
Cartography of archaeoastronomical techniques in the Calçoene equinoctial cromlech

Cartografia de técnicas arqueoastronômicas no *cromlech* equinoctial de Calçoene

Received: 2023-01-11 | Accepted: 2023-02-12 | Published: 2023-03-03

Olavo Fagundes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8855-7396>

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasil

E-mail: fagundesolavo@gmail.com

ABSTRACT

The AP-CA-18 archaeological site of Calçoene, located in the northern Brazilian Amazon, has a megalithic arrangement in the shape of an irregular circle, constituting a cromlech with menhirs of azimuths and well-defined zenith angles. From the perspective of current academic astronomy, it prints a strict relationship with the observation of astronomical events, notably equinoxes and solstices. Without intending to interfere in the anthropological studies of the social group that built it, this work, based on cartography and support in geotechnologies, analyzed the shapes, layout, orientation and alignment of the menhirs in the archaeological site and their relationship with astronomical events. Data treatment and adjustments and image generation were performed in GIS. Based on the analyses, it was possible to establish the relationship between the spatial arrangement of the menhirs and the observation of techniques such as projection of sunlight/shadow ray and absence of shadow for alignment and confirmation of astronomical events. The work presents cartography with images of identification, characterization and classification of menhirs in the spatial arrangement and their relationship with the observation of astronomical events from the perspective of current academic astronomy.

Keywords: Cartography; Astronomical techniques; Cromlech; Calçoene

RESUMO

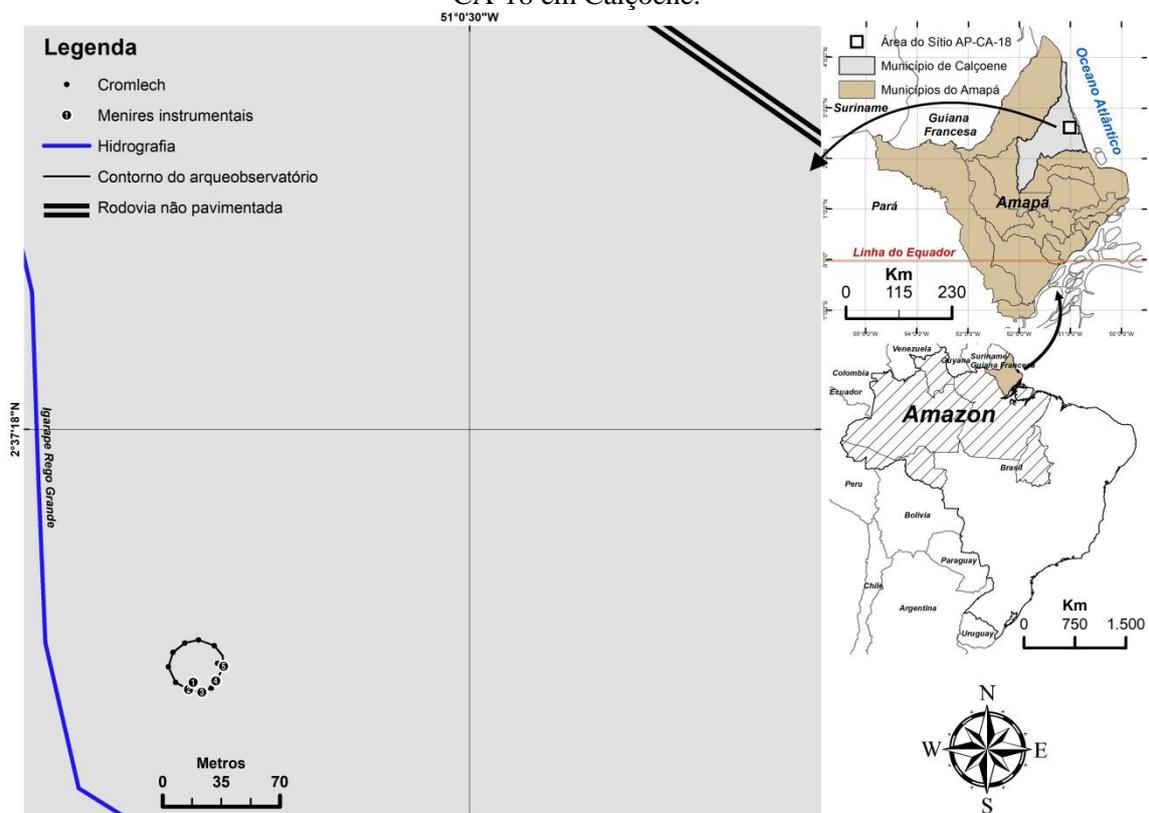
O sítio arqueológico AP-CA-18 de Calçoene, situado na Amazônia setentrional brasileira tem um arranjo megalítico em formato de círculo irregular constituindo um *cromlech* com menires de azimutes e ângulos zenitais bem definidos. Sob a perspectiva da astronomia acadêmica atual imprime estrita relação com a observação de eventos astronômicos notadamente equinócios e solstícios. Sem pretender imiscuir-se nos estudos antropológicos do grupo social que o ergueu, este trabalho, com base em cartografia e suporte em geotecnologias analisou as formas, disposição, orientação e alinhamento dos menires no sítio arqueológico e sua relação com os eventos astronômicos. O tratamento e ajustes dos dados e geração de imagens foram realizados em SIG. Com base nas análises foi possível estabelecer a relação entre o arranjo espacial dos menires e a observação de técnicas como projeção de raio de luz solar /sombra e ausência de sombra para alinhamento e confirmação de eventos astronômicos. O trabalho apresenta a cartografia com imagens de identificação, caracterização e classificação dos menires no arranjo espacial e sua relação com a observação de eventos astronômicos sob a perspectiva da astronomia acadêmica atual.

Palavras-Chave: Cartografia, técnicas astronômicas, *cromlech*, Calçoene

INTRODUÇÃO

O Sítio arqueológico megalítico de Calçoene AP-CA-18 está situado às margens do igarapé Rego Grande, nas coordenadas de 2°37'12" N e 51°0'33" W, a aproximadamente 408 km da cidade de Macapá, capital do Amapá. Localizado no nordeste desse estado da Amazônia setentrional brasileira, o lugar fica a 18 km ao norte de Calçoene, sede do município homônimo e pode ser acessado a partir dessa cidade, através de uma pequena rodovia não pavimentada. Erguido sobre uma pequena colina, o conjunto de blocos graníticos dispostos verticalmente em forma de círculo irregular se sobressai sobre o terreno relativamente plano que o circunda (Figura 1).

Figura 1: Localização e disposição dos menires verticais no contorno do sítio arqueológico AP-CA-18 em Calçoene.



Fonte: Elaborado pelo autor (vetores de limites, hidrografia e estradas cedidos gentilmente pela Conservação Internacional do Brasil- CI, em 2010)

A disposição vertical no solo, de blocos de rochas brutas, pouco trabalhadas artificialmente (menires) em arranjo circular, de acordo com Afonso e Nadal (2014) é também denominada de *cromlech*. No arranjo megalítico do sítio arqueológico AP-CA-18 de Calçoene, pressupõe-se visualmente que o arranjo espacial do conjunto de menires apresenta formato de um círculo irregular. Esses blocos graníticos, alguns em posição vertical, pelo que se percebe, estão arranjados mais ou menos de acordo com o formato original no qual devam ter sido ali colocados.

Numa observação mais detalhada é possível afirmar que os blocos estão relativamente bem posicionados, quando se considera o alinhamento em relação aos pontos cardeais e colaterais. Também é possível inferir alguma identificação com o sistema de coordenadas geográficas a partir do menir com orifício, situado com certo destaque em relação aos demais. Feitas essas constatações, a forma peculiar de arranjo dos blocos de rocha no espaço do sítio arqueológico AP-CA-18 de Calçoene, assume finalidades instrumentais sob a perspectiva acadêmica atual de observação astronômica.

Como já constatado por Afonso e Nadal (2014), e pelo que se percebe visualmente, a organização dos menires no *cromlech* do igarapé Rego Grande em Calçoene, guarda estreita relação com a observação de eventos astronômicos conhecidos. Essa relação fica evidente a partir da observação dos detalhes de posicionamento dos principais blocos em relação à trajetória solar ao longo do dia e durante a precessão terrestre. Observações a partir do bloco com orifício em alinhamento com os demais menires permitem mensurar e avaliar ângulos azimutais e zenitais que possibilitam relacionar o arranjo dos blocos com a observação de eventos astronômicos bastante conhecidos, como os equinócios e solstícios.

A localização na latitude $2^{\circ}37'12''\text{N}$, portanto, muito próxima à linha do equador, atribui aos menires dispostos em formato de círculo irregular a condição de observatório astronômico singular. Esses $2^{\circ}37'12''\text{N}$ que o separam da linha do equador, podem ser considerados praticamente irrelevantes do ponto de vista geográfico para uma classificação hipotética como arqueobservatório astronômico do meio do mundo. De igual maneira, a disposição dos menires, distância e ângulos azimutais e zenitais formados no arranjo megalítico atribuem uma característica singular para observação de eventos celestes na perspectiva da astronomia acadêmica.

Nesta pesquisa, portanto, a questão central foi tentar responder quais técnicas observacionais e eventos astronômicos podem ser relacionados ao arranjo espacial dos menires no sítio arqueológico AP-CA-18 em Calçoene-AP sob a perspectiva da astronomia acadêmica atual? A partir dessa constatação é possível, ainda que de forma hipotética pressupor a relação do arranjo de menires com possíveis usos para observação celeste pelo grupo social que o construiu. Essa informação também é importante no sentido de abrir a possibilidade de se inferir usos relacionados com os períodos de sazonalidade climática e conseqüentemente aos ciclos de plantio e colheita. Isso estaria um pouco além daqueles usos relacionados aos ritos religiosos e fúnebres já constatados por Cabral e Saldanha (2008, p.16).

A proposta metodológica do estudo do arranjo espacial dos menires no sítio megalítico de Calçoene, também denominado de AP-CA-18, teve como foco a análise cartográfica com suporte em geotecnologias. A partir dessas análises procurou-se entender a arquitetura posicional dos menires e a possível relação com técnicas de observação de eventos astronômicos a considerar elementos de estudo da astronomia acadêmica atual. Para isso, se

procurou identificar, mapear, caracterizar e classificar os menires e as técnicas observacionais no arranjo espacial do sítio arqueológico. A existência desse sítio megalítico e sua relação com a observação dos eventos de solstícios foi amplamente difundida logo após sua descoberta. Os estudos realizados por Cabral e Saldanha (2008, p.21) levantaram a hipótese de que o arranjo constituiria um arqueobservatório astronômico.

