bacia do Paraná	Análise de fotografias aéreas; imagens de radar, satélites, datações, análise morfológica e morfoscópica dos sedimentos; Análise de imagens de satélite e características físico-químicas dos corpos d'água. Análise de Espículas de Esponjas e Fitólitos, datações e geoquímica.	Klammer (1982), Tricart (1982); Soares e tal. (2003); Assine (2003; 2010); Oliveira et al. (2016) Almeida et al. (2003; 2006)
Médio Rio Grande	Região oeste da Bahia	Lagoas formadas pela ação eólica durante processos de deflação relacionados à clima seco por volta de 3,9 ka AP (± 0,6) e 3,7 ka AP (± 0,28); Feições de abatimento: circulares, interpretadas como feições cársticas (dolinas) nos calcários do Grupo Bambuí, sob a fina cobertura sedimentar quaternária da planície do São Francisco. Contexto tectônico regional influencia na origem e dos lagos. Na porção norte em rochas pelíticas mais fraturadas, as lagoas são maiores, mais alongadas, muitas perenes e associadas a dinâmica fluvial em sua evolução; Na porção sul em rochas carbonáticas menos fraturadas, predominam lagoas circulares, intermitentes e sem indício de dinâmica fluvial.	Não aborda; Influência da evolução estrutural Faixa Rio Preto durante a Orogênese Brasiliana (~600 Ma), resultando no fraturamento das rochas do Grupo Bambuí. Predomínio de lineamento da drenagem e das lagoas com direções NW-SE, NE-SW, e, subordinadamente E-W, concordantes com orientações principais de falhas dos contextos tectônicos regionais já reconhecidas na área de estudo.	Sedimentos cenozoicos inconsolidados que cobrem as rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí.	Análises sedimentológicas e de imagens de satélite, datações, análise de feições em campo; Análise de MDE e, mapeamento geológico em campo. Análises sedimentológicas lacustres; classificação de imagens de satélite (clima atual; morfometria dos lagos); caracterização de espículas de esponjas silicosas(micropaleontologia), datações, geoquímica da água das lagoas;	Alves (2011) Caxito (2010) Santos (2016)

Figura 9a. Síntese de Sistemas Lacustres Brasileiros.

SISTEMA LACUSTRE	LOCALIZAÇÃO	ORIGEM	CONTROLE ESTRUTURAL	LITOLOGIA	MÉTODO	REFERÊNCIAS
Ipucas	Depressão do Médio Araguaia, Lagoa da Confusão- TO	Assemelham às dolinas, típicas da paisagem cárstica.	Possuem relação com o padrão estrutural da geologia da região.	Coberturas inconsolidadas sobre metassedimentos do Grupo Tocantins (filitos, clorita-xistos e metarcóseos) encobrindo o carste.	Análise morfométrica por sensoriamento remoto e geofísica.	Nascimento & Morais (2012), Morais & Pereira (2012).
Jaíba	Norte do estado Minas Gerais	Processos de carstificação de diferentes intensidades.	As fraturas das rochas controlam o tamanho e profundidades das lagoas de dolinas.	Sedimentos cenozoicos inconsolidados que cobrem as rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí.	Análise morfoestrutural, hidrogeológica e hidroquímica.	Silva (1984)
João Pinheiro	Noroeste do estado Minas Gerais	Feições cársticas negativas e suas respostas à sobreposição de eventos climáticos, podendo se associar a fenômenos de deflação para a formação das bacias; Depressões cársticas.	Admite coalescência das lagoas por influência de linha de falha ou pela carstificação de uma zona tectônica; As lagoas são indicadoras indiretas da direção de fraturas e zonas de fraqueza predominantes na massa carbonática.	Sedimentos cenozoicos inconsolidados que cobrem as rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí.	Análise de fácies sedimentológicas, análises geomorfológicas por meio de imagens de satélites e trabalhos de campo, caracterização de espículas de esponjas silicosas(micropaleontologia), datações, geoquímica da água das lagoas; Sensoriamento Remoto: resposta espectral dessas depressões cársticas.	Almeida (2009) Oliveira (2001)
Bacia Sedimentar do Paraná	Ponta Grossa-PR e Jardim-MS	A origem das lagoas em arenitos da Bacia do Paraná está relacionada ao processo de piping e colapso nos arenitos decorrente do desenvolvimento de um sistema cárstico em carbonatos subjacentes.	O alinhamento de feições de superfície relaciona-se com o controle estrutural nos arenitos e expressa direção de condutos cársticos em profundidade.	Arenitos das formações Furnas e Aquidauana e carste sobrejacente.	Mapeamento geológico e geomorfológico em campo e análise de modelos digitais de elevação.	Sallun Filho & Karmann (2007)
Bacia do Rio Pelotas	Divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.	Lagoas de dissolução desenvolvidas sobre rochas ígneas.	As lagoas na maioria das vezes encontram-se associadas a fraturas.	Rochas vulcânicas ácidas da Formação Serra Geral.	Interpretação de fotografias aéreas e, análise de feições em campo.	Maciel Filho et al.(2013)
Palmeirópolis	Palmeirópolis no estado do Tocantins.	Dissolução da matriz internodular das couraças lateríticas.	As lagoas apresentam uma estrutura linear com direção predominante, sugerindo a existência de um controle estrutural.	Crostas Lateríticas.	Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para cálculos morfométricos, análise pedológica e da vegetação.	Noronha (2009)
Província mineral Carajás	Estado do Pará	Dissolução de crostas lateríticas.	Não aborda.	Crostas Lateríticas.	Análise sedimentar e mineralógica	Costa et al.(2005)
Lagos do Lavrado	Nordeste do estado de Roraima: entorno da cidade de Boa Vista.	Afloramento do lençol Freático conectados sazonalmente a canais fluviais.	Não aborda.	Sedimentos cenozoicos da Formação Boa Vista.	Características morfológicas dos lagos, realizadas análises granulométricas, mineralógicas e químicas dos sedimentos encontrados em seus substratos e no entorno e os parâmetros físico-químicos de suas águas.	Meneses et al.(2007)
Lagos em Boa Vista	Nordeste do estado de Roraima: regiões dos rios Cauamé, Tacutu e na foz do rio Mucajaí.	Origem eólica a partir da identificação de dunas parabólicas.	Não aborda.	Sedimentos cenozoicos da Formação Boa Vista.	Identificação de dunas em imagens de satélite e radar com verificação em campo.	Latrubesse & Nelson (2001)

