

Levantamento regional na arqueologia amazônica: o uso de sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto

Regional survey in Amazonian archaeology: the use of geographic information systems and remote sensing

João Aires Ataíde da Fonseca Júnior

Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTI. Belém, Pará, Brasil

Resumo: Recentes avanços tecnológicos no sensoriamento remoto e nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm proporcionado resultados promissores para as pesquisas arqueológicas, em especial nos levantamentos de campo (prospecção) para a identificação de sítios amazônicos. Imagens de satélite, radar e aerofotogrametria proporcionam a análise de variáveis ambientais relacionadas aos sítios arqueológicos, permitindo estabelecer padrões da ocupação humana no espaço e construir modelos preditivos para identificar novos sítios em áreas com as mesmas características ambientais. Entre essas variáveis, destacam-se a proximidade de rios e lagos e a declividade do terreno, além do tipo de vegetação e dos ecossistemas (áreas com solo exposto, várzeas e matas de igapós). Pesquisas realizadas no rio Trombetas, na serra de Carajás e no rio Tocantins, no estado do Pará, Brasil, apresentaram resultados positivos após a criação e o teste de modelos preditivos para cada uma das regiões. Novos sítios arqueológicos foram identificados e as análises espaciais inter e intra-sítios, realizadas com o SIG, permitiram criar hipóteses sobre possíveis rotas de circulação e a escolha, por antigos grupos indígenas, de áreas para captação de recursos naturais e assentamento.

Palavras-chave: Arqueologia amazônica. Sensoriamento remoto. Sistema de Informação Geográfica. Modelo arqueológico preditivo.

Abstract: Recent technological advances in remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) have provided excellent results for archaeological research, especially in field surveys for locating new Amazonian sites. Landsat imagery, SRTM and aerial photography support the analyses of environmental variables related to archaeological sites, and allow the establishment of spatial patterns of human settlement as well as the construction of predictive models to identify new sites with similar environmental characteristics. Among these variables we highlight the proximity of water courses (rivers, lakes, and streams) and slope (flat areas), besides the vegetation and ecosystems (exposed soil, *várzea* and *igapó* forests). Researches carried out in Trombetas River, Carajás hills and Tocantins River, in the State of Pará, Brazil, led to positive results after predictive models have been created and tested for each region. New archaeological sites were identified and spatial analyses were conducted with GIS considering the relation intra and inter-sites, which allowed the formulation of hypotheses about possible routes of migration and the selection, by ancient indigenous groups, of areas for settlement and catchment of natural resources.

Keywords: Amazonian archaeology. Remote sensing. Geographic Information System. Archaeological predictive modeling.

AIRES DA FONSECA, João. Levantamento regional na arqueologia amazônica: o uso de sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 8, n. 3, p. 675-690, set.-dez. 2013.

Autor para correspondência: João Aires Ataíde da Fonseca Júnior. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTI. Coordenação de Ciências Humanas. Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-530 (airesarch@gmail.com).

Recebido em 03/12/2012

Aprovado em 13/10/2013



INTRODUÇÃO

Em artigo, James Zeidler (1995) apresentou um panorama da metodologia de levantamento arqueológico em áreas florestadas neotropicais. Entre as discussões, estiveram presentes tópicos sobre as dificuldades na identificação de novos sítios arqueológicos na região amazônica, relacionadas às questões logísticas, como acesso, recursos financeiros e, principalmente, tempo de execução e o direcionamento para áreas específicas de levantamento, que pudessem trazer resultados positivos.

Atualmente, essas questões de otimização quanto ao uso de recursos para o levantamento de campo ainda são uma constante, encaixando-se tanto na arqueologia acadêmica quanto na arqueologia de contrato. Em ambos os casos, a problemática inicial é a mesma: existem sítios arqueológicos em uma dada área de levantamento? Quantos são e como estão distribuídos espacialmente? Eles estão próximos a rios ou lagos, em áreas planas, em cavidades? Quais são suas dimensões e as configurações intrassítio? Encontrar estas respostas pode ser ainda mais difícil em se tratando de áreas com floresta tropical densa.

O presente artigo é resultado de um esforço metodológico com o intuito de aprimorar as técnicas de levantamento arqueológico (prospecções) na busca por novos sítios amazônicos. Este esforço incide na utilização de programas de computador relacionados com sensoriamento remoto e um Sistema de Informação Geográfica (SIG), para a construção de modelos arqueológicos preditivos capazes de indicar locais favoráveis à ocorrência de sítios. A premissa básica destes modelos é de que existe uma relação quantificável entre a presença de um determinado tipo de sítio e uma gama diversificada de características ambientais. Esta relação deve ser válida para que características ambientais similares, existentes em outras regiões ainda não levantadas, possam indicar a ocorrência provável de novos sítios. O objetivo principal é gerar um mapa de sensibilidade

com faixas de baixa, média e alta probabilidade de ocorrência de sítios arqueológicos em novas regiões, permitindo a criação de um guia para o levantamento de campo em busca de possíveis vestígios arqueológicos (Warren, 1990; Brandt *et al.*, 1992; Aronoff, 1993; Dann e Yerkes, 1994; Van Leusen, 2002; Parcak, 2009).

Em suma, a construção de um modelo arqueológico preditivo, ou de locais favoráveis à ocorrência de sítios, pode ser organizada da seguinte forma:

- Caso existam sítios arqueológicos já registrados na área a ser levantada, busca-se definir as principais características deles, como tamanho, se são de acampamento ou de habitação, a proximidade de recursos hídricos, o tipo de vegetação associada, a distância entre eles e a possibilidade de ser estabelecido um padrão, recorrente, de distribuição espacial;
- Caso não exista registro de sítios anteriores à pesquisa, usam-se então deduções de que determinados locais foram propícios à ocupação humana, como a proximidade de recursos hídricos e áreas planas livres de inundações;
- Uso de sensoriamento remoto e de um SIG para que a análise feita nos itens anteriores possa ser interpretada por meio de mapas (Aronoff, 1993; Burrough e McDonnell, 2000);
- Construção de um mapa temático (mapa de sensibilidade), indicando as áreas de baixa, média e alta probabilidade de ocorrência de sítios;
- Levantamento em campo das áreas apontadas pelo mapa temático para o teste do modelo construído.

Neste artigo, são apresentados os testes de quatro modelos arqueológicos preditivos, criados e aplicados em três regiões distintas da Amazônia brasileira, todas localizadas no estado do Pará (Figura 1).

Na primeira região, um modelo foi desenvolvido dentro do Projeto Trombetas¹, localizado no baixo rio Trombetas,

¹ Coordenado por Vera Guapindaia, durante os anos de 2000 a 2012, nas áreas de atividades mineradoras da Mineração Rio do Norte (MRN).

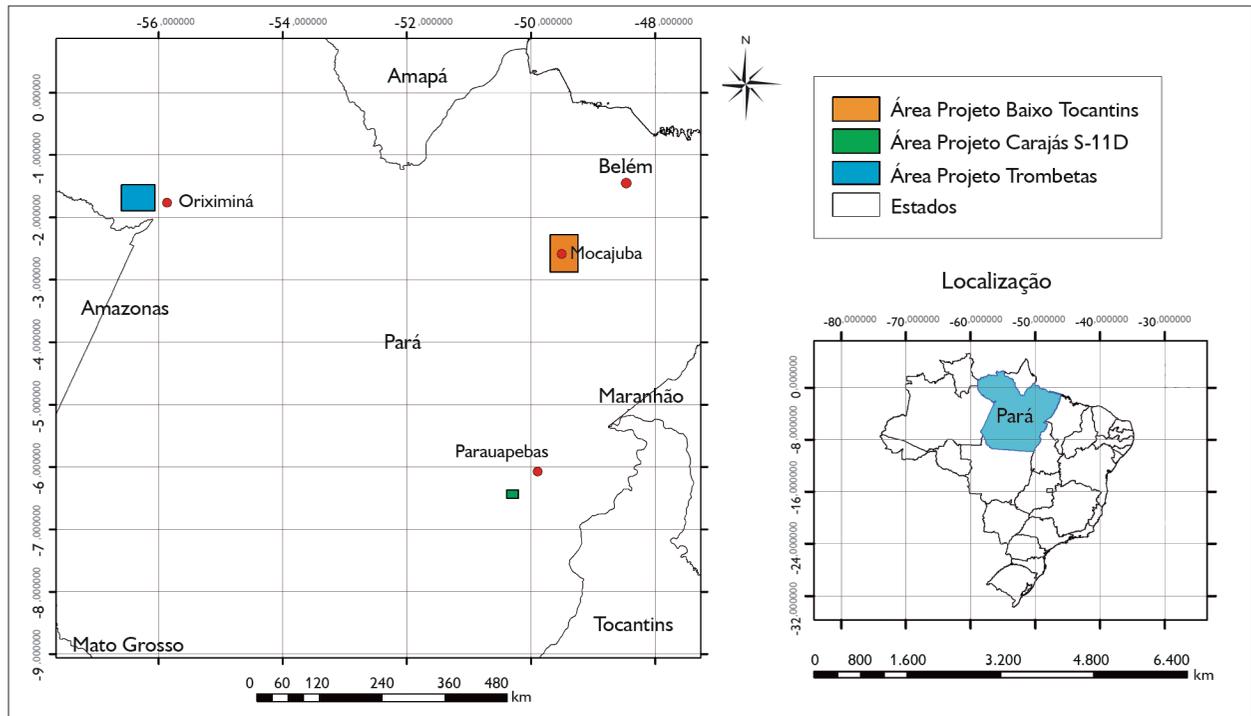


Figura 1. Mapa de localização das três áreas onde foram aplicados os modelos arqueológicos preditivos.

na Floresta Nacional Saracá-Taquera, onde existem diversos ambientes ecológicos, como áreas ribeirinhas, lacustres, terras baixas, encostas e topos de platôs. Por conseguinte, existe também uma gama diversificada de sítios arqueológicos estudados desde a década de 1950, quando as pesquisas arqueológicas sistemáticas tiveram início (Hilbert, 1955; Hilbert e Hilbert, 1980; Guapindaia e Lopes, 2011). Esta região apresenta uma característica importante devido ao fato de os sítios arqueológicos serem encontrados em área de floresta densa, local onde foi possível verificar um determinado tipo de vegetação associada aos sítios de ocupação permanente.

