

Escola de
**Formação de Professores
e Humanidades**



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
INSTITUTO GOIANO DE PRÉ-HISTÓRIA E ANTROPOLOGIA
BACHARELADO EM ARQUEOLOGIA

WILLIAN PEREIRA LEAL

**TÍTULO: REALIZAÇÃO DE TESTES EM SOFTWARE PARA VETORIZAÇÃO E
PRODUÇÃO DE IMAGENS EM 3D DE PINTURAS RUPESTRES DO SÍTIO
ARQUEOLÓGICO GO-CP-16, PALESTINA DE GOIÁS, BRASIL.**

Orientadora: Profa.Dra Maira Barberi

Goiânia
2021

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
INSTITUTO GOIANO DE PRÉ-HISTÓRIA E ANTROPOLOGIA
BACHARELADO EM ARQUEOLOGIA

WILLIAN PEREIRA LEAL

TÍTULO: REALIZAÇÃO DE TESTES EM SOFTWARE PARA VETORIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE IMAGENS EM 3D DE PINTURAS RUPESTRES DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO GO-CP-16, PALESTINA DE GOIÁS, BRASIL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Escola de Formação de Professores e Humanidades da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), como requisito à obtenção do título de bacharel em Arqueologia.

Orientadora: Profa. Dra. Maira Barberi

Goiânia
2021

Monografia apresentada a Escola de Formação de Professores e Humanidades da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como um dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Arqueologia.

Willian Pereira Leal

TCC apresentado em _____/_____/_____

Orientadora: Prof.^a Dra. Maira Barberi

1º Examinador: Prof.º Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin

2º Examinadora: Prof.^a M.a.Cristiane Loriza Dantas

LEAL, WILLIAN PEREIRA

TÍTULO: Realização de Testes em Software para Vetorização e Produção de Imagens 3D em Pinturas Rupestres como Técnica de Análise e Divulgação dos Grafismos do Sítio Arqueológico GO-Cp-16 em Palestina de Goiás, Brasil.

Orientadora: Dra. Maira Barberi

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Goiano de Pré-história e Antropologia (IGPA)/Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Curso de Arqueologia, 2021.

Palavras-chave: Arte rupestre, Estruturalismo, Tratamento de Imagens, Tecnologias 3D

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa Denise Daleva Costa Leal, pelo apoio integral durante todo o curso, pelas horas de paciência comigo e por muito me ajudar durante a construção das minhas ideias, permitindo-me compartilhá-las e desenvolvê-las em muitos dos nossos diálogos diários.

Agradeço aos professores do Instituto Goiano de Pré-história e Antropologia – IGPA, PUC, pela contribuição com o conhecimento que nos forneceram durante cada disciplina ministrada, por me ajudarem a compreender a arqueologia para além dos livros, adentrando o método científico como deve ser, em especial às professoras Dra. Maira Barberi, MsC. Cristiane Loriza, e em especial ao Dr^o: Julio Rubin de Rubin, por muito me inspirar.

Agradeço aos profissionais da Escola Saga Criativa pelo apoio ao meu projeto de TCC, orientando-me na montagem da grade personalizada do curso de Design Gráfico, de forma que ela se adequasse aos meus objetivos acadêmicos.

Agradeço ao Thiago Souza Galiza pelo apoio profissional na execução técnica do tratamento, vetorização, modelagem 3D e aplicação de recursos de visualização dinâmica das imagens.

Agradeço à minha mãe (*in memorian*) por ter sempre me incentivado e sempre acreditar em mim, e por durante todo o tempo de sua vida ser minha principal amiga, pela qual tenho amor eterno.

Agradeço ao meu irmão por ser minha principal referência, grande companheiro, por ter sempre acreditado em mim e por ter sido, além de irmão, amigo de todas as horas.

Agradeço à minha orientadora, Prof^a Dra. Maira Barberi, por ter me inspirado e aceitado me orientar, por ter me ajudado a desvendar vários mistérios da Ciência, por muito contribuir com a minha ampliação da visão científica.

Agradeço a todas as experiencias que tive na vida, pois sem elas eu não seria a pessoal que sou hoje.

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos Victor Hugo e Alana, aos meus sobrinhos Yúri, Yan, Gabriel e Marianna, ao meu irmão Wellington e à minha cunhada Mira, ao meu amor, Denise, aos meus cunhados Gisela (“Amorinha”) e Daniel (“Zé”), a minha mãe Terezinha (*in memorian*) e meu pai Wilson (*in memorian*), ao meu tio Renato e à minha tia Hilda, às minhas tias Yolanda (*in memorian*) e Zizinha, aos meus primos Ivan, Renildo, Rildo, Ronaldo, Ivone e Ivanilde, aos meus irmãos paternos Wesley, Frederico, Pablo e Thiago, e ao meu amigo Ronaldo Micheloni (“Moché”).