Figura 9b. Síntese de Sistemas Lacustres Brasileiros.

Dentro desse contexto, destacam as pesquisas com uso do sensoriamento remoto para estudar o padrão da paisagem. Tanto para fins de classificação de imagens, que permitiram a análise da sazonalidade dos lagos devido principalmente à resposta espectral baseados na umidade tanto da lâmina d'água, quanto da vegetação circundante. Não obstante, imagens de satélite e de radar possibilitam também estudos sobre os padrões de lineamentos regionais, bem como dos eixos principais de lagoas alongadas, como parâmetros comparativos, buscando correspondência entre a estrutura do substrato, podendo também ser comparado com o padrão de direção dos ventos. E por fim, mas não menos importante, produtos de sensoriamento remoto são passíveis de serem utilizados para análises morfométricas de lagos, bem como a aquisição de dados topográficos que permitem os registros de suas formas e profundidade. Tais análises contemplam também as bacias hidrográficas, nas quais os sistemas lacustres estão inseridos. Portanto, a análise de propriedades como: assimetria de bacias, densidade e anomalias de drenagem podem revelar informações importantes sobre o contexto tectônico/litológico, que possivelmente exerce influência na origem e dinâmica de sistemas lacustres (OLIVEIRA et al., 2016; SANTOS & CASTRO, 2016b; HAYAKAWA & ROSSETT, 2012; FRANÇA & LATRUBESSE, 2001).

Devido à morfologia, as lagoas funcionam como acumuladoras de soluções e de cargas sólidas, as características hidroquímicas e sedimentológicas dos lagos podem revelar a interação destes com o clima e a litologia, nos quais estão inseridos. A análise da geoquímica da água dos lagos pode auxiliar a esclarecer informações sobre a sazonalidade, que por sua vez possui dois fatores a serem investigados, o clima e a interação água/substrato. A maior concentração de íons reflete a flutuação sazonal das lagoas, processos de seca podem induzir processos de precipitação, alteração e neoformação de fases minerais e a interação com material orgânico produz condições variáveis de pH (BERBERT-BORN, 1998). A concentração de íons em solução na água também pode ser justificada pelos processos recentes de alteração dos minerais que compõem as rochas do entorno dos lagos e que se concentram por processos de colmatação (PARISOT & REBOUÇAS, 1983). Rochas pouco permeáveis podem indicar maior permanência de água, contrastando com substratos mais permeáveis; no primeiro caso a geoquímica da água refletiria maior influência litológica do que atmosférica; já no segundo caso, com rápida infiltração hídrica vertical e menor residência de água, refletiria maior influência atmosférica que litológica em suas características geoquímicas (SANTOS & CASTRO, 2016a).