Na segunda região, foram desenvolvidos dois modelos preditivos, testados no Projeto Ferro Carajás S-11D², localizado na serra sul de Carajás, área também

marcada pela diversidade de paisagens naturais, com variações de altimetria entre 200 m e mais de 800 m em relação ao nível do mar. Essa região compõe áreas de topo de serra, com vegetação de savana, e planícies apresentando floresta tropical densa, com ocorrência de diversidade de sítios arqueológicos (Magalhães, 2005)³.

Na terceira região, outro tipo de modelo preditivo, com apenas uma variável, foi desenvolvido para o Projeto de Levantamento Arqueológico na Área de Implementação do Plantio de Palma de Óleo⁴, situado no interflúvio da margem direita do baixo rio Tocantins com o rio Moju, onde os trabalhos de arqueologia pré-colonial tiveram início com os registros de Curt Nimuendajú no ano de 1926 (Stenborg, 2004).

² Coordenado por Marcos Magalhães, iniciado no ano de 2011, nas áreas de atividades mineradoras da Vale S.A. (Vale).

³ Ver também MAGALHÃES, Marcos P.; AIRES DA FONSECA, João; BARBOSA, Carlos. Relatório técnico-científico da prospecção arqueológica realizada na área do Projeto de Exploração Minerária S-11D. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.

⁴ Coordenado por João Aires da Fonseca, no ano de 2012, nas áreas de implementação do plantio de palma pela Petrobras Biocombustível (PBIO).

PROJETO TROMBETAS

O Projeto Trombetas foi desenvolvido da margem direita do rio Trombetas até a margem norte do lago do Sapucá. Diversos sítios arqueológicos, contendo extensas áreas de terra preta com fragmentos cerâmicos e líticos, já foram registrados nesta região, principalmente após a década de 1950, quando as pesquisas arqueológicas sistemáticas tiveram início (Hilbert, 1955). As pesquisas mais recentes continuam descrevendo a região como espaço que contém sítios multicomponenciais, com estilos cerâmicos definidos entre Pocó – de ocupação mais antiga, entre os séculos II a.C. e IV d.C. – e Konduri, com ocupação mais recente, entre o século X até próximo do contato com a colonização europeia (Hilbert e Hilbert, 1980; Guapindaia, 2008; Guapindaia e Lopes, 2011).

Um banco de dados foi criado por C. Lopes Machado⁵, contendo todos os sítios arqueológicos registrados na região de Trombetas, desde aqueles identificados na década de 1950 até o ano de 2001. Esse inventário continuou a ser alimentado, conforme o desenvolvimento das pesquisas realizadas pelo Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), até o ano de 2012⁶, totalizando 76 sítios arqueológicos identificados (Figura 2).

A partir desse banco de dados, foi possível iniciar a construção do modelo arqueológico preditivo. Com o auxílio do SIG e de sensoriamento remoto, estabeleceram-se padrões de ocupação no espaço relacionados aos 76 sítios, quanto à distância de recursos hídricos, à declividade do terreno e a determinadas feições elípticas identificadas nas imagens Landsat TM 5, que apontam

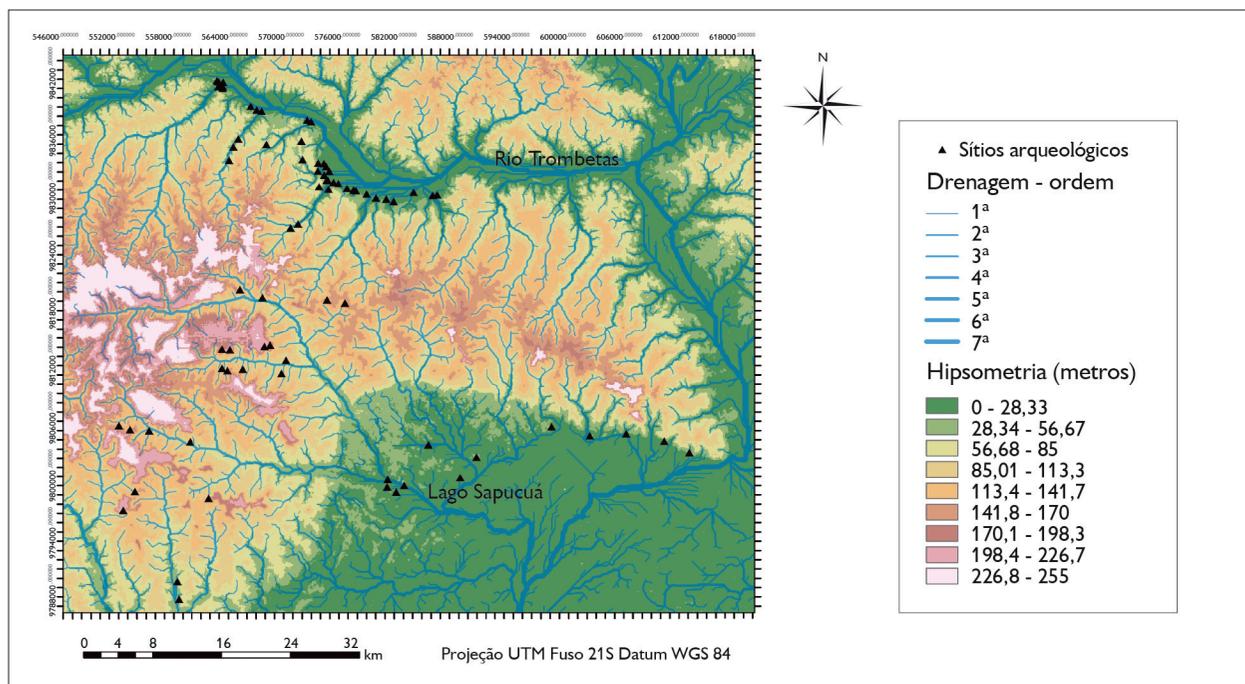


Figura 2. Mapa com a localização dos sítios arqueológicos identificados entre a década de 1950 e o ano de 2012 na região do baixo rio Trombetas e do lago do Sapucá.

⁵ Ver o seguinte documento: MACHADO, C. Lopes. Sítios arqueológicos registrados na área da Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Estado do Pará. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – MINERAÇÃO RIO DO NORTE. Plano de manejo para uso múltiplo da Floresta Nacional de Saracá-Taquera. Belo Horizonte: STCP Engenharia de Projetos, 2001, p. 28.

⁶ Ver GUAPINDAIA, Vera; AIRES DA FONSECA, João. Relatório de atividades de campo. Sítio PA-OR-127: Cipoal do Araticum. 20º Relatório. Belém: MPEG/MRN/FADESP, 2012.

para alterações na altura do dossel da vegetação, exatamente em áreas onde ocorrem sítios arqueológicos.

O principal sítio arqueológico que apresenta estas variáveis é o PA-OR-127: Cipoal do Araticum. Identificado em 2009, a sua principal característica é o tipo de vegetação existente na área central, onde ocorre a maior quantidade de terra preta, com fragmentos cerâmicos e líticos. De acordo com o levantamento botânico⁷, existe

uma grande concentração de lianas (cipós) e palmeiras (muçujá, inajá), também observada em imagens Landsat TM 5, nas quais a cobertura vegetal é visivelmente destacada, com dossel mais baixo em relação à floresta densa do entorno. O mesmo havia sido apontado por Klaus Hilbert e por Fabiano de Paula⁸, em relação ao sítio PA-OR-77: Araticum, distante à jusante apenas 4 km do sítio Cipoal do Araticum (Figuras 3 e 4).