“Nós podemos explicar o azul-pálido desse pequeno mundo que conhecemos muito bem. Se um cientista alienígena, recém-chegado às imediações de nosso Sistema Solar, poderia fidedignamente inferir oceanos, nuvens e uma atmosfera espessa, já não é tão certo. Netuno, por exemplo, é azul, mas por razões inteiramente diferentes. Desse ponto distante de observação, a Terra talvez não apresentasse nenhum interesse especial. Para nós, no entanto, ela é diferente. Olhem de novo para o ponto. É ali. É a nossa casa. Somos nós. Nesse ponto, todos aqueles que amamos, que conhecemos, de quem já ouvimos falar, todos os seres humanos que já existiram, vivem ou viveram as suas vidas. Toda a nossa mistura de alegria e sofrimento, todas as inúmeras religiões, ideologias e doutrinas econômicas, todos os caçadores e saqueadores, heróis e covardes, criadores e destruidores de civilizações, reis e camponeses, jovens casais apaixonados, pais e mães, todas as crianças, todos os inventores e exploradores, professores de moral, políticos corruptos, "superastros", "líderes supremos", todos os santos e pecadores da história de nossa espécie, ali - num grão de poeira suspenso num raio de sol. A Terra é um palco muito pequeno em uma imensa arena cósmica. Pensem nos rios de sangue derramados por todos os generais e imperadores para que, na glória do triunfo, pudessem ser os senhores momentâneos de uma fração desse ponto. Pensem nas crueldades infinitas cometidas pelos habitantes de um canto desse pixel contra os habitantes mal distinguíveis de algum outro canto, em seus frequentes conflitos, em sua ânsia de recíproca destruição, em seus ódios ardentes. Nossas atitudes, nossa pretensa importância de que temos uma posição privilegiada no Universo, tudo isso é posto em dúvida por esse ponto de luz pálida. O nosso planeta é um pontinho solitário na grande escuridão cósmica circundante. Em nossa obscuridade, no meio de toda essa imensidão, não há nenhum indício de que, de algum outro mundo, virá socorro que nos salve de nós mesmos".

Carl Sagan

RESUMO

O presente trabalho buscou testar aplicabilidade de tecnologias de modelagem de imagens em 3D a partir de fotografias de imagens rupestres do sítio arqueológico GO-Cp-16, localizado no município de Palestina de Goiás, no estado de Goiás, Brasil. Esse sítio foi pesquisado pela equipe do professor Prof. Dr. Pedro Ignácio Schmitz entre as décadas de 1970 e 1980 e atualmente está sob a coordenação da Prof.^a Dr.^a Sibeli Aparecida Viana – Projeto Pré-História de Palestina de Goiás, no âmbito do Instituto Goiano de Pré-história e Antropologia da PUC Goiás. Nosso objetivo é de oferecer subsídios para a análise das figuras rupestres, apoiados nos testes de tratamento de imagens aplicada à arqueologia. Os softwares utilizados para tratamento digital de imagens e produção de modelagens 3D foram o Adobe Illustrator, Autodesk Maya, o Pixologic ZBrush e o Adobe Substance Painter. Os resultados demonstraram que a aplicação dessas tecnologias para esse fim é promissora, já que introduz a profundidade das dimensões espaciais e permite a manipulação dinâmica das formas produzidas, alterando e ampliando os resultados inicialmente obtidos para as mesmas figuras analisadas apenas sob a perspectiva bidimensional. Estes resultados podem contribuir para a análise das imagens e também para a divulgação e consequentemente preservação da arte rupestre.

Palavras-chave: Arte rupestre, Tecnologias 3D, Modelagem 3D, Palestina de Goiás

ABSTRACT

The present work sought to test the applicability of 3D image modeling technologies from photographs of rock art images from the archaeological site GO-Cp-16, located in the municipality of Palestina de Goiás, in the state of Goiás, Brazil. This site was researched by the team of Professor Dr. Pedro Ignácio Schmitz between the 1970s and 1980s and is currently under the coordination of Prof. Dr. Sibeli Aparecida Viana - Palestina de Goiás Prehistory Project, within the Goiás Institute of Prehistory and Anthropology of PUC Goiás. Our goal is to offer subsidies for the analysis of the rock figures, supported by image treatment tests applied to archeology. The softwares used for digital image treatment and 3D modeling production were Adobe Illustrator, Autodesk Maya, Pixologic ZBrush and Adobe Substance Painter. The results showed that the application of these technologies for this purpose is promising, since it introduces the depth of spatial dimensions and allows the dynamic manipulation of the shapes produced, changing and expanding the results initially obtained for the same figures analyzed only from a two-dimensional perspective. These results can contribute to the analysis of the images and also to the dissemination and consequently preservation of rock art.

