

Tiago Tomé¹
Grégoire van Havre²

**REDES DE MOVIMENTO:
ACESSIBILIDADES EM UMA PAISAGEM
ARQUEOLÓGICA NA SERRA DAS
CONFUSÕES, PIAUÍ**

***MOVEMENT NETWORKS:
ACCESSIBILITIES ON AN ARCHAEOLOGICAL
LANDSCAPE AT SERRA DAS CONFUSÕES,
PIAUI***

¹ Departamento de Antropologia e Arqueologia, Universidade Federal de Minas Gerais

² Curso de Arqueologia, Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal do Piauí

RESUMO

Uma das abordagens disponíveis na aplicação de Sistemas de Informação Geográfica em Arqueologia é a análise de caminhos de menor custo (*Least Cost Paths* ou LCP). Potenciais vias de acessibilidade no Parque Nacional da Serra das Confusões foram modeladas, integrando sítios arqueológicos conhecidos. Conjuntos de LCP gerados com base no declive do terreno, assim como parâmetros associáveis a adaptações a regiões semiáridas e opções de natureza comportamental com potencial de influenciar o deslocamento nesse território, foram testados. O uso do vale como acesso e o potencial de acessibilidade no entorno de quatro sítios arqueológicos foram analisados. Os resultados sugerem que fatores como a insolação e a (in)visibilidade podem oferecer alternativas na modelagem de padrões de movimentação na paisagem, com particular utilidade em regiões tropicais semiáridas, bem como num contexto de colonialidade.

PALAVRAS-CHAVE: Serra das Confusões; Arqueologia da Paisagem; Movimento.

ABSTRACT

Least-cost paths (LCP) analysis is a common application of Geographical Information Systems (GIS) in Archaeology. Potential accessibility pathways were modeled for the Serra das Confusões National Park, including known archaeological sites. LCP sets generated using slope, as well as parameters related to adaptations to semiarid regions and behavioral choices that may influence movement, were tested. The use of the valley as a pathway, as well as accessibility potential around four archaeological sites, was assessed. Results suggest that factors such as sunlight may present alternatives to the modeling of movement patterns, particularly regarding tropical semiarid regions, as well as a context of coloniality.

KEYWORDS: Serra das Confusões; Landscape Archaeology; Movement.

INTRODUÇÃO

A aplicação de abordagens informáticas na análise de paisagens arqueológicas se torna cada vez mais comum nas últimas décadas. O reconhecimento da dimensão espacial do registro arqueológico é fundamental nestas análises, associado ao acesso a computadores de cada vez maior capacidade a custos baixos, permitem que aplicações como Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se tornem ferramentas comuns em Arqueologia.

Os Sistemas de Informação Geográfica são geralmente utilizados para responder a questões puramente espaciais em Arqueologia. Consideram a interpretação da paisagem no âmbito arqueológico, seja na forma de modelos analíticos ou de modelos preditivos. Os primeiros analisam os dados disponíveis em determinado contexto e buscam elaborar propostas para sua interpretação. Já a segunda categoria procura, a partir destes dados, ampliar as observações para contextos ainda não conhecidos. Ambas as categorias são aplicadas na arqueologia brasileira (ver VAN HAVRE, BARBOSA & MONTEIRO 2021; BONALD, MUTZENBERG & KREMPSE 2022). Estas abordagens estão até ao momento mais avançadas no sul do Brasil. De forma geral, as pesquisas são fundamentadas em características de implantação de sítios na paisagem e desenvolvem análises de visibilidade (CORTELETTI 2012; PERIN & OLIVEIRA, 2013) ou estudos em torno dos chamados “caminhos de menor custo” (KOZLOWSKI 2018; D’ÁVILA 2017; MILHEIRA 2021).

Nos propomos aqui avançar na perspectiva analítica num contexto inserido na faixa intertropical e num clima semiárido, que possui características específicas distintas das realidades encontradas em outras regiões do Brasil. Contrastamos os métodos tradicionais com novos desdobramentos adaptados à área de pesquisa, na Serra das Confusões, no estado do Piauí. A análise de caminhos de menor custo (“least-cost paths” ou LCP) é tradicionalmente calculada a partir de dados de relevo, dos quais são extraídas superfícies de custo baseadas no declive, associadas a fatores ambientais adicionais (HERZOG 2022). Estes procedimentos seguem a ideia de que indivíduos, humanos ou não, procuram coletivamente limitar seu gasto energético e que, por esse motivo, tendem a preferir terrenos menos acidentados para alcançar seus destinos.

Desta forma, observamos que quando há duas possibilidades alternativas e excludentes para chegar a um determinado local, a solução calculada por estes modelos tende a ser aquela que oferece menos obstáculos físicos. Isso ocorre mesmo quando o deslocamento total, em termos de distância, é maior. Ou seja, torna-se mais vantajoso o desvio de uma rota em linha reta quando ela implica um esforço físico demasiadamente elevado, preferindo uma rota alternativa, talvez mais sinuosa, mas que percorra desníveis mais suaves.

Esta proposta está aberta a críticas voltadas para questões culturais. Primeiro, é preciso reconhecer que a definição do que é um obstáculo é eminentemente relativa e culturalmente determinada. Ela depende essencialmente do propósito da caminhada e de um sistema cognitivo que define a noção de dificul-

dade ou de necessidade. Segundo, mesmo considerando um objetivo claro como, por exemplo, alcançar um determinado ponto no terreno, o relevo é apenas uma variável na caracterização do custo de deslocamento e, conseqüentemente, na avaliação das diferentes opções disponíveis na definição do trajeto a ser seguido.

Não há como negar essas duas críticas. Elas são evidentes, pertinentes e ainda há muitos outros elementos que podem ser elencados, tanto de natureza teórica quanto metodológica. Entretanto, ambas nos parecem fundamentadas em algo que poderíamos considerar uma confusão terminológica. A expressão “caminho”, traduzida do inglês “path”, é geralmente interpretada em termos de rota fisicamente percorrida por um indivíduo. No entanto, a expressão original inclui também a ideia de uma trajetória e de uma sequência de etapas ou decisões num determinado curso. Dessa maneira, *least-cost path* poderia ser melhor traduzido como trajetória ou via de menor custo. Os algoritmos utilizados não estão nos mostrando os caminhos exatos que foram efetivamente percorridos em determinado momento por determinado indivíduo ou grupo. Estão, antes de mais, mostrando quais as vias de acesso mais econômicas com base nos parâmetros que introduzimos em seu cálculo. É uma leitura que, no fundo, poderíamos interpretar como criando uma “linha de base” assente em parâmetros mais simples, contra a qual é possível contrastar dados arqueológicos gradualmente reunidos.