A OBSERVAÇÃO DOS ASTROS E AS TÉCNICAS OBSERVACIONAIS NA HISTÓRIA

A observação dos astros e sua relação com os fenômenos ou eventos no planeta como as marés influenciadas pela posição da lua ou as estações do ano relacionadas ao movimento em torno do sol, remontam aos primórdios da organização social da humanidade. Steiner (2006) afirma que “a missão da astronomia é de nos dizer onde estamos de onde viemos e para onde vamos.” Nesta visão os estudos em astronomia ratificariam uma necessidade humana que não se detém a mera observação dos astros ou de suas leis (astronomia= lei dos astros), mas perpassa pelo vasculhar das identidades sociais em sua organização do espaço.

As estrelas num céu límpido à noite, os planetas, a lua e o sol sempre fizeram parte do imaginário e influenciaram a organização humana. Sua relação com os rituais religiosos ou sociais remonta aos primórdios da história. A dinâmica dos movimentos terrestres em torno do sol e das demais estrelas foi a base de orientação para deslocamentos dos povos antigos e muitos os atrelaram aos acontecimentos da vida cotidiana. Essa relação entre os fenômenos terrestres e a observação dos astros levou as sociedades ao longo da história a endeusarem os corpos celestes colocando-os num patamar elevado do seu cotidiano e atribuindo estrita relação com as tarefas essenciais à vida social (Livi, 1990; Tomasini, 2013; Aveni, 2003).

No continente americano, os arranjos arquitetônicos encontrados nas cidades dos grandes impérios pré-colombianos como os dos Astecas, Maias e Incas, guardam estreita relação com a orientação moderna pelos pontos cardeais (Malville, 2010; Aveni, 2003; Tomasini, 2013). Os povos pré-colombianos com o maior aporte de tecnologias montaram um primoroso sistema de referenciamento a partir dos ciclos do sol a considerar os movimentos de rotação e translação terrestre. Esse sistema, desenhado também através da observação das estrelas pressupunha uma relação cosmológica e cosmogônica desses povos com seu meio ambiente. Segundo Šprajc (2013) ‘os resultados da pesquisa sistemática realizada até agora indicam que as orientações dos edifícios cívicos e cerimoniais na mesoamérica se referem em grande parte ao nascer e pôr do sol em determinadas datas’.

Para León-Portilla (*apud*, Aveni 2003) o elevado desenvolvimento tecnológico das grandes civilizações pré-colombianas dependeu fundamentalmente dos estudiosos observadores dos céus. Segundo Šprajc (2015,p.716), a distribuição e orientação dos edifícios civis e cerimoniais dos povos da mesoamérica, dentre outras funções, serviam também para referenciar

os estudiosos na observação de eventos astronômicos. Os arranjos arquitetônicos evidenciavam notadamente alinhamentos para observações astronômicas nos dias solsticiais e equinociais.

Em estudos voltados para analisar os eventos astronômicos observáveis nas construções da mesoamérica, elementos de cartografia foram amplamente utilizados como suporte. A determinação das direções azimutais, ainda que sob a perspectiva dos deslocamentos solares e estelares em seus alinhamentos, serviram para determinar a relação entre as construções com eventos astronômicos através delas eventualmente observáveis. Em largo estudo, Šprajc (2013) analisou alinhamentos e janelas de observação em templos e edifícios para avaliar se os eventos equinociais foram relevantes nas culturas da mesoamérica. Segundo esse autor, alguns edifícios foram projetados com janelas específicas para a observação desse evento astronômico.

No excelente e detalhado trabalho intitulado '*Equinoxes in Mesoamerican Architectural Alignments: Prehispanic Reality or Modern Myth?*' Šprajc (2013) realiza profunda reflexão sobre a suposta existência de alinhamentos e janelas de observação equinociais em edifícios das civilizações pré-colombianas da mesoamérica. Para este autor a motivação em torno das funções práticas ou cerimoniais para existência de mecanismos de observação dos equinócios é duvidosa. De fato, no que concerne ao suporte da vida social através da agricultura e dos cerimoniais correspondentes, por exemplo, são os solstícios que marcam nas médias latitudes, as mudanças de estações de verão e inverno, que definem o comportamento climático.

Quando Šprajc (2013) deixa clara a dúvida em torno de uma função cotidiana prática e cerimonial para a existência de elementos arquitetônicos visando observar os equinócios, o faz ao considerar esse contexto arquitetônico em médias latitudes. Nessas latitudes, os eventos solsticiais e não os equinociais são determinantes para as mudanças de estações apresentando comportamentos climáticos bem definidos. Entretanto, nas baixas latitudes, próximas ao equador terrestre, essa assertiva torna-se inócua, pois nessas regiões, onde a incidência solar é mais uniforme, o comportamento climático está mais associado à dinâmica de massas de ar tropical com pouca ou nenhuma conexão com mecanismos climáticos influenciados por massas de ar polares.

É relevante o que Tomasini (2013) Aveni (2003) e mesmo Šprajc (2013) afirmam sobre as funções práticas e cerimoniais da arquitetura pré-colombiana na mesoamérica e seus alinhamentos para observação dos eventos astronômicos como os solstícios. Desta maneira, é obviamente relevante também considerar essas funções em outros arranjos arquitetônicos análogos, ainda que em diferentes localizações. No caso específico do sítio megalítico AP-CA-18, localizado na porção leste da Amazônia setentrional brasileira, diferentemente das arquiteturas da mesoamérica, a considerar a proximidade com o equador terrestre, essas funções não estariam relacionadas aos solstícios, mas aos equinócios. E vale ressaltar que os eventos equinociais coincidem com uma dinâmica climática com sazonalidade diferente daquela encontrada nas médias latitudes da mesoamérica.

A Amazônia setentrional é fortemente influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A sazonalidade climática nessa região é caracterizada por períodos mais ou menos chuvosos que não coincidem com os solstícios, mas com os eventos equinociais de primavera e outono. No estado do Amapá, situado na porção oriental da Amazônia setentrional, de acordo com Souza e Cunha (2010, p.193) os meses de março a maio apresentam chuva trimestral abundante, acima de 1000 mm configurando o que se convencionou denominar localmente como equinócio das águas. Já os meses de setembro a novembro apresentam chuva trimestral escassa, abaixo de 200 mm configurando aquilo que poderia ser denominado de equinócio do período seco. Portanto, essa sazonalidade climática relacionada aos equinócios afetaria também os ciclos de plantio e colheita e os respectivos atos cerimoniais para os povos que habitavam a região onde foi erguido o conjunto megalítico do sítio AP-CA-18.

No Brasil os mitos e lendas dos povos nativos são testemunhos do conhecimento dos astros e fenômenos a eles relacionados e foram catalogados em muitos momentos da história através de contatos e relatos. Na segunda metade do século XIX, Magalhães (1975) já registrara, os ricos aportes de conhecimentos sobre os astros e suas ligações com o cotidiano de cada povo nativo com os quais ele mantivera contato. Para Lima e Figueirôa (2010) as obras de José Vieira Couto de Magalhães e do canadense Charles Frederick Hartt são pioneiras na abordagem dos conhecimentos oriundos da observação celeste pelos povos nativos no Brasil. De acordo com os autores, as obras de Magalhães e Hartt introduzem elementos fundadores para entender o conhecimento dos astros pelos povos nativos e foram reiteradas como basilares para a arqueoastronomias e etnoastronomia no país.

Para Canalle (2003) ao contrário do que se pensou durante muito tempo, a órbita descrita pela Terra em torno do Sol não é uma elipse de grande excentricidade. Se a órbita da terra se configurasse como uma elipse muito excêntrica, os periélios provavelmente produziriam invernos mais frios e verões mais amenos. Entretanto, pelo fato de constituir uma elipse com pouca excentricidade, a intensidade de iluminação nos periélios não difere muito daquela encontrada nos afélios, pois as distâncias permitem índices mais ou menos iguais.

Os eventos astronômicos resultantes do movimento de translação mais conhecidos são os solstícios, que acontecem nos meses de junho e dezembro e equinócios, que acontecem em março e setembro. Os solstícios marcam o início das estações de verão e inverno e podem ser melhor “sentidos” nas médias e altas latitudes. Já os equinócios, determinam as estações de outono e primavera e são mais bem visualizados nas latitudes mais próximas à linha do Equador terrestre. Se considerarmos a terra como esfera perfeita, de onde se pode projetar um plano tangencial à altura das linhas imaginárias dos trópicos de capricórnio ao sul e câncer ao norte, os dias solsticiais representariam o momento do ano em que os raios de luz solar incidem mais perpendicularmente neste plano imaginário.

Sobre a organização do espaço em função das técnicas, Santos (1999) afirma que são elas as responsáveis pela datação da paisagem. O homem organiza o espaço, constrói e remodela a paisagem empregando ao longo do tempo diferentes técnicas que acabam por imprimir as marcas, diferenciando os espaços socialmente produzidos. A leitura e a interpretação do espaço requerem aportes de datação e avaliação de sua organização, por isso, Martinelli (1998) afirma que à cartografia compete avaliar o espaço no sentido de suas dimensões e distância procurando evidenciar a organização no sentido absoluto. O espaço cartográfico é o espaço no sentido do absoluto, o espaço área, medido e localizado com base numa determinada escala de representação do real no plano dos mapas. Para a compreensão dos fenômenos com maior aproximação da realidade, a escala é uma questão fundamental que se coloca nos estudos cartográficos, pois é fator metodológico imprescindível para a compreensão dos fenômenos na perspectiva espacial.

A topografia por sua vez é a técnica de elucidar o local em suas diversas nuances e fenômenos existentes. O espaço topográfico está contido no espaço absoluto, desvencilha a paisagem, descrevendo-a e interpretando suas dinâmicas. Pellogia e Oliveira (2008) defendem que o homem é um agente modelador do relevo e para essa atividade atribui o conceito de geotecnogênese. A ação do homem transforma o relevo tanto através de ações erosivas quanto deposicionais.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem atualmente uma ferramenta muito eficaz para avaliar os objetos e atributos da organização espacial. De acordo com Câmara *et. al.* (1996) os SIG são construídos “para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los”. O ambiente de SIG permite representações aproximadas com grau significativo de fidelidade das informações de localização. Os SIG contam hoje, com avanços tecnológicos que melhoram significativamente a precisão no Sistema de Posicionamento Global (GPS) norte-americano ou outros como o GLONASS de iniciativa russa, acessíveis hoje através dos aparelhos receptores com precisão de até cinco metros.