Keywords: Rock Art, 3D Technologies, 3D Modeling, Palestina de Goiás

LISTA DE FIGURAS

Figura 01:	Localização da área de estudo	31
Figura 02:	Sítios arqueológicos localizados na região de Palestina de Goiás	33
Figura 03:	Paredão do Sítio GO-Cp-16	34
Figura 04:	Paredões do sítio GO-Cp-16, delimitados em 2 paredes: A e B	34
Figura 05:	Gráfico de percentual de figuras encontradas no sítio GO-Cp-16 por tema	35
Figura 06:	Gráfico de quantitativo de figuras encontradas nas paredes A e B do sítio GO-Cp-16 por tema	36
Figura 07:	Gráfico de tons cromáticos, percentual de cores e quantidade de figuras com respectivas cores	37
Figura 08:	Imagem da fotografia original do Painel 10 localizado na Parede B do sítio GO-Cp-16, acompanhada das imagens vetoriais originalmente produzidas por Pereira (2017)	46
Figura 09:	Fotografia tratada no Illustrator, com destaque para os elementos da cena que foram posteriormente isolados e vetorizados	47
Figura 10:	Destaque das figuras vetorizadas a partir da fotografia original	48
Figura 11:	Imagens modeladas em 3D (“objetos”) no Adobe Illustrator, mantidas em sua posição original	50
Figura 12:	Figuras em 3D com profundidade aplicada entre elas e teste de giro aplicado à primeira figura antropomorfa da esquerda	51
Figura 13:	Testes de profundidade entre as figuras componentes da cena realizados no Maya	52
Figura 14:	Testes de profundidade entre as figuras componentes da cena realizados no ZBrush	53
Figura 15:	Testes de profundidade e movimento entre as figuras componentes da cena realizados no Maya	54
Figura 16:	Resultado de cada software testado quanto aos aspectos de usabilidade, acesso ao programa, qualidade da imagem, o potencial para uso na ciência arqueológica, se já foram utilizados no Brasil, facilidade de manuseio, o potencial para ser utilizados em conjunto com outros softwares	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 01:	Faixas de escala típicas para cada uma das categorias de Patrimônio Cultural normalmente estabelecidas	21
Quadro 02:	Artigos científicos referidos na presente pesquisa: autores, ano, abordagem, periódico e classificação dos periódicos no Google Scholar Metrics (para língua inglesa, com fator de impacto “h-5” e posição no ranking) e no Qualis CAPES (triênio 2013-2016 ou ano de 2021)	24/27
Quadro 03:	Softwares citados na literatura, função e modo de disponibilização no mercado	28/29
Quadro 04:	Sistematização das tradições existentes para a indústria lítica e para a arte rupestre no estado de Goiás, no início do Holoceno (Pleistoceno Final)	32
Quadro 05:	Procedimentos de testes para modelagem 3D das figuras e da cena rupestre	43

SUMÁRIO

RESUMO	08
ABSTRACT	09
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	11
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Arte Rupestre: definição, contexto, estudos e conservação	15
3.2 A aplicação de tecnologias 3D na Arqueologia e, especificamente, no registro e conservação de pinturas rupestres	19
4. METODOLOGIA	22
5. ÁREA DE ESTUDO	30
5.1 O Sítio GO-Cp-16	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6.1 Softwares para tratamento de imagens e modelagem 3D	38
6.1.1 Softwares para tratamento de imagens	38
6.1.1.1 DStretch	38
6.1.1.2 Adobe Photoshop	39
6.1.1.3 Adobe Illustrator	39
6.1.1.4 Adobe Substance Painter	39
6.1.1.5 GIMP: GNU Image Manipulation Program	40
6.1.2 Softwares para modelagem 3D	40

6.1.2.1 MeshLab	40
6.1.2.2 Blender	41
6.1.2.3 Autodesk Maya	41
6.1.2.4 ZBrush	41
6.2 Procedimentos adotados neste trabalho para tratamento e modelagem em 3D de figuras rupestres	43
6.3 Aplicação dos testes de tecnologias digitais de software para produção de imagens tridimensionais de figuras rupestres: resultados deste estudo	45
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
7.1 Limitações deste trabalho e sugestões para pesquisas futuras	58
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1. INTRODUÇÃO

A arte rupestre vem sendo estudada no Brasil sob várias perspectivas. Tem sido uma importante fonte de dados que fornece diversas informações de caráter cultural, de como viviam as sociedades pretéritas, qual era sua tecnologia, quais suas técnicas, seu universo mitológico e como eram seus usos e costumes. No início dos primeiros estudos da arte rupestre no Brasil predominava a visão da escola francesa, pautada na corrente histórico-cultural. Essa primeira abordagem se preocupou em descrever e quantificar os sítios e o que neles existia, alcançando o seu propósito de catalogar os mesmos. O histórico-culturalismo é uma abordagem arqueológica ou corrente filosófica que propõe o entendimento das sociedades históricas em grupos étnicos e culturais identificados de acordo com a sua cultura material.

