

REVISTA DE ARQUEOLOGIA

Volume 39 No. 3 Setembro - Dezembro 2026

ARTIGO

USOS DE TECNOLOGIAS ARQUEOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO DE UM FUTURO RESILIENTE

Luana Campos*, Diogo Costa**, Aline Carvalho***

RESUMO

O conhecimento ancestral é a chave para a capacidade de um futuro mais adaptado, resiliente e resistente ante os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Nesse sentido, este artigo busca, em diálogo com a história do conceito de cultura e com o debate sobre “culturas arqueológicas”, sustentar que a materialidade registra processos de adaptação, resistência e resiliência, podendo orientar políticas públicas mais justas e realistas diante de perdas inevitáveis. Como estudos de caso, analisa-se (i) a engenharia dos engenhos movidos à maré na Amazônia, interpretada como “memória hidráulica” potencialmente inspiradora para a descentralização energética e (ii) os aterros Guató no Pantanal, compreendidos como tecnologias ancestrais de ocupação resiliente, articulando patrimônio arqueológico, manejo ambiental e saberes tradicionais em um projeto aplicado. Conclui-se que o patrimônio cultural deve ser tratado como agente dinâmico de transformação e que integrar ciência, tecnologia e conhecimentos comunitários é decisivo para “adiar o fim do mundo” e fortalecer futuros sustentáveis.

Palavras-chaves: Mudanças climáticas; Arqueologia; Resiliência.

* Doutora em Quaternário, Materiais e Culturas – (UTAD-Portugal). Docente do Campus Pantanal da UFMS. E-mail: luana_campos@ufms.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5985-1756>.

** Doutor em Antropologia pela University of Florida USA. E-mail: dmcosta@ufpa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4220-8232>.

*** Doutora em História – Unicamp – Pesquisadora do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – Unicamp. E-mail: alinecarvalho@unicamp.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7380-5940>.

USES OF ARCHAEOLOGICAL TECHNOLOGIES IN BUILDING A RESILIENT FUTURE

ABSTRACT

Ancestral knowledge is key to the capacity to build a more adapted, resilient, and resistant future in the face of the challenges posed by climate change. In this sense, this article seeks, in dialogue with the history of the concept of culture and with the debate on “archaeological cultures,” to argue that materiality records processes of adaptation, resistance, and resilience, and can guide fairer and more realistic public policies in the face of inevitable losses. As case studies, it analyzes (i) the engineering of tidal-powered mills in the Amazon, interpreted as “hydraulic memory” with potential to inspire energy decentralization, and (ii) the Guató earthworks in the Pantanal, understood as ancestral technologies of resilient occupation, articulating heritage, environmental management, and traditional knowledge in an applied project. It concludes that cultural heritage should be treated as a dynamic agent of transformation and that integrating science, technology, and community knowledge is decisive for “postponing the end of the world” and strengthening sustainable futures.

Keywords: Climate change; Archaeology; Resilience.

USOS DE LAS TECNOLOGÍAS ARQUEOLÓGICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN FUTURO RESILIENTE

RESUMEN

El conocimiento ancestral es clave para la capacidad de un futuro más adaptado, resiliente y resistente ante los desafíos que plantea el cambio climático. En este sentido, este artículo busca argumentar –en diálogo con la historia del concepto de cultura y con el debate sobre las “culturas arqueológicas”– que la materialidad registra procesos de adaptación, resistencia y resiliencia, y puede orientar políticas públicas más justas y realistas ante las pérdidas inevitables. Como estudios de caso, analiza (1) la ingeniería de molinos mareomotrices en la Amazonía, interpretada como “memoria hidráulica” potencialmente inspiradora para la descentralización energética, y (2) las construcciones de tierra de Guató en el Pantanal, entendidas como tecnologías ancestrales de ocupación resiliente, que articulan patrimonio, gestión ambiental y conocimiento tradicional en un proyecto aplicado. Se concluye que el patrimonio debe tratarse como un agente dinámico de transformación y que la integración de la ciencia, la tecnología y el conocimiento comunitario es crucial para “posponer el fin del mundo” y fortalecer futuros sostenibles.

Palabras clave: Cambio climático; Arqueología; Resiliencia.

INTRODUÇÃO

Em debates e militâncias ambientais, é comum encontrarmos a bandeira “vamos salvar o planeta”. Contudo, essa expressão, embora inspiradora, carece de precisão conceitual e de ressalvas relacionadas à própria justiça climática e aos modos de vida próprios de um sistema econômico capitalista (Hernandez, 2025). O planeta Terra, enquanto sistema físico, não está em perigo, já que ele existe para além da presença do ser humano. Negar o perigo do sistema físico Terra não é, todavia, defender a inexistência de uma crise climática expressiva e presente. O que está em risco, portanto, são as condições ambientais que sustentam o atual modo de vida dos diferentes grupos humanos e a diversidade biológica tal como a conhecemos (Lee; Romero, 2023). Assim, iniciamos este artigo com uma reflexão fundamental: o que, de fato, precisamos salvar – ação cara aos arqueólogos –, por que e como? Essa questão é essencial para compreender como a Arqueologia pode contribuir, com seus próprios instrumentos teóricos e metodológicos, para o debate contemporâneo sobre as mudanças climáticas.

Estudos sobre a história climática da Terra demonstram que o planeta passou por inúmeras transições abruptas e períodos de aquecimento e resfriamento extremos, acompanhados por reorganizações ecológicas e até extinções em massa (Huber; Macleod; Wing, 2000). Cada era geológica foi marcada por oscilações naturais de temperatura e composição atmosférica, evidenciando a resiliência e o dinamismo do sistema terrestre. A Terra, portanto, não precisa ser “salva” no sentido literal: trata-se de um sistema autorregulador, que tende a buscar o equilíbrio por meio de ajustes dinâmicos – muitas vezes violentos – entre os elementos que o compõem. É, em certo sentido, uma aplicação geofísica da terceira lei de Newton, segundo a qual toda ação gera uma reação de igual intensidade, mas de sentido oposto.

Como argumentam Kasting e Howard (2006), desde o Arqueano, período que compreende cerca de 4 bilhões e 2,5 bilhões de anos atrás, o clima terrestre passou por fases de intenso aquecimento e glaciações globais (“Snowball Earth”), em resposta a variações na composição atmosférica, particularmente nas concentrações de CO₂, CH₄ e O₂. Mesmo sob um Sol cerca de 20% menos luminoso do que o atual, a Terra manteve temperaturas médias compatíveis com a presença de água líquida, resultado de complexos mecanismos de retroalimentação climática. Essa capacidade de autorregulação decorre da interação entre processos físicos, químicos e biológicos profundamente interligados, cuja modelagem envolve o acoplamento entre componentes atmosféricos, oceânicos e geológicos (Gross *et al.*, 2018).

Sob essa perspectiva, o risco, no sentido do potencial para consequências adversas em sistemas ecológicos e humanos, de acordo com as ameaças, exposições e vulnerabilidades de cada território (Lee; Romero, 2023), não reside no colapso do planeta enquanto corpo celeste, mas na perda do equilíbrio que sustenta as condições ambientais favoráveis à vida. O desafio contemporâneo é, portanto, de natureza civilizacional: salvar não a Terra em si, mas a habitabilidade do planeta e os sistemas culturais que dela dependem. Nesse contexto, nossa reflexão sobre as mudanças climáticas deve iniciar com o papel da própria humanidade, aspecto que dentro do processo de avaliação de risco é tratado no sentido das capacidades.