Além disso, introduzir uma noção de obstáculo cultural depende principalmente de estudos arqueológicos e antropológicos muito avançados para investigar os parâmetros adotados por determinadas culturas nas suas estratégias de ocupação de um território. Para totalmente resolver essa questão, seria necessário um conhecimento profundo dos padrões de deslocamento das populações do passado em determinado território, de quais suas motivações, técnicas, critérios de escolha e até mesmo interdições em suas movimentações na paisagem. Apesar de existir uma vasta literatura dedicada ao estudo de conceitos como mobilidade ou movimento – veja-se, por exemplo, as observações feitas por Salazar & Smart (2012) ou Lelièvre & Marshall (2015) – estudos detalhados que nos permitam reconstruir tais condicionantes no contexto semiárido são, por ora, insuficientes. Procuramos então abordar a segunda crítica e oferecer pistas para considerar outras variáveis que podem refletir questões diferenciadas daquelas colocadas pelo relevo. Partimos de uma perspectiva que assume que, mais do que fornecer respostas definitivas, os SIG permitem visualizar padrões nos dados que podem sublinhar aspectos de outro modo inacessíveis.

MÉTODOS

A presente análise foca uma área do Parque Nacional da Serra das Confusões conhecida como Baixão da Volta. Trata-se de uma área onde foram registradas dezenas de sítios com pinturas e gravuras (Figura 1). Em 2010, dois sítios foram escavados e, em ambos os casos, foram também identificados contextos

funerários. A Toca do Enoque revelou a presença de três sepulturas, duas individuais e uma múltipla (LUZ, 2014). A Toca do Alto do Capim continha estruturas convexas com remanescentes ósseos humanos exibindo alterações provocadas pelo fogo. Em uma dessas estruturas encontrava-se um esqueleto de criança depositado em articulação (LUZ, 2014). Ambos os sítios apresentaram condições excepcionais de preservação de matéria orgânica e datações abarcando a maior parte do Holoceno médio.

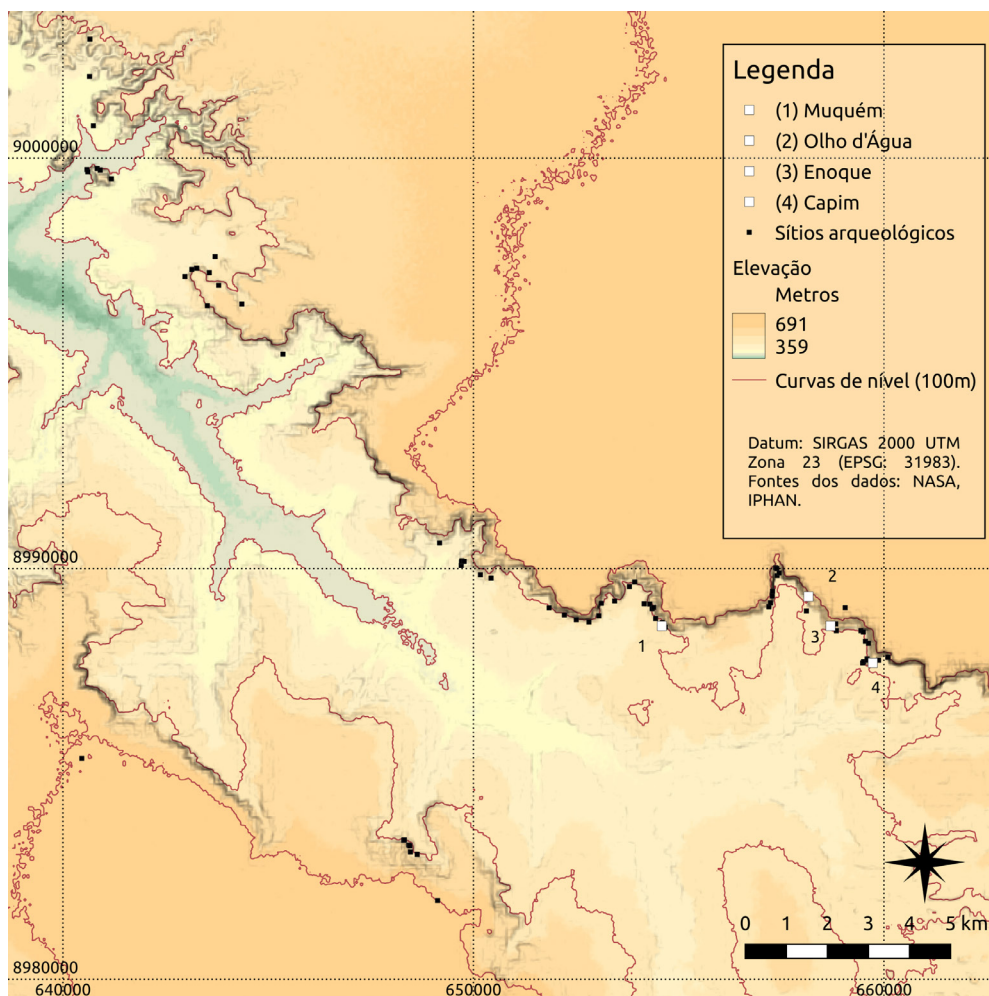


FIGURA 1: Localização do Parque Nacional da Serra das Confusões e dos sítios mencionados no texto.

Nossas pesquisas na região propõem avançar na caracterização das ocupações pretéritas desta área, identificar eventuais padrões de articulação com a paisagem e, concomitantemente, sugerir novos sítios com potencial para a realização de pesquisas em subsuperfície. Realizamos aqui uma análise sobre potenciais padrões de deslocamento no vale com base em diferentes parâmetros na definição de caminhos. Observamos em maior detalhe a acessibilidade no entorno de quatro sítios arqueológicos: os dois sítios funerários acima referidos, e dois novos sítios identificados pelo seu potencial para conterem depósitos arqueológicos preservados, a Toca do Olho de Água do Baixão das Andorinhas e a Toca do Muquém.

Enquanto cálculo do deslocamento numa superfície de custo, a análise de LCP pode ser realizada a partir de diversos parâmetros. Essa abordagem permite

investigar se, e como, além do relevo, outras variáveis ambientais podem alterar as escolhas teóricas na definição de em trajeto entre dois pontos.

Superfícies de Custo

A análise de LCP está fundamentada no cálculo de uma superfície de custo. Esta representa o gasto associado ao deslocamento por cada pixel numa camada raster. Em 1993, Waldo Tobler definiu uma primeira função permitindo representar o custo de uma trilha com base no ângulo do terreno atravessado (TOBLER 1993). Em seguida, uma série de novas funções permitem considerar o deslocamento em trilhas já existentes ou fora destas, realizado por homens ou por mulheres, com ou sem veículos. Permitem também representar os resultados em termos de velocidade, tempo ou gasto calórico (ver a excelente apresentação das diversas funções utilizadas em arqueologia, em HERZOG 2022). Estes cálculos permitem atualmente identificar trajetórias anisotrópicas, que diferenciam a direção pela qual uma declividade é abordada, subindo ou descendo. Em suma, o cálculo de LCP considera que cada trajetória é sempre contextual: através da superfície de custo utilizada, ela é relacionada tanto ao ponto de partida quanto à sua direção progressiva.