O presente trabalho tem por finalidade testar o uso das tecnologias da informação e da produção de imagens aplicados à análise dos dados arqueológicos, com destaque para as manifestações rupestres. Nesse primeiro momento (considerando-se a extensão do presente trabalho para pesquisas de pós-graduação), o objetivo é realizar experimentos de produção de imagens em três dimensões (3D) a partir de fotografias de expressões parietais do sítio GO-Cp-16, localizado no Município de Palestina de Goiás, no sudoeste goiano. Com isso, espera-se ampliar os estudos com experiências computacionais aplicadas à pesquisa da arte rupestre, verificar o potencial de contribuição das tecnologias 3D para a análise e possíveis interpretação de pinturas rupestres, e contribuir para a conservação ex-situ e a divulgação do sítio GO-Cp-16 nos meios intra e extra-científico.

As fotos utilizadas neste estudo têm origens diferentes, sendo parte delas do acervo do Instituto Goiano de Pré-história e Antropologia (IGPA) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), parte, do acervo pessoal da Professora Dra. Maira Barberi. Os softwares utilizados no experimento de tratamento das fotos selecionadas são: Adobe Illustrator, Autodesk Maya, ZBrush e Substance Painter. Além dos experimentos com estes softwares, foi realizada uma revisão bibliográfica da literatura recente para levantamento dos softwares utilizados na produção de imagens 3D de sítios e artefatos arqueológicos e as finalidades dessa utilização.

Para este trabalho, assumimos que a aplicação de tecnologias em 3D à análise do

sítio GO-Cp-16 trará um refinamento ao olhar científico nas etapas de levantamento, visualização digital, tratamento, e análise das imagens rupestres, permitindo confirmar, refutar, ou ampliar os resultados das análises realizadas em estudos anteriores e dar suporte a estudos futuros quanto ao método e aos resultados aqui encontrados.

Como objetivo implícito está a busca do presente autor por desenvolver e consolidar habilidades do método científico arqueológico relacionadas ao levantamento, registro, tratamento, caracterização e interpretação e armazenagem em ambiente digital 3D de pinturas rupestres.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral verificar a eficácia da aplicação de técnicas de modelagem 3D à análise de imagens rupestres, tendo como área de estudo o sítio arqueológico GO-Cp-16 localizado no município de Palestina de Goiás (GO).

Alguns objetivos específicos do trabalho são:

- entender o estado da arte da pesquisa sobre o uso de tecnologias 3D aplicadas à arqueologia, com destaque para as pinturas rupestres;
- conhecer os softwares utilizados para modelagem 3D no âmbito dos estudos arqueológicos;
- testar alguns dos softwares disponíveis para modelagem 3D em figuras rupestres do sítio GO-Cp-16, a fim de verificar o potencial de suporte à análise dessas figuras.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A partir dos objetivos estabelecidos para a pesquisa, a revisão bibliográfica buscou conhecer o estado da arte das pesquisas de tecnologias de produção de imagens 3D relacionadas ao estudo da arte rupestre, situá-las em seu contexto temporal do desenvolvimento das pesquisas sobre arte rupestre e, assim, entender sua contribuição.

Sendo assim, dois eixos principais nortearam o referencial teórico do presente trabalho: o entendimento da arte rupestre sob a perspectiva da Arqueologia e, em seguida, como e quando as tecnologias de imagens em 3D passaram a ser aplicadas nos estudos arqueológicos da arte rupestre.

3.1 Arte rupestre: definição, contexto, estudos e conservação

Segundo Justamand (2015), sob a tarja de arte rupestre entendem-se todas as inscrições, pinturas ou gravuras deixadas pelos humanos em rochas (do latim *rupes-is*, “rochedo”), tendo sido gravadas em paredes e tetos de abrigos, fossem eles nas cavernas ou ao ar livre. As pinturas rupestres são representações estéticas da vida das ações e afazeres humanos e dos seus desejos mais sensíveis; são expressões das necessidades humanas.