Os elementos que modelam o sistema climático da Terra, conhecidos como forçantes climáticas, podem ter origem externa ou interna ao planeta. Entre as externas, destacam-se as variações na órbita terrestre e as flutuações na irradiação solar; entre as internas, figuram-se as movimentações tectônicas e a atividade vulcânica. Contudo, como avaliado desde os anos de 1930 (Callendar, 1938), a partir da Revolução

Industrial, o ser humano passou a se posicionar como uma nova força de modificação climática, ao transformar elementos naturais, como o petróleo, o carvão e o gás natural, em matéria-prima energética e liberar na atmosfera quantidades sem precedentes de dióxido de carbono (CO₂).

De acordo com dados compilados por Yale Environment 360 (2017), a concentração atual de CO₂ ultrapassou 420 partes por milhão (ppm), um patamar não observado há cerca de cem milhões de anos. Essa elevação abrupta, claramente visível nas séries paleoclimáticas, indica que o ritmo atual de aumento é incomparavelmente mais rápido do que qualquer variação natural registrada nos últimos quinhentos milhões de anos.

Considerando que o *Homo sapiens* surgiu há aproximadamente trezentos mil anos, o impacto antrópico sobre a composição atmosférica é um fenômeno sem precedentes na história geológica. O ser humano tornou-se, assim, uma força climática de escala planetária, alterando de maneira significativa o equilíbrio entre os principais componentes do sistema climático – atmosfera, criosfera, hidrosfera e biosfera – e inaugurando uma nova fase de instabilidade ambiental que muitos autores associam ao Antropoceno e ao Capitaloceno (Horváth; Lovász, 2025).

É nesse contexto que a Arqueologia se torna uma ferramenta privilegiada para compreender como sociedades em diferentes tempos históricos responderam a variações climáticas, quais mecanismos de resiliência desenvolveram e como suas experiências podem inspirar estratégias de adaptação no presente. O que está realmente em jogo é a preservação das relações entre a humanidade e o meio onde habita. Trata-se de uma dimensão expressa no artigo 22 da Declaração Universal dos Direitos Humanos, que estabelece:

Toda a pessoa, como membro da sociedade, tem direito à segurança social; e pode legitimamente exigir a satisfação dos direitos econômicos, sociais e culturais indispensáveis, graças ao esforço nacional e à cooperação internacional, de harmonia com a organização e os recursos de cada país (Organização das Nações Unidas [ONU], 1948).

Contudo, a sociedade contemporânea, inserida no contexto do capitaloceno, tende a sobrepor os direitos sociais e culturais ao direito econômico, relegando a cultura a um plano secundário entre as necessidades humanas. Passamos a viver como se estivéssemos em uma ilha movida por carências artificialmente criadas pela indústria do marketing. Nesse sentido, ao considerar a trajetória histórica do conceito de cultura, fundamental para a teoria e prática arqueológica, compreende-se o porquê de o termo nem sempre ser reconhecido como elemento relevante no debate sobre as mudanças climáticas; está geralmente situado no campo das discussões das ciências exatas e biológicas.

CULTURA, CULTURA ARQUEOLÓGICA E OS DOMÍNIOS SOBRE O TERMO MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Originado do preceito do cuidado, o conceito de cultura, durante a Idade Média, estava associado ao cultivo de plantas domesticadas. Posteriormente, a monarquia francesa passou a difundir um estilo de vida aristocrático que vinculava o termo cultura à ideia de civilização, estabelecendo padrões e formas de ser de uma classe dominante. Em contraposição, uma elite intelectual alemã apropriou-se do conceito de “*Kultur*” para valorizar o que era genuinamente representativo do espaço de origem, aproximando-o das noções que mais tarde seriam desenvolvidas pela Antropologia Cultural (Gonçalves, 2011).

São as relações mediadas pela cultura e pela materialidade que constituem o objeto central da Arqueologia – ciência que busca compreender as dinâmicas sociais a partir dos vestígios materiais. Desse modo, a Arqueologia oferece, assim, uma perspectiva singular sobre as formas pelas quais as sociedades humanas moldaram, e foram moldadas, por seus ambientes. É, portanto, no entendimento do conceito de cultura que se encontra uma de suas maiores contribuições teóricas: a compreensão de que, em oposição ao natural, tudo aquilo que o ser humano transforma é cultural.

A noção de “cultura arqueológica”, desenvolvida no início do século XX por Vere Gordon Childe, representou um marco na tentativa de organizar os vestígios materiais em conjuntos coerentes que refletissem modos de vida específicos. Childe (1925) concebia a cultura como um sistema integrado de práticas, técnicas e crenças, no qual cada elemento material deveria ser compreendido dentro de uma totalidade social (Jiménez Villalba, 1995). Sua proposta, embora influenciada pela arqueologia histórico-cultural de Gustaf Kossinna (1911), rompeu parcialmente com o determinismo racial e introduziu a ideia de que a cultura é produto da ação humana e das transformações históricas – uma construção dinâmica, e não uma essência fixa. Destaca-se que Childe escreveu em um contexto eurocêntrico e imperialista, sendo dois atributos que se mantêm no livro.

Com o passar das décadas, essa perspectiva foi profundamente revisitada. Podemos citar, entre muitos exemplos (ver Calafell e Eguchi (2024)), pesquisadores como Lang (2001) e Roberts e Linden (2011), que demonstraram que a antiga associação direta entre “cultura arqueológica” e grupos étnicos é metodologicamente insustentável. Lang (2001) argumenta que as “culturas arqueológicas” são construções heurísticas, isto é, formas de organizar conjuntos de artefatos recorrentes no tempo e no espaço, e não equivalem a povos ou identidades étnicas reais. Roberts e Linden (2011) reforçam essa leitura, sustentando que o conceito permanece útil como ferramenta analítica, desde que desvinculado de leituras essencialistas. Em vez de representar grupos homogêneos, cada conjunto material reflete redes complexas de intercâmbio, aprendizado e transmissão cultural.

Compreender a cultura material como produto de processos de adaptação, resistência e resiliência permite que a arqueologia contribua de forma significativa com as discussões sobre as mudanças climáticas. Se considerarmos que toda cultura resulta das interações entre pessoas e ambientes, os registros arqueológicos tornam-se testemunhos das múltiplas estratégias humanas de enfrentamento das variações ambientais. Childe (1956 *apud*. Jiménez Villalba, 1995) já afirmava que os seres humanos se adaptam não ao ambiente em si, mas à ideia que constroem dele, o que reforça a dimensão simbólica das respostas sociais às crises ecológicas.

As culturas arqueológicas, portanto, não devem ser vistas como entidades fixas ou isoladas de uma série de relações socioambientais, mas como expressões materiais de sistemas de significados em constante transformação. Essa leitura é essencial para compreender como a materialidade registra tanto a capacidade adaptativa quanto os limites da ação humana frente às mudanças ambientais. Assim, mais do que identificar “quem” produziu determinado artefato, interessa-nos entender como as práticas culturais mediaram as relações entre sociedade e meio, tornando a arqueologia um campo fundamental para pensar a resiliência e a sustentabilidade das civilizações.