Os sedimentos depositados em ambientes lacustres constituem importantes arquivos que fornecem informações de natureza química, física e biológica, uma vez que os sedimentos são formados em sucessão temporal e de modo sequencial, passíveis de serem interpretadas, possibilitando a reconstituição das mudanças relativas ao ambiente de sedimentação, no que tange a taxas e processos (MOZETO, 2004). O conteúdo sedimentar possibilita a interpretação de alguns fatores e processos determinantes para a

configuração do sistema lacustre, podendo se destacar a fonte dos materiais inorgânicos, a porção alóctone traduzia por processos de erosão e transporte, enquanto porções autóctones e autigênicas refletiriam os processos químicos endógenos; interação sedimento/água são importantes para a granulometria e variações nas taxas de sedimentação; e os efeitos na produtividade orgânica (BERBERT-BORN, 1998).

Dentre os estudos paleoambientais quaternários baseados em sedimentos biogênicos destacam-se pesquisas de palinofácies, que consistem no estudo de grãos de pólen, dos esporos e outras partículas microscópicas de origem biológica contidos nos sedimentos. Estes microfósseis são chamados de palinomorfos, e são utilizados para a reconstrução de paleovegetação e paleoclima (SALGADO-LABOURIAU, 2007). De acordo com Tyson (1995), os palinomorfos são divididos em *matéria orgânica particulada* (grãos de pólen, esporos, algas, zoomorfos, quitinozoários e acritarcos), *fitoclastos* (bioestruturados ou não bioestrututados) e matéria orgânica amorfa (MOA). Pesquisas relacionadas à reconstituição paleoambiental e paleoclimática, por meio de palinofácies em sistemas lacustres brasileiros têm proporcionado ricas interpretações da evolução ambiental ao longo do Quaternário (PARIZZI, 1993; BEHLING, 1995; PAROLIN, 2001; MEYER *et al.,* 2005; PAROLIN *et al.,* 2006; FERNANDES, 2008; NASCIMENTO *et al.,* 2005; PERÔNICO & CASTRO, 2009; SILVA *et al.,* 2010; BARTH *et al.,* 2013; FONSECA-SILVA *et al.,* 2015).

Alguns estudos sobre microfósseis silicatados vêm sendo utilizados para reconstituições paleoambientais e paleoclimáticas, por meio de conteúdo microfossilífero (espículas de esponjas, fitólitos, frústulas de diatomáceas), também denominados de dados *proxy*. Tais estudos revelam a dinâmica paleoambiental e vêm sendo realizados a partir da investigação de sedimentos lacustres, com objetivos comuns de entendimento das últimas mudanças climáticas globais e ação da tectônica no Quaternário. Tais trabalhos partem da interpretação de elementos geomorfológicos, geológicos, datações absolutas e análise de bioindicadores micropaleontológicos (*proxy records*) presentes nos depósitos de sedimentos lacustres e aluviais. A potencialidade da emprego das espículas de esponjas como dados *proxy* em estudos paleoambientais e paleoclimáticos advém do ciclo de vida das esponjas continentais. Isso porque dependem de condições ideais de água (bem oxigenadas e ricas em sílica) para sobreviver, e caso ocorra algum estresse hídrico (seca ou congelamento) as esponjas são capazes de modificarem de configuração e função, segundo estes novos estímulos ambientais. Além disso, cada espécie precisa de atributos próprios para sobreviver como atestam: Parolin *et al.,* (2009); Parolin *et al.,* (2006); Volkmer-Ribeiro *et al.* (2007); Kuerten *et al.* (2011); Almeida *et al.* (2009); Guerreiro *et al.*, (2013); Kuerten *et al.,* (2013); Santos *et al.,* (2016); Rasbold (2019).

A partir da análise de características dos sedimentos clásticos, como seu tamanho, grau de arredondamento, seleção, mineralogia e cor dos grãos dos depósitos lacustres podem ser inferidas informações das características paleoambientais dos depósitos, como área fonte, agente de transporte (ex. fluvial, eólico, glacial etc.), condições climáticas e