Ainda de acordo com Justamand (2015), apesar de, em algumas situações, terem sido realizadas a milhares de quilômetros de distância umas das outras, as pinturas rupestres possuem semelhanças entre si e podem ser aceitas como arquivos visuais deixados por sociedades humanas pretéritas, pinturas marcadoras da memória coletiva. Elas apresentam as lutas, as condições de sobrevivência, os rituais e cenas como parto e sexo. Para produzir as pinturas, eram usados todo tipo de utensílios: machadinhas toscas, lascas e raspadores de superfície, além de pigmentos de diversas naturezas, principalmente composições diversas de óxido de ferro (“ocres”), óxido de manganês e carvão vegetal (LAGE, 1997), aos quais se aplicavam técnicas de preparo para que agissem como tintas sobre a rocha.

Segundo Prous (2019), a matéria-prima utilizada nos sítios rupestres Brasileiros apresentam-se de diversas maneiras, tais como artefatos líticos, nas técnicas e métodos de lascamento, nos produtos e refugos de lascamento, nas indústrias líticas sobre seixos, no picoteamento e polimento, além de manufatura dos ossos, chifres e dentes de animais. Os caçadores coletores também se utilizavam de artefatos e instrumentos trabalhados em conchas de gastrópodes, enquanto na cerâmica pré-histórica o barro sofria várias técnicas de preparo. Havia ainda artefatos de origem vegetal, madeira, fibras flexíveis, látex e resinas, cascas de ovos e carapaças.

A arte rupestre passou a ser objeto de observação e estudo a partir do Renascimento. Cabral (2011) observa que os estudos da arte rupestre no mundo se dividem em duas fases: uma pré-científica ou pré acadêmica, e outra científica ou acadêmica. A fase pré-científica ou pré acadêmica traz seus primeiros registros desde o século XVI e se introduz nas

discussões renascentistas sob a perspectiva da História da Arte e da gênese da pintura que antecede a Antiguidade Clássica. Já a fase científica ou acadêmica faz referência ao contexto naturalista e está relacionada à fase neocolonialista, com o acesso de pesquisadores estrangeiros a países com sítios arqueológicos pré-históricos ou pré-coloniais por meio da abertura promovida pelas relações diplomáticas. A França foi pioneira e o principal centro de produção de conhecimento sobre arte rupestre em ambiente acadêmico, e estabeleceu os primeiros métodos e técnicas de estudo sobre a produção pré-histórica pictórica, os quais se difundiram pelas inúmeras missões arqueológicas que passaram a se espalhar pelo globo nos séculos XIX e XX.

Ainda segundo Cabral (2011), a trajetória da pesquisa na pintura rupestre brasileira seguiu a mesma cronologia, começando por registros da parte dos padres jesuítas focados em entender a era pré-diluviana, seguidos pelo interesse dos registros antropológicos da Coroa Portuguesa e, por fim, da sistematização e estudo acadêmico iniciados pelo Museu Nacional sob o interesse de Dom Pedro II na época imperial (séc. XIX), tendo sido repassados ao Museu Paulista no início da era republicana (séc. XX).

Essa cronologia também é atestada Oliveira *et al.* (2017), os quais afirmam que o estudo dos grafismos rupestres foi inicialmente influenciado pela História da Arte, num contexto distante do arqueológico, tendo-se seguido pela pesquisa arqueológica, com destaque para a abordagem estruturalista dos trabalhos de Leroi-Gourhan e Annette Laming-Emperaire, na década de 70, pela qual passam a ser analisados como uma linguagem simbólica e a partir do contexto espacial e cultural dos sítios.

À medida que se desenvolviam os estudos da arte rupestre, evidenciava-se também a percepção de sua importância como integrante do patrimônio cultural e a necessidade de sua conservação, afinal, o estudo das manifestações rupestres pela academia perpassa pela necessidade de se conhecer e compreender as culturas pré-históricas e, portanto, o homem e as sociedades que as produziram. Lage *et al.* (2005), considerando que o patrimônio cultural da humanidade, aí inclusas as pinturas rupestres, representam bens de significação cultural que são testemunhos vivos das sociedades humanas, entendem que sua conservação representa a possibilidade de transmissão dessa significação às presentes e futuras gerações.

Considerando a importância dos estudos e da conservação das pinturas rupestres para o conhecimento da pré-história das sociedades humanas, a arqueologia vem desenvolvendo

métodos e técnicas para sua conservação, já que estão sujeitas à degradação por fatores naturais e antrópicos. Segundo Silva (2010):

Esse monumento tem por finalidade fazer reviver um passado mergulhado no tempo e está de modo permanente exposto às afrontas do tempo vivido. O esquecimento, o desapego, a falta de uso, fazem que sejam deixados de lado e abandonados; a destruição deliberada e combinada também os ameaça, inspirada seja pelo desejo de escapar à ação do tempo ou pelo anseio de aperfeiçoamento (...) (SILVA, 2010).