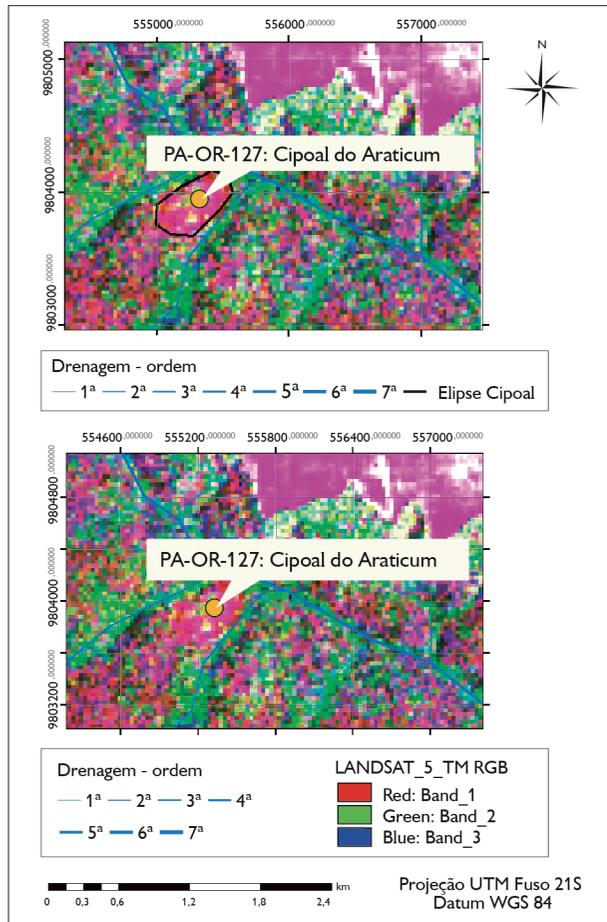


Figura 3. Localização do sítio Cipoal do Araticum e delimitação da feição elíptica que compõe a área com vegetação de dossel baixo, marcada pela presença de mata de cipós e palmeiras.

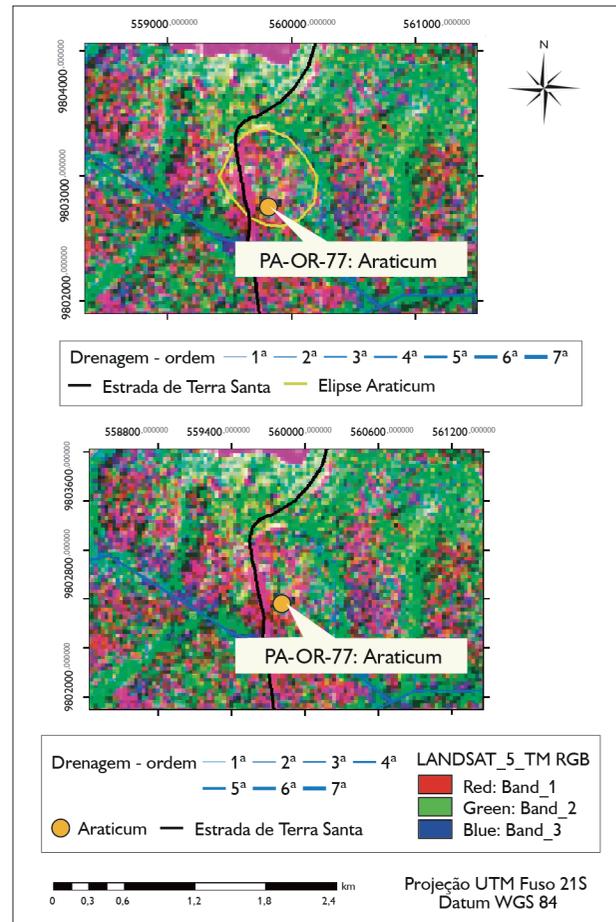


Figura 4. Localização do sítio Araticum e delimitação da feição elíptica que compõe a área com vegetação de dossel baixo, marcada pela presença de mata de cipós e palmeiras.

⁷ Ver JUNQUEIRA, André. Relatório de atividades de campo. Levantamento florístico do sítio arqueológico Cipoal do Araticum, PA. Manuscrito inédito, 26 f. Belém: MPEG/MRN/FADESP, 2010.

⁸ Ver HILBERT, Klaus. Salvamento arqueológico na região de Porto Trombetas (Pará). Relatório. Porto Alegre: PUC/RS, 1990; e PAULA, Fabiano de. Monitoramento de ocorrências arqueológicas no Vale do Rio Trombetas/Pará. Relatório. Belo Horizonte: Brandt Meio Ambiente/MRN, 1998.

Três variáveis, portanto, foram utilizadas para a construção do modelo preditivo aplicado no Projeto Trombetas: a proximidade de igarapés e rios, as áreas planas ou ligeiramente onduladas (mapa de declividade) e as denominadas feições elípticas, observadas nas imagens do satélite Landsat TM 5.

CORRELAÇÃO DOS SÍTIOS CONHECIDOS COM AS VARIÁVEIS DO MODELO PREDITIVO

Imagens de radar SRTM, após processamento no programa ArcGIS, proporcionaram a criação de mapas com a rede de drenagem e de declividade do terreno em estudo, por meio dos quais – ao serem correlacionados com o banco de dados de sítios arqueológicos – foi possível estabelecer determinados padrões (Figura 5).

Em relação à declividade do terreno, grande porcentagem de sítios está associada a terrenos ligeiramente

ondulados e planos (72%); em relação à distância aproximada da rede de drenagem, praticamente 70% dos sítios estão na faixa entre 0-400 m de distância, sendo que os outros 30% estão acima dos 400 m.

No que concerne à variável das feições elípticas, em apenas 17 sítios foi possível observá-las, o que corresponde a 22,4% do total. Esse baixo índice pode ser explicado pelo fato de que a maioria das ocorrências de sítios arqueológicos está relacionada com áreas impactadas, ou seja, estão situados nas margens do rio Trombetas e dos lagos Batata e Sapucúá, onde existem comunidades ribeirinhas com casas e plantações, tornando-se inviável a identificação desta variável de vegetação, uma vez que foi suprimida. Portanto, esses 17 sítios já conhecidos, que apresentaram todas as variáveis propostas no modelo preditivo, foram utilizados como comparativos às demais áreas ainda não pesquisadas e apontadas pelo modelo como de alta probabilidade de ocorrência.

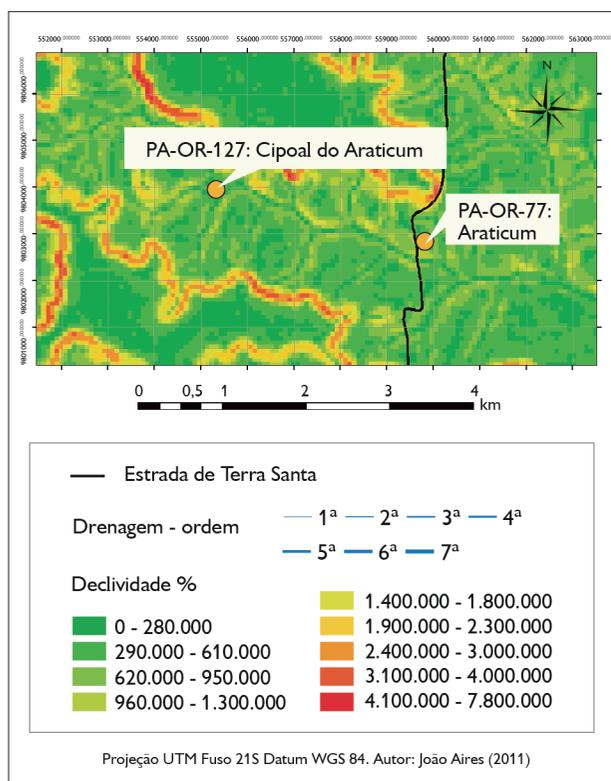


Figura 5. Mapa de declividade com indicação dos sítios Cipoal do Araticum e Araticum.

CORRELAÇÃO ENTRE OS SÍTIOS CONHECIDOS E AS ÁREAS DO MODELO PREDITIVO

A etapa seguinte foi identificar outras possíveis formas elípticas em áreas ainda não pesquisadas. No total, foram localizadas 153 áreas contendo estas feições e, para cada uma delas, foram atribuídos polígonos e inseridos pontos centrais, a fim de que pudessem ser relacionadas com as demais variáveis do modelo. Não por mera coincidência estas novas áreas também apresentam um relevo com baixa declividade, tendendo para um terreno que vai de ligeiramente ondulado (30,1% na 8ª classe e 49,7% na 9ª classe) a plano (14,4% na 10ª classe), juntamente com uma distância que não ultrapassa 500 m em relação à rede de drenagem, o que ocorre em praticamente 80% das 153 áreas identificadas.

Em comparação dos resultados da análise espacial dos sítios já conhecidos com as áreas projetadas pelo modelo preditivo, foi possível estabelecer uma semelhança em praticamente todas as variáveis ambientais em ambas as análises, tornando o modelo preditivo válido e passível de verificação em campo (Figuras 6 e 7).

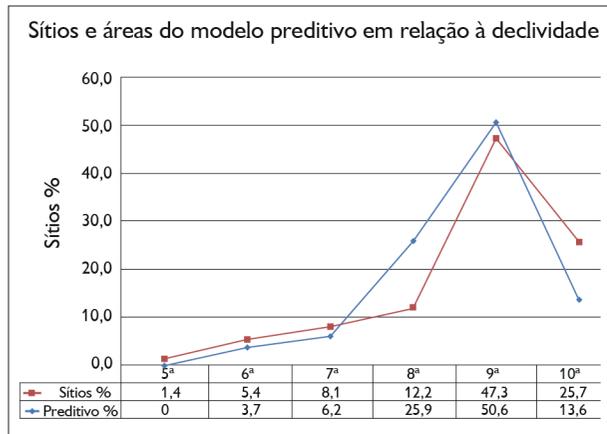


Figura 6. Relação dos sítios conhecidos (gráfico vermelho) e das áreas apontadas pelo modelo preditivo (gráfico azul) com as classes de declividade do terreno.