Para ilustrar estas diferenças, selecionamos dois pontos aleatórios, distantes de 10 quilômetros, localizado no fundo do Vale do Baixão da Volta (SIRGAS 2000 UTM Zona 23; 656682; 8985329 e SIRGAS 2000 UTM Zona 23; 647771; 8989869). Utilizamos um Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM-1, com resolução de 30 metros no equador e comparamos os caminhos baseados em três funções: Tobler Off Path, Herzog e Llobera-Sluckin. Todas estão disponíveis no pacote *movecost* do programa R (ALBERTI 2019).

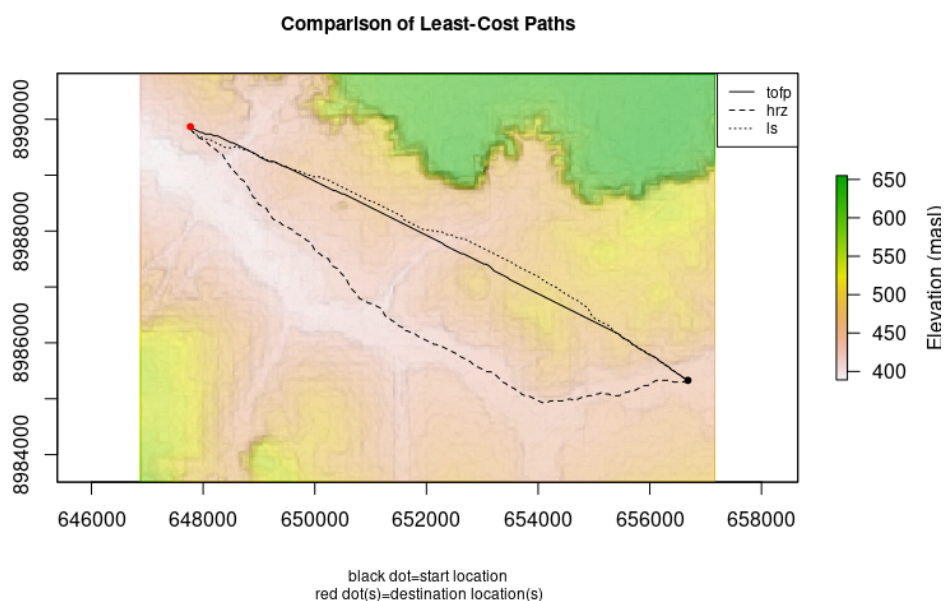


FIGURA 2: Comparação entre os caminhos calculados com base em diversas funções entre os dois mesmos pontos no Baixão da Volta (topo = Tobler Off Path, hrz = Herzog, ls = Llobera-Sluckin).

Estes resultados sugerem trajetórias diferentes na paisagem, demonstrando assim que não se trata realmente de caminhos. No entanto, as funções foram, na sua ampla maioria, desenvolvidas por pesquisadoras e pesquisadores oriundos de regiões temperadas, nas quais o custo foi concebido como uma função de aspectos essencialmente geográficos e/ou biológicos. Num ambiente seco e quente como o Parque Nacional da Serra das Confusões, precisamos investigar a inserção de novos aspectos próprios a um ambiente semiárido.

Insolação

Para investigar a insolação, procuramos adicionar um novo elemento no cálculo da superfície de custo. A localização do Parque Nacional da Serra das Confusões, em latitudes próximas ao Equador, implica que o Sol tem um impacto importante. De fato, os mapas globais de insolação indicam que a região apresenta taxas semelhantes às outras zonas áridas e semiáridas ao redor do planeta, da África Subsaariana ao Oriente Médio (ver, por exemplo, <https://globalsolaratlas.info>).

No entanto, não existe atualmente uma função específica para tratar da insolação no cálculo da superfície de custo. Por isso, precisamos recorrer a uma solução alternativa para avaliar a sua influência sobre os caminhos. Consideramos inicialmente a incidência solar sobre a área de estudo a partir da definição astronômica da posição do Sol em determinados dias e horários. Para os objetivos deste trabalho, calculamos a incidência solar total no programa SAGA para o dia 28/10/2023 (Total Insolation). Importamos os dados no R, invertendo os valores normalizados de maneira a permitir que a função privilegie áreas com maior sombra. Recuperamos a função off-path de Tobler, disponível no *movecost*, e inserimos uma subfunção dos valores de insolação, no lugar da constante 0.6, presente na função original e destinada a um contexto fora de trilhas (off path).

Original: `cost_function <- function(x){(6 * exp(-3.5 * abs(x[adj] + 0.05))) * 0.6}`

Modificada: `cost_function_alt <- function(x,y){(6 * exp(-3.5 * abs(x[adj] + 0.05))) * abs(y[adj])}`

Com esta modificação, podemos investigar a influência da incidência solar sobre os caminhos calculados. Observamos uma tendência clara pela busca por locais com maior sombra, dependendo do local de partida, com a utilização deste novo índice. Em vez de percursos que privilegiam uma linha mais direta e plana (Tobler, Herzog) ou o fundo do vale (Llobera-Sluckin), a função modificada leva a passar por áreas que oferecem maior sombra, como forma de diminuir o efeito do calor, mesmo que aumente a distância percorrida.

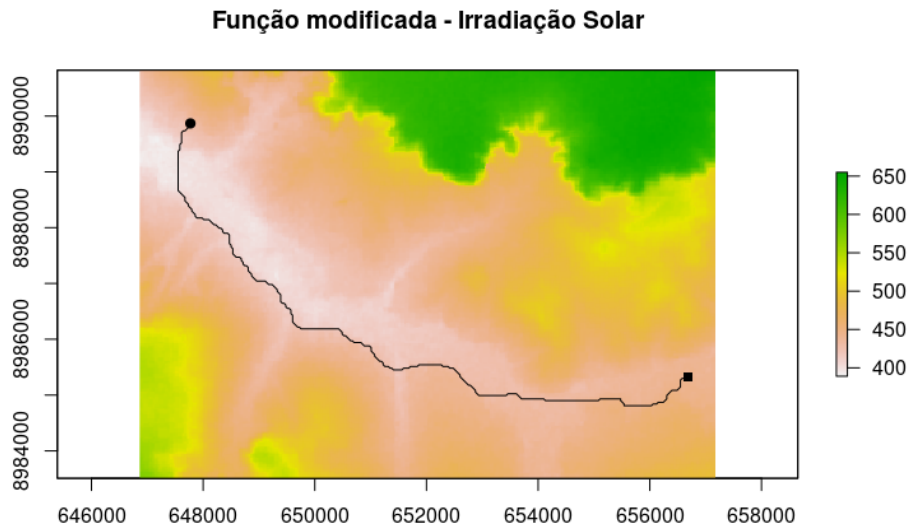


FIGURA 3: Resultados obtidos com os dados de insolação.

Neste teste, em particular, o caminho apontado pelo algoritmo segue a margem sul do vale, à meia encosta. Ali está localizada a mais próxima faixa com menores valores de irradiação solar.