O Conselho Internacional de Monumentos e Sítios – ICOMOS (vinculado à UNESCO/ONU) publicou, em 1980, a Carta de Burra, com a finalidade de orientar a conservação do patrimônio histórico, arqueológico e cultural ao redor do mundo. Segundo a Carta¹, entende-se por conservação:

“(O) termo conservação designará os cuidados a serem dispensados a um bem pra preservar-lhe as características que apresentem uma significação cultural. De acordo com as circunstâncias, a conservação implicará ou não a preservação ou a restauração, além da manutenção; ela poderá, igualmente, compreender obras mínimas de reconstrução ou adaptação que atendam às necessidades e exigências práticas”

(IPHAN- Carta de Burra, 1980, Pág.,01)

O mesmo documento entende, quanto às técnicas de conservação, que:

“A conservação deve se valer de um conjunto de disciplinas capazes de contribuir para o estudo e a salvaguarda de um bem. As técnicas empregadas devem, em princípio, ser de caráter tradicional, mas pode-se, em determinadas circunstâncias, utilizar técnicas modernas, desde que se assentem em bases científicas e que sua eficácia seja garantida por uma certa experiência acumulada” – art. 4º.

(IPHAN- Carta de Burra, 1980, Pág.,02)

Nas duas décadas iniciais do Século XXI, trabalhos de conservação ex-situ e de divulgação do patrimônio arqueológico, histórico e cultural em ambiente digital e virtual têm sido desenvolvidos para se reduzir a pressão de visitação sobre sítios arqueológicos e para ampliar sua divulgação a pessoas privadas, por alguma razão, de visita presencial. A aplicação de técnicas de estudos de pinturas rupestres em ambiente virtual vem ganhando espaço na literatura arqueológica e de ciência da informação especializada, e assume papel importante com as finalidades de sua aplicação (Gonzalez-Aguilera *et al.*, 2011), como veremos a seguir.

¹ Disponível para consulta em:

<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Burra%201980.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2021.

3.2 A aplicação de tecnologias 3D na Arqueologia e, especificamente, no registro e conservação de pinturas rupestres

O uso das tecnologias 3D tem sido abrangido pelos estudos arqueológicos recentes na produção científica brasileira e global, com destaque para sua aplicação a projetos de conservação *ex situ* e divulgação do patrimônio cultural. Wichers *et al.* (2017) entendem o uso de tecnologias 3D como atrelado a processos de mediação e comunicação sensorial que favorecem a geração da empatia e terminam por promover uma atitude favorável a sua conservação, ao conectar experiencialmente o indivíduo ao objeto arqueológico.

Considerando a possibilidade de contribuir para o desenvolvimento de técnicas de conservação *ex situ* de pinturas rupestres, Lima (2018) se utilizou da produção de imagens em 3D de pinturas rupestres do sítio arqueológico Templo dos Pilares, em Alcinópolis, no estado do Mato Grosso. Para a produção de dados sobre a arte rupestre do sítio, a autora se propôs a investigar novas técnicas de gravação digital, a partir da combinação da utilização de processamento de imagens de 3D, realizados no Agisoft Photoscan como ferramenta no processamento dos dados obtidos ainda em campo. Por meio de topografias de terreno, fotos digitais, medições a laser e coordenadas geográficas, foi realizado um esboço do contorno dos dois abrigos sobre rocha e do painel rupestre daquele sítio.

Trata-se, segundo o estudo, de uma ferramenta importante que possibilita a combinação de várias técnicas digitais como Adobe Illustrator, Photoshop, Lightroom e Photoscan, a qual fornece ao pesquisador reproduções métricas mais precisas (profundidade, cor, dimensão), sejam eles de abrigos, painéis, cavernas, ou outros suportes rochosos que ampliam as interpretações sobre a presença humana naquela localidade. Para Lima (2018), torna-se relevante essa perspectiva na medida em que esse conjunto de softwares permite alcançar uma alta qualidade de imagens e contribuir para a produção de dados mais precisos sobre gravações rupestres, em comparação às antigas técnicas

Utilizando-se de técnicas de triangulação para produção de imagens tridimensionais, Souza *et al.* (2017) utilizaram-se do sensor Kinect v1 para reconstituir artefatos oriundos do Sítio Funerário da Igreja São Gonçalo Garcia, localizados no terreno da Biblioteca Parque do Rio de Janeiro (RJ) – já num contexto de arqueologia histórica. Segundo os autores, o procedimento de digitalização 3D de um objeto pode ser dividido em três etapas. Primeiramente, a aquisição, na qual são obtidos conjuntos de coordenadas, sendo cada

conjunto extraído em uma diferente pose ou perspectiva do objeto. Um conjunto de coordenadas obtido de uma dada perspectiva é comumente referido na literatura pelo termo nuvem de pontos. Em seguida, as nuvens de pontos são processadas. Em geral, o processamento envolve a eliminação das coordenadas relativas a objetos que não interessem à aplicação, além do registro das diversas nuvens de pontos de forma que estas se fundam. Por fim, pode-se efetuar a reconstrução da imagem do objeto (NIESSNER *et al.*, 2013, *apud* SOUZA *et al.*, *op. cit.*), que gera um modelo virtual 3D.