Os SIG foram amplamente testados por Aires da Fonseca (2013) como importantes ferramentas para localização e mapeamento de sítios arqueológicos na Amazônia. Os levantamentos, embora realizados em escalas pequenas ou médias, demonstraram, segundo o autor, que ‘o uso de geotecnologias em pesquisas arqueológicas não deve mais ser tratado como privilégio, e sim como mais uma etapa das análises laboratoriais’ (Aires da Fonseca, 2013, p.689). Desta maneira, os SIG, bem como as ferramentas de sensoriamento remoto encontram ampla gama de utilização na arqueologia pressupondo-se dessa maneira a utilização das ferramentas também em grandes escalas como no presente trabalho.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Os esforços metodológicos desta pesquisa concentraram-se em identificar, mensurar distâncias e ângulos azimutais e zenitais, classificar e analisar cartograficamente o arranjo de menires para determinar suas possíveis relações com a observação de eventos astronômicos na perspectiva da astronomia acadêmica atual. Essa metodologia procurou ainda determinar quais técnicas astronômicas e eventos poderiam ser observados. Por fim procurou-se responder se o arranjo megalítico poderia ter seus menires validados cartograficamente como instrumentos astronômicos através da análise em SIG. Buscou-se assim, constatar a eficácia do arranjo de menires como um arqueobservatório astronômico com base nos eventos ou fenômenos tecnicamente neles observáveis. Efetuaram-se quatro visitas técnicas nos anos de 2007, 2013, 2020 e 2021.

Área da pesquisa

A elevação onde está assentado o arranjo megalítico do arqueobservatório astronômico de Calçoene é bastante singular quando vista dentro do relevo que caracteriza a topografia local. A área onde o arranjo foi construído é considerada parte do planalto rebaixado da Amazônia que ocorre sobre o terreno geológico do grupo barreiras. Entretanto, é possível afirmar com alguma segurança que a área faz parte do contato terciário/quaternário por estar muito próximo da planície costeira amapaense que domina a costa estuarina e atlântica do estado do Amapá. Esse contato é dominado por uma área relativamente plana que consiste na transição entre a planície costeira amapaense e os planaltos rebaixados da Amazônia dominados pelas colinas onduladas e suavemente onduladas sobre terrenos terciários (Silveira, 1998). No que tange a fitofisionomia essa transição reúne elementos do cerrado e dos sistemas inundáveis, situados a leste do sítio megalítico e dominado pelos manguezais.

A elevação em que está assentado o arranjo megalítico constitui a olhos vistos uma anomalia na planura do relevo local, circundado pela ocorrência do Igarapé Rego Grande. (Figura 2).

Figura 2: Registro do alto da elevação onde está assentado o sítio arqueológico AP-CA-18 de Calçoene com vista do relevo adjacente composto pela transição planície costeira/ planaltos rebaixados da Amazônia.



Fonte: Acervo fotográfico do autor (Registro realizado em 13/08/2013 às 14h05min)

Materiais e métodos

Os registros de imagens foram realizados com câmera fotográfica digital, câmera fotográfica digital em telemóvel e drone. Os registros de dados cartográficos foram realizados utilizando-se bússolas, aparelhos receptores GPS, trena de 30 metros, nível de mão, clinômetro digital e um transferidor de 360°. Foram registradas medidas métricas e morfométricas com mensuração linear e angular. As medições abrangeram os padrões das angulações azimutais entre os menires e zenitais em relação ao eixo vertical. Foram ainda mensuradas as angulações de entalhe nos menires, sua disposição no arranjo lítico e as medidas lineares entre cada elemento.

As observações e anotações em campo das distâncias lineares, posições e angulações azimutais e verticais dos menires e sua relação com a trajetória e incidência solar permitiu avaliar e ratificar algumas técnicas de projeção de raios de luz solar e sombra ou ausência de sombra que poderiam estar relacionadas à observação de eventos astronômicos. Após análises dos dados das primeiras visitas técnicas, realizadas em 2007, 2013 e 2020 optou-se por fazer o registro de imagens com drone em data próxima ao solstício de verão para o hemisfério norte e

inverno para o hemisfério sul. Essa data foi obviamente condicionada pelas dificuldades de deslocamento do pesquisador até o local da pesquisa.

A observação e registro preliminar com máquina fotográfica digital em campo suscitou a construção de um método de análise que conjugasse principalmente noções de cartografia e geotecnologias para identificar e analisar padrões astronômicos e geométricos que pudessem ser percebidos no arranjo dos menires. No decorrer dos estudos, outros elementos relativos ao contexto físico foram também estudados. Formas do relevo, litologia, hidrografia e vegetação se mostraram também bastante relevantes para elucidar e compreender a organização do arranjo espacial dos menires no sítio megalítico.

Os registros de dados cartográficos e imagens bem como a utilização das geotecnologias foram fundamentais para identificação dos padrões geométricos e astronômicos no arqueobservatório. Conhecimentos de base sobre astronomia e óptica geométrica serviram de suporte para uma releitura dos registros cartográficos assim como para as formas de tratamento com geotecnologias. De igual maneira, a cartografia baseada nas observações em campo foi fundamental para análise dos elementos geométricos perceptíveis ou configurados no observatório compondo-se assim uma metodologia de análise que pressupôs a retroalimentação dos conhecimentos.

Os registros de pontos de coordenadas e as feições lineares dos menires instrumentais e do contorno do arranjo megalítico no sítio arqueológico de Calçoene foram realizados em dois momentos distintos, nos anos de 2007 e 2013, utilizando-se dois aparelhos receptores GPS da marca Garmim. O primeiro aparelho utilizado foi um modelo 12, com menos recursos, permite leituras com um tempo de resposta mais lento através de 12 canais de recepção de satélites. O segundo aparelho utilizado, também da marca GARMIM foi um modelo Etrex-20 com um receptor de 20 canais e um tempo de resposta mais rápido.

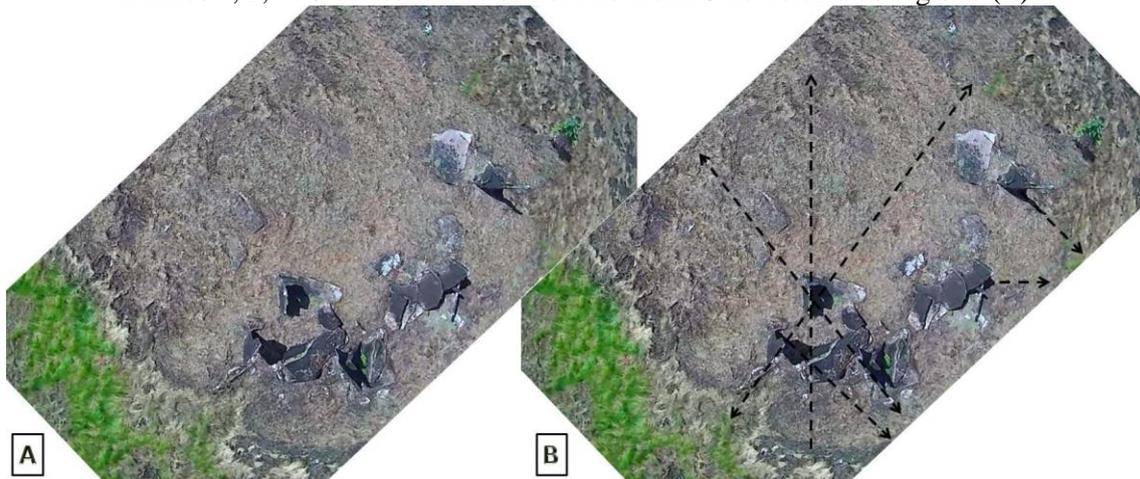
Para o registro dos pontos de coordenadas geográficas realizou-se caminhamento intermitente ao redor do arqueobservatório. Os pontos registrados representam as paradas onde se constatou a presença de blocos de rochas verticalizados, tecnicamente utilizadas como instrumentos ou blocos de rochas inclinados quase horizontalmente, mas com indícios de verticalização e limitantes do arranjo lítico. Desta forma, foi possível registrar a posição e identificar numericamente cada bloco de rocha instrumental assim como a determinar o contorno do sítio megalítico.

Para o imageamento vertical do arranjo megalítico foi utilizado um drone da Marca VS GPS, com capacidade de sobrevoos de 30 metros de altura e 300 metros de distância máxima do operador em linha reta. O aparelho equipado com câmera permite imagens fotográficas de resolução de 10 megapixel e vídeos em formato HDR. A operação remota foi realizada através de controle de software próprio instalado em telemóvel e os registros foram realizados em alturas de sobrevoos próximas ao máximo permitido. Foram realizados três sobrevoos entre as

13h30min e 14h do dia 18 de junho de 2021, data que foi determinada em função das condições de deslocamento para coincidir com a máxima proximidade do dia solsticial com sol no hemisfério norte.

Dentre as imagens verticais produzidas foi escolhida a que ofereceu uma leitura vertical alinhada ao centro do grupo de blocos verticais e com melhor visão panorâmica do seu arranjo (Figura 3). Essa imagem foi fundamental para consolidar a metodologia de análise das técnicas astronômicas após ser posteriormente inserida em SIG e retificada com base nos pontos de coordenadas geográficas registrados. Na retificação da imagem e demais ajustes bem como a construção dos vetores foram utilizados os softwares ArcGIS 10.2 e Quantum GIS versão 2.18.14. A retificação considerou os pontos de coordenadas de cada menir instrumento. Apesar das eventuais distorções no registro dos pontos em função de escala cartográfica muito grande, a imagem vertical constituiu excelente elemento de ajuste entre os pontos de coordenadas e a posição de cada menir a considerar as distâncias registradas entre os menires com trena métrica.

Figura 3: Imagem panorâmica vertical registrada pela câmera do drone VS GPS a altura de aproximadamente 30 metros (A), note-se o alinhamento, as projeções e sentidos de sombra nos menires 1, 2, 4 e 5 e ausência de sombra no menir 3 no horário do registro (B).