Visibilidade

O mesmo princípio se aplica também à visibilidade, aspecto que não entra em linha de conta nas funções clássicas de Least-Cost Path. O cálculo de visibilidade considera um valor selecionado para a estatura de uma pessoa sobre um local da superfície e calcula uma linha temporária com todas as outras células ao seu redor. Caso esta linha não encontre obstáculos, a célula-alvo é considerada como visível. Acumulando a quantidade total de células visíveis a partir de cada ponto de observação, obtemos uma estimativa do quanto um local pode ser avistado por pessoas que estariam em diferentes locais em sua volta (BRUGHMANS, VAN GARDEREN & GILLINGS 2018). Para o nosso estudo, cada célula recebeu um valor correspondente à quantidade de células a partir das quais essa célula é visível. Assim, a superfície de visibilidade identifica com valores elevados os locais mais visíveis a partir de seu entorno.

Sabemos que a questão da visibilidade é muito mais complexa do que uma simples linha teórica calculada entre dois pontos. Envolve, além do próprio relevo, questões biológicas individuais e coletivas, por vezes também relacionadas com condições patológicas (astigmatismo, miopia, daltonismo...) e questões culturais (definição do que é interpretado cognitivamente como algo a ser visto, reconhecido e hierarquizado em termos de relevância para a navegação do território). Ainda que existam tentativas de abordar a visibilidade tendo em consideração questões como a variação da precisão visual com o incremento da distância (OGBURN, 2006), não é possível modelar em ambiente SIG a experiência pessoal

de visibilidade no território de um indivíduo de milênios atrás. Entretanto, esta superfície de custo oferece um modelo simplificado de áreas mais e menos visíveis, com base essencialmente no relevo.

Invertendo os valores da superfície de visibilidade, o caminho proposto por este cálculo visa favorecer deslocamentos que são feitos longe destas linhas de visão. Ou seja, indica um caminho escondido, feito pelas células que, comparativamente, são menos visíveis. Dessa forma, esse modelo representa a forma mais eficiente de deslocamento nesse território para um indivíduo que pretende permanecer pouco visível nesse processo (LEE & STUCKY, 2010).

Neste caso, calculamos o Visibility Index com o plugin Visibility Analysis no QGIS (distância de 3 quilômetros, para uma pessoa de 1,6 metros de altura), e importamos também os dados no R. Normalizadas, mantivemos as duas versões, original e invertida, de tal forma que seja possível investigar as duas dimensões da visibilidade consideradas acima.

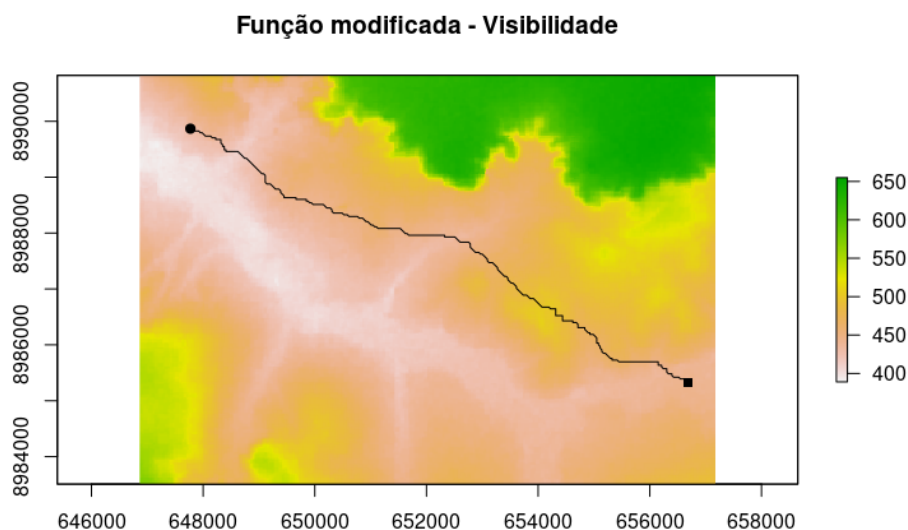


FIGURA 4: Resultados obtidos com os dados de visibilidade.

Como esperado, observamos duas trajetórias diferentes. Na primeira, baseada em alta visibilidade, o percurso é pouco diferente daquele produzido pela função original de Tobler. Já na segunda, baseada em baixa visibilidade, há uma tendência por locais semelhantes àqueles identificados nos testes de insolação. É compreensível, na medida em que a incidência de sombra oferece também maior proteção visual.

Acessibilidade aos sítios arqueológicos

Para o estudo da acessibilidade no entorno dos sítios, foram calculados conjuntos de caminhos de menor custo para cada sítio, com base nas diversas funções e superfícies de custo descritas anteriormente. Esses caminhos, considerados em conjunto, refletem possibilidades de acesso aos sítios a partir de um

conjunto de pontos equidistantes de 315 metros e posicionados a 3 km do sítio em linha reta (VERHAGEN, 2013).

Nesta análise, eliminamos os pontos de partida localizados no topo do paredão, uma vez que o mesmo representa um obstáculo geomorfológico importante. Pensamos ser claro que as populações que ocupavam esse vale sabiam como passar além desse paredão e o faziam, mas dada a dificuldade da passagem, optamos por considerar nesse contexto o paredão essencialmente como uma característica da paisagem que dificulta o acesso aos sítios a partir de uma porção importante do território, não como uma via de acesso privilegiada aos mesmos.

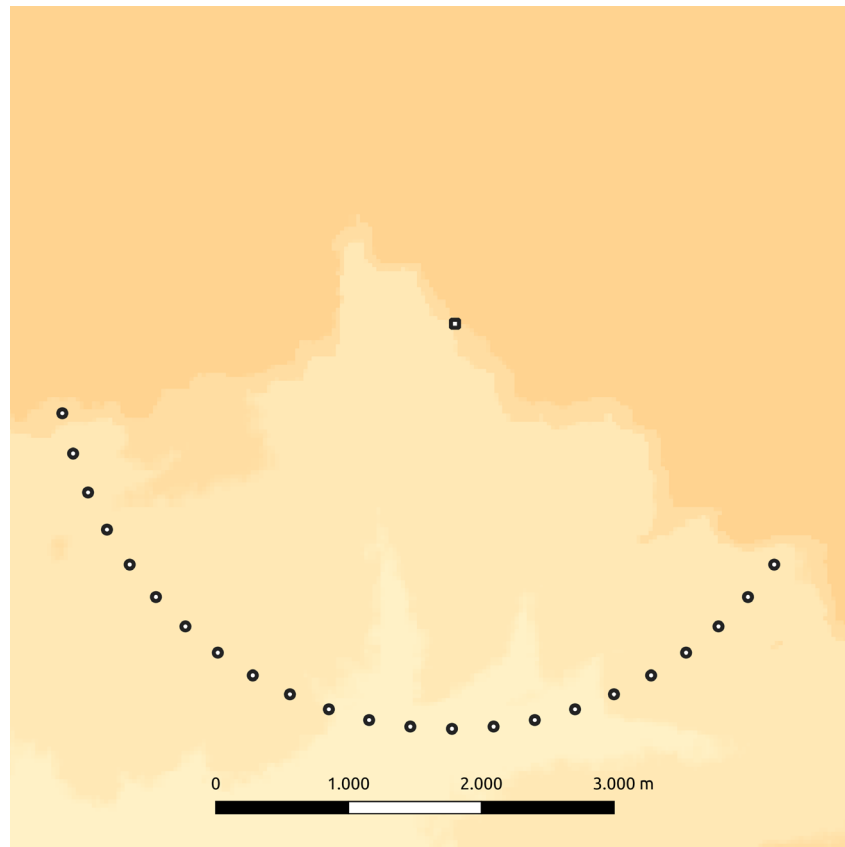


FIGURA 5: Esquema de localização dos pontos de partida em distância regular do sítio.