Como destacam Funari (2001) e Carvalho e Funari (2007), a Arqueologia contemporânea, especialmente em sua vertente pública, assume também o papel ético de construir pontes entre o conhecimento científico e as comunidades, reconhecendo o patrimônio arqueológico como espaço de diálogo e cidadania. Essa abordagem reforça que “salvar o planeta” implica, antes de tudo, salvar as relações que o constituem –

as redes de significados, práticas e saberes que conectam humanidade e natureza ao longo do tempo.

ADIANDO O FIM DO MUNDO: A RELAÇÃO ENTRE O CENÁRIO ATUAL
E AS POSSIBILIDADES FUTURAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mudanças climáticas chegam à Arqueologia

Mas e quando os debates do campo climático chegam à Arqueologia, ou ao menos às ciências humanas? Um marco fundamental nos debates acerca das mudanças climáticas e das ciências humanas, em especial no campo da Arqueologia, se dá a partir da publicação da obra organizada pelos pesquisadores David Harvey e Jim Perry em 2015. A obra traz uma reunião de textos que propõem uma ruptura com a visão tradicional de conservação, patrimônio cultural e questões tradicionalmente chamadas de ambientais. De uma forma geral, os editores apontam que o patrimônio era tratado como um fragmento estático do passado a ser levado para um futuro previsível, descolado de questões do presente urgente. Para eles, em vez disso, o patrimônio deve ser encarado como um agente dinâmico de mudança cultural e uma expressão dos valores sociais que moldam a nossa resiliência. Nesse sentido, ignorar as relações entre os patrimônios, a própria cultura arqueológica e as questões socioambientais gera a manutenção da exclusão de outros saberes (que teoricamente estão distantes da academia), da cultura do consumo/desperdício e da exclusão. O patrimônio e a cultura material, portanto, tornam-se uma peça fundamental para a criação de estratégias efetivas no campo da ação climática.

Agenealogia do termo “mudanças climáticas” é essencial para contextualizar o debate atual tanto no campo arqueológico como fora dele, recuando à indagação pioneira de Wallace Broecker (1975), sobre o aquecimento global. Esse percurso histórico culminou na *Cúpula da Terra* (Rio-92), em que o fenômeno foi reconhecido como uma “preocupação comum da humanidade” através da United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Essa convenção estabeleceu a base legal para os esforços globais, transformando a variação climática num objeto de governação que exige o reconhecimento de responsabilidades partilhadas entre as nações (Lafer, 2000).

Sob a ótica sociológica de Ulrich Beck (2011), a discussão é inserida no conceito de “Sociedade de risco”, no qual a modernidade produz perigos ecológicos e químicos de escala global. Para o autor, “o conceito de sociedade de risco designa um estágio de desenvolvimento da sociedade moderna em que os riscos sociais, políticos, econômicos e individuais, cada vez mais, escapam das instituições de controle e proteção da sociedade industrial” (Beck, 2011, p. 27). Esse risco é sentido por nós, seres humanos, em diferentes contextos territoriais, mas também na materialidade que escolhemos para nos narrar. Sem proteção, somos lançados a um tempo de inversões de referenciais (questionamentos sobre os valores atrelados à diversidade, à democracia, à justiça socioambiental e a outros fatores). Num mundo onde tudo é possível, retomamos as reflexões da Hannah Arendt (1999), nas quais o mal é banalizado e, podemos acrescentar, a memória pode ser alterada sem o compromisso com aquilo que denominamos de verdade.

As ameaças climáticas, tema exclusivo das ciências exatas e biológicas por décadas, são muitas vezes invisíveis e provocam uma “democratização da catástrofe”, afetando todas as camadas sociais, ainda que de forma desigual. Nesse cenário, a gestão do patrimônio arqueológico deixa de ser apenas uma tarefa técnica para se tornar uma gestão estratégica de incertezas e de perdas inevitáveis. A grande questão se configura: como nós, arqueólogos, podemos atuar no campo para agir diante das perdas inevitáveis

ou mesmo para criar ações efetivas no campo das materialidades, memórias e mudanças climáticas? O que nos serve neste presente futuro tão urgente e desigual?

As políticas públicas internacionais têm focado a identificação de vulnerabilidades, especialmente em sítios do Patrimônio Mundial da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) ameaçados pela subida do nível do mar e por eventos extremos. Seria esse o nosso caminho? Podemos afirmar que todas as relações humanas com o clima são operadas através de uma “lente de herança”, a qual, inquestionavelmente, envolve a cultura material e sua imaterialidade inerente. Isso significa que as estratégias de adaptação não devem apenas focar a proteção física dos objetos, mas também considerar a política cultural que define o que decidimos ou não salvar para as gerações vindouras.

Reconhecer que habitamos o Antropoceno, uma era definida pela nossa herança climática, exige uma abordagem mais criativa e menos reativa perante a crise. É vital manter um sentido de patrimônio cultural que seja centrado no presente e orientado para o futuro, permitindo-nos desvendar as complexas noções de perda. Ao aceitar que nem tudo poderá ser preservado na sua forma original, abrem-se caminhos para estratégias de adaptação mais justas e realistas, que valorizam a memória viva e a transformação em vez da imobilidade material.

Por fim, a estrutura institucional que sustenta essas discussões é vasta e inclui organizações históricas como a Unesco (1945), o Centro Internacional de Estudos para a Conservação e Restauro de Bens Culturais (ICCROM) (1956) e o Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS) (1965). A evolução dessas redes culminou em iniciativas contemporâneas, como os projetos Climate Heritage Network (2018) e o projeto Preserving Legacies (2021). Ao evocar o pensamento de Ailton Krenak (2019) sobre o “Futuro Ancestral”, reconhecemos que a Arqueologia e o patrimônio são ferramentas fundamentais para adiar o fim do mundo e garantir a continuidade da experiência humana na Terra.

A ECOARQUEOLOGIA COMO RESPOSTA PARA UM FUTURO INCERTO

A Ecoarqueologia é reconhecida como um campo interdisciplinar voltado à compreensão das interações históricas entre as populações humanas e o ambiente, recorrendo ao registro arqueológico para investigar os impactos e as estratégias de adaptação frente às mudanças climáticas e ambientais atuais. Esse enfoque proporciona uma análise abrangente dos processos de resiliência e sustentabilidade em diferentes temporalidades e territórios, indo além das perspectivas estritamente culturais ou ambientais, partindo do nosso presente.

Segundo Costa (2023), a Ecoarqueologia oferece valiosas informações sobre adaptações passadas, que podem contribuir para o desenvolvimento de estratégias modernas de resiliência e sustentabilidade patrimonial, considerando fatores biológicos, físicos e culturais que moldam a relação entre populações e paisagens. O campo propõe que a diversidade cultural é fundamental para enfrentar os desafios ambientais atuais, pois o registro arqueológico evidencia como sociedades não industrializadas desenvolveram soluções inovadoras para garantir sua sobrevivência frente às alterações do clima e do território (Burke *et al.*, 2021).