TESTE DO MODELO EM CAMPO

No total, o modelo arqueológico preditivo foi testado em quatro etapas de campo, compreendendo treze áreas levantadas. Duas dessas áreas não apresentaram evidências de sítios arqueológicos, e sim a ocorrência de fenômenos naturais que causaram a abertura de clareiras na floresta, devido à dinâmica dos rios e de incidência de ventos fortes. Estas duas informações de campo serviram para calibrar as imagens de satélite e identificar outras áreas onde estes fenômenos podem ter ocorrido.

Do restante das áreas, cinco apresentaram somente um solo escuro e floresta antropizada – com alta frequência de palmeiras, pequiás, sapucaias e bacabas, sendo descritas como ecofatos e apresentando indícios de provável ocorrência de sítios. Nas outras seis áreas foi possível identificar terra preta e fragmentos cerâmicos e líticos, devido terem sido impactadas pela estrada que liga a vila de Porto Trombetas à cidade de Terra Santa. Essas ocorrências, com vegetação de dossel baixo e tipicamente antropizada, estão localizadas em áreas planas, situadas próximas a rios e das feições elípticas delimitadas na imagem de satélite Landsat TM 5 (Figura 8).

O fato é que, se considerarmos os 76 sítios do banco de dados, juntamente com as 153 áreas apontadas como de alta probabilidade de ocorrência de sítios, seis das quais

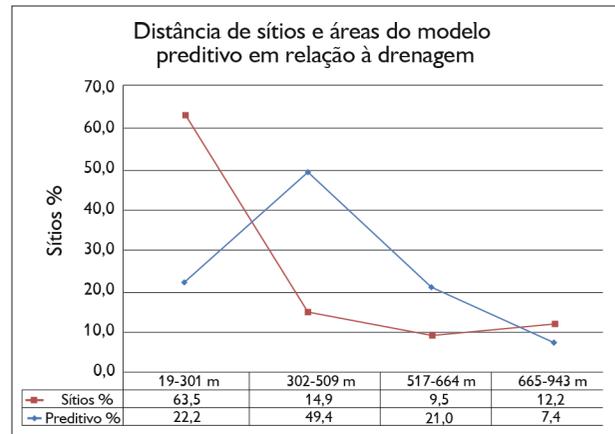


Figura 7. Relação dos sítios conhecidos (gráfico vermelho) e das áreas apontadas pelo modelo preditivo (gráfico azul) com a distância da rede de drenagem.

já confirmadas, torna-se possível projetar um mapa de densidade de mais de 200 sítios arqueológicos para a área em estudo. As concentrações – que são tanto de sítios quanto de projeções – montam um quadro hipotético de distribuição espacial, relacionada com os diferentes nichos ecológicos da região, exatamente nas áreas intermediárias entre as encostas dos platôs e as terras baixas, havendo uma relação com a diversidade de recursos faunísticos e florísticos, e também nas proximidades dos cursos dos principais rios e lagos, como o rio Trombetas e o lago Batata (Figura 9).

PROJETO CARAJÁS

Para o levantamento desenvolvido na Serra Sul de Carajás, durante o ano de 2011 e o início de 2012, foram essenciais os arquivos disponibilizados pela Vale S.A. referentes à aerofotogrametria, com as curvas de níveis detalhadas do terreno, que permitiram maior precisão em delimitar as variáveis ambientais de dois modelos preditivos criados. A partir desses arquivos, foi possível extrair informações da rede de drenagem, da altimetria, da declividade, do uso e da cobertura do solo, que também foram combinadas com a carta do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1981) para a definição dos nomes dos rios e a identificação de lagos.

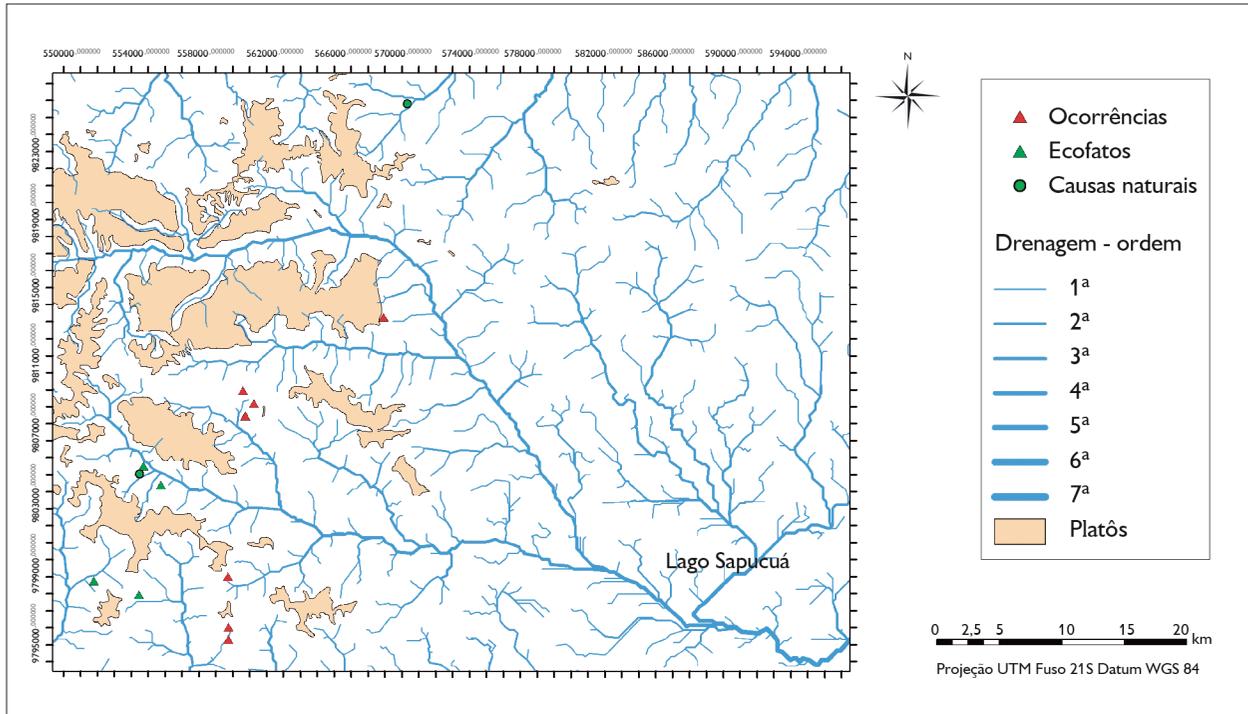


Figura 8. Localização das áreas levantadas para o teste do modelo preditivo no Projeto Trombetas.

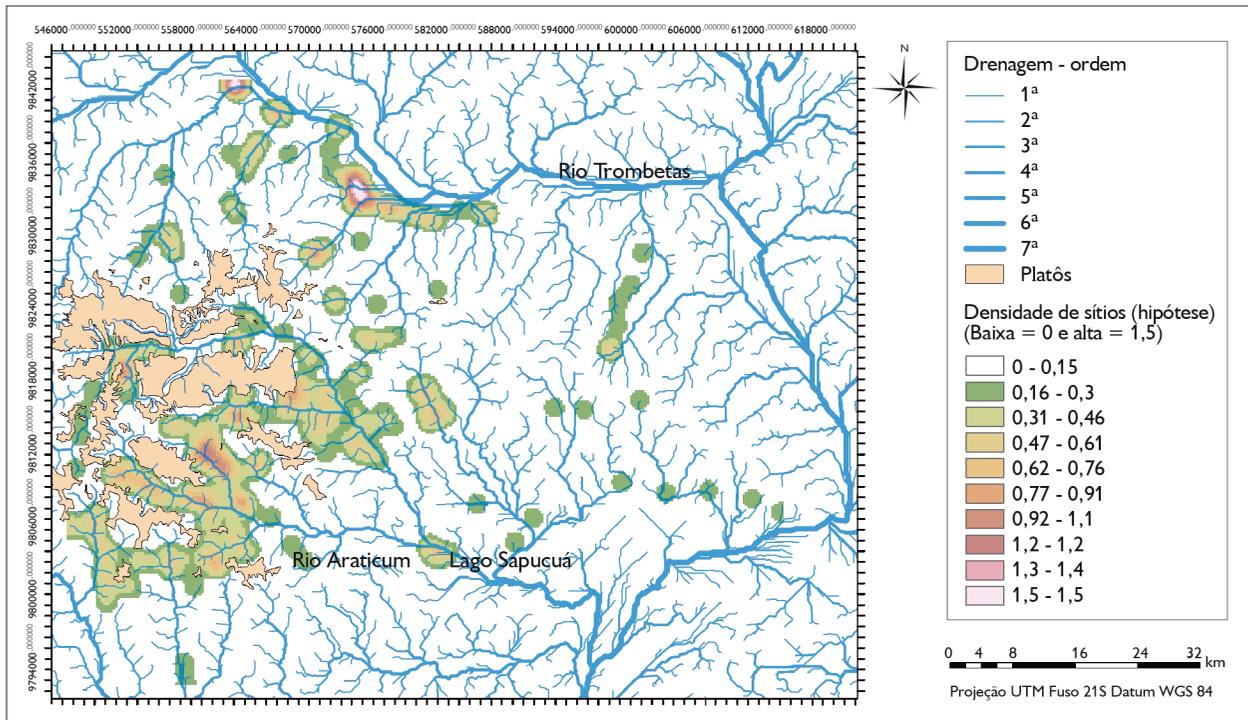


Figura 9. Mapa hipotético com a densidade (Kernel Density) de sítios arqueológicos na região do baixo rio Trombetas e do lago Sapucua.



