21. MORFOGÊNESE DE MICRORRELEVOS SIMILARES A MURUNDUS NA PAISAGEM

Vinícius Borges Moreira[1] & Archimedes Perez Filho[1]

[1] Instituto de Geociências, UNICAMP; Rua Carlos Gomes, 250, CEP: 13083-855, Campinas-SP. vinciusmoreira@ige.unicamp.br, archi@ige.unicamp.br

---

Resumo: Os Microrrelevos aqui abordados consistem em pequenas feições côncavas, típicos do domínio morfoclimático dos Cerrados, ocorrendo principalmente sobre o planalto central brasileiro, porém, não se restringe a este ambiente, possuindo ampla distribuição geográfica, sendo também identificado em outras regiões e latitudes do planeta. Sua nomenclatura varia de acordo com a região onde é encontrado, podendo ser designado como: Mima-type mounds, pimple mounds, relict nebkhas, earth mound, heuweltjies, monchões, morrotes e murundus, sendo que, este último termo é mais utilizado no Brasil. Para além das nomenclaturas variadas, também existem diferentes e não concordantes hipóteses para sua morfogênese na paisagem, o que provocou e ainda suscita grandes debates na literatura e pouca concordância entre pares. Sendo assim, ao analisar o conjunto das obras dedicadas aos microrrelevos descritos, foram propostas novas perspectivas de análise em busca de um agente condutor de tais hipóteses, possibilitando melhor compreensão dos processos geomorfológicos envolvidos. Neste sentido, as novas tecnologias, aqui citadas, podem ajudar a esclarecer algumas hipóteses levantadas a décadas, sendo fator preponderante nesta discussão. Desta forma, também consiste em objetivo deste capítulo apontar novos e possíveis caminhos a serem trilhados por pesquisadores interessados na temática, sendo a classificação sistematizada dos microrrelevos, associado as novas geotecnologias por meio da análise geomorfológica a direção de fluxo de ideias sugerida.
Palavras-Chave: Cerrado. Pimple mounds, Mima-mounds, Heuweltjies, Murundus. Planalto central.

Abstract: The microrelief addressed here consists of small concave features, typical of the Cerrados morphoclimatic domain, occurring mainly over the central Brazilian plateau; however, it is not restricted to this environment, having a wide geographical distribution, being also identified in other latitudes and regions of the planet. Its nomenclature varies according to the region where it is found and can be designated as: Mima-type mounds, pimple mounds, relict nebkhas, earth mound, heuweltjies, monchões, morrotes and murundus, the latter term is more used in Brazil. In addition to the varied nomenclatures, there are also different and non-concordant hypotheses for its morphogenesis in the landscape, which has provoked and still raises great debates in the literature and little agreement between peers. Therefore, when analyzing the set of

works dedicated to the described micro-reliefs, new perspectives were proposed in search of an agent conducting such hypotheses, enabling a better understanding of the geomorphological processes involved. In this sense, the new technologies mentioned here can help to clarify some hypotheses raised decades ago, being a preponderant factor in this discussion. Thus, it is also the objective of this chapter to point out new and possible paths to be followed by researchers interested in the theme, with the systematic classification of microrelief, associated with new geotechnologies through geomorphological analysis, the suggested flow of ideas.
Keywords: Cerrado, Pimple mounds, Mima-mounds, Heuweltjies, Murundus, Central plateau.

Tema: Formas e processos

---

1. INTRODUÇÃO

São denominados de microrrelevos não antropogênicos todas as irregularidades ou variações do relevo em pequena escala, dentre estes, destaca-se pela quantidade de trabalhos publicados, áreas do conhecimento envolvidas e ampla distribuição geográfica, as elevações convexas de base circulares ou elípticas, descritas de forma pioneira e sistematizada no Brasil por Eiten (1972). Estes microrrelevos possuem nomenclatura variada nas mais diversas regiões/latitudes do mundo, sendo que, de acordo com Castro Junior (2002) no planalto central, área de maior ocorrência no Brasil, estes microrrelevos são reconhecidos como murundus, sendo este o termo referência adotado para este trabalho.

Tratando-se de uma forma de relevo azonal, os microrrelevos de murundus, são correlacionados na literatura à diferentes processos morfogenéticos, pois habitam ambientes heterogêneos, o que dificulta uma posição definitiva e clara sobre sua origem, que ainda consiste na principal fronteira do conhecimento para os pesquisadores debruçados sobre a temática (Cramer et al., 2012; Diaz et al., 2016; Cramer e Midgley, 2015; Moreira, 2017; Moreira e Perez Filho, 2017; Rosolen et al., 2019). Em comparação, pode-se observar outra forma de relevo azonal, que possui fatores de formação muito bem estabelecidos e restritivos na literatura, como por exemplo, os terraços fluviais, que se distribuem em todas as latitudes, porém sempre restrito a dinâmica dos rios. Os mesmos somente ocorrem fora do ambiente fluvial quando são relictos de paleo-paisagens, porém quando analisados, ainda possuem características singulares do ambiente matriz (WEGMANN e PAZZAAGLIA, 2002; GOUDIE, 2006).

A quantificação da forma, como demonstra Cramer e Barger (2014), talvez seja o único parâmetro amplamente adotado por pesquisadores ao investigar os microrrelevos de murundus, faltando-lhes sistematização mais ampla quanto ao material de origem e processos associados. Durante a revisão de literatura realizada, demonstrou-se que ainda não existem técnicas específicas para identificação morfogênica dos murundus, sendo estas, adaptadas de outros objetos de investigação, o que acaba influenciando na grande variedade de hipóteses sobre a origem destes microrrelevos.

A partir desta breve apresentação, este capítulo objetiva realizar revisão dos principais trabalhos já produzidos com esta temática, abordando as diferentes correntes metodológicas e hipóteses sobre a origem dos micrrelevos similares a murundus que ocorrem no Brasil e no mundo, buscando compreender as questões locais que levaram as conclusões apresentadas. Posteriormente pretendesse traçar uma linha comum a todos estes trabalhos, caminhando no sentido de novas contribuições, unificando as hipóteses e avançando nas discussões relacionadas a esta forma de relevo tão singular das paisagens, que, possui função ecossistêmica muito importante. Desta forma, entende-se que a Geografia e Geomorfologia possui papel central na proposição de novos caminhos metodológicos em relação aos microrrelevos, visando a compreensão integral dos processos que envolvem esta feição do relevo.

2. REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1. Denominações regionais e distribuição geográfica dos microrrelevos

No Brasil os microrrelevos são denominados de acordo com região de ocorrência, possuindo as variações de murundu ou murundum para a região do planalto central, segundo (Penteado-Orellana, 1980; Araújo-Neto, 1981; Furley, 1985; 1986; Araújo-Neto et al., 1986; Oliveira-Filho, 1988). Em Minas Gerais, mais especificamente, Serra da Canastra e Triângulo Mineiro (MG) é conhecido como covoal (IBDF e FBCN, 1981; Schneider e Silva, 1991). Na Planície do Araguaia, entre os estados de Mato Grosso e Goiás é identificado como varjão ou monchão (Eiten, 1972; 1975), porém no Pantanal e Depressão Cuiabana são citados por Cunha et al. (1983) como morrote, cocoruto, capãozinho e ilha. Sendo assim, ao analisar a literatura nacional sobre os microrrelevos similares a murundus, observa-se que estão amplamente distribuídos no domínio morfoclimático dos Cerrados em relevos planálticos e depressões de vales.

Nos Estados Unidos da América (E.U.A), país onde ocorreram as primeiras caracterizações destes microrrelevos, com relatos ainda no final do Século XVII em expedições para Nova Espanha, conforme relatado por Kinnaird (1958), são reconhecidos na região centro sul do país como pimple mounds (Washburn, 1988; Cox e Scheffer, 1991; Seifert et al., 2009), no estado da Louisiana como Prairie mounds (Otvos e Price, 2001; Otvos, 2004), na California são denominados como mima-mounds (Cox, 1984; Horwath e Johnson, 2012) e Mima-type mounds para região do Missouri Horwath e Johnson (2006). Fora do continente americano também foram descritos no Sudoeste do continente africano, nas Savanas, ambiente similar ao Cerrado brasileiro, onde são conhecidos como heuweltjies (Cramer e Barger, 2014; Cramer e Midglay, 2015) ou gilgai na região do Chade segundo Diaz et al. (2016). Também foram descritos microrrelevos na Austrália, possivelmente similares aos demais, descritos por Noble (1993) como formas de características circulares semelhantes entre si.

A distribuição geográfica dos murundus pelo mundo apresenta importantes contribuições para discussão sobre sua gênese, pois ocorrem principalmente em ambientes de Cerrado/Savanas e regiões semiúmidas dos E.U.A, possuindo alta relação com a sazonalidade climática destes domínios morfoclimáticos, recebendo também, influência da dinâmica das planícies fluviais e flutuação do lençol freático nas estações seca e chuvosa do ano. Em alguns casos foram relatados microrrelevos de murundus em ambientes semiáridos, onde a importante relação sazonal da umidade praticamente não existe, o que levou a confusões conceituais, em relação aos microrrelevos e termiteiros no sentido restrito. Os montes de térmitas serão melhor explorados nos próximos itens deste capítulo.