influência da tectônica. Harris *et al.* (2013) afirmam que os sedimentos clásticos podem derivar de entrada eólica ou fluvial (correntes de densidade, depósitos deltaicos), mas também podem ser de uma ação coluvial marginal, especialmente durante períodos de mudança de nível de água do lago. Destaca-se aqui estudo voltados para a identificação mineralógica dos sedimentos, principalmente técnicas de Difração de Raios X, capazes de identificar a mineralogia das argilas, visto que estes minerais podem revelar características chave para inferir mudanças na área de origem, paleoclimáticas, e ambientes de sedimentação (MAYAYO *et al*., 1996; INGLÈS *et al*., 1998; SÁEZ *et al*., 2003). Huyghe *et al.* (2011) destacam que podem ser úteis para estudos regionais, visto que podem ser divididas em dois grupos, sendo um de origem detrítica/alogênico e outro pedogenético/autigênico. No primeiro grupo argilas alogênicas dependem da composição mineralógica da rocha geradora, já o grupo autigênico é resultante da transformação in situ de minerais precursores.

Diante disto, a caracterização dos sedimentos lacustres pode servir como uma evidência de mudanças na paisagem, produzindo sinais sobre as taxas de desnudação da mesma, sobre a força dos processos de deflação regional e sobre a dinâmica da vegetação e/ou atividade tectônica.

4. CONCLUSÃO

O trabalho organizou um panorama sintético acerca das ocorrências de pesquisas relacionadas aos sistemas lacustres no Brasil. A análise integrada dos elementos formadores da paisagem lacustre por meio de diferentes métodos e técnicas das geociências, bem como a natureza multiescalar pode ser considerado de grande valia para esta interpretação, revelando a importância do papel da geomorfologia e de sua relação com outras ciências, desempenhando um importante papel no avanço da compreensão de paisagens lacustres. A utilização de ferramentas de sensoriamento remoto e análises morfométricas se destacaram dentre os métodos utilizados, proporcionando uma interpretação satisfatória tanto em escala regional, quanto aos padrões de forma e direções preferenciais dos lagos. A análise de dados sedimentológicos, cronológicos, microfossilíferos, geoquímicos e granulométricos mostra-se de grande relevância para a interpretação evolutiva e dinâmica de lagos. Análises geofísicas apareceram de forma tímida, dentre os trabalhos pesquisados. No entanto, apresentam um grande potencial elucidativo, mostrando-se como ferramentas promissoras para futuras pesquisas.

Do que foi levantado, conclui-se que pesquisas sobre sistemas lacustres no Brasil ainda é incipiente, e discrepante entre as regiões, destacando as regiões norte e centro-oeste com maior número de pesquisas. Por fim, o trabalho evidencia a importância de perspectivas sistêmicas e a necessidade da realização de trabalhos mais integrados e intensivos para ampliar o conhecimento sobre esta temática no âmbito da Geomorfologia brasileira.

Agradecimentos

Agrademos à Engenheira Geóloga *Elis Figueiredo Oliveira* pela elaboração das ilustrações deste capítulo.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. C. S. **Gênese, distribuição e caracterização dos espongilitos do noroeste de Minas Gerais.** Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2009. 113p.

ALMEIDA, T. I. R.; FERNANDES, E.; MENDES, D.; SÍGOLO, J. B. Distribuição espacial de diferentes classes de lagoas no Pantanal da Nhecolândia, MS: uma contribuição ao estudo de sua compartimentação e gênese. *In*: Embrapa Informática Agropecuária/INPE. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1, Campo Grande, MS, **Anais**, p.155-164, 2006.

ALMEIDA, T. I. R.; SÍGOLO, J. B.; FERNANDES, E.; QUEIROZ NETO, J. P.; BARBIERO, L.; SAKAMOTO, A. Y. Proposta de classificação das lagoas da Baixa Nhecolândia-MS com base em sensoriamento remoto e dados de campo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n.2), 83-90p. 2003.

ALVES, G. B. **O estudo da cobertura pedológica e sua relação com a formação e evolução de depressões no sudoeste de Maracaí (SP)**. Tese de Doutorado. PPGGF, DGFFLCH-USP, São Paulo, 2014, 109p.

ALVES, R. R. **Gênese e evolução da superfície quaternária no médio São Francisco: fatos e evidências na bacia do rio Grande - Bahia**. Tese de Doutorado, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2011. 314p.

BARBOSA, G. V. & KOHLER H. C. O sistema lagunar do Parque Estadual do Rio Doce (MG). **Boletim SBG/MG**, v.2, 37-46p. 1981.

BARTH, O. M.; BARTHOLOMEU, R. L.; BARROS, M. A. Paleoambiente e Palinologia de um Nível de Sedimento de Cerca 40.000 Anos A.P. Retirado da Lagoa de Itaipu. **Anu. Inst. Geocienc**., v.36, n.2, 2013.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation and climate dynamics in southeastern Amazonia inferred from lagoa da Confusão in Tocantins State, northern Brazil. **Amazoniana**, v.17, p.27-39, 2002.