O levantamento na Serra Sul de Carajás ficou restrito à busca de sítios a céu aberto e a dois ambientes ecológicos distintos, as planícies, com cotas altimétricas variando de 200 a 350 m de altitude, abrangendo quase a totalidade do rio Pacú, afluente do rio Sossego, e o topo das serras, com altitudes ultrapassando 800 m em relação ao nível do mar. As áreas de encostas, onde comumente são identificadas cavidades contendo vestígios arqueológicos, não fazem parte da análise deste artigo (Figura 10).

Nas áreas de topo de serra não relacionadas com os abrigos e as cavernas, a variável passível de verificação incidiu no entorno de lagos perenes e intermitentes, e ao longo do curso das cabeceiras de rios, com a finalidade de identificar possíveis polidores e afiadores. Esses lagos foram visualizados a partir do levantamento aerofotogramétrico de alta resolução, o qual permitiu a observação detalhada da vegetação que delimita as bordas dos lagos. De fato, as ocorrências registradas em céu aberto estiveram relacionadas com lascas e núcleos de hematita nas atuais

bordas de dois lagos intermitentes e com um polidor ao longo do curso de um rio sem nome (Figuras 11 e 12).

Um possível modelo arqueológico preditivo para esse tipo de sítio e sua localização espacial em topo de serras poderá ser aplicado em ambientes similares, tendo como premissa uma análise detalhada, em campo, do entorno de lagos perenes e/ou intermitentes, aqui entendidos como locais de alta probabilidade de ocorrência de material lítico lascado nesta região.

O segundo modelo foi desenvolvido para ser aplicado nas áreas de planície. Neste ambiente, já haviam sido identificados sítios arqueológicos, situados bem próximos a rios, distando no máximo 400 m deles, e em uma área plana e livre de inundações, os quais foram visitados para a definição de um padrão de localização⁹. De posse dessas informações, foi possível isolar as áreas tomando como variáveis a distância de recursos hídricos, os principais igarapés e rios e a declividade do terreno. Isso permitiu identificar os locais com terreno plano ou ligeiramente ondulado (Figuras 13 e 14).

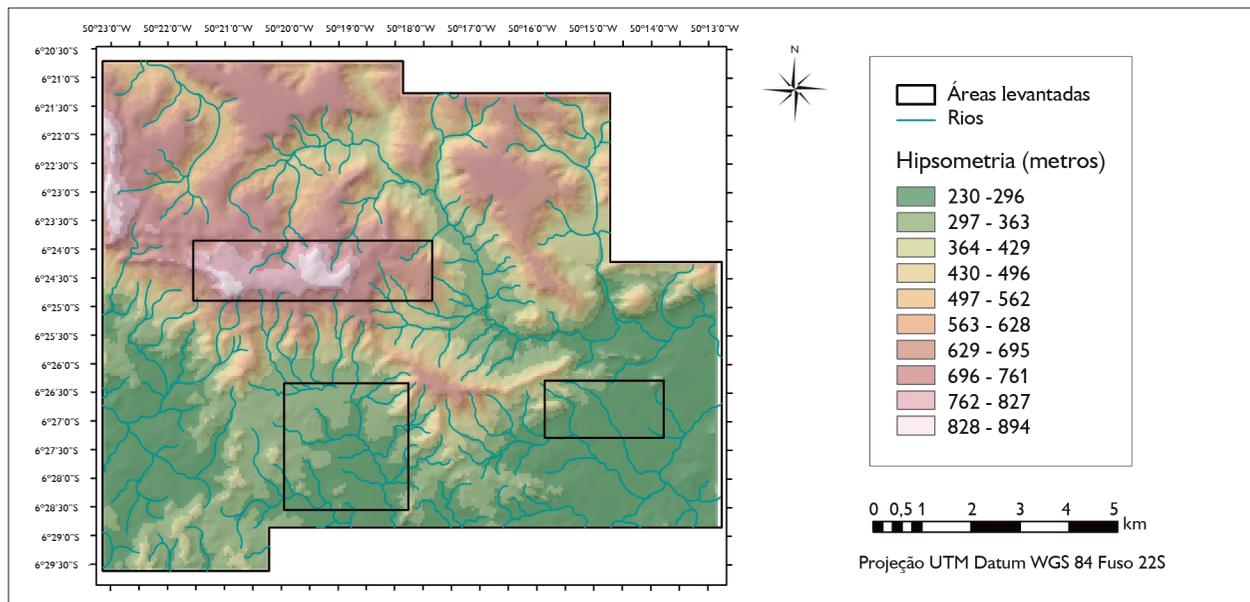


Figura 10. Mapa hipsométrico e áreas de levantamento arqueológico do Projeto Ferro Carajás S-11D.

⁹ Ver CALDARELLI, S. B. Salvamento arqueológico na Serra Sul, Complexo Minerador de Carajás, PA. São Paulo: Scientia, 2004; CALDARELLI, S. B.; KIPNIS, R.; KOOLE, E. Projeto de arqueologia preventiva Serra Sul, complexo minerador de Carajás, Pará – 2ª etapa. Relatório da Prospecção Arqueológica. São Paulo: Scientia, 2008.

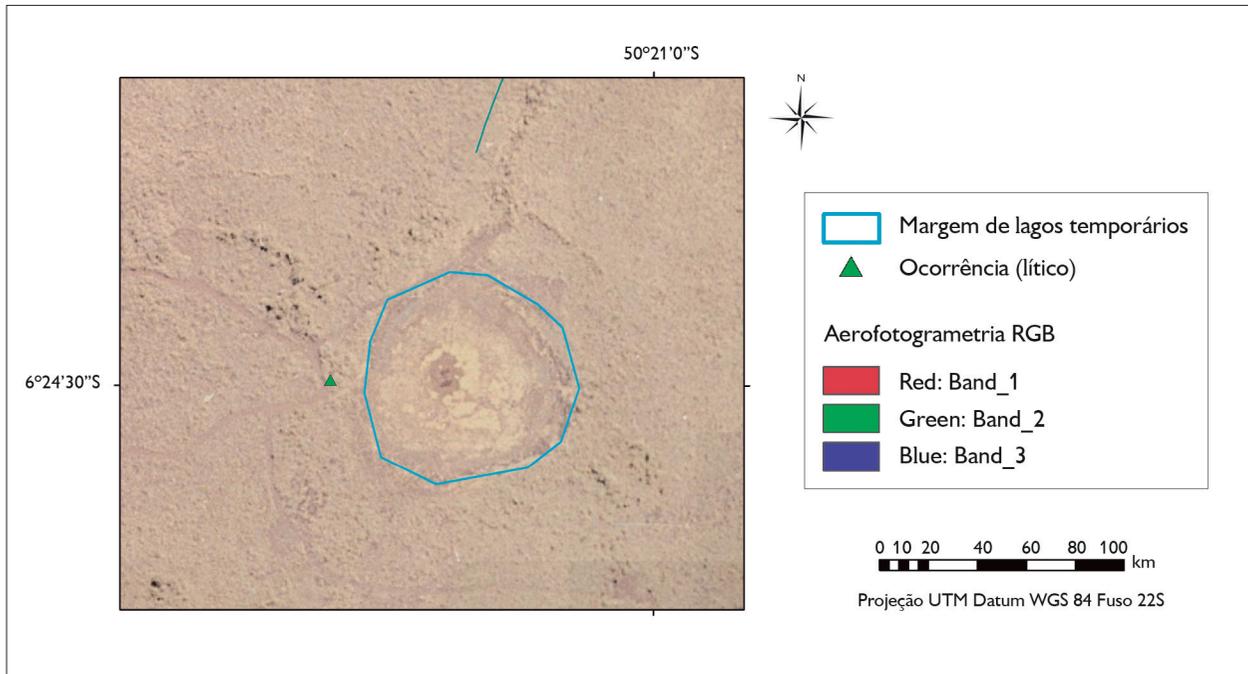


Figura 11. Modelo preditivo criado, apresentando como variável as bordas de lagos perenes e intermitentes no topo de serras.



Figura 12. Panorama de um lago intermitente no topo da serra. Próximo à margem, foram identificadas lascas e núcleos de hematita. Foto: Carlos Barbosa.