Diante do exposto, pode-se inferir que, as características morfológicas externas, unem a grande diversidade de microrrelevos apresentados, porém ao analisar o material interno, localização geográfica, vegetação que o compõe e regime hidrológico, pode-se alcançar uma classificação mais precisa dos microrrelevos, distinguindo e classificando-os. Para iniciar as discussões deste tema, apresenta-se com maiores detalhes os aspectos geomorfológicos e ambientais dos microrrelevos de murundus.

2.2. Aspectos geomorfológicos e caracterização dos microrrelevos de murundus

Há grande variação na relação volume e dimensão entre os microrrelevos analisados, porém, de forma geral, pode-se caracterizar os exemplares que ocorrem no Planalto Central brasileiro como: pequenos montículos convexos ou elevações, tendo base circular ou elíptica, com tamanho variando entre 2 a 6 metros de diâmetro e 0,5 à 2,5 metros de altura (PENTEADO-ORELLANA, 1980). A depender do local de ocorrência ou estágio de degradação, os mesmos variam de tamanho, podendo possuir mais de 60 metros de diâmetro como relata Cramer e Barger (2014) para exemplares africanos.

Genericamente sua vegetação consiste em gramíneas ciperáceas, inter e sobre murundus, podendo ocorrer pequenas espécies arbóreas e termiteiros no topo do montículo (SCHNEIDER, 1996). A área de ocorrência de microrrelevos é denominada por Araújo Neto (1981) como “campos de murundus”, sendo geralmente associados a rede de drenagem, sendo estas, áreas deprimidas, que possuem formato circular ou de ameba, caracterizadas pela ocorrência expressiva dos montículos de aspecto “encalombado” que se distribuem caoticamente em seu interior. Ressalta-se que os campos de murundus se situam geralmente sobre superfícies aplainadas, elaboradas por ciclos erosivo sucessivos conforme descreve Moreira e Perez Filho (2020), desta forma a baixa declividade não permite boa drenagem, que, associado ao material pouco permeável disponível sobre tais superfícies e direcionamentos estruturais, cria as condições perfeitas para a formação das depressões e vales rasos que acondicionam os murundus.

De acordo com Schneider (1996) ocorrem três tipos divergentes de campos de murundus na alta bacia do rio Uberabinha, sendo estas: vertentes de vales; cabeceira de drenagem; e depressões “fechadas” de topo. Entre estes tipos citados, ocorrem

significativas mudanças no formato das depressões, indicando prováveis estádios de evolução das mesmas, para além das características gerais já descritas anteriormente. As depressões fechadas de topo são circulares ou elípticas, estando ligadas de forma intermitente ao canal fluvial. Já as depressões associadas a rede de drenagem possuem formato arredondado e longilíneo, similar a uma gota d'água, tendo conexão superficial perene com os canais de primeira ordem, em faixa linear estreita, possuindo microrrelevos enfileirados no seu entorno. Finalmente, os campos de murundus ocorrentes em vertentes de vales os margeiam de maneira linear às planícies de inundação de canais fluviais. A Figura 1 ilustra em modelo, parte dos processos descritos, sintetizando as informações apresentadas (MOREIRA, 2017).

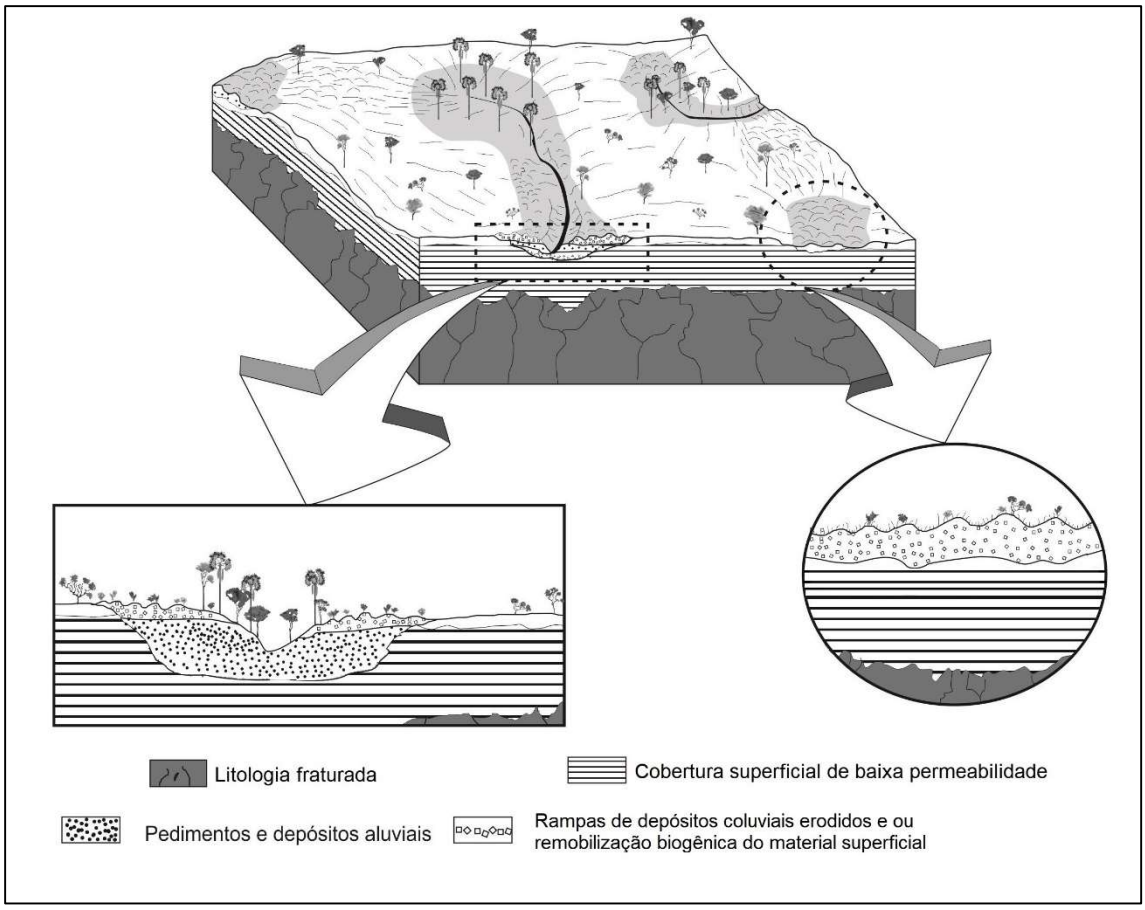

Figura 1. Campos de murundus em depressões de topo e planícies aluviais em relevo de chapadas. Fonte: Moreira, 2017. Modificado pelos autores.

Em relação a origem e evolução das depressões, onde são encontrados os murundus, são mais reconhecidas duas propostas distintas. Para Schneider (1996) os processos geoquímicos são responsáveis pela formação das depressões, hipótese muito similar a apresentada por Lima (1996) ao apresentar a origem das veredas no Cerrado em sua fase inicial. No relatório veiculado pelo Projeto Radam Brasil, Mamede et al. (1983) suscita outra explicação para a gênese destas depressões, considerando-as como "bajadas"

residuais de antigas drenagens endorreicas, elaboradas durante um clima mais seco que o atual durante o período Pleistoceno.

De maneira precursora Penteado-Orellana (1980) destaca a relação dos microrrelevos com a proximidade do lençol freático, indicando que o mesmo se situa no contado entre a base da encosta e a planície aluvial. De acordo com (Schneider e Silva, 1991; Castro Junior et al., 2004) pesquisadores que observaram o nível de água subsuperficial no aquífero livre em campos de murundus utilizando piezômetros, indicam que a variação destes, ocorre devido a existência de dois níveis de lençóis freáticos distintos, que são apartados por lente de argila. Desta forma, o primeiro nível, mais superficial, oscila conforme o período de chuvas, sendo abastecido pelo escoamento superficial. Já o segundo nível é abastecido pelo primeiro, mantendo assim, a perenidade de canais fluviais associados a este sistema na estação seca do ano. Reitera-se a importância do regime hídrico para desenvolvimento e manutenção dos campos de murundus, indicando que a sazonalidade pluvial do domínio dos Cerrados e dinâmica fluvial, estão diretamente correlacionadas a origem dos microrrelevos, por meio, da variação das condições hidrológicas aferidas (MOREIRA, 2017; MOREIRA e PEREZ FILHO, 2017).