BERBERT-BORN, M. L. C. Carste de Lagoa Santa - berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. *In*: SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.** Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v. 1, p.: 415-430. 2002.

BERBERT-BORN, M. L. C. **Geoquímica de sedimentos superficiais de lagoas da região cárstica de Sete Lagoas e Lagoa Santa (MG) e os índices de interferência antrópicas**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1998. 201p.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. (Eds.) **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais: fundamentos geológicos-geográficos, alteração química e física das rochas e relevo cárstico e dômico**. Florianópolis, Editora da UFSC, v. 3, 425 pp. 1994.

CASTENDYK, D. N. & EARY, L. E. **Mine pit lakes: characteristics, predictive modeling and sustainability**. Littleton, Colorado, USA: *SME*, 2009.p. 304.

CASTRO, P. T. A. **Origem e evolução dos lagos do médio rio Doce: perspectiva geológica**. 2001. Disponível em: http://www.degeo.ufop.br/intranet/Graduacao/disciplinas/ estratigrafia/perd.htm. Acessado em: 5 fev., 2013.

CAXITO, F. A. **Evolução tectônica da Faixa Rio Preto, Noroeste da Bahia/Sul do Piauí**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. 151 p.

CHRISTIANSEN, E. H. & HAMBLIN, W. K**. Dynamic Earth: An Introduction to Physical Geology**. ed. Jones and Bartlett Publishers, Incorporated, 2014. 838pp.

CLAPPERTON, C. **Quaternary geology and geomorphology of South America. Amsterdam**, Elsevier, 1993. 779pp.

CORBELLA, H. & LARA, H. L. Late Cenozoic Quaternary Volcanism in Patagonia and Tierra del Fuego. *In*: RABASSA, J. (ed.). **The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego**. 1 ed. Amsterdam: Elsevier, p.: 95-120, 2008.

COSTA, J. B. S.; BEMERGUY, R. L.; HASUI, Y.; BORGES, M. S.; FERREIRA JUNIOR, C. R. P.; BEZERRA, P. E. L.; COSTA, M. L.; FERNANDES, J. M. G. Neotectônica da região Amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **Geonomos**, v.4, p.23-44, 1996.

COSTA, L. M.; SANTOS, R. F.; SCHAFER, C. E. G. R.; MOREAU, A. M. S. S.; MOREAU, M. S. Ocorrência de corpos silicosos em horizontes superficiais de solos de diferentes ecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, 871-879p, 2010.

DAY, T. **Lakes and Rivers**. Chelsea House Publishers, New York, 2006. 273 p.

DRAGO, E. C. Origen y classificacion de ambientes leníticos en llanuras aluviales. **Revi. Assoc. Cienc. Nat. Lit.**, v. 7, p.123-137, 1976.

ESTEVES F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro, 1998. 575pp.

FARIA, C. S. S. **Avaliação do assoreamento dos lagos do alto rio Doce com base em estudos morfométricos**. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013. 80 p.

FERNANDES, R. S. **Reconstrução paleoambiental da lagoa Fazenda durante o pleistoceno tardio na região de Jussara, estado do Paraná, com ênfase em estudos palinológicos**. Dissertação de Mestrado, CEPPE, Universidade Guarulhos, 2008. 125 p.

FONSECA-SILVA, F. M.; CARVALHO, M. A.; RIBEIRO, S. P. Caracterização da Matéria Orgânica Particulada dos últimos 10 mil anos a partir de um testemunho do Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil: Implicações Paleoambientais. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.18, p.161-170, 2015.

FRANÇA, A. M. & LATRUBESSE, E. M. Ordenamento dos sistemas lacustres da planície aluvial do rio Araguaia: uma proposta preliminar. *In*: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 9, Recife. ***Anais***, p.108-109. 2001.

FRANÇA. A. M. **Ordenamento Geomorfológico dos Sistemas lacustres da Planície Aluvial do Rio Araguaia**. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Estudos Sócio Ambientais, Universidade Federal de Goiás, 2002. 64p.

GAMMONS, C. H.; HARRIS, L. N.; CASTRO, J. M.; COTT, P. A.; HANNA, B. W. Creating lakes from open pit mines: processes and considerations - with emphasis on northern environments. *In*: **Canadian Technical Report of fisheries and aquatic sciences** v. 28, n. 26, 2009.

GUERREIRO, R. L.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of Upper Paraná River, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.16, p.39-46, 2013.