Cícero Moraes, designer forense, realizou a reconstituição tridimensional de faces a partir de fotografias de ossadas de personagens famosos e, cabe destacar, de um crânio pré-histórico fornecido pela PUC-GO (BARREIROS, 2020), utilizando-se do software Blender gratuito. Entretanto, não foram encontrados artigos na literatura científica arqueológica que tratassem de reconstituição de fósseis, esqueletos humanos e múmias no âmbito da arqueologia, com as palavras-chave utilizadas nos portais de busca.

O uso de ferramentas de animação permite a inclusão da dimensão temporal às espaciais (VERHOEFF, 2016), gerando modelos em quatro dimensões. Projetos de reconstituição de sítios e artefatos arqueológicos em 4D, também chamados de projetos 3D multitemporais, permitem a criação multitemporal de um local e dão suporte ao estudo da evolução dos sítios patrimoniais, tanto para desenvolver hipóteses sobre o passado quanto para modelar prováveis desenvolvimentos futuros (RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ *et al.*, 2017).

Os projetos "4D - arte rupestre" realizados na Península Ibérica são um exemplo da aplicação dessas tecnologias para fins de conservação e educação pré-histórica, e patrimonial, tendo sido realizados registros em mais de 20 locais ao longo da metade oriental da península, em locais incluídos na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO desde 1998 (LÓPEZ *et al.*, 2018).

O objetivo destes projetos foi o desenvolvimento de protocolos para diagnóstico e monitoramento de sítios de arte rupestre, utilizando várias tecnologias de ponta, incluindo modelagem 3D baseada em fotogrametria, imagens gigapixel, melhoria com estiramentos de decorrelação, controle colorimétrico, análises físico-químicas *in situ*, análises biogeoquímicas de alteração, ou imagens térmicas (LÓPEZ *et al.*, *op. cit.*) – a maior parte deles aplicados nos recentes trabalhos em realização nos sítios arqueológicos do Parque

Nacional da Serra da Capivara, como já mencionamos. Outro exemplo de aplicação de tecnologias em 3 e 4D é a produção de dois curta-metragens italianos para o Museu da História de Bolonha, na Itália, a partir da reconstrução arqueológica virtual em 3D de sítio arqueológicos locais (DE LUCA *et al.*, 2013).

Em um artigo de referência, Rodríguez-Gonzálvez *et al.* (2017) consideram a fusão de dados de várias fontes um dos principais desafios para a reconstrução 4D e a visualização do patrimônio cultural, já que se faz necessária uma solução para a combinação de fontes de dados mistas (tanto métricas quanto não métricas) a fim de conseguir criar representações temporais. Torres-Martínez *et al.* (2015) entendem que a solução deve combinar uma fonte multidados com uma abordagem multissensor para a captação das imagens de sítios com artefatos de múltiplas escalas espaciais. Rodríguez-Gonzálvez *et al.* (*op. cit.*) sugerem que a adequação das diferentes fontes de dados métricos deve ser sistematizada de acordo com o tamanho do objeto e sua complexidade, e adotam a classificação de Kraak e Ormeling (2011) para a categorização de acordo com o tamanho do elemento em estudo ou faixa de escala nos seguintes níveis: artefato, arquitetura, paisagens urbanas e rurais, como apresentado no quadro 1:

Quadro 1. Faixas de escala típicas para registro e representação de cada uma das categorias de Patrimônio Cultural normalmente estabelecidas.

Categoria de Patrimônio Cultural	Faixas de Escala
Artefato	De 1:1 a 1:5
Arquitetural	De 1:10 a 1:100
Paisagem urbana	De 1:100 a 1:1000
Paisagem rural	De 1:1000 a 1:5000

Fonte: Adaptado de Kraak e Ormeling (2011) (*apud* RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, 2017).

Entretanto, Rodríguez-Gonzálvez *et al.* (*op. cit.*) entendem que há inúmeros desafios para realizar a modelagem 4D e a necessária integração de múltiplas fontes de dados. Para os autores, é necessário identificar as especificações, necessidades e exigências da comunidade envolvida com o patrimônio arqueológico para compreender os níveis necessários de informação do modelo 4D, e assim determinar o material e as tecnologias

ideais a serem utilizadas nas diferentes escalas do patrimônio, bem como os requisitos de gerenciamento e visualização de dados.