Quanto a geocronologia, ainda durante o século XX, muito se especulava sobre o período de formação destes microrrelevos e em quais condições ambientais iniciou a formação do montículo. Datações absolutas realizadas por (Otvos, 2004; Seifert et. al., 2009; Moreira, 2017) cobriram esta lacuna do conhecimento, por meio da utilização de geotecnologias, onde identificaram que estes microrrelevos tiveram sua origem majoritariamente no Holoceno médio e tardio, indicando idades dos microrrelevos agrupadas entre de 2500 a 4000 anos antes do presente (A.P.), porém com grande dispersão entre as amostras analisadas, o que indica que não se formaram concomitantemente. As idades absolutas logradas, seriam respostas de vários processos cíclicos durante o Holoceno, e ou processos locais específicos, que deram início a construção do montículo em momentos distintos nas mais diversas regiões onde ocorrem.

A Figura 2A e 2B apresenta exemplos em perspectiva aérea e de campo dos murundus e microrrelevos abordados, localizados na região do Triângulo Mineiro - MG, em depressões sobre chapada aplainada e planície aluvial respectivamente. Já a Figura 2C apresenta um corte transversal no microrrelevo de murundu, apresentando as características internas encontradas por Moreira (2017), contribuindo para a caracterização mais detalhada do mesmo.

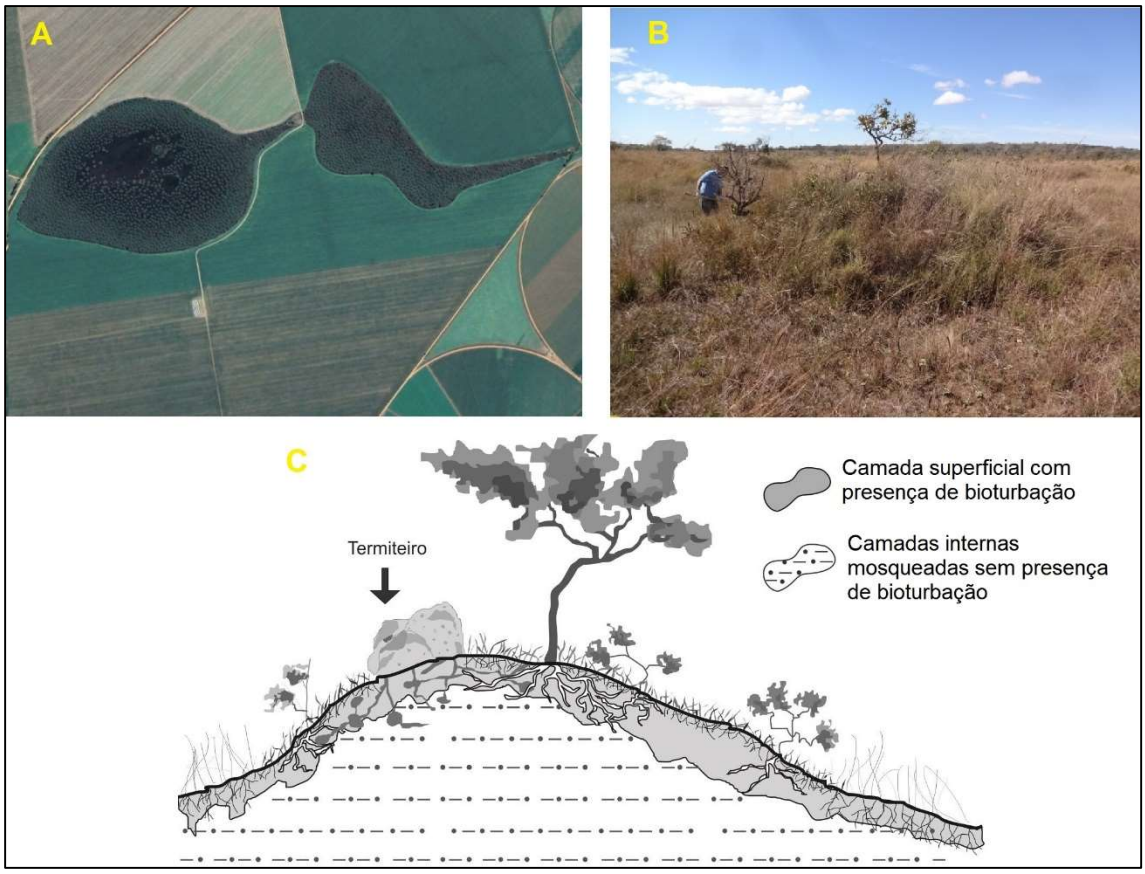

Figura 2. Visão aérea de campos de murundus, murundu em campo e corte transversal. A: Depressões povoadas por murundus (textura rugosa) circundadas por culturas anuais (textura lisa) sobre a chapada Uberlândia-Uberaba. B: Murundu fotografado em trabalho de campo. C: Modelo de corte transversal de murundu, ilustrando a camada superficial com aproximadamente 20 cm de profundidade e camada interna homogênea, com profundidade variada. Fonte: Google Earth, 2020; Moreira, 2017. Modificado pelos autores

2.2. Cobertura vegetal, solos e uso dos campos de murundus

Diversos estudos dedicaram-se a interpretar a assembleia vegetal que compõe os campos de murundus, relatando interessantes contribuições em relação a sua origem e desenvolvimento. Sendo assim, pode-se destacar que existem dois setores distintos nos campos de murundus: a área inter montículos e o próprio murundu. Devido a umidade constante no setor inter murundus, esta área é predominada por flora higrófita, essencialmente herbácea, comumente descritas como gramíneas ciperáceas, conforme Schneider (1996). Também são muito comuns espécies invasoras nesse contexto, como o capim *brachiaria*, devido ao uso e ocupação das terras do entorno.

A grande biodiversidade vegetal deste ambiente está nos próprios murundus, possuindo grande variedade de espécies lenhosas, que somente se desenvolvem em solos não saturados, conforme descrito por (Araújo Neto et al., 1986; Maricato, 2012; Resende et al., 2004; Pinto et al., 2014; Silva et al., 2016) que chegaram à conclusão de que estas são espécies típicas do Cerrado brasileiro, muito variadas entre cada campo de murundus analisado, nas mais diversas regiões do planalto central, havendo até mesmo espécies exclusivas no caso descrito por Oliveira-Filho (1992). Tais características levaram a uma

teoria sobre a origem e evolução dos murundus, onde os mesmos seriam relíquias de um paleo Cerrado, preservando as espécies arbustivas/arboreas que se desenvolveram em ambiente pré-campos de murundus, conforme Silva et. al. (2010).

Ainda sobre a diversidade vegetal dos campos de murundus, esta fitofisionomia possui riqueza de espécies como apresenta Resende et al. (2004), destacando a ocupação das espécies lenhosas *Copaifera langsdorffii, Pseudobombax longiflorum e Caryocar brasiliense* que possuem baixa densidade, mas maior área basal. Espécies típicas de florestas também foram encontradas como *Pseudobombax longiflorum, Ocotea corymbosa, O. Cecropia, pachystachya minarum e Inga laurina*, corroborando com a hipótese de Silva et. al. (2010). Por apresentar ampla distribuição geográfica a vegetação de campos de murundus, conforme Paulino et al. (2005), evidencia particularidades de cada região onde ocorre, com perfil de vegetação próprio.

Quanto aos solos que se desenvolvem em campos de murundus, vários autores, os classificaram com o intuito de compreender melhor os processos genéticos nos campos de murundus. Por exemplo, na chapada Uberlândia-Uberaba de acordo com Moreira (2017) predominam os Gleissolos, por conta da umidade constante presente no setor inter murundus, sendo que, na base dos murundus são comuns horizontes mosqueados, devido a variação sazonal do lençol freático. Em análise de topossequência realizada na cabeceira do córrego da Fortaleza, Schneider e Silva (1991) descreve que as vertentes da depressão povoada por murundus são predominadas por Gleissolos de textura argilosa, porém o fundo plano, área inter murundus, é composto por camada de deposição de matéria orgânica associado a ocorrência de Organossolos. Resende et al. (2014) também encontrou a mesma dinâmica na variação dos solos em murundus, afirmando que os montículos, em si, são compostos por Latossolos. Em relação aos nutrientes disponíveis no solo, esperava-se que o montículo possuísse maior quantidade de nutrientes disponíveis, porém Resende et al. (2004) relata que ao analisar tais características para compreender a variabilidade da vegetação, o mesmo apresentou pequena diferença na disponibilidade de nutrientes entre os murundus e a área plana proximal, além de baixo teor de bases trocáveis, o que suscita mais discussões sobre gênese.

Ao observar outros trabalhos relacionados a gênese de solos em campos de murundus, pode-se identificar, variada gama de tipologias, novamente devido a abrangência da área de ocorrência destes microrrelevos, sendo encontrados: Latossolos Vermelho-Amarelos, Plintossolos Háplicos e Neossolos Quartzarênicos para região de Jaíba-MG. No Planalto dos Parecis, MT, são relatados Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos, Gleissolos Háplicos Distróficos, Plintossolos Argilúvicos Distróficos e Neossolos Quartzarênicos Órticos, conforme revisão feita por Paulino et al. (2005).