Fonte: Acervo fotográfico do autor (Registro realizado em 18/06/2021 às 13h40min)

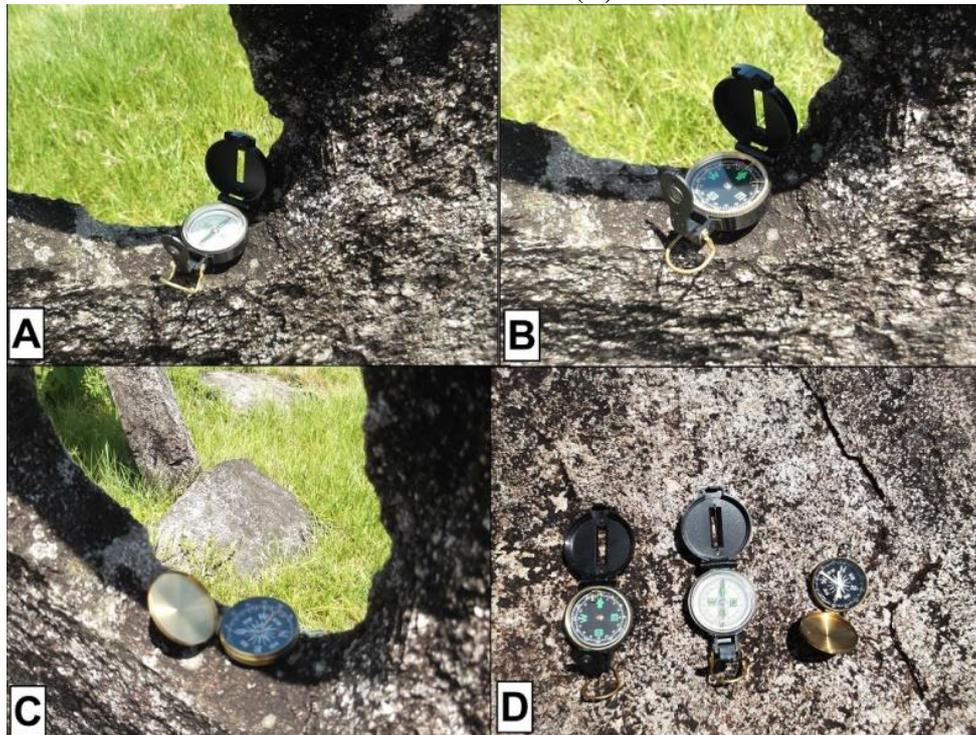
Os dados de ambos os GPS foram inseridos em SIG e utilizados para realizar a comparação, aferição e tratamento vetorial dos registros de informações em campo. Os dados cruzados, de pontos e feições lineares serviram de base para a identificação dos menires e do contorno do sítio megalítico no mapa e figuras geradas utilizando-se o Datum WGS 1984 dos aparelhos GPS como referencial, seguindo a indicação de Bernardi e Landim (2002). A imagem vertical do drone foi retificada em SIG e conjugada às demais informações registradas em campo para a construção dos vetores de alinhamento, linhas de confirmação, horas, trajetória solar e pontos dos menires hipotéticos.

Outro método utilizado para corroborar os registros já coletados com aparelhos GPS, dos alinhamentos direcionais e sentidos de posicionamento dos blocos de rochas instrumentos, foi o registro das angulações azimutais com bússolas. Foram feitas leituras e registros

utilizando-se três bússolas, sendo uma de limbo móvel com óleo amortecedor (Figura 4, A), uma de limbo móvel sem óleo (Figura 4, B) e ainda uma terceira com limbo fixo (Figura 4,C).

As três bússolas foram primeiramente alinhadas individualmente na janela de observação (orifício) do bloco de rocha com orifício (Figura 4,A) para que se pudesse obter a orientação desse orifício e do bloco de rocha em relação ao norte magnético. Esse procedimento também permitiu mensurar a diferença angular entre o alinhamento direcional do bloco de rocha e o norte magnético, observando a linha de sombra projetada no orifício sobre o limbo das bússolas (Figura 4, A e B).

Figura 4: Posicionamento das bússolas para registro do norte magnético no orifício de observação (janela) do bloco de rocha referencial (A, B e C) e sobre um bloco próximo disposto horizontalmente (D).



Fonte: Elaboração do Autor (Registro fotográfico realizado em 16/08/2013 às 10h55min).

Posteriormente as bússolas foram alinhadas em conjunto no chão, na direção norte/sul magnético, sobre uma rocha de calçamento, situada próxima ao fragmento de rocha instrumento principal com janela de observação para aferimento das leituras (Figura 4, D). Após o registro e confirmação do sentido norte magnético na bússola de limbo móvel com óleo amortecedor, determinou-se através de cálculo matemático o norte geodésico ou geográfico. Esse procedimento foi realizado somando-se os graus azimutais de declinação magnética (diferença entre o norte verdadeiro e norte magnético aferido na bússola), obtidos através de consulta ao sítio eletrônico da *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA, 2013) após o fornecimento das coordenadas geográficas do local do sítio megalítico.

A declinação magnética para as coordenadas locais de $2^{\circ}37'12''$ N e $51^{\circ}0'33''$ W do observatório foi de $18,5^{\circ}$ W, sendo, portanto oriental ou, positiva. A Angulação oriental de

declinação magnética obtida foi somada ao norte magnético da bússola para a obtenção do norte geográfico ou verdadeiro seguindo a fórmula $NV = NM + AngDM$, sugerida por Moura Filho (1993). O resultado ratificou o registro já realizado com os aparelhos receptores GPS. O bloco de rocha com orifício está alinhado na direção norte/sul enquanto o orifício encontra-se orientado na direção leste/oeste.

Identificação numérica dos menires instrumentais no arranjo megalítico

Com o objetivo de realizar a análise sistemática das técnicas e eventos astronômicos observáveis no sítio megalítico optou-se inicialmente por identificar numericamente os menires instrumentais no arranjo. A identificação foi realizada tomando como base as posições de cada menir em sentido oeste/leste em relação ao menir com orifício, que se considerou, por sua posição semi-centralizada como sendo um menir referencial. Posteriormente durante o tratamento em SIG esse menir foi posicionado como ponto central de uma rosa dos ventos de maneira a possibilitar a visualização dos alinhamentos ou referenciamento dos demais menires e sua posição nos quadrantes.

A identificação numérica permitiu estudar os menires de forma apropriada durante a pesquisa em campo e na etapa de inserção e tratamento dos dados em SIG bem como na elaboração dos resultados e discussão (Figura 5).

Figura 5: Vista panorâmica dos blocos de rocha instrumentais (menires) e identificação numérica adotada no trabalho.



Fonte: Acervo fotográfico do autor (Registro realizado em 18/06/2021 às 14h47min).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O domínio elementar da geometria certamente está presente e, ao que tudo indica, foi fundamental para o estabelecimento do arranjo dos blocos de rochas instrumentais no arqueobservatório astronômico megalítico de Calçoene. Quando observados com acuidade, os entalhes nos blocos rochosos indicam um trabalho cuidadoso e preciso. Todos os menires foram

esculpidos ou trabalhados de maneira a constituir formas geométricas bastante conhecidas, e pelo que se constata, essa foi uma forma de melhorar a precisão das observações.

Fundamentos de geometria nas formas poligonais dos menires (blocos de rocha verticalizados) no arranjo megalítico

Quatro, dos cinco blocos instrumentais lembram em sua parte superior os vértices de um triângulo (1,2,3 e 4) formando pontas de setas indicadoras em suas extremidades (Figura 6). O bloco 5 é um bloco de rocha em formato cônico que lembra um ponteiro. As formas geométricas dos blocos de rochas conjugam-se à angulação de alinhamento e inclinação atribuindo-lhes características de instrumentos no arranjo megalítico. Essa conjugação ao sofrer a incidência dos raios de luz solar resulta em elementos de análise de óptica geométrica que assumem finalidades astronômicas na organização do arranjo megalítico do sítio arqueológico AP-CA-18 de Calçoene.

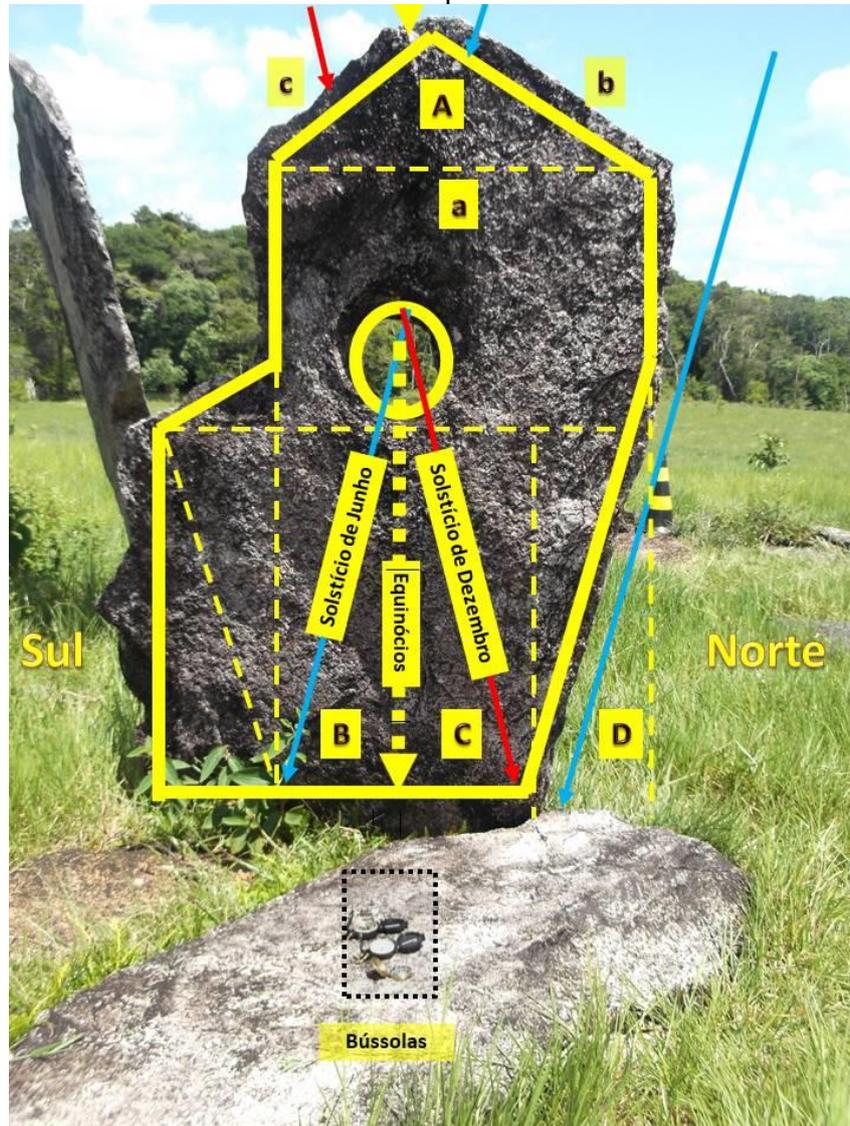
Figura 6: Triângulos (ponta de seta) e trapézios (centro da seta) formas poligonais nos menires de alinhamento solsticial oeste (2) e leste (3) em alinhamento com o menir referencial (1) vistos do lado sul do arranjo megalítico, com sombra total a SE para o menir 2 e ausência de sombra a SO para o 3.



Fonte: Elaboração do autor (Registro fotográfico realizado em 18/06/2021 às 14h40min).

O menir referencial situado no interior do círculo irregular que forma o observatório astronômico, foi colocado numa posição de destaque em relação aos demais blocos que formam o contorno do arranjo megalítico. Esse bloco de rocha foi “esculpido” ou trabalhado com padrões poligonais retangulares e triangulares com um orifício de observação em formato elipsoidal situado no centro de uma seta imaginável (Figura 7).

Figura 7: Menir referencial e ilustração das formas geométricas sugeridas formando uma seta vertical (Linha amarela contínua) com orifício de observação em elipse ao centro e angulações de projeção de luz e sombra nos dias equinociais e solsticiais.