As vias geradas com cada parâmetro foram analisadas tomando em consideração o seu grau de convergência. As diferentes possibilidades de acesso a partir do conjunto de pontos de partida convergem gradualmente em números cada vez menores de acessos possíveis até ao ponto central – o sítio. Ao observarmos o número de vias diferentes disponíveis em determinadas distâncias, podemos avaliar o grau de acessibilidade de cada sítio de acordo com diferentes parâmetros. Desta forma, estamos considerando a acessibilidade em termos topológicos como uma função do número de caminhos diferentes dentro da rede (LLOBERA *et al.*, 2011). Um sítio cuja localização possibilita o acesso com base em vários caminhos diferentes é um sítio com características diferentes de outro cujo acesso apenas pode ser feito por uma única via. Consideramos que esse é outro parâmetro importante na avaliação dos possíveis usos distintos de cada local em tempos pretéritos.

RESULTADOS

O vale enquanto potencial via de comunicação regional

Com base nestas mesmas superfícies de custo, mostramos três soluções alternativas para o deslocamento entre dois pontos da paisagem. Para esta etapa, necessitamos diminuir a resolução do raster para 90 metros, em razão de não dispormos de máquinas potentes o suficiente. Foram definidos 33 locais, por meio de uma malha regular de pontos, equidistantes de 3 km. Entre estes pontos, caminhos de menor custo foram calculados de forma cumulativa, ou seja, de todos os pontos para todos os pontos (em inglês, *From Everwhere To Everywhere*, ou FETE) (WHITE & BARBER 2012; D'ÁVILA 2017). A soma dos resultados permite identificar eventuais áreas ou passagens onde se concentram a maioria dos caminhos resultantes. Realizamos o mesmo cálculo com os três tipos de dados, a saber, a função original de Tobler, e as duas versões modificadas, com inserção da insolação e da visibilidade.

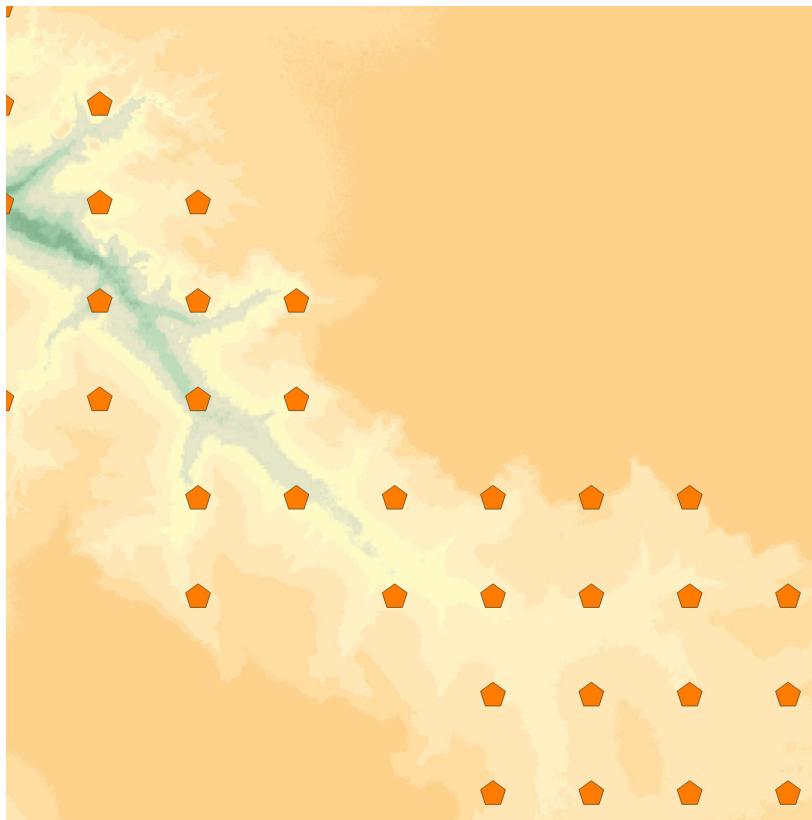


FIGURA 6: Localização dos 33 pontos utilizados no cálculo de FETE.

Essa abordagem permite modelar um cenário em que o vale representa uma via de comunicação, sem limitar esta noção à localização dos sítios conhecidos. De fato, o patrimônio arqueológico pode apresentar uma configuração espacial que não reflete necessariamente uma realidade arqueológica, e sim questões de logística e de praticidade atuais. Uma malha regular, apesar de quadrada, permite simular opções mais diferenciadas.

Calculados a partir de dados diferentes, os resultados apontam naturalmente para caminhos diferentes. O cálculo cumulativo a partir de cada um dos 33 pontos confirma a tendência que já fora observado acima. A função original de Tobler pri-

vilegia passagens no centro do vale, onde o terreno é mais plano, de maneira muito espalhada. Não apresenta concentrações próximas aos sítios conhecidos. Já a função modificada com insolação leva à privilegiar um deslocamento perto do paredão rochoso, onde há maior proteção contra o sol. Há uma correlação com os locais de mais intensa passagem e os sítios arqueológicos.

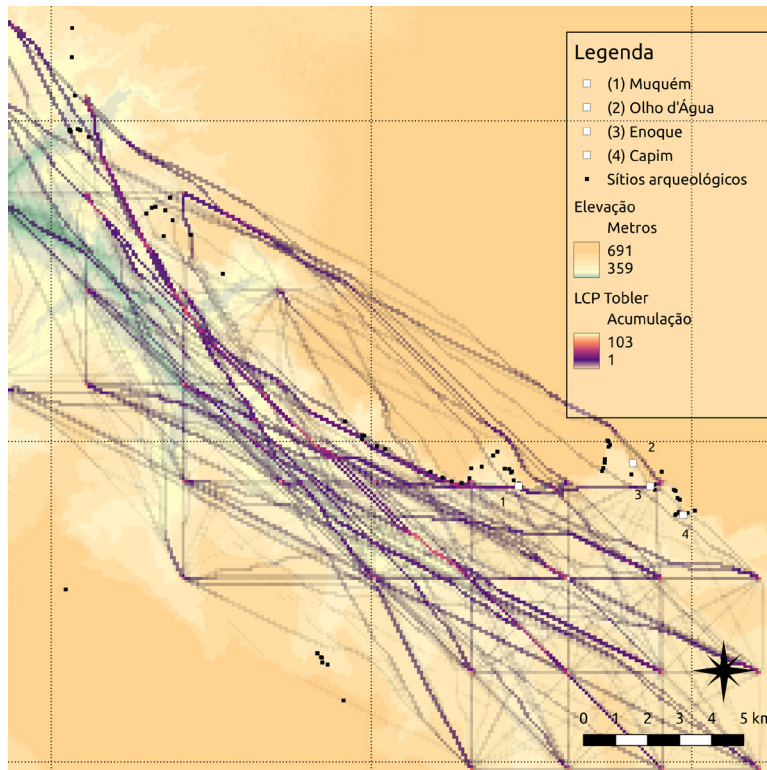


FIGURA 7: Resultados da análise de FETE no Vale do Baixão da Volta a partir da função original de Tobler.