HARDT, R. **Da carstificação em arenitos. Aproximação com o suporte de geotecnologias. À propos de la karsification dans les grès. Traitement par les technologies SIG.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Em co-tutela com Morphodynamique Continentale et Côtière, Laboratoire de Géologie, Université de Rouen, 2011. 224 p.

HARDT, R.; RODET, J.; PINTO, S. A. F.; WILLEMS, L. Exemplos Brasileiros de Carste em Arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP). **Espeleo-Tema**, v.20, p.7-23. 2009.

HARRIS, P. M.; ELLIS, J.; PURKIS, S. J. Assessing the extent of carbonate deposition in early rift settings. **AAPG Bulletin,** v.97, n.1, p.27-60, 2013.

HAYAKAWA, E. H. & ROSSETTI, D. F. Caracterização da rede de drenagem da bacia do médio e baixo rio Madeira. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.4, p.401-418, 2012.

HIDROAR. Informe de Impacto Ambiental. **Explotación de la Cantera Pitu**. Departamento de Gaiman. Buenos Aires: HIDROAR, 2014. 92p.

HUGGETT, R. J. **Fundamentals of Geomorphology***, 3rd edition*. London and New York: Routledge. 2011. 533 p.

HUYGHE, P.; GUILBAUD, R.; BERNET, M.; GALY, A.; AND GAJUREL, A. Significance of the clay mineral distribution in fluvial sediments of the Neogene and Recent Himalayan Foreland Basin (western-central Nepal). **Basin Research**. v.23, p.332-345, 2011.

INGLÈS, M.; SALVANY, J. M.; MUÑÓZ, A.; PÉREZ A. Relationship of mineralogy to depositional environments in the non-marine Tertiary mudstones of the southwestern Ebro Basin (Spain). **Sedimentary Geology**, v.116, p.159-176, 1998.

JAIN, V.; TANDON, S. K.; RAJIV, S. Application of modern geomorphic concepts for understanding the spatio-temporal complexity of the large Ganga river dispersal system. **Current Science**. V. 103, n.11, p.1300-1319, 2012.

JANONI, C. R.; CASTRO, M. S. S.; SANTOS, G. B.; JANONI, A. S. R.; SOUZA, D. P. C. Neotectônica nas Coberturas Sedimentares do Cráton do São Francisco no Oeste da Bahia. **Revista de Geologia** (Fortaleza), v. 29, p. 93-111, 2016.

KLAMMER, G. Die Paläowüste des Pantanal von Mato Grosso und die pleistozäne Klimageschichte der brasilianischen Randtropen. Berlin-Stuttgart. *Z.* **Geomorphologie**, v.26, p.393-416, 1982.

KUERTEN, S.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L. Espículas de esponjas continentais preservadas em sedimentos arenosos Quaternários do Pantanal. **Anais…** In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA, 13, Encontro do Quaternário Sulamericano, 3, BEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives, 13, Armação dos Búzios, 2011.

KUERTEN, S.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L.; MCGLUE, M. M. Sponge spicules indicate Holocene environmental changes on the Nabileque River floodplain, southern Pantanal, Brazil. **Journal of Paleolimnology**, v.49, p.171-183, 2013.

LATRUBESSE, E. M. & NELSON, B. W. Evidence for Late Quaternary Aeolian Activity in the Roraima-Guyana Region. **Catena**, v.43, p.63-80, 2001.

LE BRET, M. **As furnas de Vila Velha - Paraná - Um caso de desmoronamento kárstico no arenito**. Tradução de Guy Christian Collet em 1974. Relatório Interno da Sociedade Brasileira de Espeleologia, 6 p. 1962.

MAACK, R. Geologia e geografia da região de Vila Velha Estado do Paraná e considerações sobre a glaciação carbonífera no Brasil. **Arquivos do Museu Paranaense**, 1946. 305 pp.

MACIEL FILHO, C. L.; NUMMER, A. V.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L; SANGOI, D. S.; DESCOVI FILHO, L. L. V. Feições de carste sobre a formação Serra Geral na região de Vacaria, RS, e Lages, SC. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v.14, p. 97-208, 2013.

MATEUS, A. C. C.; OLIVEIRA, F. SOARES DE; VARAJÃO, A. F. D. C.; SOARES, C. C. V.; SCHÜNEMANN, A. L. Gênese de depressões fechadas em vertentes associadas à couraça aluminosa na porção sul da Serra do Caparaó, Minas Gerais/Espírito Santos. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** v. 17, n.2, p.369-387, 2016.