Fonte: Elaboração do autor (Registro fotográfico realizado em 13/08/2013 às 11h 55min).

A parte superior do menir foi esculpida na forma de um triângulo escaleno (Figura 7, A) dando ao conjunto de formas o aspecto de uma seta apontada verticalmente para o céu do equador com uma leve inclinação de aproximadamente 10° no sentido leste. A região de iluminação útil no menir referencial é definida por dois triângulos retângulos cuja hipotenusa é dada por uma aresta disposta num ângulo de $23,27^\circ$ para sul (Figura 7, B) ou para norte (Figura 7, C). O raio de luz solar projetado através do orifício durante os equinócios de março e setembro constituem o cateto maior desses triângulos formados em sua trajetória de iluminação nos hemisférios norte e sul.

O triângulo retângulo formado pelo deslocamento do raio de luz solar a partir do equinócio de março em sentido sul tem sua hipotenusa no máximo deslocamento desse raio de

luz no dia solsticial de junho (Seta em azul). Quando o deslocamento do raio de luz ocorre para norte, quando o máximo deslocamento ocorre no dia solsticial de dezembro (Seta em vermelho). A amplitude máxima de deslocamento corresponde à inclinação máxima do plano do equador em relação ao plano da eclíptica. O triângulo retângulo formado pelo entalhe no perfil norte do menir (D) também pode estar relacionado à confirmação no dia solsticial de junho.

Caracterização do orifício de observação no menir referencial

O orifício de observação esculpido sob a forma elipsoidal irregular no menir referencial mede no lado leste aproximadamente 18 cm no eixo horizontal (Figura 8, A) vertical e 20 cm no vertical (Figura 8, B). Esse orifício encontra-se mais ou menos alinhado ao vértice superior do triângulo escaleno que forma a ponta da seta no menir. O alinhamento do orifício de observação com a ponta da “seta” sugere a posição do sol, no culminar e nos dias equinociais.

Figura 8: Medidas do eixo vertical (A) e horizontal (B) e face oeste do orifício de observação no menir referencial

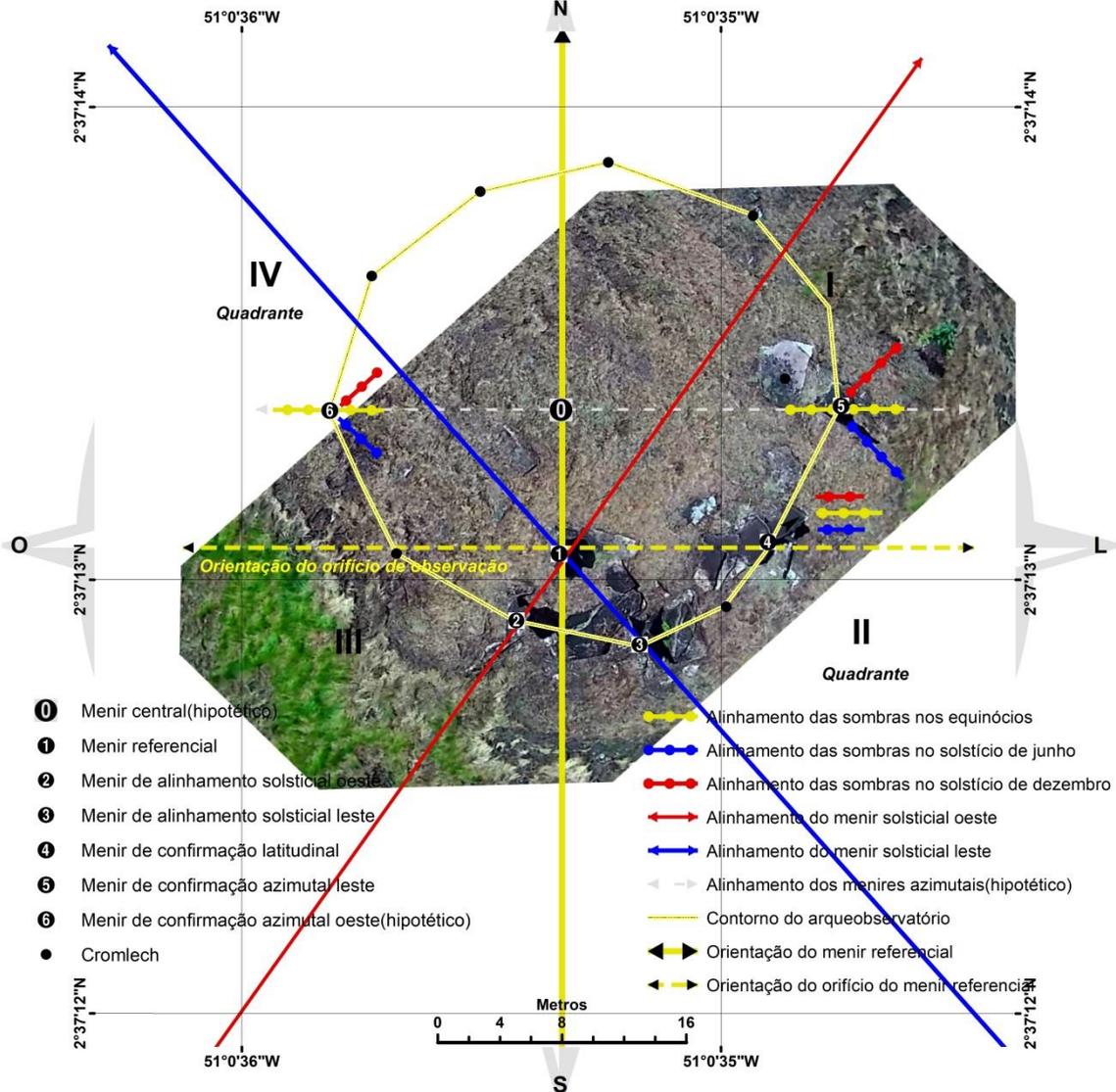


Fonte: Elaboração do autor (Registros fotográficos realizados em 18/06/2021 às 14h45min para A e B e em 13/08/2013 às 12h 05min para C).

O entalhe do menir sugere que foi esculpido de maneira a privilegiar a observação no sentido O-L. No lado oeste, o bloco de rocha encontra-se mais aplainado (Figura 8, C) enquanto no lado leste há um trabalhamento mais refinado com bordas profundas, ao que tudo indica, para facilitar a passagem dos raios de luz solar.

DEFINIÇÃO DO CONTORNO DO SÍTIO MEGALÍTICO E CARACTERIZAÇÃO DO CROMLECH.

Figura 9: Imagem vertical retificada, sobreposta à rosa dos ventos para vetorização, ajustes, indicação de orientações, e alinhamentos azimutais dos menires 1,2 e 3 e sombras latitudinais e azimutais de confirmação nos menires 4 e 5 respectivamente (Em sistema de coordenadas geográficas).



Fonte: O autor (2021). Registro fotográfico realizado em 18/06/2021 às 13h40min.

A figura 9 é resultado da sobreposição da imagem vertical do conjunto megalítico sobre uma rosa dos ventos realizada em SIG e ampliada à proporção da escala do contorno do arranjo, tendo como centro o menir referencial. O contorno do conjunto megalítico, quando considerados os pontos de coordenadas que identificam os blocos de rochas verticais ali arranjados somados aqueles que apresentam indícios de verticalização, aproxima-se de um círculo irregular com um diâmetro total de aproximadamente 30 metros. Nesse círculo irregular (Em amarelo), com aproximadamente 100 metros de circunferência, quatro blocos (Figura 9,

pontos 2,3,4 e 5) estão arranjados de forma a proporcionar a observação de eventos astronômicos a partir do referenciamento no bloco semi-centralizado (Figura 9, ponto 1).

O sito megalítico de Calçoene AP-CA-18, ao ser observado a considerar apenas os menires que ainda estão na posição vertical não apresenta necessariamente característica para ser considerado um *cromlech* (Figura 10, pontos do contorno). Entretanto, pelo que se constatou a partir das observações em campo e pela análise cartográfica em SIG é que haviam outros blocos erguidos verticalmente. Sobre a existência de outros blocos verticais no conjunto megalítico, Afonso e Nadal (2014) relatam a possibilidade da existência de um menir central e também de um menir semelhante ao menir de confirmação azimutal leste ainda presente. A existência desses menires de acordo com esses autores fora confirmada em entrevista ao encarregado da zeladoria do sítio megalítico.

Um fato que corrobora a existência de um menir central (Figura 9, Ponto 0) no *cromlech*, é o alinhamento N-S inclinado de 10° a leste, do menir referencial. Somente um menir em posição vertical poderia precisar o meio dia solar através da culminância do sol no zênite do arqueobservatório. A posição desse menir central também seria marcada pelo possível alinhamento latitudinal (linha tracejada em cinza) entre os menires de confirmação azimutal leste, ainda existente (Figura 9, ponto 5) e o hipotético menir azimutal oeste (Ponto 6).

Embora o menir de confirmação azimutal oeste já não esteja mais posicionado no local, esse bloco instrumental era indispensável para a confirmação do solstício de junho com sol no hemisfério norte. Ademais, fragmentos de um bloco de rocha em formato cônico ainda podem ser encontrados no lado oeste do contorno do *cromlech*, aproximadamente no IV quadrante. Esses são indícios de que um menir com características semelhantes às do menir de confirmação azimutal leste poderia ter existido lugar. É preciso ainda levar em consideração que o menir azimutal leste processa técnicas de projeção de sombra para o solstício de junho e dezembro, mas processa ausência de sombra apenas para o solstício de dezembro.

A confirmação do solstício de junho com a técnica de ausência de sombra só poderia ser de fato realizada por outro menir situado a oeste, no IV quadrante. Esse menir vertical situado a oeste teria as mesmas funções do menir azimutal de leste, com formato cônico e inclinado num ângulo zenital de 18° também igual ao menir de leste. Entretanto esse menir estaria inclinado na direção nordeste para confirmar com a técnica de ausência de sombra o solstício de junho também aproximadamente às 08h20min do dia solsticial.

Classificação e caracterização instrumental dos menires

A análise em SIG permitiu a classificação dos menires com base na angulação azimutal e zenital e também na projeção e sentido de orientação do raio de luz solar, da sombra ou ausência de sombra (Quadro 1). Usaram-se também os padrões direcionais de alinhamento e o sentido do ângulo zenital de inclinação dos menires conforme estabelecido na metodologia, que

toma como referência a vertical do alinhamento azimutal de cada menir. Essa classificação durante a análise cartográfica e no tratamento em SIG permitiu estabelecer a relação com os eventos astronômicos observáveis no *cromlech*.

Quadro 1- Classificação dos menires no *cromlech* segundo as orientações de alinhamento em relação à trajetória solar, ângulos zenitais de inclinação e eventos astronômicos relacionados.