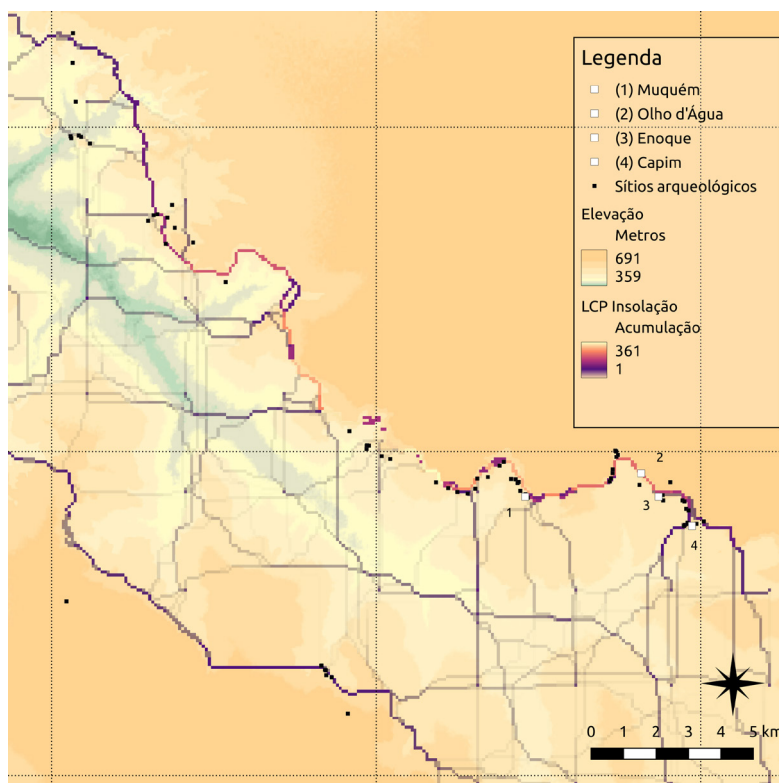


FIGURA 8: Resultados da análise de FETE no Vale do Baixão da Volta, a partir da função modificada para inserir dados de irradiação solar.

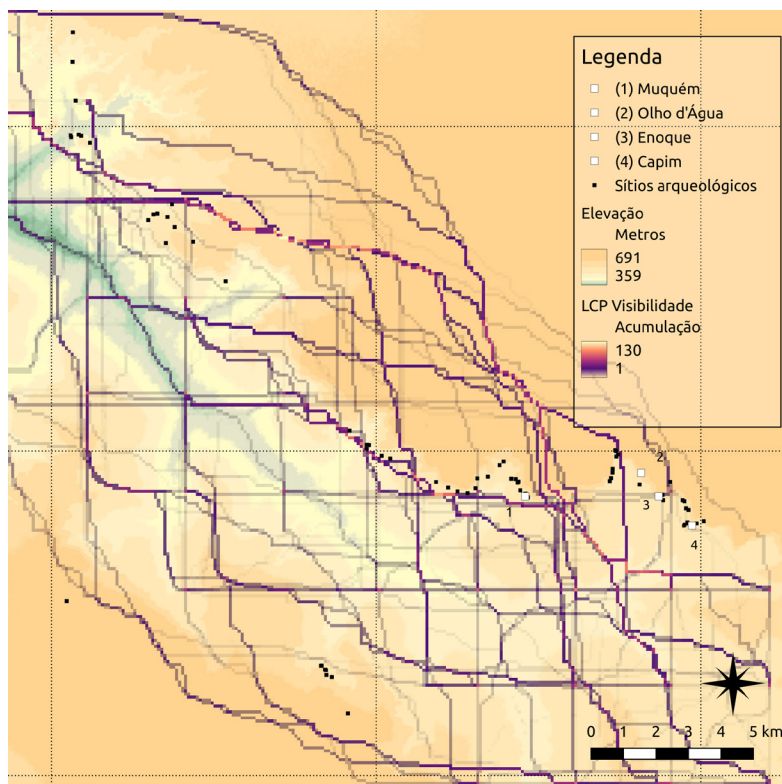


FIGURA 9: Resultados da análise de FETE no Vale do Baixão da Volta, a partir da função modificada para inserir dados de visibilidade.

As três novas camadas apresentam estratégias distintas, que resultam em padrões e em taxas de concentrações diferentes. Cabe inicialmente observar a diferença de escala na acumulação dos caminhos calculado por Tobler, Insolação e Visibilidade (103, 361 e 130, respectivamente). Os dados de irradiação solar apresentam estratégias muito concentradas em alguns poucos caminhos - principalmente devido à topografia de um vale encaixado entre duas linhas de paredões rochosos. Segundo, observamos também a dispersão dos caminhos calculados com os dados de visibilidade que utilizam-se do topo do paredão para aumentar os valores. De fato, o topo do paredão oferece uma vista privilegiada para todo o vale. Considerando que a declividade continua central no cálculo, interessa perceber que o custo da escalada foi balanceado pela vantagem da alta visibilidade.

As três camadas mostram três aspectos de uma mesma paisagem onde as pessoas se deslocaram. Não podemos apontar para a solução que de fato foi empregada no passado - provavelmente várias o foram ao longo dos séculos. Temos aqui, no entanto, um meio de investigar diversas possibilidades e comparar seus resultados.

Acessar cada sítio

Comparando os conjuntos de caminhos gerados para cada sítio, é possível observar que o grau de concentração é bem maior quando a superfície de custo considera um parâmetro adicional. Os resultados dos caminhos calculados

pela função de Tobler mostram uma concentração progressiva e regular semelhante nos quatro sítios (com uma leve diferença para o Enoque).

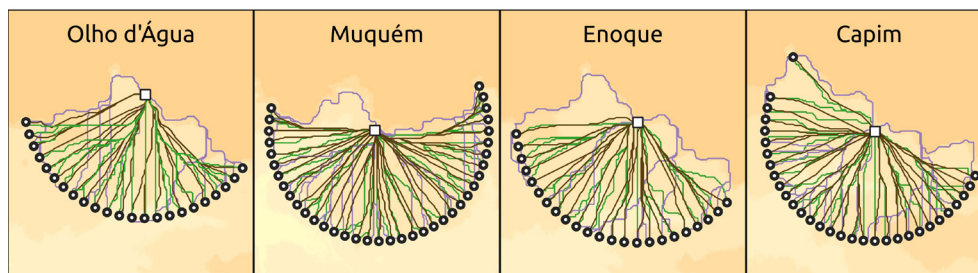


FIGURA 10: Comparação entre os caminhos produzidos pelas três funções.