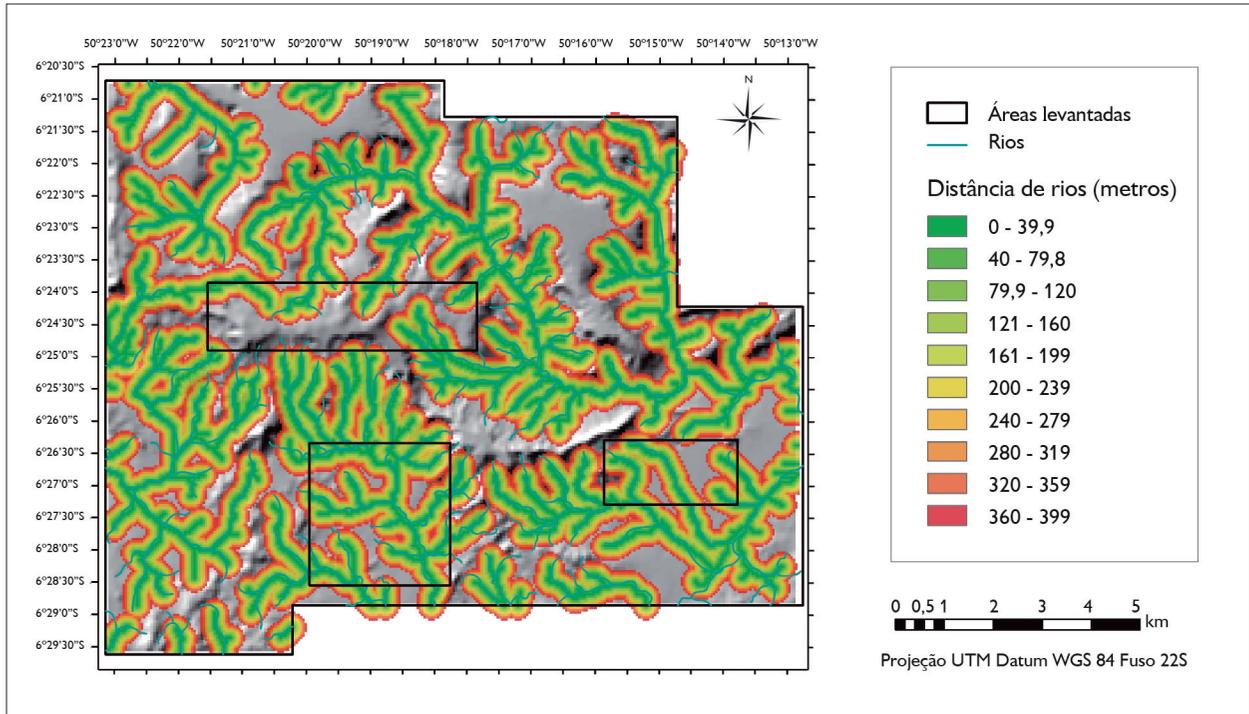


Figura 13. Mapa com a variável de proximidade (entre 0 e 400 m) dos principais igarapés e rios.

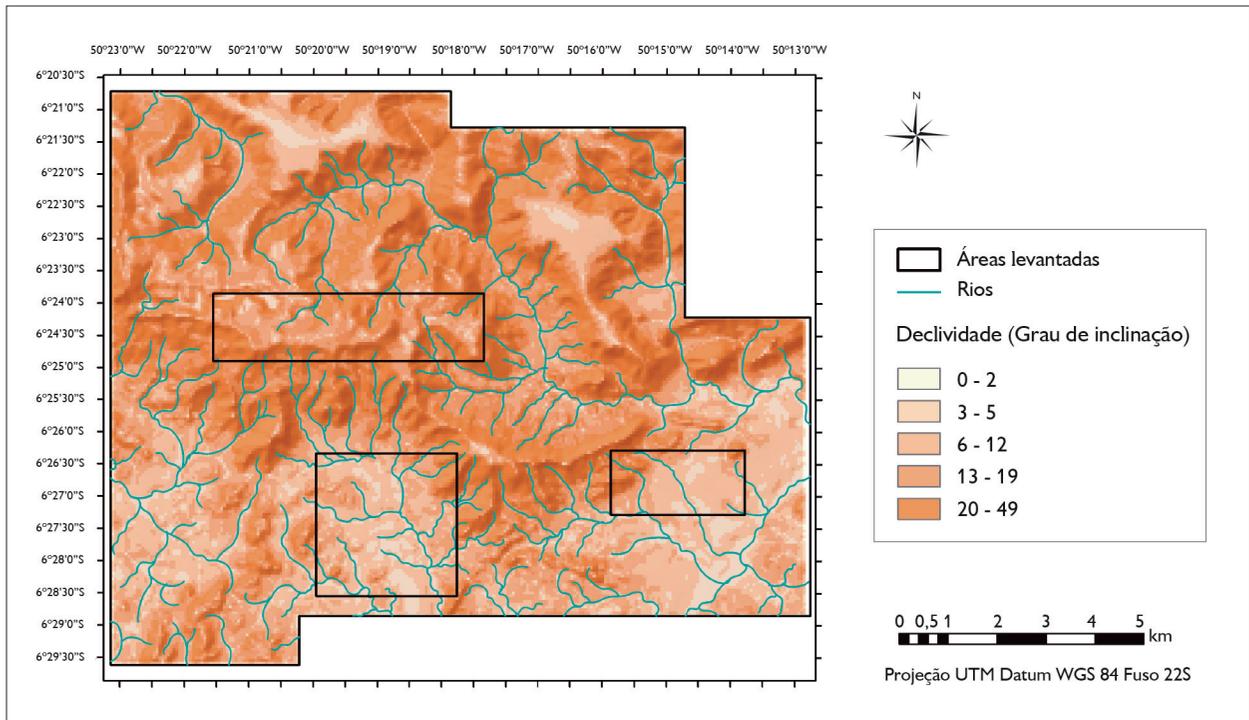


Figura 14. Mapa de declividade, com as áreas que apresentaram terreno plano e ligeiramente ondulado.

Para que as variáveis pudessem ser combinadas e gerar um único mapa com os locais planos e ligeiramente ondulados, com altimetria na faixa de 200 a 350 m, e distantes no máximo 400 m das margens de igarapés e rios, utilizou-se uma ferramenta do programa ArcGis, Spatial Analyst Tools > Overlay > Weighted Overlay, considerando-se 50% de relevância para os valores da declividade, 25% para os valores da altimetria e 25% para os valores de distância de igarapés e rios. O resultado foi um mapa final com áreas de alta e baixa probabilidade de ocorrência de sítios (Figura 15).

Como resultado da etapa de campo, foram identificados treze locais com vestígios arqueológicos, sendo onze considerados como sítios, devido à grande quantidade de fragmentos cerâmicos, material lítico e terra preta na superfície, e duas ocorrências com a identificação esparsa de fragmentos cerâmicos em uma área fora do modelo proposto (Figura 16). Tal resultado

corroborar a eficácia dos modelos arqueológicos preditivos como uma ferramenta para prospecções arqueológicas, uma vez que podem ser definidas *a priori* as áreas propícias de ocupação humana e, assim, melhor compreender a distribuição dos sítios na paisagem.

PROJETO BAIXO RIO TOCANTINS

O levantamento arqueológico realizado no interflúvio dos rios Tocantins e Mojú teve por objetivo avaliar o potencial arqueológico da região e os possíveis impactos que um empreendimento agrícola poderia causar ao patrimônio arqueológico. De acordo com o levantamento bibliográfico, a única referência a sítios pré-coloniais na região foi feita por Curt Nimuendajú em 1926, ao descrever dois sítios contendo fragmentos cerâmicos e terra preta, localizados próximos à margem direita do rio Tocantins, não existindo informações sobre possíveis sítios em áreas de interflúvio (Stenborg, 2004).

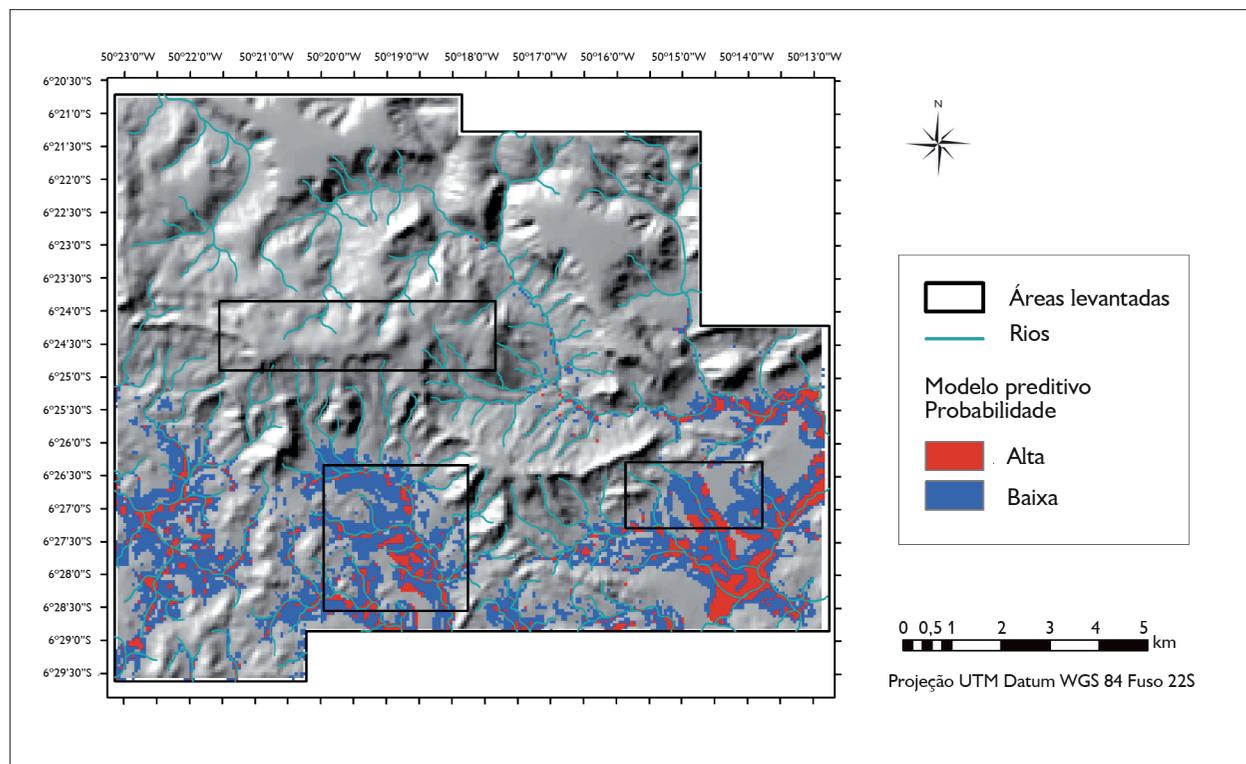


Figura 15. Mapa com o modelo preditivo para as áreas de planície no Projeto Ferro Carajás S-11D.