Corroborando com a cobertura vegetal, a tipologia de solos é bem variável, deixando claro que cada campo de murundus possui características singulares, devido a variação do material de origem e hidrodinâmica que dão condições ambientais diferenciadas para os solos, animais e vegetação desenvolvidas no contexto destas feições geomorfológicas.

Naturalmente, as áreas de ocorrência de campos de murundus não são agricultáveis devido todas características apresentadas, porém, se encontram no bioma brasileiro preterido historicamente para produção agrícola, o Cerrado. De acordo com Schneider (1996), o processo de substituição do Cerrado por culturas anuais foi intensificado na década de 1960, sendo a região palco da "revolução verde". Programas implantados pelo governo da época como POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados) financiaram e incentivaram a expansão das áreas agricultáveis do país, a partir do uso de fertilizantes agrotóxicos e mecanização do plantio e colheita, diminuindo radicalmente as áreas ocupadas naturalmente por fitofisionomias do Cerrado afetando, portanto, áreas de ocorrência de campos de murundus.

Ao realizar análise temporal do uso das terras na alta bacia do Rio Uberabinha Schneider (1996) descreve que, em 1964, 97,79% da área estava ocupada por vegetação natural de Cerrado, matas e campos úmidos. Já em 1994 a área ocupada pela mesma vegetação foi reduzida para apenas 43,52%. De forma complementar Moreira (2017) descreve que ao observar imagens aéreas recentes e ao realizar diversos trabalho de campo na região do Triângulo Mineiro, o mesmo pode observar que poucas áreas úmidas em fundos de vale permanecem com a cobertura vegetal natural, pois, quando não foram drenadas e substituídas para produção agrícola estão ocupadas por espécies invasoras.

2.3. Diferenciação conceitual e morfológica entre murundus e termiteiros

Existe considerável confusão conceitual na literatura no que se refere a diferenciação de murundus e térmiteiros/cupinzeiros, porém, sua estrutura, material, forma, tamanho e localização geográfica tendem a ser divergentes, havendo necessidade de trabalhos de campo e coletas de amostras para conseguir análises mais precisas para distinguir as duas geoformas. É importante salientar que os termiteiros também são microrrelevos, porém de uma classe diferente, onde estão restritos somente a atividade das térmitas, não havendo outro processo geomorfológico associado.

A ação das diversas espécies de térmitas é muito comum nos Domínios Morfoclimáticos do Cerrado e Caatinga, sendo fundamentais para a sucessão ecológica destes biomas, alterando a superfície topográfica, favorecendo a ciclagem de nutrientes, modificando as propriedades físicas e químicas dos solos, dentre outros fatores (PERES FILHO et al., 1990; FERREIRA et. al, 2011). Porém não se deve considerar que as atividades das térmitas ao construírem seus ninhos com características atuais e ativas, possui correlação direta com a gênese dos murundus.

Em áreas antropizadas são muito comuns a proliferação das térmitas sendo associados popularmente como indicadores de pastagem degradada, teoria desmistificada por (Peres Filho et al., 1990; Lima et al., 2011; Dias et al., 2012) que concluíram que a ação destes, agregam nutrientes importantes para produção agrícola e ciclagem das pastagens. Já em áreas naturais os ninhos de esópteros, ocupam extensas paisagem dos campos de Cerrados e Caatinga, transformando-os e atribuindo-lhes aspecto encalombado, assim como os murundus, porém, ocorrem, na sua maioria ocorrem em

diferentes patamares do relevo em relação aos murundus, sendo estas, áreas bem drenadas, onde não há umidade suficiente para interferir ou interromper a construção das colônias. Sendo assim, parte da confusão conceitual ocorre, porque, são comuns termiteiros sobre o topo dos murundus, pois estes, não são afetados pelas cheias sazonais das depressões e fundos de vales, portanto as térmitas habitam também os montículos, mas não necessariamente os construiu.

As características morfogênicas particulares geram grande diferença na forma aparente dos murundus e termiteiros, portanto deve haver uma diferenciação quando tratado murundus e termiteiros, por não possuírem a mesma gênese e período tempo de formação, conforme explicitado na Figura 3.

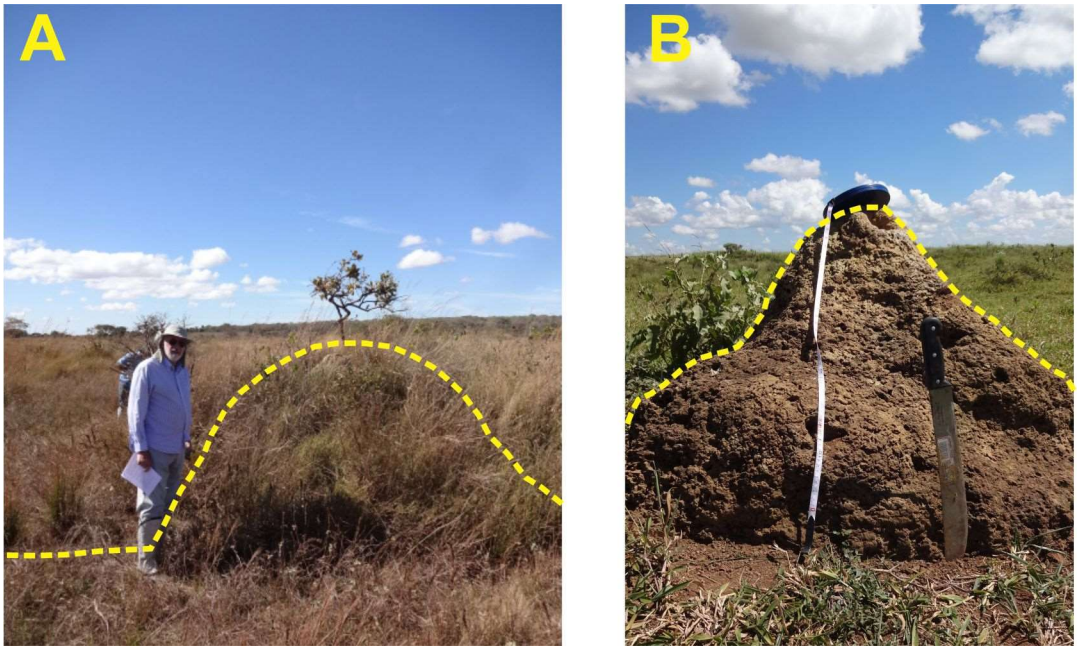

Figura 3. Comparação entre microrrelevos de murundus e termiteiros na chapada Uberlândia-Uberaba. (A) murundu com formato côncavo e de base elíptica com dimensões de 1,6 de altura por 2,3 metros de diâmetro na base, forma e tamanho similares ocorrem entre todos os indivíduos proximais, gerado em centenas e milhares de anos por processos de acréscimo e ou erosão. (B) termiteiro de formato cônico com dimensões de 0,70 metros de altura por 1 metro de base, forma e tamanho irregular e muito variável entre os indivíduos proximais, oscilando de acordo com a capacidade e quantidade de térmitas envolvidas durante a construção do ninho, forma gerada entre meses e anos. Os dois exemplares foram fotografados em áreas distintas sobre chapada no interior do Brasil, estado de Minas Gerais, região do Triângulo Mineiro.

No planalto central brasileiro murundus e termiteiros são bem distintos não havendo muitos trabalhos que confundam a terminologia entre os dois tipos de microrrelevos, pois ou ocorrem em ambientes distintos ou sobre os murundus conforme descrito anteriormente. Porém no semiárido brasileiro ocorre atualmente maior discussão, pois existem termiteiros muito similares aos murundus aqui descritos, merecendo destaque. Com o avanço do desmatamento da Caatinga grandes termiteiros foram expostos conforme descreveu Funch (2015), suscitando discussões sobre sua origem e distribuição

espacial destes microrrelevos, que segundo o autor, não possuí características recentes. Autores subsequentes aprofundaram as pesquisas de Funch (2015) e começaram a usar a nomenclatura de murundus para estes termiteiros, quantificando sua grande abrangência espacial no semiárido brasileiro e apresentando datações absolutas, afirmando que os mesmos poderiam possuir até 4000 anos A.P. em comunicação apresentada no periódico Current biology. Porém estudos mais detalhados devem ser realizados em sequência para confirmar as informações geocronológicas sugeridas na referida comunicação, pois são hipóteses interessantes, mas com poucas referências bibliográficas associadas (Simões, 2012; Souza e Delabie, 2017; Martin et al. 2018).

As idades obtidas pela datação em termiteiros se assemelham com as geocronologias realizadas por Moreira (2017) em murundus do planalto central, mas a falta do componente hidrológico limita os processos geomorfológicos em relação aos microrrelevos descritos no Cerrado brasileiro, sendo melhor associar esse microrrelevo a outra nomenclatura, como citada por Funch (2015), montes de térmitas, assim como os microrrelevos similares a estes citados em regiões áridas da África.