Considerando os outros resultados, a concentração começa a 2000 metros (Irradiação solar) e a 1000 metros (Visibilidade). Neste último caso, a tendência é mais forte no Muquém e no Olho d'Água, o que indica maior facilidade em acessá-los de forma visível por diversos lados. Ao contrário, Enoque e Capim continuam apresentando uma maior diversidade de opções até 250 metros.

Enfim, a irradiação solar tem o perfil mais peculiar. Nos quatro casos, a maioria dos caminhos são rapidamente concentrados, geralmente ao longo dos paredões, o que tende a sugerir acessos longitudinais. Importa aqui lembrar que os caminhos relacionados à invisibilidade também seguem este padrão.

Em termos numéricos, os resultados indicam que, apesar da expressão caminhos de menor custo, eles resultam invariavelmente em distâncias maiores que a linha reta de 3000 metros. As funções apontam para opções de menor custo considerando as variáveis inseridas para formar a superfície de custo. De fato, a função original de Tobler apresenta resultados muito próximos do traçado linear, enquanto a função modificada, com irradiação e com visibilidade, produz em distâncias muito maiores. No entanto, cabe também investigar a estrutura topológica destes caminhos, através do seu grau de convergência.

TABELA 1: Média do comprimento dos caminhos, por sítio e por parâmetro.

Sítio	Olho d'Água	Muquém	Enoque	Capim
Tobler	3190	3108	3058	3079
Solar	4566	3964	5071	4484
Visibilidade	3540	3372	3427	3404

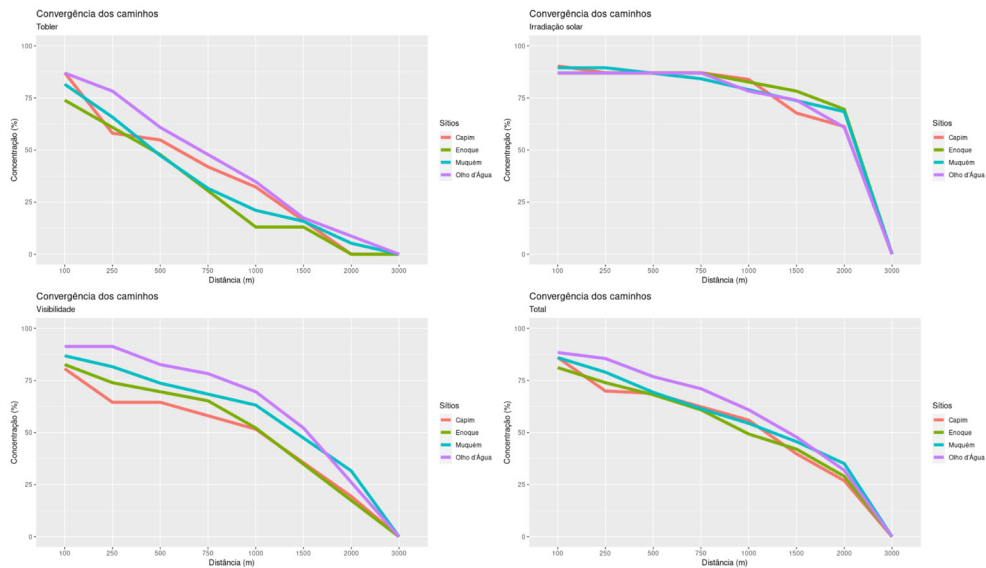


FIGURA 11: Gráficos comparativos da convergência dos caminhos em torno dos sítios, de acordo com as três funções, e o total.

A convergência corresponde aqui à medida em que os caminhos calculados a partir de pontos distintos na paisagem podem acabar formando rotas mais densas. Em geral, observamos que a convergência completa (inferior a dois ou três caminhos) ocorre somente em distâncias muito próximas de cada sítio. Observamos também que a tendência geral é globalmente a mesma para os quatro sítios, quando comparamos, por exemplo, a curva de cada sítio em cada função. Em termos gerais, portanto, os sítios apresentam um perfil de acessibilidade semelhante, do qual o mais distante é o Olho d'Água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como referimos na introdução, a representação, reconstrução ou identificação de vias que foram factualmente percorridas pelas populações do passado constitui uma proposta inalcançável. Nosso grau de desconhecimento relativamente às estratégias de subsistência, paleoambientes, padrões de ocupação, motivações, tecnologias e preceitos sociais influenciando o movimento pelo território no passado jamais nos permitiria tal propósito. Podemos, até certo ponto, considerar a relevância da análise da topografia atual enquanto reflexo dos últimos milhares de anos, mas ainda nos falta uma quantidade imensa de informação sobre a ocupação humana da Serra das Confusões, com base na qual possamos refinar nossos modelos.

Os resultados obtidos aqui representam, portanto, uma análise sobre o potencial de acessibilidade. Por um lado, obtivemos uma visão de como a topografia do vale poderia influenciar em diferentes estratégias de deslocamento pelo território e, por outro, uma análise sobre o grau de acessibilidade de quatro sítios arqueológicos a partir de seu entorno. O modelo geral de deslocamento pelo território mostra como a seleção da superfície de custo e dos parâmetros que levam

a sua geração influenciam profundamente nos resultados do algoritmo, refletindo estratégias otimizadas de movimentação de acordo com o critério definido.

Considerando as condições climáticas regionais, parece clara a utilidade do uso da superfície de custo de insolação na modelagem de caminhos de menor custo, visto que revelam possíveis estratégias diferenciadas de movimentação no território, a ele adaptadas. De fato, em um deslocamento cujo objetivo seja chegar no final do vale, recorrer à sombra oferecida pelo paredão, ainda que obrigue a alguns trechos curtos de deslocamento mais difícil (seja pela topografia, seja pela vegetação), parece ser altamente vantajosa. Essa observação é válida ainda, quando consideramos que o trajeto definido com base na insolação não é necessariamente muito mais longo que aquele definido com base no declive, que representaria a opção mais tipicamente vista em abordagens sobre LCP em Arqueologia. Apesar de mais longo, a energia gasta em uma deslocação sob o Sol poderia ser mais elevada do que aquela aplicada no trajeto aproveitando as zonas de menor insolação.

Os dados da acessibilidade de sítios arqueológicos indicam que os sítios compartilham perfis de acessibilidade parecidos. Essa semelhança nos resultados obtidos parece refletir a localização dos sítios em relação à morfologia do paredão. Para confirmar estes dados, será necessário realizar o mesmo tipo de estudo em outras localizações - tanto em outros sítios arqueológicos quanto, sobretudo, em locais onde não há vestígios materiais de ocupação humana.

A modificação da função original de Tobler, com acréscimo de valores relacionados à insolação e à visibilidade, permite considerar um cálculo do deslocamento que integrasse outras variáveis relacionadas ao comportamento humano. A proposta desenvolvida aqui é longe de resolver toda a questão ligada às dimensões culturais no uso de SIG mas ela se insere num esforço contínuo de avançar nesta direção. Novas versões deverão permitir inserir outras variáveis de forma a produzir resultados úteis em termos arqueológicos.