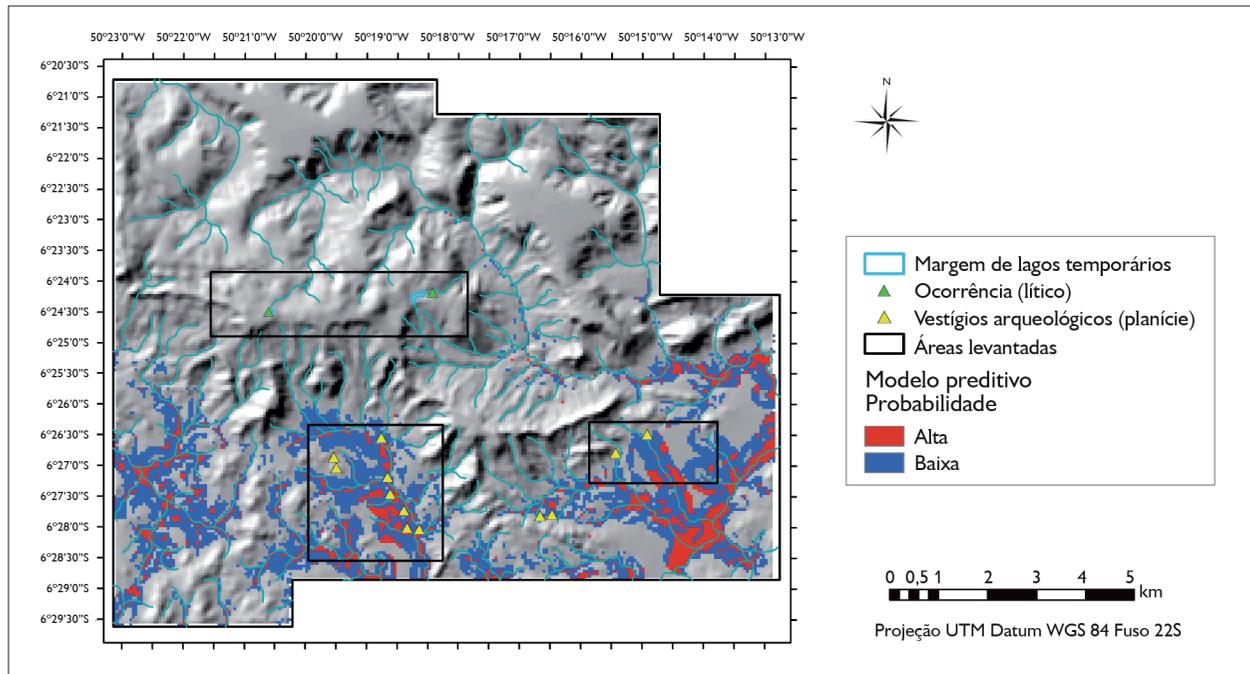


Figura 16. Mapa com as ocorrências e os sítios plotados no Projeto Ferro Carajás S-11D.

No total, foram estabelecidas cem áreas para o levantamento de campo, as quais correspondem às pequenas e grandes propriedades onde seriam realizados os plantios de palma. Não tendo sido identificados sítios arqueológicos em pesquisas anteriores, a construção de um modelo preditivo para o levantamento de campo considerou apenas a variável de proximidade de recursos hídricos, deduzindo-se que este foi um fator essencial para a ocupação humana em razão da necessidade de captação de água, de serem locais com maior disponibilidade para caça e pesca e, possivelmente, também para o transporte e a circulação de pessoas.

A identificação prévia da rede hidrográfica foi feita por meio das imagens de radar SRTM, com refinamento por meio de observação e delimitação feita a partir de imagens Landsat TM 5 e da carta do IBGE (1998). Assim, foi possível identificar quais propriedades estavam mais próximas de igarapés e rios. Para esta rede hidrográfica, atribuiu-se a distância de 1 km, utilizando uma ferramenta do ArcGis, Spatial Analyst Tools > Distance > Euclidian Distance, sendo o levantamento de campo direcionado primeiro para

as áreas mais próximas dos igarapés e rios selecionados. A metodologia de levantamento aplicada em campo consistiu apenas na observação de vestígios arqueológicos em superfície e, quando possível, na verificação sub-superfície, sempre que as atividades agrícolas e estradas vicinais permitiram a verificação do subsolo.

Como resultado, em quinze dias de campo para coleta de dados, foram identificados quatorze novos sítios arqueológicos, contendo fragmentos cerâmicos e líticos com terra preta e quatro ocorrências de fragmentos cerâmicos esparsos (Figura 17). Tal resultado corrobora a eficácia das análises prévias, feitas com um sistema de informação geográfica e o sensoriamento remoto. O estabelecimento de modelos coerentes de relação de sítios arqueológicos com determinadas variáveis ambientais pode proporcionar ao pesquisador um panorama da distribuição de sítios no espaço, permitindo, então, iniciar a construção de inferências e tomadas de decisão no desenvolvimento de projetos de pesquisa mais abrangentes para a área em estudo.

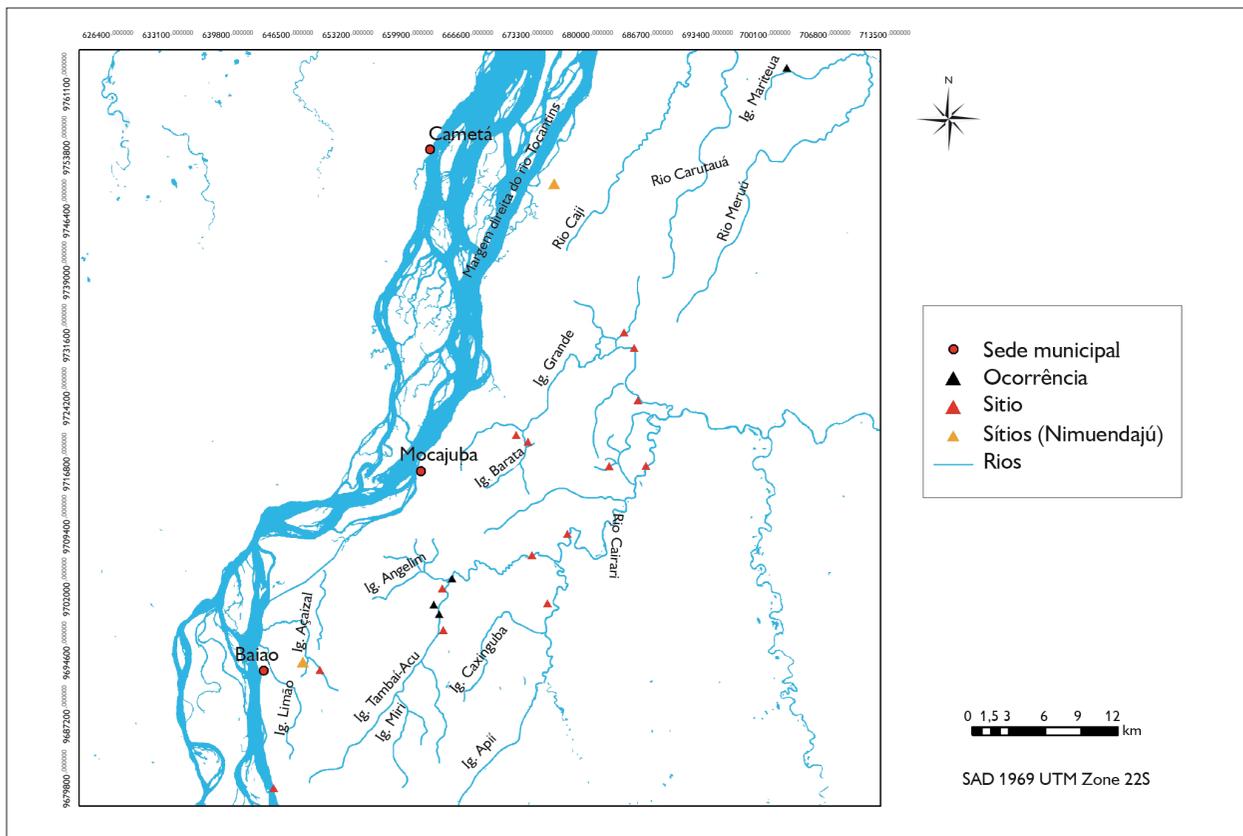


Figura 17. Mapa com a distribuição de ocorrências e dos sítios arqueológicos identificados no Projeto Tocantins.