MAYAYO, M. J.; BAULUZ, B.; LÓPEZ-GALINDO, A.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, J. M. Mineralogy and geochemistry of the carbonates in the Catalayud Basin (Zaragoza, Spain). **Chemical Geology**. V. 130, p.123-136, 1996.

MEIS, M. R. M. As unidades morfoestratigráficas neoquaternárias do médio vale do Rio Doce. **An. Acad. Bras. Ciênc**., v. 49, n.3, p. 443-459, 1977.

MEIS, M. R. M. & MONTEIRO, A. M. F. Upper Quaternary "rampas": Doce river valley, Southeastern Brazilian plateau. **Z. Geomorph**., n.23, v.2, p.132-151, 1979.

MEIS, M. R. M. & TUNDISI, J. G. Geomorfological and limnological processes as a basis for typology. The middle Rio Doce lake system. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, v. 58, n.1, p.103-120, 1986.

MELLO, C. L. **Sedimentação e Tectônica Cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas Implicações na Evolução de um Sistema de Lagos**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1997. 275 p.

MENESES, M. E. N. S.; COSTA, M. L.; COSTA, J. A. V. Os lagos do lavrado de Boa Vista - Roraima: fisiografia, físico-química das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n.3, p.478-489, 2007.

MEYER, K. E. B.; MENDONÇA FILHO, J. G.; ASHRAF, A. R.; SOUZA, P. A.; REICHHART K. Análise de palinofácies em sedimentos holocênicos da Lagoa dos Quadros, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.8, n.1, p.57-72, 2005.

MORAIS, F. & PEREIRA, G. C. Geofísica e Espeleologia aplicadas à análise geomorfológica: um estudo de caso do entorno da Lagoa da Confusão TO. *In*: Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro,9, **Anais... v.**1, p.1-5. 2012.

MOZETO, A. A. Sedimentos e particulados lacustres: amostragens e análises biogeoquímicas. *In:* BICUDO, C. E. M., BICUDO D. C. (eds.) **Amostragem em limnologia**. Rima, São Carlos, p.295-320, 2004.

NASCIMENTO, L. R. S. L.; COÊLHO, M. P. C. A.; YBERT, J. P. Contribuição à palinologia do sedimento superficial da Lagoa da Dominga, Lance dos Cações, Itamaracá, PE. *In:* Congresso da ABEQUA, 10, Guarapari, **Anais...** ABEQUA: 4p. in CD-rom, 2005.

NASCIMENTO, P. & MORAIS, F. Análise morfométrica em Ipucas em carste encoberto na Depressão do Médio Araguaia, estado do Tocantins. *In*: Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro,9, **Anais***,*1: p. 1-6. 2012.

NORONHA, S. E. **Caracterização dos Ecossistemas Lacustres Sob Substrato Laterítico na Região de Palmeirópolis - TO**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, 2009. 81 p.

OLIVEIRA, A. P. G.; MIOTO, C. L.; RIBEIRO, A. A.; JAQUEZ, R.; ALBREZ, E. A.; SÍGOLO, J. B.; ASSINE, M. L.; FILHO, A. C. P. Sensoriamento Remoto na Análise do Alinhamento das Lagoas do Pantanal da Nhecolândia, MS. **Anuário do Instituto de Geociências** (Online), v. 39, p. 63-70, 2016.

OLIVEIRA, F. A. R. **Detecção de depressões cársticas a partir de classificação espectral e morfológica de imagens de sensoriamento remoto na região do Alto do Rio Paracatu**. Monografia de Especialização, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 55 p.

PARISOT, E. H. & REBOUÇAS, A. C. Geoquímica de aquíferos do Município de São Paulo. **BoI. IG-USP**, v.14, p.55-64, 1983.

PARIZZI, M. G. **A gênese e a dinâmica da Lagoa Santa com base em estudos palinológicos, geomorfológicos e geológicos de sua bacia**. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 1993. 55 p.

PAROLIN, M. **Clima seco e formação de dunas eólicas durante o Holoceno Médio em Taquaruçu - MS**. Maringá. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Biológicas/NUPELIA, Universidade Estadual de Maringá, 2001. 15 p.

PAROLIN, M.; MEDEANIC, S.; STEVAUX, J. C. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). **Revista Brasileira de Paleontologia**. v.1, p.137-148, 2006.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; STEVAUX, J. C. Use of spongofacies as a proxy for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of Central-Western Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**. v.11, p.187-198, 2009.