2.4. Hipóteses de origem dos microrrelevos de murundus

Iniciando a discussão sobre a atual fronteira da temática abordada, que está diretamente vinculada a gênese dos microrrelevos de murundus, são apresentadas as principais hipóteses sobre a origem e evolução dos mesmos, que podem ser classificadas em duas linhas gerais biótica e abiótica, subdivididas em: bioturbação, suporte de vegetação, erosão superficial diferencial, erosão geoquímica e transporte eólico.

Destaca-se como importante referência para as publicações brasileiras que consideram a hipótese biótica, o trabalho de Mathews (1977), que adaptou as considerações norte americanas que citam a associação de espécies de pequenos mamíferos como gophers e térmitas na construção de montículos. O autor supracitado discorre que a gênese dos murundus está relacionada à bioturbação de várias gerações de espécies de térmitas na construção do montículo, sendo as primeiras colónias de espécies adaptadas a umidade subterrânea constante no ambiente dos campos de murundus. Estas colônias teriam sido destruídas por animais como tatus e tamanduás, e posteriormente reconstruídas por outras espécies de térmitas subsequente, que não necessariamente eram adaptadas a umidade, por já estariam acima do nível do lençol freático oscilante. A sucessão de construção de colónias e destruição teria atribuído o formato convexo atual e criado condições para instalação da vegetação que os recobre atualmente. Esta foi a teoria genética mais difundida no Brasil, sendo replicada nos trabalhos de (Eiten 1972; 1975; Pullan, 1979; Cox, 1984; Oliveira-Filho, 1988; Correa, 1989; Resende, 2014).

De forma complementar a teoria biótica Picker et al. (2006) insere a questão climática na atividade dos insetos, apresentando as condições ideais para a dispersão e aumento da densidade por área ocupada por ninhos de térmitas, deixando claro que estes aumentam sua densidade por área em condições de maior suporte da vegetação, solos homogêneos e chuvas regulares. Portanto o autor defende que as oscilações climáticas

podem aumentar ou diminuir a atividade das térmitas, fazendo com que ocorra a ampliação ou diminuição dos seus ninhos em determinada área, o que explicaria a reativação de colónias durante a formação dos microrrelevos em condições climáticas mais favoráveis.

Horwath e Johnson (2006), também seguem a linha da bioturbação como principal agente responsável pela formação dos montículos encontrados na sua área de estudo, porém considera que outros fatores podem ter influenciado na construção dos microrrelevos, mas como processos secundários, sendo que principais as evidências descritas advêm das análises de solo realizadas. Segundo o autor que analisou a distribuição dos horizontes dos solos nos microrrelevos, a presença de cascalhos nos montículos, seriam justificadas pelo transporte realizado por pequenos insetos no perfil de solo, sendo que, as frações mais grosseiras poderiam ser aportadas por pequenos mamíferos na construção de seus ninhos e tocas. Portanto as linhas de pedras identificadas e presentes na base do montículo analisado são atribuídas também a bioturbação.

Os primeiros trabalhos discutidos no Brasil que contemplam a hipótese de formação abiótica para os microrrelevos murundus têm grande apoio na geomorfologia por meio da erosão superficial pluvial, a partir desta perspectiva, a erosão diferencial é o fator preponderante para a origem dos montículos. Sendo assim, destaca-se as contribuições realizados por (Penteado-Orellana,1980; Araújo Neto, 1981; Batista et. al., 2013). Nesta perspectiva conforme Araújo Neto (1981), os murundus seriam originados por processos de erosão superficial diferencial, onde os mesmos resultam de unidades mais resistentes a erosão dos solos, compreendendo núcleos mais resistentes com origem laterítica e recoberto por gramíneas, características que dificultaria erosão e transporte superficial do material. Batista et. al. (2013) aprofunda as análises feitas por Araújo Neto (1981), demonstrando como ocorre o processo geoquímico de precipitação do ferro em Gleissolos para formação dos laterítos contidos nos mesmos.

Com base em interpretações geomorfológicas sobre a paisagem, Penteado-Orellana (1980) propõe cenários divergentes de evolução para explicar a origem dos murundus, baseando-se principalmente em oscilações climáticas holocênicas, tendo como agente protagonistas neste sistema a morfogênese fluvial e os depósitos de pedimentos em fundo de vale, associando-os a eventos climáticos quente/úmidos e quente/secos. Sendo assim, foi proposto por Penteado-Orellana (1980) modelo de evolução dos vales fluviais, que esclarecem a existência dos murundus associados aos canais, baseando a modelagem na curva de Fairbridge (1962), que indicava as posições relativas do nível do mar nas oscilações climáticas para América do Sul, mesma metodologia aplicada em seus trabalhos realizados na Depressão Periférica Paulista.

Desta forma, Penteado-Orellana (1980) apresenta quatro fases determinantes no período Holoceno que contribuíram para a formação dos murundus em fundo de vale, são elas: 1- pulso de clima seco, condicionado o início da pedimentação e alargamento de vales com pavimentação dentrítica. 2 – Oscilação para clima mais úmido, provocando a incisão dos vales e formação dos primeiros microrrelevos nas encostas de vales. 3 – Novo

pulso seco provocando formação de pedimentação, alargamento e embutimento vales com coluviação sobre várzeas, com expansão das rampas coluviais; 4 – Clima atual, nova incisão de talvegues e retomada erosiva, seccionamento de rampas de colúvio e formação dos montículos com características atuais.

Seifert et al. (2009) apresenta outra variável a se considerar, neste caso os autores atribuem sua origem a eventos de oscilações climáticas entre períodos úmido e períodos secos. Tais oscilações primeiramente proporcionaram o transporte eólico e formação de dunas durante clima árido, posteriormente estas dunas foram estabilizadas pelo suporte da nova vegetação quando ocorreu nova oscilação no clima para novo período úmido, dando as características atuais dos microrrelevos analisados.

Silva et. al. (2010) procura decifrar a origem dos "Earth mound" no Brasil central por meio da interpretação do sinal isotópico de C3 e C4 armazenado no solo. Este sinal oscila de acordo com o predomínio do tipo de vegetação no período analisado, portanto o montículo reteria um sinal singular quando do início de sua formação. Ao coletar e processar amostras no interior do montículo e abaixo dele, associando também as espécies vegetais no local, os autores concluem que os montículos se originaram em áreas de savanas, que posteriormente foram convertidas por meio da erosão diferencial em campos de murundus, que no seu topo, possui sinal isotópico de matriz atual, pastagens naturais inundadas sazonalmente. Neste cenário proposto a vegetação das áreas que não foram afetadas pela erosão diferencial, preservaram espécies de savana em seus topos que seriam impossíveis de se desenvolverem nas condições ambientais atuais, explicando assim a origem das árvores que povoam o topo dos murundus atualmente, corroborando com levantamento fito fisionômico apresentado por (Araújo Neto et al., 1986; Maricato, 2012; Resende et al., 2004; Pinto et al., 2014; Silva et al., 2016).

De acordo com Cramer et. al. (2012) para os microrrelevos denominados "heuweltjies", não existe a possibilidade da bioturbação ser o principal agente de formação. Os autores se apoiam principalmente na presença de blocos de rochas no interior dos montículos que seriam impossíveis de serem transportados por térmitas e pequenos mamíferos, assim como a concentração de carbonatos em horizontes do solo que indicam processos abióticos. Posteriormente esta tese é reforçada em Cramer e Barger (2014) em relação a importância do papel da vegetação para proteger o solo da erosão superficial.

Desta forma, Cramer e Barger (2014) amplia a discussão do papel da estabilidade que a vegetação proporciona aos solos dos murundus, observando esse fenômeno nos diversos tipos de montículos relatados em diversas regiões do mundo como E.U.A, Brasil, África do Sul e Austrália. Fica evidente para os autores que a vegetação cumpre um papel fundamental, talvez não sendo o principal fator de formação, mas sempre atuando seja na atividade das térmitas ou na erosão superficial ou mesmo erosão e acumulação eólica. De acordo com os autores o padrão de vegetação precisa ser estável por períodos suficientemente longos, para proporcionar o estabelecimento de núcleos mais resistentes

aos processos erosivos superficiais, promovendo a mudança da paisagem e formando os montículos.

Cramer e Midgley (2015) demostram importantes correlações espaciais entre os microrrelevos, correlacionando a distribuição geográfica destes a aglutinação de sedimentos eólicos de acordo com a correlação de vizinhança aplicada, tendo a sua origem num período mais seco que o atual que proporcionava tal transporte. Portanto a vegetação teria um papel secundário estabilizando os montes formados anteriormente, porém esta vegetação não é a mesma que existe atualmente na área de estudo e sim espécies anteriores, que ocupava a região em outras condições do clima (arvores e arbustos esparsos), concordando com Silva et. al. (2010). Os autores também citam não haver correlação da formação dos montes com as térmitas que ocupam o topo dos microrrelevos atualmente, pois trata-se de uma ocupação posterior a formação dos mesmos.