Com a conclusão do levantamento de campo, o primeiro modelo preditivo construído sem a caracterização ambiental de sítios arqueológicos previamente estudados será refinado, uma vez que as dezoito áreas identificadas com vestígios arqueológicos possuem uma estreita relação com os principais rios e igarapés (Figura 18). Ou seja, torna-se estatisticamente válida a variável de proximidade de recursos hídricos como capaz de indicar áreas com alta probabilidade de ocorrência de novos sítios arqueológicos, o que torna viável a utilização de um modelo preditivo para as demais áreas a serem vistoriadas.

Além de esse levantamento atribuir relevância para determinados locais, de acordo com as áreas de alta e baixa probabilidade de ocorrência de sítios, ele permite criar hipóteses sobre a distribuição espacial dos sítios identificados. Por exemplo, pode-se observar que os

campos naturais com vegetação arbustiva, os quais se tornam lagos extensos, mas não profundos, durante os períodos de chuva na Amazônia, atualmente ainda servem de atrativo para um grande número de caça. É provável que as antigas comunidades indígenas tenham utilizado essas áreas para a captação de recursos alimentares, estabelecendo tanto acampamentos temporários quanto assentamentos permanentes no entorno dos campos.

De fato, a distribuição espacial das evidências arqueológicas identificadas no baixo rio Tocantins desenha um arco que vai desde a margem direita desse rio, tendo como limite os campos de natureza, adentrando o interflúvio, mas acompanhando as margens de igarapés e rios principais. Portanto, existiu uma complexa ocupação indígena na região, durante a qual diversos ambientes ecológicos foram utilizados. Contudo, somente com levantamentos futuros



Figura 18. Relação entre os sítios identificados em campo e a distância dos principais igarapés e rios. Distâncias acima de 1 km das margens dos cursos d'água compreendem áreas de baixa probabilidade de ocorrência de sítios arqueológicos, de acordo com o modelo proposto.

será possível estabelecer modelos de distribuição mais refinados, os quais, certamente, poderão ser projetados, por exemplo, para a margem esquerda do rio Tocantins, onde poucas pesquisas arqueológicas foram realizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de algumas críticas ao uso de modelos preditivos, com o argumento de que determinadas variáveis do aspecto físico da paisagem (como a proximidade ou distância de cursos de rios e a declividade do terreno) possam causar erros de interpretação nas pesquisas arqueológicas, principalmente devido à subjetividade na atribuição de valores às variáveis (Ebert, 2000; Pelinni, 2008), os testes dos modelos apresentados neste artigo, em quatro diferentes ambientes amazônicos, mostraram-se bastante promissores para a identificação de sítios arqueológicos. Esses modelos certamente permitirão aprimorar, em pesquisas futuras, a compreensão da distribuição dos sítios no espaço e as relações com a

paisagem. Uma primeira inferência diz respeito aos sítios encontrados em áreas de interflúvio, distantes do curso dos rios principais, como Trombetas, Parauapebas e Tocantins, permitindo supor maior complexidade na ocupação humana dessas áreas (Guapindaia, 2008; Levis *et al.*, 2012).

Para os sítios da região de interflúvio entre os rios Trombetas e o lago Sapucaá, a análise das imagens Landsat TM 5 permitiu identificar a vegetação com baixo dossel, indicando a existência de sítios arqueológicos, como o Cipoal do Araticum. Trata-se, portanto, de uma ferramenta que produz coordenadas específicas para os levantamentos de campo. Aquele sítio pode ser considerado de densa ocupação, com datações radiocarbônicas que vão do ano 4000 A.P. até 530 A.P. (Guapindaia e Aires da Fonseca, 2013).

O sítio Cipoal do Araticum apresenta uma configuração que corrobora as assertivas de que a presença humana, principalmente as antigas comunidades indígenas, não causou a degradação da vegetação, mas sim um aumento da biodiversidade devido à presença e alta frequência de espécies úteis, manipuladas ao longo do tempo pelo homem (Balée, 1993). A atual paisagem observada no sítio Cipoal do Araticum – especialmente o tipo de floresta que o circunda e a floresta associada à maior parte da área onde ocorrem terra preta, fragmentos cerâmicos e líticos – pode ser classificada no que, para Balée (2008), é descrito como paisagem que evidencia indigeneidade, ou no que, para Magalhães (2013), é descrito como cultura neotropical. Em um espaço de não mais que 400 x 600 m, é encontrada alta frequência de plantas úteis, relacionadas com usos medicinais, extração de resinas para impermeabilização, alimentação, alucinógenos etc.¹⁰

O uso de geotecnologias em pesquisas arqueológicas não deve mais ser tratado como privilégio, e sim como mais uma etapa das análises laboratoriais, principalmente em levantamentos de campo que primam pela localização de novos sítios arqueológicos.

¹⁰ Ver JUNQUEIRA, André. Relatório de atividades de campo. Levantamento florístico do Sítio Arqueológico Cipoal do Araticum, PA. Belém: MPEG/MRN/FADESP, 2010.

REFERÊNCIAS

ARONOFF, Stanley. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1993.

BALÉE, William. Sobre a indigeneidade das paisagens. **Revista de Arqueologia**, v. 21, n. 2, p. 9-23, 2008.

BALÉE, William. Indigenous transformation of Amazonian forests: an example from Maranhão. **L'Homme**, v. 33, n. 126/128, p. 231-254, 1993.

BRANDT, Roel; GROENEWOUDT, Bert J.; KVAMME, Kenneth L. An experiment in archaeological site location: modeling in the Netherlands using GIS techniques. **World Archaeology**, v. 24, n. 2, p. 268-282, 1992.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 2000.

DANN, Mark A.; YERKES, W. Use of Geographic Information Systems for the spatial analysis of Frankish settlements in the Korinthia, Greece. In: KARDULIAS, P. Nick (Ed.). **Beyond the site: regional studies in the Aegean area**. Lanham: University Press of America, 1994. p. 289-312.

EBERT, James I. The state of the art in "inductive" predictive modeling: seven big mistakes (and lots of smaller ones). In: WESTCOTT, Konniel L.; BRANDON, Joe R. (Ed.). **Practical applications of GIS for archaeologists: a predictive modeling kit**. Philadelphia: Taylor & Francis, 2000. p. 137-142.

GUAPINDAIA, Vera Lucia Calandrini. **Além da margem do rio – as ocupações Konduri e Pocó na região de Porto Trombetas, PA**. 2008. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GUAPINDAIA, Vera Lucia Calandrini; AIRES DA FONSECA, João. Metodologia de delimitação no sítio arqueológico Cipoal do Araticum na região do rio Trombetas, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 8, n. 3, p. 657-673, set.-dez. 2013.

GUAPINDAIA, Vera Lucia Calandrini; LOPES, Daniel. Estudos arqueológicos na região de Porto Trombetas, PA. **Revista de Arqueologia**, v. 24, n. 2, p. 50-73, 2011.

HILBERT, P. P. **A cerâmica arqueológica da região de Oriximiná**. Belém: Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará, 1955.

HILBERT, P. P.; HILBERT, K. Resultados preliminares da pesquisa arqueológica nos rios Nhamundá e Trombetas, Baixo Amazonas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série, Antropologia**, n. 75, p. 1-11, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Carta Belém**. Escala 1:1.000.000. Folha SA-22, 1998. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 dez. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Serra dos Carajás**. Escala 1:100.000. Folha SB-22-Z-A-II MI-1025, 1981. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 dez. 2013.

LEVIS, Carolina; SOUSA, Priscila F.; SCHIETTI, Juliana; EMILIO, Thaise; PINTO, José L. P.V.; CLEMENT, Charles R.; COSTA, Flávia R. C. Historical human footprint on modern tree species composition in the Purus-Madeira interfluvium, Central Amazonia. **Plos ONE**, v. 7, n. 11, e48559, 2012. Disponível em: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0048559>. Acesso em: 14 dez. 2013.

MAGALHÃES, Marcos P. Território cultural e a transformação da floresta em artefato social. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 8, n. 2, p. 381-400, maio-ago. 2013.

MAGALHÃES, Marcos P. **A Phýsis da Origem: o sentido da história na Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2005.

PARCAK, Sarah H. **Satellite remote sensing for archaeology**. London: Routledge, 2009.

PELLINI, José R. Movimento e GIS: uma percepção da paisagem. **Habitus**, Goiânia, v. 6, n. 1-2, p. 171-186, jan.-dez. 2008.

STENBORG, Per (Ed.). **In pursuit of a past Amazon**. Archaeological researches in the Brazilian Guyana and in the Amazon Region. Göteborg: Elanders Infologistik Väst AB, 2004. (Ethnological Studies, 45).

VAN LEUSEN, P. M. **Pattern to process: methodological investigations into the formation and interpretation of spatial patterns in archaeological landscapes**. 2002. Tese (Doutorado em Letras) – University of Groningen, Groningen, 2002. Disponível em: <http://dissertations.ub.rug.nl/faculties/arts/2002/p.m.van.leusen/>. Acesso em: 14 dez. 2014.

WARREN, R. E. Predictive modeling in archaeology: a primer. In: ALLEN, Kathleen M. S.; GREEN, Stanton W.; ZUBROW, Ezra B. W. (Eds.). **Interpreting space: GIS and archaeology**. New York: Taylor & Francis, 1990. p. 90-111.

ZEIDLER, James A. Archaeological survey and site discovery in the forested Neotropics. In: STAHL, Peter (Ed.). **Archaeology in the lowland American tropics: current analytical methods and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 7-41.