Identificação numérica do menir	Orientação	Graus e Sentido do ângulo de inclinação (zenital)	Tipo de técnica observacional no arranjo do menir	Evento astronômico relacionado	Nome atribuído
1	Norte-Sul (do menir)	10° Leste	Projeção de raio de luz /ausência de sombra/ projeção de sombra	Equinócios, solstícios/ horas do dia.	Menir referencial
	Leste-Oeste do orifício no menir				
2	Nordeste-Sudoeste	18° Sudeste	Projeção de sombra /ausência de sombra	Solstícios	Menir de alinhamento solsticial oeste
3	Noroeste-Sudeste	18 ° Sudoeste	Projeção de sombra/ausência de sombra	Solstícios	Menir de alinhamento solsticial leste
4	Norte/sul	45° Leste	Projeção de sombra/ausência de sombra	Equinócios/ solstícios	Menir de confirmação latitudinal
5	Sudeste	18° Sudeste	Projeção de sombra/ausência de sombra	Equinócios/ solstícios	Menir de confirmação azimutal leste

Fonte: O autor (2020)

Menir referencial e menires de alinhamento solsticial

O menir referencial (Figura 9, Ponto 1) apresenta orientação N-S (Linha contínua em amarelo) com orifício de observação orientado na posição L-O (linha intermitente em amarelo). Esse menir também se encontra em alinhamento azimutal de 45° com o menir de alinhamento solsticial oeste que se encontra no III quadrante (Ponto 2) na orientação NE-SO (Linha contínua em vermelho) e alinhamento azimutal de 45° com o menir de alinhamento solsticial leste que se encontra no segundo quadrante (Ponto 3) na orientação NO-SE (Linha contínua em azul). Os alinhamentos azimutais desses menires possibilitam a sincronização longitudinal e latitudinal durante os dias solsticiais (Conforme figura 11). O menir referencial apresenta-se semi-centralizado em relação aos demais e concentra técnicas de observação baseada em projeção de raios solares e projeção/ausência de sombra. Por ser referência para o conjunto de menires instrumentais e pela concentração de técnicas de observação proporcionadas, esse menir pode ser considerado o centro funcional do arqueobservatório.

Menires de confirmação leste

O menir de confirmação latitudinal (Figura 9, ponto 4) e o de confirmação azimutal leste (Ponto 5) apresentam alinhamentos indiretos com o menir referencial e alinhamentos diretos com a trajetória solar nos dias solsticiais. Esses menires estão situados no segundo quadrante e dispostos de maneira a confirmar com a técnica de projeção de sombra o alinhamento do menir referencial e dos menires de alinhamento solsticiais. O menir de confirmação latitudinal (4) apresenta técnica de projeção de sombra disposta em sentido latitudinal leste para os eventos de equinócio e solstícios e técnica de ausência de sombra com sincronização zenital para os equinócios. O menir de confirmação azimutal leste (5) apresenta técnica de projeção de sombra disposta em sentido latitudinal para os equinócios e azimutal para os solstícios. Nesse menir ocorre também aproximadamente às 08h20min a sincronização zenital da trajetória solar para o solstício de dezembro com a técnica de ausência de sombra.

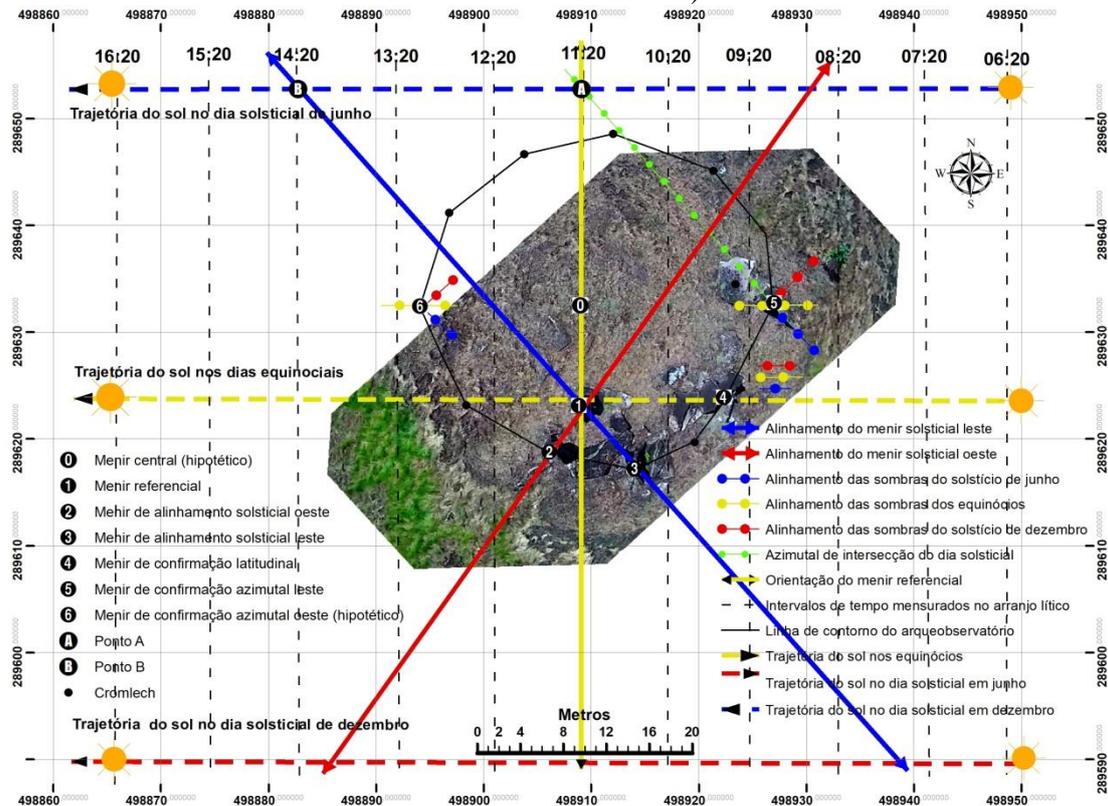
DINÂMICA SOL-TERRA E ANÁLISE DE TÉCNICAS OBSERVACIONAIS NO PLANO DO *CROMLECH*.

O deslocamento da Terra no plano da eclíptica pode ser avaliado com certa precisão no plano do *cromlech* do sítio AP-CA-18 de Caçoene. Esse deslocamento e a dinâmica da elevação solar até os pontos máximos para norte ou para sul são avaliados através do alinhamento dos menires em relação a esses eventos. A partir desse alinhamento configuram-se no *cromlech* técnicas de projeção de raio de luz solar, sombra e ausência de sombra.

O menir referencial (Figura 10, ponto1), por seu arranjo peculiar no interior do arranjo megalítico, configura-o como o bloco vertical que centraliza as técnicas observacionais. Esse menir está posicionado na orientação N-S (linha contínua em amarelo) e permite a que a partir do orifício observacional posicionado na orientação L-O (linha tracejada em amarelo) possam ser observados os ângulos formados pelo deslocamento dos raios solares que permitem precisar a elevação solar e também a orientação do sol. A linha de orientação do orifício do menir referencial também marca a trajetória do sol nos dias equinociais.

A elevação e a orientação do sol nos dias solsticiais é visualizada com certa precisão no piso a leste desse menir através da projeção do raio da luz solar aproximadamente a partir das 14h20min, corroborando sua importância para referenciar os demais menires instrumentais. Observe-se que os demais menires (2,3,4 e 5), também esculpido e arranjado segundo padrões astronômicos específicos, servem como instrumentos de alinhamento e confirmação de eventos astronômicos (Figura 10).

Figura 10: Plano do *cromlech* e ilustração da dinâmica de observação dos eventos astronômicos nos dias solsticiais e equinociais com base nas técnicas de projeção de raio de luz solar, sombra e ausência de sombra durante a trajetória solar (Em sistema de coordenadas planas com intervalos de 10 metros).



Fonte: Elaboração do autor. (Registro fotográfico realizado em 18/06/2021 às 13h40min).

Técnicas de correção de desvios de leituras no plano do *cromlech*

As inclinações perceptíveis dos menires dispostos verticalmente no *cromlech* não são resultantes do deslocamento do terreno, como se pode pensar inicialmente. Pelo que se pode constatar, essa inclinação foi projetada durante a construção para servir como mecanismo de ajuste dos desvios de leituras no plano do *cromlech* em função das angulações máximas assumidas pelo sol (elevação solar) em seu deslocamento para norte ou sul, nos dias solsticiais. Os ângulos zenitais encontrados pela inclinação dos menires de confirmação azimutal leste e oeste (hipotético) conjugadas às inclinações dos menires de alinhamento solsticial leste e oeste auxiliam a corrigir os desvios de leituras nos paralelos locais determinados (Figura 10, linhas tracejadas em azul e vermelho) pela trajetória do sol nos dias solsticiais em função da curvatura do geóide terrestre e da inclinação do seu eixo. A inclinação do menir referencial em sentido leste auxilia a precisar as horas de leituras dos eventos e o meio dia no plano do *cromlech*.

O menir referencial (1) apresenta inclinação de 10° em sentido leste. Esse ângulo zenital determina a funcionalidade de leitura dos raios de luz solar sempre a leste no piso do *cromlech*. A inclinação do menir e o ângulo zenital resultante em relação ao sentido de orientação

(norte/sul) auxilia a precisar as projeções de raio de luz solar durante os eventos de solstícios e equinócios e também o meio dia no plano do *cromlech* com pequena projeção de sombra a leste. Conforme se constata nas figuras 9 e 10, esse menir alinha-se na direção N-S assim como o hipotético menir central definindo um meridiano local central (Figura 10, linha amarela contínua). Esse meridiano determina a culminância do sol no zênite do arqueobservatório.

O menir de alinhamento solsticial oeste (2) apresenta inclinação com ângulo zenital de 18° em sentido sudeste enquanto o menir de alinhamento solsticial leste (3) apresenta inclinação com ângulo zenital de 18° em sentido sudoeste. O menir de confirmação azimutal leste (5), também apresenta inclinação de aproximadamente 18° em sentido sudeste. Se ainda estivesse no local, o menir de confirmação azimutal oeste (6), apresentaria inclinação de aproximadamente 18° em sentido nordeste. O ângulo zenital de 18° auxiliaria na correção do desvio de leitura do paralelo local norte, descrito pela trajetória do sol no solstício de junho (Figura 10, linha tracejada em azul).

Em ambos os paralelos locais determinados pela trajetória do sol nos dias solsticiais, a curvatura terrestre tem angulação coincidente com os trópicos de Câncer ao norte e Capricórnio ao sul. Esses paralelos marcam a elevação máxima do sol pelo deslocamento do equador da geóide terrestre em relação ao plano da eclíptica com inclinação de $23,27^\circ$ para norte e para sul. Os ângulos zenitais de ajuste são de aproximadamente 18° em todos os menires. Essa inclinação no sentido dos paralelos locais de deslocamento nos dias solsticiais tende a anular o efeito de curvatura. Embora não sejam precisamente iguais ao ângulo de inclinação do eixo, auxiliam de forma bastante eficaz para corrigir os desvios de leitura no plano do arqueobservatório.