A hipótese de abatimento geoquímico do relevo apresentada por Schneider (1996) explicava somente a formações das depressões sobre chapadas no interior do Brasil, mas para Moreira (2017) e Rosolen et. al. (2019) a origem dos murundus também pode ser também atribuída a hipótese de erosão geoquímica, ocasionada pela perda de solo por condições topográficas e hidráulicas presentes em depressões úmidas na chapada Uberlândia-Uberaba.

Segundo Moreira (2017) ilustrando por meio de modelos de evolução da paisagem, falhas e lineamentos preferenciais herdados da estrutura da rocha subjacente, indicam as redes de sentido preferencial da erosão geoquímica inter murundus, que posteriormente é acentuada por processos de erosão diferencial superficiais gerando os campos de murundus. Para Rosolen et al. (2019) a oscilação do nível do lençol freático provoca expansão e retração do solo, promovendo fissuras nas microestruturas do mesmo, que se configuram em caminhos preferenciais para o deslocamento de água em subsuperfície, provocando a incisão geoquímica inicial de acordo com os testes de resistividade realizados em seus trabalhos, porém não descartando que parte dessas fissuras podem ser herdadas da litoestrutura subjacente.

Existem outras teorias na literatura que foram pouco difundidas e ou talvez estejam distantes da temática de murundus, porém fazem parte do histórico do objeto de pesquisa deste capítulo, como por exemplo, a hipótese de atividade sísmica de Berg (1990), e hipótese periglacial de Hole (1981), sugerindo que a influência tectónica e o congelamento superficial, respectivamente, inferia na atividade de bioturbação no solo e distribuição dos sedimentos superficiais.

4. PROPOSTA PARA INTEGRAÇÃO DE PROCESSOS MORFOGENÉTICOS RELACIONADOS A GENESE DOS MICRORRELEVOS DE MURUNDUS

Após a revisão bibliográfica apresentada, interpreta-se que os microrrelevos de murundus são feições geomorfológicas constituintes da cobertura superficial das paisagens, conceito descrito por Perez Filho e Rubira (2019), configurando-se como potenciais indicadores geomorfológicos de mudanças ambientais por estarem diretamente associados a pulsações climáticas, com potencial contribuição para as discussões sobre oscilações climáticas do Holoceno. Observa-se que em todas as hipóteses apresentadas sobre as possíveis origens dos microrrelevos, a variação climática durante o Holoceno apresenta-se como elemento fundamental e aglutinador para estes estudos, sendo assim, configura-se necessário discorrer sobre parte da dinâmica climática holocênica para suscitar tal correlação. Durante muito tempo entendia-se que o Holoceno constitui em período relativamente estável do ponto de vista da abordagem climática, porém estudos relacionados a reconstrução paleoambiental vem mudando esse paradigma, demostrando a grande variação ambiental e climática que ocorreu nos últimos 11.000 A.P., que pode ter afetado o modelado do relevo superficial em diversas regiões do planeta, seja na dinâmica geomorfológica continental ou costeira.

Buscando classificar as oscilações climáticas durante o Holoceno Wanner et. al (2011) ao estudá-las em análise multiescalar, demonstraram a ocorrência de pulsos de clima frio e seco durante os últimos milhares de anos, que, alteraram o clima regional e global. Tal hipótese foi construída com base em dados de multi proxy's, utilizando as variáveis de temperatura, umidade e precipitação para interpretar tais eventos. Sendo assim, os autores estabelecem por meio de estatística que um período frio se define como o intervalo de tempo em que os valores de temperatura ou umidade/precipitação diminuem para menos de metade de um desvio padrão do valor médio do Holoceno. Sendo assim com base nessa metodologia, definiram 6 períodos distintos durante o Holoceno.

Ao desmistificar algumas questões de senso comum sobre mudanças climáticas, Esterbrook (2011) realiza importante revisão sobre os diversos fatores que influenciaram o aumento e diminuição de temperatura do planeta nos últimos milhares de anos A. P., apresentado diversos trabalhos que também se utilizam de multi-proxies para reconstituição paleoambiental e climática (temperatura do mar, isótopos de oxigênio, anéis de crescimento de arvores, palinologia, temperatura superficial, expansão e retração de geleiras, dentre outros). Sendo assim, a partir desta análise, apresenta resultados correspondente a cinco importantes oscilações do clima e seus respectivos efeitos na paisagem durante o Holoceno, corroborando estudos apresentados por Sicre et. al. (2008) sendo eles: Roman Warm; Dark age; Medieval Warm; Little Ice Age e período atual.

A comissão internacional de estratigrafia – IUGS, entidade responsável pela atualização da tabela cronoestratigráfica internacional, subdividiu o Holoceno em três

novos estágios, após revisão feita em meados de 2018 (Cohen et. al., 2018). Desta forma foi enfatizada as oscilações do clima no Holoceno para criar os estágios Greenland (11700 à 8200 A.P.), Northgrippian (8200 à 4200 A.P.) e Meghalayan (4200 à atual A.P.), apresentando trabalhos com registros destas mudanças globais em diversas regiões do planeta, reafirmando as importantes transformações da paisagem a nível global. Em estudos de cunho geomorfológico trabalhando com terraços fluviais, fluviomarinho e marinhos (Storani e Perez Filho, 2015; Dias e Perez Filho, 2015; Perez Filho e Rubira, 2018; Souza et al., 2020) também identificaram diversos pulsos climáticos, inferindo sua influência em bacias hidrográficas continentais e costeiras.

Desta forma pode-se observar que as oscilações do clima durante o Holoceno cumprem papel fundamental, seja como fator de impulsionamento de processos abióticos como erosão superficial diferencial, erosão geoquímica, ativação de processos eólicos ou mesmo em processos bióticos, proporcionando dispersão e retração de colónias de térmitas na bioturbação, migração de animais e suporte da vegetação para proteção do solo, hipóteses que sempre suscitaram discussão nessa temática. Em todos estes casos a oscilação do clima parece ter papel fundamental e não pode ser desconsiderada nas posteriores análises destes ambientes.

Sendo assim, a distribuição geográfica dos microrrelevos de murundus pode ser melhor compreendida, abrindo um novo cenário para discussões sobre a temática, onde as pulsações climáticas holocênicas auxiliam na interpretação da formação de coberturas superficiais seja em ambientes tropicais no Brasil e continente Africano ou em ambientes subsumidos no caso dos E.U.A. Deve-se pontuar que as pulsações climáticas ocorrem em todo o globo, afetando os ambientes com intensidade e forma distinta, mas sempre provocando transformações significativas no relevo.

Considerando as hipóteses de origem dos microrrelevos de murundus e questões climáticas holocênicas apresentadas, com base na modelagem morfológica de sistemas Christofoletti (1999) foi elaborada a Figura 4, propondo a integração das discussões realizadas neste capítulo, considerando as grandes variabilidades sistêmicas apresentadas e abrangência regionais de processos geomorfológicos e ambientais.

5. CONCLUSÃO

A partir do exposto considera-se que houve importantes avanços nos últimos 50 anos em relação a identificação e caracterização de microrrelevos de murundus, com destaque para estudos realizados no Brasil, sendo que, atualmente são amplamente mapeados, permitindo compreender e analisar sua distribuição geográfica. Desta forma, também foi identificado, que suas interpretações iniciais são relativamente bem conduzidas, permitido ao leitor distinguir suas singularidades locais, porém a supressão dos campos de murundus em relação ao avanço do agronegócio, principalmente no Planalto Central brasileiro, pode limitar o grande potencial de diagnósticos futuros, conforme relatado para a região do Triângulo Mineiro-MG.