Além disso, estudos recentes destacam a importância de considerar não apenas as ações humanas, mas também o papel de elementos “não humanos” (fauna, flora, componentes químicos e físicos) na reconstrução ecológica de paisagens históricas. Isso amplia o entendimento sobre como tanto humanos quanto ambientes se transformam e se influenciam mutuamente ao longo do tempo (Costa, 2021).

Outras abordagens evidenciam o papel ativo das sociedades na transformação e no manejo do ambiente, mostrando que a adaptação pode envolver tanto permanência quanto abandono do território, a depender da velocidade e da intensidade das mudanças climáticas (Card, 2013; Hirooka, 2003; Sandweiss; Kelley, 2012). Dessa forma, a Ecoarqueologia contribui para ampliar nossa compreensão sobre a diversidade de estratégias possíveis para lidar com desafios ambientais, incentivando uma análise crítica dos processos de resiliência, adaptação e sustentabilidade ao longo da história e da contemporaneidade.

ESTUDOS DE CASO

Os estudos de casos aqui apresentados compreendem as experiências de pesquisa em dois diferentes biomas brasileiros como forma de mostrar que povos pretéritos utilizaram de tecnologias para o enfrentamento de questões ambientais/climáticas que podem ser adaptadas para as condições atuais.

Bioma Amazônico

Estudos em Ecoarqueologia histórica na Amazônia investigam, por exemplo, como a presença europeia gerou impactos ambientais e culturais duradouros, analisando legados materiais que contribuem para entender as razões e dinâmicas de transformação da paisagem amazônica nos últimos séculos (Costa, 2019). Os engenhos de maré coloniais do estuário amazônico representam um dos capítulos mais singulares da adaptação tecnológica e da economia açucareira na Amazônia durante o período colonial. Diferentemente das regiões canavieiras do Nordeste brasileiro, onde predominavam sistemas movidos por força animal, hidráulica fluvial ou a vapor, os engenhos da região estuarina do Pará, especialmente em áreas como Igarapé-Miri e o engenho Murutucu (Costa, 2023), aproveitavam a energia das marés oceânicas para movimentar suas moendas.

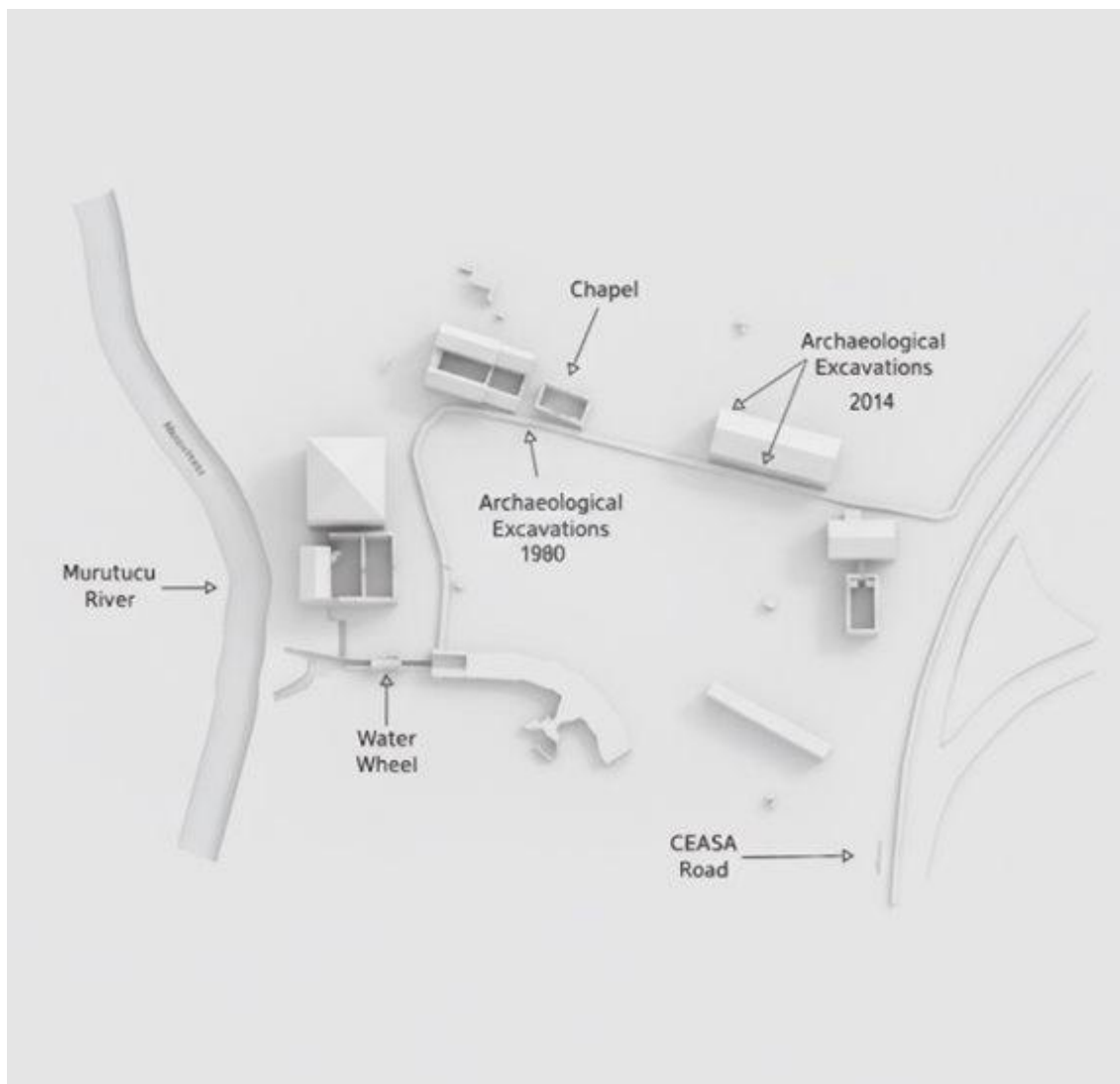
A presença e o funcionamento desses engenhos datam, conforme evidências arqueológicas e documentais, do século XVII ao XIX, sendo fundamentais para a produção de açúcar e aguardente, que abasteciam o comércio interno amazônico e, em menor escala, o tráfico inter-regional. O uso da força das marés era viabilizado pelo complexo sistema hidráulico composto por canais escavados, represas, engrenagens e rodas d'água especialmente adaptadas ao ciclo de preamar e baixa-mar, inovando o uso da energia natural disponível naquele ecossistema úmido.

Esse patrimônio industrial, hoje em grande parte reduzido a ruínas às margens dos igarapés e canais do estuário amazônico, transcende a condição de relíquia histórica para se afirmar como um laboratório de engenhosidade adaptativa. Os antigos engenhos de maré, com seus caixões de contenção, canais de derivação e rodas horizontais, não apenas processavam cana, mas captavam a energia cinética das marés sem represamentos, sem interrupção do fluxo hídrico e sem fragmentação de habitats; princípios que dialogam diretamente com a urgência contemporânea de soberania energética para as comunidades ribeirinhas. Hoje, milhares dessas populações ainda dependem de geradores a diesel, caros, poluentes e vulneráveis a crises logísticas de hidrocarbonetos, ou de extensões precárias da rede elétrica que mal alcançam a interioridade fluvial, insular e ribeirinha.