Cálculo aproximado das horas locais pela incidência dos raios de luz solar no menir referencial

O alinhamento do menir referencial na orientação N-S permite com algum desvio a mensuração das horas do dia através da projeção de sombra e ausência de sombra. Essa mensuração é feita pela leitura da variação de sombra projetada no piso do *cromlech* na orientação L-O durante o movimento de rotação terrestre. Apesar da inclinação de 10° para leste, o formato em seta do menir permite avaliar as horas matutinas com sombra projetada no sentido oeste e horas vespertinas com sombra projetada no sentido leste.

Através da técnica de ausência de sombra nas faces leste e oeste, o menir referencial também permite a mensuração aproximada do desvio de hora de sua inclinação de 10° a leste em relação ao culminar do sol no meridiano local da sua orientação N-S. Esse meridiano é dado pelo alinhamento do menir referencial com o hipotético menir central, que estaria posicionado na vertical. Portanto as horas do dia e o meio dia no *cromlech* seriam determinados com maior precisão pelo menir central (Figuras 9 e 10, Ponto 0) e não pelo menir referencial (Figuras 9 e 10, ponto 1).

Considerando que a culminância solar no *cromlech* é dada pela orientação N-S do menir referencial e que este apresenta inclinação com ângulo zenital de 10° a leste teremos que a hora em seu zênite será adiantada de 10° ou 40min em relação à sua orientação N-S. Essa hora será determinada por um meridiano com intersecção na reta formada pelo seu ângulo zenital, ou seja, equivalerá a um fuso de hora de $+10^\circ$ ou +40 min em relação ao fuso do seu alinhamento N-S. Portanto, quando ocorre a culminância solar ou meio dia no zênite do *cromlech* o meridiano determinado pela intersecção com o ângulo zenital do menir referencial estará marcando 12h40min. De outra forma, quando ocorre a culminância solar no menir referencial marcada pela ausência de sombra nas faces leste e oeste em qualquer dia do ano, a sua orientação N-S marcará aproximadamente 11h20min.

Determinação em SIG dos intervalos de horas locais e trajetória do sol nos dias solsticiais no plano do *cromlech*

Os segmentos de retas azimutais que configuram o alinhamento dos menires solsticiais de leste e oeste interceptam os eixos latitudinal e longitudinal no menir referencial (Ponto 0 de Latitude e Longitude local). Como já analisado, esses menires apresentam angulação zenital de 18° graus que auxiliam a compensar os desvios de leitura da curvatura terrestre em relação às longitudes e latitudes. Essa inclinação confere aos segmentos de retas azimutais dos menires de alinhamento solsticiais uma leitura aproximada no plano do *cromlech*.

De igual maneira, o menir de confirmação azimutal leste também apresenta inclinação de 18° para compensar o ângulo da curvatura terrestre em sentido latitudinal. Esse menir apresenta sentido Sudeste estando, portanto, num alinhamento paralelo ao do menir de alinhamento solsticial leste (com orientação NO-SE). Confirmando o solstício de dezembro com ausência de sombra esse menir se alinha diretamente com a trajetória do sol no dia solsticial. Esse alinhamento configura-se no paralelo local que determina essa trajetória com sol no hemisfério sul. Logo qualquer segmento de reta paralelo ao do menir de alinhamento solsticial leste, traçado partir desse menir, em sua intersecção com eixo longitudinal, determina o paralelo local que configura a trajetória no dia solsticial com sol no hemisfério norte. Encontrado esse ponto de intersecção é possível traçar também o paralelo local sul com base na distância entre o ponto 0 de latitude e longitude local (Menir referencial) e o ponto de intersecção no eixo longitudinal do segmento de reta traçado a partir do menir azimutal leste (Ponto A de latitude aproximada de $23,27^\circ$).

Configurados os paralelos locais que determinam a trajetória do sol nos dias solsticiais determina-se também os intervalos de horas locais. Esses intervalos são determinados pela intersecção entre o paralelo local da trajetória do sol nos dias solsticiais e o segmento de reta com azimutes de 45° traçados a partir dos menires de alinhamento solsticial leste e oeste. Considerada a compensação dos desvios pela inclinação desses menires, os azimutes de

alinhamentos determinam os ângulos que configuram as longitudes das horas locais, ou seja, 45° de longitude que são equivalentes a 3 horas. As linhas longitudinais das horas locais foram traçadas a partir do ponto (B) de intersecção do segmento de reta azimutal do alinhamento do menir leste (Linha contínua em azul) com o paralelo local da trajetória do sol (Linha tracejada em azul). A determinação das horas (Linhas tracejadas em preto) foi calculada pela divisão da distância entre o ponto (A) de intersecção do paralelo local com o eixo longitudinal até o ponto (B).

Técnicas de observação registradas em dia solsticial aproximado de junho com sol no hemisfério norte no plano do *cromlech* e inferências possíveis.

A imagem retificada em SIG, registrada verticalmente no dia 18 de junho de 2021 (centralizada nas figuras 9 e 10) permitiu observar o padrão de projeção de raio de luz solar, sombras e ausência de sombra que configuram técnicas observacionais no solstício com sol no hemisfério norte. Constatou-se que o menir referencial (1) apresentava sombra projetada para o lado leste/sudeste com raio de luz solar projetado em sentido sudeste através do orifício do menir. De igual maneira, o menir de alinhamento solsticial de oeste também apresentava sombra plena em sentido sudeste enquanto o menir de alinhamento solsticial de leste apresentava ausência de sombra nas faces NE-SO confirmando o alinhamento no dia solsticial.

O menir de confirmação latitudinal apresentava sua seta com ponta de sombra em sentido leste desviada de aproximadamente 80 centímetros para a direita da ponta de sua seta (Figura 10, linha pontilhada em azul a partir do ponto 4). O menir de confirmação azimutal de leste apresentava sombra projetada no sentido sudeste (Figura 10, linha pontilhada em azul a partir do ponto 5).

É de pressupor que a projeção de sombra fosse mensurada em sua máxima projeção no dia solsticial através de marcas no solo. De igual maneira, a confirmação nos dias solsticiais seria a conjugação da avaliação dos mecanismos de projeção de raio de luz solar e sombra no menir referencial e de sombra e ausência de sombra nos demais menires. Deve-se ainda observar que essas leituras nos menires de alinhamento e confirmação podiam ser realizadas em dois momentos distintos durante o dia. Uma primeira leitura aproximadamente às 08h20min e outra às 14h20min para os dois eventos de solstícios. Essa metodologia deve ter sido estabelecida de maneira a compensar a eventual ocorrência de dias muito nublados durante os solstícios.

Nos dias solsticiais, a relação entre o menir referencial e os menires de alinhamento solsticial leste e oeste são nitidamente mais significativas. A correção dos desvios em função da curvatura terrestre ocorre em ambos os menires com diferentes técnicas nos dias solsticiais. Para o solstício de junho, a técnica de projeção de sombra em ambos os menires durante o alinhamento nos meridianos locais das horas de aproximadamente 08h20min e 14h20min

resultantes da interseção com o paralelo de deslocamento do sol no dia solsticial. Para o solstício de dezembro é a ausência de sombra que marca o dia solsticial nos meridianos das horas locais também aproximadamente às 08h20min e 14h20min.

O alinhamento nos dias equinociais de março e setembro, como já abordado na análise do menir referencial é realizado através desse menir com a projeção de raio de luz ao centro e a leste, aproximadamente às 14h20min com certa precisão. A confirmação é realizada no menir azimutal leste (5) com a projeção de sombra em sentido latitudinal a oeste para as horas matutinas e leste para as horas vespertinas. O menir de confirmação latitudinal também projeta sombra confirmando os dias equinociais, mas apenas para leste quando a ponta de sombra da seta entra em sincronização com a ponta de seta do menir formando um alinhamento central. Esse menir, também pode apresentar ausência de sombra nas horas matutinas a partir das 08h20min.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi estimulado pela necessidade de entender com detalhes o singular arranjo espacial dos blocos de rocha meticulosamente arranjados no sítio arqueológico de Calçoene-AP. A primeira visita técnica ocorrida em 2007 foi motivada por essa singularidade, que levou a inclusão do local no roteiro do Projeto de Sinalização Turística do Estado do Amapá, àquela altura, em realização pela Secretaria de Estado do Turismo. Nessa primeira visita, o registro de informações foi primordialmente voltado para a inserção e posterior divulgação do arranjo megalítico naquilo que poderia ser o roteiro turístico Maracá-Cunani. Já naquela visita técnica se percebeu que o bloco de rocha vertical com um orifício, parecia ter uma função muito específica relacionada à incidência solar.

Não há dúvida, pelos resultados apresentados neste trabalho, que o arranjo megalítico do sítio arqueológico AP-CA-18 formava um *cromlech*. Embora os demais menires verticais já não estejam mais nessa posição, há uma incontestável organização em forma circular visando à observação de eventos astronômicos como equinócios e solstícios. As constatações do trabalho, inclusive confirmam a necessidade de existência de pelo menos dois menires, um dos quais (menir azimutal de oeste) já caracteriza o arranjo megalítico como um *cromlech*.

O estudo da observação e registro de eventos astronômicos em arranjos megalíticos de sítios arqueológicos apresenta-se em boa medida sob o manto da incógnita da finalidade pretérita. Como já se detalhou, os resultados desse trabalho apresentam consistentes elementos de análise na perspectiva da astronomia acadêmica atual de que o arranjo megalítico do sítio arqueológico AP-CA-18 de Calçoene configura-se como arqueobservatório astronômico. Entretanto, esses resultados implicam mais numa inferência do uso para observação astronômica através das técnicas encontradas, do que propriamente uma constatação dessa finalidade.

Soma-se aqui um esforço metodológico a partir de técnicas cartográficas e uso de geotecnologias, para apontar elementos de análise que podem ser importantes para auxiliar em outros casos. A análise cartográfica com suporte no registro de coordenadas geográficas e ângulos azimutais e zenitais e suas conjugações para análise das técnicas astronômicas de incidência de raio de luz solar, sombra e ausência de sombra, permitiu configurar a relação entre a estrutura do arranjo megalítico com as eventuais funções de um arqueobservatório astronômico nele contido.

Não se procurou discutir o uso astronômico do arranjo megalítico por seus construtores. Entretanto, as evidências levantadas pela análise cartográfica com auxílio das geotecnologias empregadas permitem inferir que as formas, disposição e angulações azimutais e zenitais dos menires pressupõe a construção de um arqueobservatório astronômico. Os arranjos dos menires e as técnicas observacionais deles decorrentes foram minuciosamente realizados por seus construtores.