De qualquer forma, os cálculos sugeridos permitem também identificar leves diferenças na localização de sítios que, por outro lado, poderiam ser assimilados como testemunhos de uma única ocupação ou de ocupações com um mesmo objetivo. Se a análise nesta área restrita da Serra das Confusões não permitiu apontar diferenças maiores entre os quatro sítios, há fortes probabilidades para que este tipo de análise possa ser repetido e ampliado em outros contextos arqueológicos onde numerosos sítios são distribuídos num mesmo espaço. Essa aplicação pode, assim, ser replicada e utilizada em outros contextos menos claros.

Finalmente, apontamos para a importância do fator solar nas análises de LCP, sobretudo em áreas tropicais com baixa cobertura vegetal, como é o caso do semiárido nordestino. Mostramos aqui que essa é uma variável que não pode ser descartada na análise relacionada com deslocamento pretérito pela paisagem, na medida em que pode levar a comportamentos diferentes daqueles que seriam esperados em regiões onde o Sol não tem tanto impacto.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao ICMBio, particularmente ao senhor José Wilmington Paes Landim Ribeiro, diretor do Parque Nacional da Serra das Confusões, pelo inestimável apoio logístico fornecido a nossas pesquisas de campo. Essas pesquisas foram inicialmente realizadas com o apoio do CNPq (Pós-Doutorado Sênior, processos 113954/2018-2 e 104133/2020-1). Igualmente estendemos nossos agradecimentos à Missão Arqueológica Franco-Brasileira.

BIBLIOGRAFIA

ALBERTI, G. movecost: An R package for calculating accumulated slope-dependent anisotropic cost-surfaces and least-cost paths. In: *SoftwareX*, Volume 10, July–December 2019, 100331. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235271101930234>. Acesso em: 31/10/2023.

BONALD, Lucas; MÜTZENBERG, Demétrio; KREMPSE, Eduardo. Prevendo o passado: um panorama sobre as análises espaciais, os dados digitais e a modelagem preditiva na arqueologia.. In: *Cadernos do LEPAARQ*, XIX, 38, 2022.

BRUGHMANS, Tom; VAN GARDEREN, Mereke; GILLINGS, Mark. Introducing visual neighbourhood configurations for total viewsheds. In: *Journal of Archaeological Science*, 96, 2018: 14-25.

CORTELETTI, Rafael. Projeto arqueológico Alto Canoas - Paraca: um estudo da presença Jê no planalto Catarinense. . 2013. Tese (Doutorado em Arqueologia) - Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/T.71.2013.tde-19042013-093054. Acesso em: 2023-11-29.

D'ÁVILA, Luiza Nunes. Caminhos e Lugares: modelo de mobilidade e sistema de assentamento entre os Proto-Jê Meridionais na região de Campo Belo do Sul, SC. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

HERZOG, Irmela. Spatial analysis based on cost functions. In: GILLINGS, M.; HACIGUZELLER, P.; LOCK, G. *Archaeological Spatial Analysis. A Methodological Guide*. New York: Routledge, 2022: 333-358.

HORN, Berthold. 1981. Hill Shading and the Reflectance Map. *Proceedings of the IEEE*, 69:14-47. (Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org/document/1456186>)

KOZLOWSKI, Henrique. Modelagem preditiva e ocupação Jê meridional na encosta catarinense. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

LEE, Jay & STUCKY, Dan. 2010. On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on Digital Elevation Models. *International Journal of Geographical Information Science*, 12:891-905. (Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/136588198241554>)

LELIÈVRE, Michelle & MARSHALL, Maureen. 2015. 'Because life it selfe is but motion': Toward and anthropology of mobility. *Anthropological Theory*, 15:434-471. (Disponível em <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1463499615605221>)

LLOBERA, Marcos; FÁBREGA-ÁLVAREZ, Pastor & PARCERO-OUBIÑA, César. 2011. Order in movement: a GIS approach to accessibility. *Journal of Archaeological Science*, 38:843-851. (Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030544031000405X>)

LUZ, Maria Fátima. 2014. Práticas funerárias na área arqueológica da Serra da Capivara, Sudeste do Piauí, Brasil. *Tese de Doutorado*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 263pp.

MILHEIRA, Rafael. Visibilidade, comunicação e movimento entre os cerriteiros na paisagem aquática da laguna dos Patos, Sul do Brasil. In: *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.*, Belém, v. 16, n. 1, 2021.

OGBURN, Dennis. 2006. Assessing the level of visibility of cultural objects in past landscapes. *Journal of Archaeological Science*, 33:405-413. (Disponível em <https://>

www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440305001810)

PERIN, Edenir & OLIVEIRA, Francisco. 2013. Análise espacial de visibilidade (viewshed) aplicada à preservação de paisagens culturais. *GEOUSP Espaço e Tempo*, 33:84-97. (Disponível em <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74303>)

REDA, Ibrahim & ANDREAS, Afshin. 2004. Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications. *Solar Energy*, 76:577-589. (Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X0300450X>)

SALAZAR, Noel & SMART, Alan. 2012. Anthropological takes on (im)mobility. *Identities*, 18:i-ix. (Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1070289X.2012.683674>)

SCHMITZ, Pedro & NOVASCO, Raul. 2011. Arqueologia no planalto: o uso do SIG na aplicação de análises espaciais dos sítios arqueológicos da localidade Boa Parada, Município de São José do Cerrito, SC. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP*, 21:167-183. (Disponível em <http://www.nptbr.mae.usp.br/wp-content/uploads/2013/07/167-183-Novasco1.pdf>)

VAN HAVRE, Grégoire; BARBOSA, Rute; MONTEIRO, Kleython. Modelos Preditivos Espaciais: Arqueologia e Geografia em Perspectiva. In: NETTO, Carlos Xavier Azevedo & VAN HAVRE, Grégoire (Orgs.). *De Ingá a Arqueologia inclusiva: novas linguagens*, Volume 2. Arqueologia e Humanidades Digitais. NDIHR - UFPB: João Pessoa, 2021: 46-73.

VERHAGEN, Philip. 2013. On the Road to Nowhere? Least Cost Paths, Accessibility and the Predictive Modelling Perspective. In: CONTRERAS, F., FARJAS, M. & MELERO, J. (Ed.), *Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010*. Oxford, Archaeopress, pp. 383-390. (Disponível em <https://research.vu.nl/ws/portalfiles/portal/2947850/383-390.pdf>)

VERHAGEN, Philip; NUNINGER, Laure & GROENHUIJZEN, Mark. 2019. Modelling of Pathways and Movement Networks in Archaeology: An Overview of Current Approaches. In: VERHAGEN, P., JOYCE, J. & GROENHUIJZEN, M. (Ed.), *Finding the Limits of the Limes. Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire*. Cham, Springer, pp. 217-249. (Disponível em <https://www.springer.com/gp/book/9783030045753>)

WHITE, D. A. & BARBER, S. B. Geospatial modeling of pedestrian transportation networks: a case study from precolumbian Oaxaca, Mexico. In: *Journal of Archaeological Science*, 39, 2012: 2684-2696.