A ressignificação tecnológica dos moinhos de maré adaptados com turbinas de baixo impacto, materiais duráveis e gestão comunitária poderia oferecer uma matriz descentralizada, renovável e culturalmente enraizada, capaz de abastecer demandas locais de bombeamento, refrigeração de pescado, iluminação e comunicação. Em contraste

direto com as grandes hidrelétricas, que alagam extensas áreas de floresta, deslocam populações tradicionais, emitem metano em reservatórios tropicais, alteram o regime de sedimentos e bloqueiam rotas migratórias de ictiofauna, os sistemas de aproveitamento tidal operam na escala do território, respeitam a pulsação natural das águas e mantêm a conectividade ecológica. Reduzir a pressão por novos empreendimentos hidrelétricos na bacia amazônica passa, portanto, não apenas por políticas de conservação, mas pela valorização de soluções energéticas já testadas pelo tempo colonial: ao reinventar, com ciência e diálogo com saberes locais – a lógica dos engenhos de maré Guajarinós –, a Amazônia pode construir um modelo de desenvolvimento que não repita o ciclo do extrativismo energético, mas que, ao contrário, gere autonomia, preserve a integridade hídrica e honre a memória do conhecimento ancestral de quem há séculos convive em simbiose com o ritmo das águas.

Figura 1. Sítio Ecoarqueológico Engenho do Murutucu.



Fonte: Os autores (2025).

O engenho Murutucu, em Belém, é um dos exemplos mais notáveis e mais bem preservados deste sistema, tendo evidências de manejo hidráulico sofisticado e a introdução de tecnologias europeias ajustadas às especificidades ambientais amazônicas.

Sua história remonta à presença de diferentes grupos europeus (espanhóis, franceses, holandeses, portugueses), sendo registrado materialmente nas décadas iniciais do século XVII. Os vestígios materiais (ruínas, canais, fornalhas, bases de moendas, chaminés etc.) revelam, além da organização espacial da produção, o impacto dessa atividade sobre o meio e as transformações sociais, religiosas e ambientais da região.

O uso da maré como força motriz possibilitou que esses engenhos operassem mesmo em áreas distantes de rios encachoeirados, expandindo a canavicultura para várzeas e ilhas do estuário. Anderson e Marques (1992) enfatizam que o desenvolvimento desses engenhos não foi apenas uma adaptação técnica, mas também uma resposta estratégica para garantir autonomia produtiva frente às limitações de transporte, clima e escassez de mão de obra qualificada.

Figura 2. Engenho de Maré no Estuário Amazônico.



Fonte: "Os autores (2025)" *Gerada por IA em 15 de janeiro de 2026.

O declínio dos engenhos de maré ocorreu gradualmente durante o século XIX, sobretudo com a introdução de novas tecnologias industriais e a crise do sistema colonial. Contudo, os vestígios desses engenhos permanecem como importante patrimônio arqueológico, capazes de revelar aspectos da economia, sociedade, cultura do trabalho e das relações ambientais da Amazônia colonial.

Bioma Pantanal

Saberes Guató e os Aterros Antigos do Pantanal são importantes ferramentas de adaptação, resiliência e resistência climática que partem dos conhecimentos tradicionais dos povos que habitam as terras alagáveis do Pantanal.

Sua relevância se dá pelo fato de que os montículos/aterros podem ser entendidos como lugares persistentes, construídos, reutilizados e ressignificados ao longo do tempo,

até os dias atuais, como demonstra o trabalho de Luciano Silva (2023) em colaboração com o indígena Guató Lourenço Pereira. Assim, é preciso considerar que como elevações artificiais os aterros tiveram e ainda têm funções múltiplas, associadas à habitação, à organização social, à memória e às estratégias de adaptação às dinâmicas ambientais da região pantaneira (Bonomo *et al.*, 2025).

Entretanto, muito dos saberes tradicionais relacionados à construção dos aterros, à manufatura de artefatos e ao manejo ambiental têm se perdido progressivamente entre os Guató do Pantanal sul-mato-grossense. Essa perda decorre tanto de processos históricos de perseguição e deslocamentos forçados quanto da intensificação recente das mudanças climáticas.

Apesar da dinâmica natural do Pantanal ser marcada pela alternância entre cheias e vazantes, as secas prolongadas e os incêndios de grande escala ocorridos desde 2020 e 2024, relacionada às El Niño-Southern Oscillation (ENSOS) (Instituto Nacional de Meteorologia [INMET], 2020) devastaram extensas áreas habitadas, impactando severamente o modo de vida Guató e comprometendo a transmissão de seus conhecimentos e técnicas tradicionais, especialmente porque a seca intensificou as queimadas de origem antrópica pela prática da “queima de renovação de pastagem”.

Entre os efeitos da seca e da queimada sobre o patrimônio cultural desse povo, destacam-se não apenas os impactos sobre a função e o uso dos aterros, mas também sobre o saber tradicional da manufatura da canoa de um pau só e dos remos, bem como sobre as formas de pesca com frutos regionais. Tais tradições dependem do crescimento de árvores de grande porte, que necessitam de longos períodos para atingir o tamanho adequado para o uso. Contudo, as recorrentes queimadas, em intervalos cada vez mais curtos, impedem a regeneração das espécies vegetais utilizadas como matéria-prima, provocando a erosão gradual dos conhecimentos associados a seus usos e simbolismos.