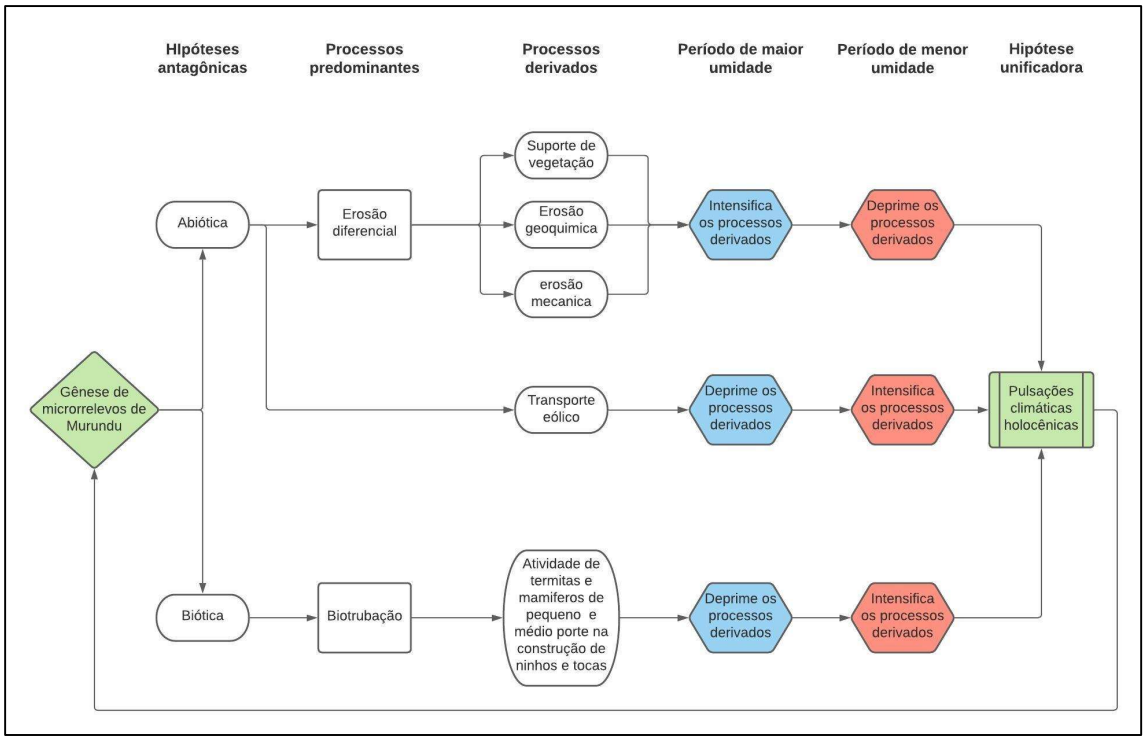

Figura 4. Síntese de possíveis sistemas morfogenéticos de microrrelevos de murundus integrados

Os serviços ecossistêmicos prestados pelos campos de murundus, ainda são pouco debatidos na literatura, sendo que estes, consistem em nascentes de importantes rios do planalto central e deveriam possuir o mesmo destaque que se observa nas discussões sobre veredas, outra importante feição do Cerrado brasileiro que cumpre função similar na paisagem. Os debates sobre veredas possuem literatura ampla, sendo referenciadas até mesmo em leis voltadas às áreas de proteção e preservação ambiental, podendo ser este o caminho, no sentido de preservação dos microrrelevos apresentados.

Do ponto de vista dos processos, também há muito campo a se avançar na temática, a partir da observação das hipóteses de origem acometidas até o momento, que evoluirão substancialmente com o apoio da tecnologia e análises paleoambientais, permitindo um olhar mais integrado sobre estas feições do relevo, conforme inicialmente proposto no item 4. A aplicação de geotecnologias como análise de pólen, fitólitos, diatomáceas e espiculas de esponja, devem auxiliar nas futuras interpretações, sendo que, existem poucos trabalhos realizados com apoio destas técnicas na temática, sendo possíveis de serem aplicadas nos mais variados ambiente onde ocorrem os campos de murundus. Outro avanço necessário, está relacionado a uma classificação sistematizada dos microrrelevos, que deveria ser o próximo passo dos pesquisadores interessados pelo tema, sendo a Geomorfologia, virtual área do conhecimento a realizar tal proposição.

Por fim, a proposição de uma metodologia especifica para analisar o material que compõe os murundus seria o maior passo para a interpretação desses ambientes, mas também consiste no principal e mais complexo avanço na temática estudada.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo e Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por meio dos projetos 2015/10417-1 e 2016/21335-9 pela realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO NETO M. D.; FURLEY P. A.; HARIDASAN M.; JOHNSON C. E. The murundus of the Cerrado region of central Brazil. **J. Trop. Ecol**, v. 2, p.17-35, 1986.

ARAÚJO NETO, M. D. **Solos, água e relevo dos campos de murundus na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília, Brasília, 1981.

BAPTISTA, G. DE M.; CORRÊA, R. S.; SANTOS, P. F. Campos de Murundus da fazenda água limpa da UNB: hipótese de origem. **Revista do Ceam**. v.2, n.1, p. 47-60. 2013.

BERG, A. D. Formation of mima mounds: a seismic hypothesis. **Geology**, v. 18, p. 281–284, 1990.

CASTRO JUNIOR, P. R. **Dinâmica da água em campos de murundus no planalto dos Parecis**. 2002. 195 p. Tese (Doutorado em Geografia) FFLCH-USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CASTRO JUNIOR, P. R.; GIRARD, P.; CUNHA, C. N. da. Dinâmica hídrica em campos de murundus. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais**, São Paulo-SP, P. 1-18, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999, 236p.

COHEN, K.M.; FINNEY, S.C.; GIBBARD, P.L.; FAN, J.-X. **The ICS International Chronostratigraphic Chart 2018**. Episodes 36: p. 199-204. Available: http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-07.pdf. Accessed: outubro, 2018.

CORRÊA, G. F**. Les microreliefs murundus el leur environnement pédologique dans l'ouest du Minas Gerais, région du plateau central brésilien**. 1989. (Thèse) Nancy: Universite de Nancy, 1989.

COX, G.W. The distribution and origin of mima mound grasslands in San Diego County, California. **Ecology**, v. 65, p. 1397-1405, 1984.

COX, G.W.; SCHEFFER, V.B. Pocket gophers and mima terrain in North America.

CRAMER, M. D.; BARGER, N. N. Are mima-like mounds the consequence of long-term stability of vegetation spatial patterning? **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.409, p. 72-83, 2014.

CRAMER, M. D.; INNES, S. N.; MIDGLEYA, J. J. Hard evidence that heuweltjie earth mounds are relictual features produced by differential erosion. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 350–352, p. 189-197, 2012.

CRAMER, M. D.; MIDGLEY, J. J. The distribution and spatial patterning of mima-like mounds in South Africa suggests genesis through vegetation induced aeolian sediment deposition. **Journal of Arid Environments,** v. 119, p. 16-26, 2015.

CUNHA. C. N.; CAMPOS, M. M.; SILVA, M. Q. **Estudos biológicos preliminares de uma área de Cerrado inundável, transição entre Cerrado e Pantanal**. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 1983.

DIAS, N. P.; MEDEIROS, L. R.; PAZINI, J. B.; SILVA, F. F. Distribuição espacial de Procornitermes sp. (Isoptera: Termitidae) em função das propriedades físicas do solo em área de pastagem no município de São Borja, Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v.7, n.2, p.104-111, 2012.

DIAS, R. L; PEREZ FILHO, A. Geocronologia de terraços fluviais na bacia hidrográfica do rio Corumbataí-SP a partir de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.16, n.2, p. 341 – 349, 2015.

DIAZ, N.; DIETRICH, F.; CAILLEAU, G.; SEBAG, D.; NGATCHA, B. N.; VERRECCHIA, E. P. Can mima-like mounds be Vertisol relics (Far North Region of Cameroon, Chad Basin)? **Geomorphology**, v. 261, p. 41-56, 2016.

EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v.38, p. 201-341, 1972.

EITEN, G. The vegetation of the Serra do Roncador. **Biotropica**, v.7, n.2, p.112-135, 1975.

ESTERBROOK, D, J. Chapter 1 - Geologic Evidence of Recurring Climate Cycles and Their Implications for the Cause of Global Climate Changes—The Past is the Key to the Future. **Evidence-Based Climate Science**, v.1, p. 3-51, 2011.

FAIRBRIDGE, R. W. World sea-level and climatic changes. **Quaternaria**, v.6, p. lll-134, 1962.

FERREIRA, E. V. O.; MARTINS, V.; JUNIOR, A. V. I.; GIASSON, E.; NASCIMENTO, P. C. Ação dos térmitas no solo. **Ciência Rural**, v.41, n.5 p. 804-811, 2011.

FUNCH, R. R. Termite mounds as dominant land forms in semiarid northeastern Brazil **Journal of Arid Environments**, v.11, p. 193-198, 1991.

FURLEY, P. A. Classification, and distribution of murundus in the Cerrado of Central Brazil. **J. Arid Environ.**, v.122, p. 27-29, 2015.

FURLEY, P. A. Notes on the soils and plant communities of Fazenda Água Limpa. Brasília, DF Brazil. **Occasional Publications**, N.S, n. 5, Department of Geography, University of Edinburgh, p.138, 1985.

GOUDIE, A. **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Springer, vol. 2, 2006, 1156p.

HOLE, D. F. Effects of animals on soil. **Geoderma**, v.25, p. 75-112, 1981.

HORWATH, J. L.; JOHNSON, D. L. Mima-type mounds in southwest Missouri: Expressions of point-centered and locally thickened biomantles. **Geomorphology**, v.77, n. 3–4, p. 308-319, 2006.

IBDF; FBCN. **Plano de manejo – Parque Nacional da Serra da Canastra**. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal; Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, 96.p, 1981.

KINNAIRD, L. **The frontiers of New Spain**: Nicolas de Lafora's description, 1766 – 1768.Quivira Society: Berkeley, USA, 243p, 1958.