Os procedimentos metodológicos de observação preliminar e as técnicas empregadas para erguer e posicionar os menires com a finalidade de uso para a observação celeste foi, sem dúvida, precedido de muitas horas de estudo e dedicação. Isso levanta a questão da necessidade de uma mão de obra altamente especializada e dedicada ao estudo celeste. Esse estudo deve ter requerido um tempo considerável desde a fase inicial, de escolha e preparação do terreno até a efetiva construção do *cromlech*.

Não parecem restar dúvidas, portanto, que o *cromlech* do sítio arqueológico AP-CA-18 em Calçoene certamente permitia a seus construtores a observação e confirmação visual de eventos relacionados à observação celeste como os equinócios e solstícios, além de ter ali um relógio de sol. Isso remete também à necessidade de um acompanhamento desses eventos por um grupo específico de pessoas que detinham conhecimentos sobre as técnicas observacionais. É óbvio que também se pressupõe que esse grupo providenciasse que o conhecimento estivesse acessível a toda a comunidade que dele usufruía.

A grande riqueza de inferências astronômicas que o arranjo dos menires instrumentais permite e instiga leva à questão fundamental sobre o domínio da metodologia e técnica necessário à sua construção pelo povo que habitava aquela região. De acordo com Afonso e Nadal (2013) apesar de complexo, o arranjo não estaria muito acima da capacidade tecnológica dos povos identificados por material cerâmico inerente e relatados por Cabral e Saldanha (2008, p.24). Mas cabe ressaltar que ao longo da história o domínio das técnicas esteve submisso também às dinâmicas populacionais, notadamente aos processos migratórios, onde eventualmente a fuga de cérebros produziu a expansão de novas tecnologias.

Este trabalho, ao analisar a riqueza de detalhes metodológicos e técnicos encontrados na formatação do arranjo megalítico, traz informações suficientes sobre a elevada e complexa carga de conhecimentos e tecnologias necessárias à sua construção e uso. O que se percebe é

que a construção de um arqueobservatório com tamanha riqueza de métodos interpretativos e tecnologias embutidas, requereu um domínio relativamente aprofundado daquilo que hoje se estuda como primordial, fundamentalmente na óptica geométrica e na astronomia acadêmica para a observação de eventos astronômicos.

Dadas às constatações desta pesquisa é razoável inferir que a construção de um conjunto megalítico como o do sítio arqueológico AP-CA-18 de Calçoene, requereu um esforço coletivo extraordinário. A considerar esse esforço, o corte, transporte e trabalhamento de blocos de rochas graníticas com massas que podem superar uma tonelada, certamente foi tarefa realizada por uma população, ou parte dela, detentora de tecnologias relativamente sofisticadas. Ademais, se deve considerar que essa tarefa só seria viável se o esforço para a construção fosse justificado como um investimento necessário e indispensável ao modo de vida dessa população. Desta maneira é de se pressupor que próximo ao local, houvesse um assentamento populacional, sedentário e bem organizado.

Sobre as interpretações astronômicas atuais relativas ao arqueobservatório do sítio AP-CA-18, destaca-se que o menir referencial, situado de forma semi-centralizada foi propositalmente construído com um orifício de observação. Esse menir tem a clara função de instrumento construído para observar fundamentalmente os equinócios e auxiliar na observação dos solstícios. Dada a sua localização e essa peculiaridade, seria, portanto, razoável reconhecer o arqueobservatório do sítio megalítico de Calçoene como equinocial, principalmente por ser este, o único na Amazônia setentrional brasileira com um menir instrumental feito especificamente para a observação dos eventos de equinócio.

No que tange à singularidade do sítio AP-CA-18 de Calçoene deve-se ainda levar em conta, que apenas arranjos megalíticos situados em latitudes muito baixas, próximas ao equador terrestre poderiam ter a função de observar os equinócios com tanta precisão. No caso do sítio megalítico em Calçoene o deslocamento em relação ao equador terrestre é de apenas $2^{\circ}37'12''$ N, e, portanto, praticamente anula possíveis grandes desvios de observação visual. O arqueobservatório foi tão meticulosamente projetado para a observação dos equinócios que até mesmo sua confirmação tem um menir específico para a observação e precisão dos dias equinociais com a técnica de projeção de raios solares.

Dos sítios arqueológicos existentes em território amapaense, o sítio Megalítico AP-CA-18 de Calçoene é hoje o mais divulgado por seu valor cênico e enquanto espaço de percepção das culturas pré-colombianas. Situado na região nordeste do Amapá, de acesso facilitado pela rápida conexão com a cidade de Calçoene, esse monumento pode representar uma oportunidade de expansão do conhecimento sobre culturas pretéritas que habitaram essa região costeira da Amazônia setentrional brasileira. O local pode ainda tornar-se importante referência para projetos de turismo sustentável numa das regiões mais carentes de oportunidades de empreendimentos que possibilitem a geração de emprego e renda.

Como se demonstrou nesse trabalho, o arranjo dos menires do sítio AP-CA-18 possui técnicas muito bem elaboradas para observação celeste e um menir instrumental específico que permite a observação e confirmação dos equinócios. Essa informação pode constituir um valor agregado ao processo de uso do espaço para a visitação turística. Entretanto, a constatação da observação primordial dos equinócios acima de tudo resgata o valor de uma função singular de observação para o qual o sítio pode ter sido construído pelas populações pretéritas que habitavam essa parte da Amazônia setentrional brasileira.

A divulgação visando a promoção turística do sítio arqueológico pegou carona nas primeiras impressões extraídas de forma apriorística de que o arqueobservatório fora construído fundamentalmente para observação dos solstícios. Os dados apresentados neste trabalho esmaecem essa versão apriorística, deixando evidente a importância da observação dos equinócios no arranjo do arqueobservatório. Desta maneira, seria mais justo à memória cultural dos povos que o construíram destacar, que o arranjo foi projetado também para a observação dos equinócios além dos solstícios, como já há algum tempo vem sendo divulgado.

Em função da falta de estudos que aprofundassem os conhecimentos sobre as técnicas astronômicas no arranjo megalítico, foi inclusive aventada durante a primeira década do século, pelo Governo do Estado do Amapá, a criação de um “Parque dos solstícios” no local. Embora importante para a divulgação turística o projeto também poderia produzir efeitos danosos ao patrimônio arqueológico. Entretanto mais interessante e justo seria que com os devidos cuidados para a preservação da memória do povo que o construiu, o local fosse divulgado como um arqueobservatório *cromlech* equinocial.

REFERÊNCIAS

- Afonso G. B. e Nadal C. A. (2013). **Arqueoastronomia no Brasil**. In: MATSUURA Oscar T. (organizador) História da astronomia no Brasil (2013) ; comissão editorial: Alfredo Tiomno Tolmasquim ... [et al.]. – Recife : Cepe, 2014. Disponível em: <http://site.mast.br/HAB2013/historia_astronomia_1.pdf> . Acesso em 08 de ago. 2020.
- Aires da F. J. (2013). **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.
- Aveni, A. F.(2003). **Archaeoastronomy in the Ancient Americas**. Journal of Archaeological Research, Vol. 11, No. 2, June.
- Bernardi, J.V.E. e Landim, P.M.B.(2002). **Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados**. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp.. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>> . Acesso em 05 de mai. 2019.
- Cabral M. P. e Saldanha J. D.M. (2008). **Paisagens megalíticas na costa norte do Amapá**. Revista de Arqueologia, 21: 09-26.
- Câmara, G. et al. (1996). **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação-UNICAMP. Seq. iii. Disponível em:

- <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>> Acesso em:17 de set. 2010.
- Canalle, J. B. (2003). **O problema do ensino da órbita da Terra**. Instituto de Física/UERJ.2003.Disponível em:<http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/oba/Questao_adic_VIOBA.pdf>. Acesso em 22/01/2013.
- Lima, F. P. e Figueirôa S. F. de M.(2010). **Etnoastronomia no Brasil: a contribuição de Charles Frederick Hartt e José Vieira Couto de Magalhães**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum., Belém, v. 5, n. 2, p. 295-313, maio-ago.
- Livi S. H. B. (1990). **A terra e o homem no universo**. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 7, n. Especial: p. 7-26, jun.
- Magalhães, J. V. do Couto. **O selvagem**. Edição comemorativa do centenário da 1ª. Edição. Belo Horizonte: Editora Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.
- Martinelli, M.(1998). **Gráficos e mapas; construa-os você mesmo**. São Paulo: Moderna.
- Malville J. M.(2010). **Cosmology in the Inca Empire: Huaca sanctuaries, state-supported pilgrimage, and astronomy**. Journal of Cosmology, Vol 9, 2106-2120.
- Moura Filho, J. (1993). **Elementos de cartografia: Técnica e Histórica**. Belém: Falangola.
- National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA. (2013). Magnetic Declination Estimated Value. Disponível em <<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>> Acesso em 01/08/2013.
- Peloggia A.U.G. e Oliveira A.M.S.(2008). **Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências**. Lab. Cartografia, Faculdades Integradas de Guarulhos (FIG), Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo ; Lab. Geoprocessamento, Universidade Guarulhos (UnG). Texto utilizado no Mestrado Integrado em Desenvolvimento regional.
- Santos, M. (1999). **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 3 ed. São Paulo: Hucitec.
- Silveira, O.F.M. (1998). **A Planície Costeira do Amapá: Dinâmica de Ambiente Costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias**. Tese de Doutorado. CPGG/Universidade Federal do Pará. 198p.
- Šprajc I. , Nava P. F. S.(2013). **Equinoxes in Mesoamerican Architectural Alignments: Prehispanic Reality or Modern Myth?**. In Ancient cosmologies and modern prophets. Proceedings of the 20th Conference of the European Society for Astronomy in Culture. Edited by Ivan Šprajc and Peter Pehani. Slovene Anthropological Society, Ljubljana.
- Šprajc, I. (2015). **Astronomical correlates of architecture and landscape in Mesoamerica**. In: Clive L. N. R. (ed.), Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy, Springer Science+Business Media New York. p.715-728.
- Souza E. B. e Cunha A. C. da (2010). **Climatologia de Precipitação no Amapá e Mecanismos Climáticos de Grande Escala** In: Cunha Alan Cavalcanti da, Souza Everaldo Barreiros de e Cunha Helenilza Ferreira Albuquerque (coordenadores)

.Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá - Macapá : IEPA.

Steiner, J. E. (2006). **A origem do universo**. Estudos Avançados. vol.20 no. 58 São Paulo Sept./Dec.

Tomasini, M.C. (2013). **Astronomia, geometria y orden**: el simbolismo cosmológico em la arquitectura precolombina. Revista C&T, Edición nº.7 p.81-92. Disponível em: <<https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/CyT7/7CyT%2013.pdf>> Acesso em 03/02/2019.