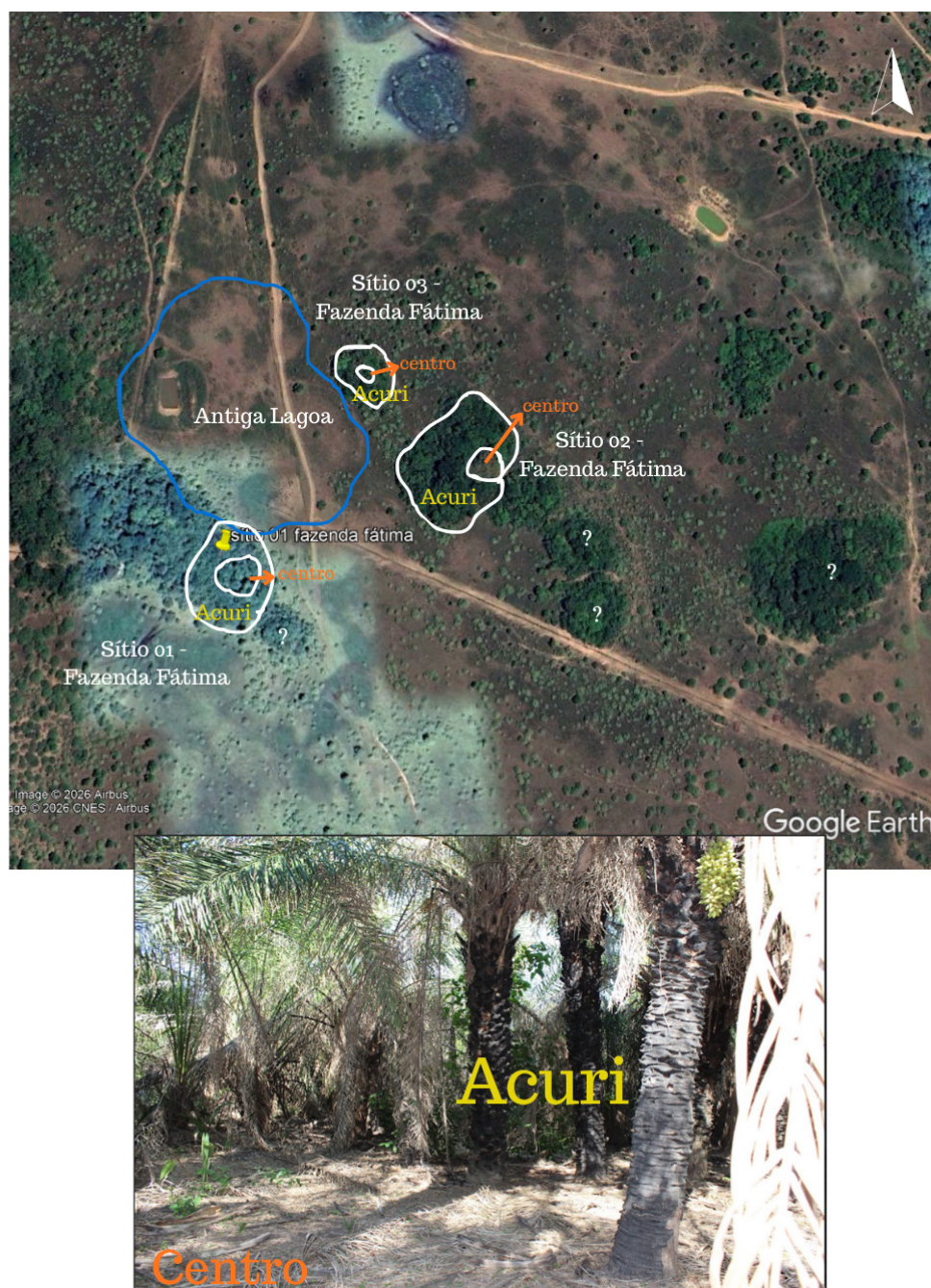
O caso aqui apresentado refere-se ao projeto desenvolvido pelo Laboratório de Arqueologia do Pantanal (LAPan/UFMS), em parceria com a Embrapa Pantanal, o Prevfogo/Ibama e a ALIPH Foundation (LAPan, 2025), que propõe a adaptação do conhecimento tradicional de construção dos aterros Guató como um modelo de ocupação resiliente, vinculando as evidências arqueológicas com ciência aplicada. A pesquisa é realizada com a colaboração do cacique da Aldeia Indígena Barra do São Lourenço e conta com Denir (negré) Marques da Silva como consultor bolsista do projeto.

Os aterros arqueológicos, construídos há mais de quatro mil anos, configuram obras de engenharia ancestral que permitiram aos primeiros habitantes do Pantanal viver em áreas periodicamente inundadas (Oliveira; Milheira, 2020). Essas estruturas são verdadeiros testemunhos de adaptação ecológica (Peixoto; Silva, 2017) e modos de ocupação de um território que elevavam o terreno, protegendo as moradias das cheias e dos ventos, além de promoverem conforto térmico e possibilitarem o cultivo de espécies vegetais nas terras pretas dos montículos calcado com conchas de Gastropoda. Entre as espécies vegetais, destacam-se as palmeiras Acuri (*Attalea phalerata*), fundamentais para alimentação, construção e proteção contra o fogo e contra o vento.

A evidência do Acuri é arqueologicamente constatada nas pesquisas realizadas pela Dra. Lia Brambila, do Museu de Arqueologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (MUARQ/ UFMS) (Campos; Gasques; Duarte, 2022), as quais identificaram, por meio de análises de cálculos dentários, a relevância histórica dessas plantas nas práticas cotidianas dos Guató (Campos; Gasques; Duarte, 2022). Análises preliminares de fitólitos, realizadas por alunos do LAPan, também apontam para uma presença significativa de palmeiras dentro das conchas de Gastropodas dos aterros, reforçando o vínculo entre ecologia e cultura material.

As palmeiras estão presentes nas formações de capão de mato, onde se localizam os aterros arqueológicos, que são maioritariamente circundados por Acuris, correspondendo, como aponta o estudo de Rivaben *et al* (2021), ao resultado de uma dinâmica típica do Pantanal de queima e inundação. Estudos também indicam a capacidade de regeneração da planta (Silva, 2023), garantindo a longevidade de permanência espaciais, especialmente devido às suas bainhas foliares persistentes e à estrutura do caule.

Figura 3. Complexo arqueológico aterro do sítio Fazenda Fátima.



Fonte: Os autores (2025). Imagem Google Earth (2026).

Como base nas evidências de recorrência do tipo de vegetação que compõe parte dos sítios de aterro, seja do ponto de vista arqueológico ou atual, corroborado pela

geomorfologia do espaço antrópico, o projeto propõe um conjunto de ações integradas voltadas à revitalização cultural e à adaptação climática:

1. Mapeamento e revitalização dos aterros, com uso de drones para identificar estruturas abandonadas e construir fossos de contenção hídrica voltados à mitigação de incêndios e enchentes;
2. Construção de pontes com técnicas vernaculares, garantindo o acesso seguro entre áreas alagadas;
3. Replanteio de espécies de palmeiras resistentes ao fogo, com apoio de análises genéticas conduzidas pela Embrapa Pantanal;
4. Oficinas e registros de história oral, voltados à transmissão intergeracional dos saberes Guató, com especial atenção ao protagonismo das mulheres nas práticas de manejo e produção artesanal;
5. Pesquisas científicas complementares, incluindo sessenta análises de fitólitos e dez estudos genéticos de palmeiras, a fim de compreender as relações entre biodiversidade, manejo e práticas tradicionais.

Ao conjugar saberes tradicionais e inovação científica, o projeto oferece um modelo replicável para outras regiões sujeitas a eventos climáticos extremos. A experiência Guató evidencia que a preservação cultural é também uma estratégia de adaptação ambiental, reafirmando a centralidade dos povos indígenas como protagonistas na construção de futuros sustentáveis para o Pantanal e para o planeta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realidade energética que se vislumbra para os próximos anos apresenta desafios sem precedentes, impulsionados pela expansão exponencial de data centers e pelo poder computacional demandado pelas inteligências artificiais (IA). Segundo projeções da Agência Internacional de Energia (IEA, 2023), o consumo energético global dos data centers pode duplicar até 2026, alcançando aproximadamente 1.000 TWh anuais, equivalente ao consumo total do Japão. O treinamento de modelos de IA de grande escala, como o GPT-4, pode consumir até 10 GWh por ciclo de treinamento (Patterson *et al.*, 2022), enquanto a inferência contínua desses sistemas adiciona cargas permanentes às redes elétricas. Estudos recentes de Masanet *et al.* (2020) e Jones (2023) alertam que, sem uma transição acelerada para fontes renováveis e eficiência energética radical, a infraestrutura digital pode comprometer as metas climáticas globais estabelecidas no Acordo de Paris. A demanda por energia limpa, previsível e distribuída torna-se, assim, uma questão de soberania tecnológica e sustentabilidade planetária.