LIMA, S. S.; ALVES, B. J. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. M.; PINHEIRO, E. F. M.; SANT'ANNA, S. A. C.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Relação entre a presença de cupinzeiros e a degradação de pastagens. **Pesq. agropec. bras.**, v.46, n.12, p.1699-1706, dez. 2011.

LIMA, S.do C.; QUEIROZ NETO, J.P. As veredas e a evolução do relevo. **Sociedade & Natureza**, v. 15, p. 481- 488, 1996.

MAMEDE, L. L.; ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M.; NASCIMENTO, M. A. L. S. RADAMBRASIL Folha SE-22. Goiânia: **Geomorfologia**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia / Secretaria Geral, v. 31, p. 338-410, 1983.

MARICATO, H.S. **Fitossociologia em campos de murundus na Bacia do Rio Claro, estado de Goiás**. 2012. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Goiás. Jataí-GO, 2012.

MARTIN, S.J.; FUNCH, R.R.; HANSON, P.R.; YOO, E. A vast 4,000-year-old spatial pattern of termite mounds. **Current Biology**, v.28, p.1283-1295, 2018.

MATHEWS, A, G, A**. Studies on térmites from the Mato Grosso State, Brazil**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 267p, 1977.

MOREIRA, V. B. **Geocronologia em ambientes de veredas e campos de murundus na chapada Uberlândia-Uberaba**: subsídios à evolução da paisagem. 2017, 123f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

MOREIRA, V. B.; PEREZ FILHO, A. Caracterização Física dos Microrrelevos de Murundus na Chapada Uberlândia-Uberaba/MG: Discussões Preliminares Sobre Gênese. **Revista do departamento de Geografia**, Volume Especial – Eixo 10, p. 227-237, 2017.

MOREIRA, V. B.; PEREZ FILHO, A. Das superfícies de aplainamento aos pulsos climáticos holocênicos: a evolução da paisagem em relevos de chapada. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 176-195, 23 mar. 2020.

Nat. Areas J., v.11, p. 193-198, 1991.

NOBLE, C. Relict surface-soil features in semi-arid Mulga (Acacia aneura) woodlands. **Rangel J.**, v.15, p. 48 – 70, 1993.

OLIVEIRA FILHO A.T. The vegetation of Brazilian 'murundus' - the island-effect on the plant community. **J. Trop. Ecol.**, v.8, n. 4, p. 465-486, 1992.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. de. **A vegetação de um campo de monchões microrrelevos associados a cupins na região de Cuiabá (MT)**. 1988. 168 p. Tese de doutoramento IB-UNICAMP, Campinas, SP, 1988.

OTVOS, E. G.; PRICE D.M. Late Quaternary inland dunes of southern Louisiana and arid climate phases in the Gulf Coast region. **Quaternary Research**, v.55, p. 150-158, 2001.

OTVOS, G. E. Prospects for interregional correlations using Wisconsin and Holocene aridity episodes, northern Gulf of Mexico coastal plain. **Quaternary Research**, v. 61, n. 1, p. 105-118. 2004.

PAULINO, H. B. **Campos de murundus: gênese, paisagem, importância ambiental e impacto da agricultura nos atributos dos solos**. XI Tópicos em Ciência do Solo, v. 6, n. 1, p. 96–136, 2015.

PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental da Depressão Periférica Paulista**. 1968. 195p. (Tese de Doutoramento). Departamento de Geograifa, UNESP, Rio Claro, 1968.

PENTEADO–ORELLANA. M. M. Microrrelevos associados a térmitas no Cerrado. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 20, n. 39/40, p. 61-72. 1980.

PERES FILHO, O.; SALVADORI, J. R.; SANCHEZ, G.; NAKANO, O.; TERÁN, F. O. Componentes do material utilizado na construção do termiteiro do cupim-de montículo, (isoptera: termitidae). **Pesq. agropec. bras.**, v. 25, n.2, p.167-171,1990.

PEREZ FILHO, A.; RUBIRA, F. G. Evolutionary interpretation of Holocene landscapes in eastern Brazil by optimally stimulated luminescence: Surface coverings and climatic pulsations. **CATENA**, v. 172, p. 866-876, 2019.

PICKER, M. D.; HOFFMAN, M. T.; LEVERTON, B. Density of Microhodotermes viator (Hodotermitidae) mounds in southern Africa in relation to rainfall and vegetative productivity gradientes. **Jornal of Zoology**, v.271, n. 1, p. 37-44, 2006.

PINTO, J. R. R.; MEWS, H. A.; JANCOSKI, H. S.; MARIMON, B. S. BOMFIM, B. O. Woody vegetation dynamics in a floodplain campo de murundus in central Brazil. **Acta Bot. Bras**., v. 28, n. 4, p. 519-526, 2014.

PULLAN, R. A. Térmite hills in Africa: Their chacarcteristics and evolution. **Catena**, v.6, n. 3-4, p.267-291, 1979.

RESENDE, I. L. M.; ARAÚJO, G. M. A.; OLIVEIRA, A. P. A.; OLIVEIRA, A. P.; ÁVILA JÚNIOR, R. S. 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.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 6ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2014, 378p.

ROSOLEN, V.; BUENO, G. T.; MUTEMA, M.; MOREIRA, C. A.; FARIA JUNIOR, I. R.; CHAPLOT, G. N. V. On the link between soil hydromorphy and geomorphological development in the Cerrado (Brazil) wetlands. **CATENA**, v. 176, p. 197-208, 2019.

SCHNEIDER, M.O. **Bacia do Rio Uberabinha: Uso agrícola do solo e meio ambiente**. 1996. 157p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SCHNEIDER, M.O; SILVA, D, B. da. Estrutura pedológica e dinâmica hídrica do "covoal" córrego da fortaleza. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.3, n. (5 e 6), p.75-89, 1991.

SEIFERT, C. L.; COX, R. T.; FORMAN, S. L.; FOTI, T. L.; THAD A. WASKLEWICZ, T. A.; MCCOLGAN, A. T. Relict nebkhas (pimple mounds) record prolonged late Holocene drought in the forested region of south-central United States. **Quaternary Research**, v.71, n. 3, p. 329-339, 2009.

SICRE, M. A.; JACOB, J.; EZAT, U.; ROUSSEA, S.; KISSEL, C.; YIOUA, P.; EIRÍKSSONB, J.;KAREN LUISE KNUDSENC, K. L.; JANSEN, E.; TURON, J. Decadal variability of sea surface temperatures off North Iceland over the last 2000 years. **Earth and planetary Science Letters,** v. 268, n. 1–2, p. 137-142, 2008.

SILVA, C. C.; ARRUDA, D. M.; FONSECA, R. S. Relação espécie-área em campos de murundus com diferentes históricos de perturbação. **Rev. Biol. Neotrop**, v.13, n.1, P. 250-260, 2016.

SILVA, L. C. R.; VALE, G. D.; HAIDAR, R. F.; STERNBERG, L. S. L. Deciphering earth mound origins in central Brazil. **Plant and Soil**, v. 336, n. 1–2, p. 3–14, 2010.

SIMÕES F.F.S. **Pedogênese e propriedades físicas, químicas, morfológicas de solos e murundus no médio Jequitinhonha, Minas Gerais**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia), Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SOUZA, A.O.; PEREZ FILHO, A. Late Holocene coastal dynamics, climate pulses and low terraces in the coast of the state of São Paulo, southeast, Brazil. **Journal of south american earth sciences**, v. 92, p. 234-245, 2019.

SOUZA, A.O.; PEREZ FILHO, A.; LÄMMLE, L.; SOUZA, D.H. Holocene climate pulses and structural controls on the geomorphological estuarine evolution of the Iguape River, São Paulo, Brazil. **Continental shelf research**, v. 205, p. 104168, 2020.

SOUZA, H. J.; DELABIE, J. H. C. 'Murundus' structures in the semi-arid region of Brazil: testing their geographical congruence with mound-building termites (Blattodea: Termitoidea: Termitidae). **Annales de la Société entomologique de France**, v. 52, n.6, p. 369-385.

STORANI, D. L.; PEREZ FILHO, A. Novas informações sobre geocronologia em níveis de baixo terraço fluvial do Rio Mogi Guaçu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.16, n.2, p.191-199, 2015.

WANNER, H.; SOLOMINA, O.; GROSJEAN M.; RITZ, S. P.; JETEL, M. Structure and origin of Holocene cold events. **Quaternary Science Reviews**, v. 30, n. 21–22, p. 3109-3123, 2011.

WASHBURN, A.L. **Mima mounds, an evaluation of proposed origins with special reference to the Puget Lowlands Report of Investigations, State of Washington,** Department of Natural Resources, Division of Geology and Earth Resources Report, n. 29, Olympia, Washington, 1988.

WEGMANN, K. W.; PAZZAAGLIA, F. J. Holocene strath terraces, climate change, and active tectonics: The Clearwater River basin, Olympic Peninsula, Washington State. **GSA Bulletin**, v. 114, p. 731–744, 2002.