PERÔNICO, C. & CASTRO, P. T. A. Aplicação de métodos palinológicos no estudo do preenchimento sedimentar de ambiente lacustre assoreado do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) – MG. **Natureza on line**. v.7, n.2, p. 68-73, 2009.

PILLMORE, C. L. Deflation origin of Adams and Bartlett Lake Basins, Vermejo Park New Mexico. *In:* Ewing R. C. & Kues B.S. (eds.), **Guidebook of Vermejo Park, northeastern New Mexico**. Geological Society Guidebook, New Mexico, v. 27, p.121-124, 1976.

RASBOLD, G. G.; McGLUE, M. M.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M.; SILVA, A.; BERGIER, I. Sponge spicule and phytolith evidence for Late Quaternary environmental changes in the tropical Pantanal wetlands of western Brazil. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 518, p. 119-133, 2019.

SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D.; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica da plataforma brasileira. *In*: SOUZA, C. L. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. Holos, Ribeirão Preto, p.: 211-230, 2005.

SÁEZ, A.; INGLÈS, M.; CABRERA, L.; DE LAS HERAS, A. Tectonic paleoenvironmental forcing of clay-mineral assemblages in no marine settings: the Oligone-Miocene as Pontes Basin (Spain). **Sedimentary Geology**, v. 159, p. 305-324. 2003.

SALGADO-LABOURIAU M. L. **Critérios e técnicas para o Quaternário**. Edgar Blücher, São Paulo, 2007. 387 pp.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. Dolinas em arenitos da Bacia do Paraná: evidências de carste subjacente em Jardim (MS) e Ponta Grossa (PR). **Revista Brasileira de Geociências**, v.37, p.551-564, 2007.

SANTOS, G. B. **Origem do Sistema Lacustre da Região do Médio São Francisco: Bacia do Rio Grande – Bahia**. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2016. 160p.

SANTOS, G. B. & CASTRO, P. T. A. Sedimentological characteristics and geochemistry of lake waters of the basin, west of Bahia State (Brazil). **International Journal of River Basin Management**, v. 14, p. 431-440, 2016a.

SANTOS, G. B. & CASTRO, P. T. A. Caracterização da Rede de Drenagem e do Sistema Lacustre da Bacia do Rio Grande: Oeste Da Bahia - Região Do Médio São Francisco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, p. 801-812, 2016b.

SANTOS, G. B.; CASTRO, P. T. A.; PAROLIN, M.; DOCIO, L.; COSTA, D. H. Análise de espículas de esponjas como indicadores paleoambientais em sedimentos lacustres no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 19, p. 439-448, 2017.

SILVA, A. B. **Análise morfoestrutural, hidrogeológica e hidroquímica no estudo do aquífero cárstico do Jaíba, norte de Minas Gerais**. São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Tese de doutorado, 1984. 190 p.

SILVA, Y. M. P.; MEYER, K. E. B.; PERÔNICO, C.; CASTRO P. T. A. Palinofácies de uma sequência sedimentar Quaternária da Lagoa Preta, Parque Estadual do rio Doce, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**. v.13, p.49-56, 2010.

SOUZA FILHO, P. W. M.; QUADROS, M. L. E. S.; SCANDOLARA J. E.; FILHO E. P. S.; REIS, M. R. Compartimentação morfoestrutural e neotectônica do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.29, p.469-476, 1999.

SPERLING, E. V. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999. 138p.

STERNBERGE, H. O. R. Vales tectônicos na planície Amazônica? **Revista Brasileira de Geociências**, v.12, n.4, p.3-26, 1950.

TRICART, J. El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfologico sobre el ambiente. **Revista Informaciones Geograficas** (Chile), v. 29, p.81-98, 1982.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; SIDAGIS, G. C. **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**. Instituto Internacional de Ecologia,1, São Carlos, 2006. 532p.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. **Limnologia**. Oficina de Textos, São Paulo, 2008. 631 p.

TYSON, R. V. **Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies analysis**. Chapman & Hall, London, 1995. 615 pp.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; DRAGO, E.; PAROLIN M. Spicules of the Freshwater Sponge Ephydatia facunda Indicate Lagoonal Paleoenvironment at the Pampas of Buenos Aires Province, Argentina. **Journal of Coastal Research**. v.50, p. 449-452, 2007.

ZHAO, L. Y. L.; MCCULLOUGH, C. D.; LUND, M. A. Mine Voids Management Strategy (I): Pit Lake Resources of the Collie Basin. *In:* **Mine water and environment research/Centre for ecosystem management**. Edith Cowan University, 10, Perth-Australia, 2009. 227p.