Nesse contexto, emerge uma conexão rizomática entre passado e futuro, no sentido deleuziano de multiplicidades não hierárquicas que se entrelaçam em devires heterogêneos (Deleuze; Guattari, 1980). O sistema maré-motriz colonial do Engenho do Murutucu, com sua engenharia hidráulica adaptada aos ciclos naturais do estuário amazônico, representa não um modelo arcaico a ser superado, mas um nó de conhecimento técnico-ecológico-ancestral que ressoa com as urgências contemporâneas de descentralização energética e resiliência climática. Como argumenta DeLanda (2006), em sua leitura deleuziana da história tecnológica, as inovações não seguem linhas evolutivas lineares, mas formam redes de possibilidades latentes que podem ser reativadas em novos contextos. A “memória hidráulica” dos engenhos amazônicos – sua capacidade de capturar, armazenar e distribuir energia renovável de forma autônoma – dialoga diretamente com os princípios de *smart grids*, microgeração e autonomia energética que fundamentam as propostas de transição energética do século XXI (Lovins, 2021; Rifkin, 2011). Assim, o passado “antes da arqueologia” não é mera ruína, mas reservatório nodal

de futuros possíveis, um rizoma temporal no qual técnicas vernaculares e tecnologias emergentes coexistem em potência autoral.

A possibilidade de pesquisas mais específicas sobre o sistema maré-motriz do Engenho do Murutucu e seu aqueduto representa uma agenda científica urgente e promissora, situada na interseção entre arqueologia industrial, história ambiental, engenharia hidráulica e estudos de sustentabilidade. Conforme apontam Anderson e Marques (1992), os engenhos movidos à maré no estuário amazônico constituem um corpus técnico ainda insuficientemente documentado, cujos vestígios materiais – comportas, canais, reservatórios, aquedutos – aguardam levantamentos topográficos, modelagens hidráulicas computacionais e análises de eficiência energética comparativa. Metodologias contemporâneas, como fotogrametria digital, LiDAR, simulações CFD (Computational Fluid Dynamics) e análises de sedimentos (Costa, 2011; Sandweiss; Kelley, 2012), podem revelar não apenas a configuração original desses sistemas, mas também sua viabilidade de reativação ou adaptação para microgeração de energia limpa em comunidades ribeirinhas e mais. Estudos interdisciplinares que articulem arqueologia, etnografia, engenharia e ecologia política – à luz de *frameworks* como o da “infraestrutura vernacular” (Carse, 2017) e da “energia comunitária” (Becker; Kunze, 2014) – podem transformar o Murutucu em um laboratório vivo de inovação sociotécnica, onde o conhecimento ancestral informa soluções contemporâneas para a crise energética e climática.

A Arqueologia, ao investigar a trajetória humana, revela que o passado não é uma ruína estática, mas um reservatório de futuros possíveis. Nossas investigações demonstram:

- Autonomia e Inovação: o sistema maré-motriz do Engenho do Murutucu representa um nó de conhecimento técnico-ecológico que ressoa com as urgências contemporâneas de microgeração e descentralização energética;
- Resiliência e Adaptação: a engenharia ancestral dos aterros Guató no Pantanal oferece modelos de proteção contra secas e incêndios extremos que hoje devastam o modo de vida tradicional;
- Protagonismo Comunitário: projetos de revitalização que integram Arqueologia, Ecologia e saberes tradicionais fortalecem a resiliência das comunidades e garantem a continuidade de saberes indispensáveis à satisfação de direitos fundamentais.

Em suma, a “memória hidráulica” da Amazônia e as “ilhas de sobrevivência” do Pantanal dialogam diretamente com as propostas de transição energética e adaptação climática do século XXI. Nesse sentido, o que está em jogo não é apenas a proteção física de objetos, mas a preservação da habitabilidade do planeta e das relações que o constituem.

A Arqueologia contemporânea, em sua vertente pública e interdisciplinar, assume, assim, o papel ético de transformar o patrimônio cultural em um laboratório vivo de inovação sociotécnica. Ao conjugar tecnologias e saberes, reafirmamos que o patrimônio arqueológico e a cultura material são uma ferramenta fundamental para “adiar o fim do mundo” e garantir a resiliência da experiência humana na Terra.

NOTA: Este artigo passou por revisão textual de IA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, Scott D.; MARQUES, Fernando L. T. Engenhos movidos a maré no estuário do Amazonas: vestígios encontrados no município de Igarapé-Miri, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 8, n. 2, p. 295-301, 1992.

ARENDT, Hannah. *Eichmann en Jerusalén: un estudio sobre la banalidad del mal*. Tradução de Carlos Ribalta. 2. ed. Barcelona: Lumen, 1999.

- BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.
- BECKER, Egon; KUNZE, Iris. Community energy: a social innovation for sustainable development? In: WALKER, Gordon; DEVINE-WRIGHT, Patrick (ed.). *Community energy: international perspectives*. Londres: Routledge, 2014. p. 33-54.
- BROECKER, Wallace. Climatic change: are we on the brink of a pronounced global warming? *Science*, v. 89, n. 4201, p. 460-463, 1975.
- BONOMO, Mariano *et al.* Enduring Traditions of Indigenous Mound Building along the Upper Paraguai River (Mato Grosso, Brazil). *Ethnoarchaeology*, v. 18, n. 1, p. 49-77, 2025.
- BURKE, Ariane *et al.* The archaeology of climate change: The case for cultural diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 118, n. 30, p. e2108537118, 2021.
- CALAFELL, Bernadette M.; EGUCHI, Shinsuke (ed.). *The Routledge International Handbook of Race, Ethnicity and Identity*. Londres: Routledge, 2024.
- CALLENDAR, Guy S. The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 64, n. 275, p. 223-240, 1938.
- CAMPOS, Carlos E. C.; GASQUES, Lia R. T. B.; DUARTE, Laura R. P. Resultados preliminares del análisis de microfósiles extraídos de cálculos dentales de dos esqueletos de Guaraní precoloniales recogidos en diferentes yacimientos arqueológicos de Mato Grosso do Sul – Brasil. In: ASSUMPÇÃO, Luis F. B.; MONTEIRO, Angelo F.; AUGUSTO, Bruno B. (org.). *Para além do Vale do Café: ensaios em história, patrimônio cultural e educação*. Vassouras: Universidade de Vassouras, 2022. p. 89-111.
- CARD, Jeb J. *The archaeology of hybrid material culture*. Carbondale: Southern Illinois University Press, 2013.
- CARSE, Ashley. *Beyond the Big Ditch: politics, ecology, and infrastructure at the Panama Canal*. Cambridge: MIT Press, 2017.
- CARVALHO, Aline V.; FUNARI, Pedro P. A. Arqueologia e patrimônio no século XXI: as perspectivas abertas pela Arqueologia Pública. In: ENCONTRO DE HISTÓRIA DA ARTE – IFCH/UNICAMP, 3., 2007, Campinas. *Anais [...]*. Campinas: Editora da Unicamp, 2007. p. 133-139.
- CHILDE, Gordon. *The dawn of European civilization*. Londres: Kegan Paul, 1925.
- COSTA, Diogo M. Archaeo-environmental study of the Almas River: mining pollution and the Cerrado biome in the end of the nineteenth century in Mid-Western Brazil. *Journal of Archaeological Science*, v. 38, p. 3497-3504, 2011.
- COSTA, Diogo M. Ecoarqueologia histórica na Amazônia. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 52, p. 425-441, 2019.
- COSTA, Diogo M. Ecoarqueologia dos não-humanos no Engenho do Murutucu: um ensaio sobre a fauna e flora da Amazônia colonial. *Habitus*, v. 19, n. 1, p. 6-21, 2021.
- COSTA, Diogo M. Ecoarqueologia das mudanças climáticas: da resiliência pré-histórica à sustentabilidade contemporânea. *Revista de Arqueologia*, v. 36, n. 2, p. 274-298, 2023.
- COSTA, Diogo M. Arqueologia urbana em Belém do Pará: o estudo de um antroma terrestre entre águas amazônicas. *Revista Arqueologia Pública*, v. 18, e023003, 2023.

- DELANDA, Manuel. *A new philosophy of society: assemblage theory and social complexity*. Londres: Continuum, 2006.
- DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix. *Mille plateaux: capitalismo et schizophrénie 2*. Paris: Éditions de Minuit, 1980.
- FUNARI, Pedro P. A. A Arqueologia Histórica em uma perspectiva mundial. *Revista de História Regional*, v. 6, n. 1, p. 35-41, 2001.
- GONÇALVES, Alicia F. Sobre o conceito de cultura na Antropologia. *Cadernos de Estudos Sociais*, v. 25, n. 1, 2011. Disponível em: <https://periodicos.fundaj.gov.br/CAD/article/view/1416>. Acesso em: 10 out. 2025.
- GROSS, Markus *et al.* Physics-dynamics coupling in weather, climate, and Earth system models: challenges and recent progress. *Monthly Weather Review*, v. 146, n. 11, p. 3505-3549, 2018.
- HARVEY, David; PERRY, Jim (ed.). *The future of heritage as climates change: Loss, adaptation and creativity*. New York: Local de publicação: Routledge, 2015.
- HERNANDEZ, Maricarmen. Environmental justice in Latin America: framing everyday environmentalism. *Qualitative Sociology*, v. 48, p. 413-433, 2025.
- HIROOKA, Suzana. Arqueologia Ambiental: uma interpretação ecológica das sociedades pré-históricas. *Caderno de Publicações Univag*, n. 1, 2003.
- HORVÁTH, Márk; LOVÁSZ, Ádám. From the Anthropocene to the Capitalocene and beyond. *The Anthropocene Review*, v. 12, n. 3, p. 339-357, 2025.
- HUBER, Brian T.; MACLEOD, Kenneth G.; WING, Scott L. (ed.). *Warm climates in Earth history*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. *Prognóstico climático de primavera 2020*. Brasília, DF: INMET, 2020. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/PROGNOSTICO_PRIMAVERA_2020.pdf. Acesso em: 21 fev. 2026.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. *World energy outlook 2023*. Paris: IEA Publications, 2023.
- JIMÉNEZ VILLALBA, Félix. La teoría de las revoluciones en Vere Gordon Childe. *Anales del Museo de América*, v. 3, p. 161-164, 1995.
- JONES, Nicola. The race to net zero: can we decarbonize in time? *Nature*, v. 620, p. 22-25, 2023.
- KASTING, James F.; HOWARD, M. Tazewell. Atmospheric composition and climate on the early Earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 361, n. 1474, p. 1733-1742, 2006.
- KRENAK, Ailton. *Ideias para adiar o fim do mundo (Nova edição)*. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2019.
- KOSSINNA, Gustaf. Die Herkunft der Germanen. Zur Methode der Siedlungsarchäologie. *Mannus-Bibliothek*, v. 6, 1911.
- LABORATÓRIO DE ARQUEOLOGIA DO PANTANAL – LAPan. *Capacitação e transferência de conhecimento sobre os aterros antigos do povo Guató como ferramenta de combate às mudanças climáticas*. Proponente: Luana Cristina da Silva Campos. Corumbá: UFMS/CPAN; Embrapa Pantanal; ALIPH Foundation, 2025.

- LAFER, Celso. Brasil: dilemas e desafios da política externa. *Estudos Avançados*, v. 14, n. 38, p. 260-267, 2000.
- LANG, Valter. Interpreting archaeological cultures. *Trames: Journal of the Humanities and Social Sciences*, v. 5, n. 1, p. 48-58, 2001.
- LEE, Hoesung; ROMERO, José (ed.). *Climate change 2023: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genebra: IPCC, 2023.
- LOVINS, Amory B. The future of energy: efficiency, renewables, and the energy transition. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 46, p. 1-34, 2021.
- MASANET, Eric *et al.* Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*, v. 367, n. 6481, p. 984-986, 2020.
- OLIVEIRA, Jorge E.; MILHEIRA, Rafael G. Etnoarqueologia de dois aterros Guató no Pantanal: dinâmica construtiva e história. *Mana*, v. 26, n. 3, p. 1-39, 2020.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. *Declaração Universal dos Direitos Humanos*. Resolução 217 A (III). [S. l.]: Assembleia Geral das Nações Unidas, 10 dez. 1948. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139423>. Acesso em: 20 ago. 2026.
- PATTERSON, David *et al.* Carbon emissions and large neural network training. *arXiv*, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2104.10350>. Acesso em: 17 ago. 2026.
- PEIXOTO, J. L.; SILVA, M. A. G. Arqueofauna do Aterro Limoeiro, Pantanal, Brasil. *Revista de Arqueologia*, v. 30, n. 1, p. 3-27, 2017.
- RIFKIN, Jeremy. *The Third Industrial Revolution: how lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. New York: Palgrave Macmillan, 2011.
- RIVABEN, Rodrigo Cyrino *et al.* Do fire and flood interact to determine forest islet structure and diversity in a Neotropical wetland? *Flora*, v. 281, n. 2, p. 151874, 2021.
- ROBERTS, Benjamin W.; VANDER LINDEN, Marc (org.). *Investigating archaeological cultures: material culture, variability, and transmission*. New York: Springer, 2011.
- SANDWEISS, Daniel H.; KELLEY, Alice R. V. Archaeological contributions to climate change research: the role of data from tropical South America. *Quaternary Science Reviews*, v. 41, p. 371-391, 2012.
- SILVA, Luciano Pereira da. *Memórias de Lourenço: aterros, territorialidade e patrimônios culturais no Pantanal*. Tese (Doutorado em Memória Social e Patrimônio Cultural) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.
- YALE ENVIRONMENT 360. How the world passed a carbon threshold 400 ppm—and why it matters. *Yale School of the Environment*, New Haven, 2017. Disponível em: <http://e360.yale.edu/features/how-the-world-passed-a-carbon-threshold-400ppm-and-why-it-matters>. Acesso em: 10 out. 2025.