Observa-se, assim, que as tecnologias 3D (e 4D) são utilizadas em pelo menos três momentos da pesquisa arqueológica: primeiramente, na captação de imagens de sítios, monumentos e artefatos arqueológicos; em segundo lugar, no tratamento dessas imagens e em sua interpretação – esta, no caso de grafismos de artefatos e monumentos e das pinturas rupestres; e, finalmente, na produção de exposições e outras formas de conservação e divulgação do patrimônio cultural em ambiente digital e virtual. Neste trabalho, ater-se-á ao segundo momento, como veremos a seguir.

4. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos foram adotados em função do objetivo principal do presente trabalho, que é testar o uso de softwares de produção de imagens 3D em fotografias e imagens vetorizadas de pinturas rupestres, tomando o sítio GO-Cp-16 de Palestina de Goiás como fonte de imagens para os testes. A finalidade dos testes é verificar se a produção de imagens 3D facilita ou aumenta a percepção e a qualidade da análise e das figuras rupestres, outrora analisadas apenas sob a perspectiva bidimensional.

Primeiramente, realizou-se o levantamento bibliográfico, que teve dois objetivos iniciais específicos. O primeiro objetivo foi o de mapear as técnicas de visualização do registro arqueológico, em específico as aplicadas ao estudo da arte rupestre. Esse mapeamento está voltado, em grande parte, para as técnicas de visualização que fazem uso de softwares 3D em imagens computacionais, segundo a perspectiva traçada. O segundo foi o de buscar um aparato teórico-metodológico que amparasse o uso de tecnologias 3D como ferramenta de suporte à captação, leitura, análise e interpretação de imagens rupestres. As palavras-chave utilizadas nos portais de busca foram, isoladas e combinadamente: pinturas rupestres; imagens 3D; pinturas rupestres, imagens 3D (busca truncada); rock art; 3D images/3D imaging; archaeology, 3D (busca truncada); rock art, 3D (busca truncada).

As buscas por literatura no ambiente virtual foram realizadas nos portais de pesquisa Google Acadêmico e Portal CAPES de Periódicos. As buscas em ambos portais se

mostraram necessariamente complementares: enquanto o Google Acadêmico oferecia todo tipo de literatura científica (ou que se propõe como tal) disponível na Internet no mundo, o Portal CAPES permitia tanto a busca como o acesso a artigos que, pelo Google Acadêmico, têm seu acesso pago, mas que, no entanto, para alunos e ex-alunos de algumas universidades brasileiras, o acesso é gratuito. O Portal CAPES também possui filtros para busca de literatura que não estão disponíveis no Google Acadêmico, que se atêm apenas a idioma e ano (ou intervalo de anos). No Portal CAPES, além dessas opções, é possível filtrar a literatura para apenas periódicos revisados por pares, o que foi a escolha deste autor para o presente trabalho.

Durante a busca, foi possível constatar que maioria dos trabalhos que tratam de Palestina de Goiás e do Centro-Oeste brasileiro aplicáveis a este trabalho não se encontram publicados em periódicos, mas estão restritos a bancos de teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e livros impressos.

Quanto à avaliação dos artigos científicos, percebeu-se que a demanda reprimida por publicações com ênfase no uso das tecnologias digitais em estudos arqueológicos foi tão grande na última década que dois periódicos surgiram nos anos recentes: o primeiro foi o *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, da casa editora Elsevier. De acesso pago, foi criado no ano de 2014, tendo apenas um volume lançado por ano até 2016, passando a dois volumes em 2017 e 2018 e a quatro volumes anuais a partir de 2019 até o presente, estando no 21º volume publicado. Mesmo sendo pago, o acesso aos artigos do periódico foi tão grande que rapidamente ele adentrou o ranking dos 20 periódicos de maior impacto global (mundial) em Arqueologia do Google Acadêmico Metrics, estando hoje na 17ª posição². Entretanto, seu acesso não está incluído no portfólio de periódicos disponibilizados no Portal de Periódicos da CAPES, pelo que não se obteve acesso integral aos artigos de aparente interesse pelos títulos encontrados – isso também deve ser a razão de

² Para conferir o ranking dos periódicos de maior impacto global em arqueologia segundo o algoritmo do Google Acadêmico, acesse: https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues&hl=en&vq=soc_archaeology. Acesso em: 06 de abril, 2021.

não integrar a lista de periódicos Qualis CAPES, nem do quadriênio 2013-2016³, nem do recém-lançado Novo Qualis Periódicos da CAPES 2021⁴.

Outro periódico recém criado é o Virtual Archaeology Review, o periódico oficial da Sociedade Espanhola de Arqueologia Virtual. Lançado no ano de 2010 e de acesso livre, o periódico lança um volume anual com duas edições (exceto pelo ano de 2012, em que houve três edições), estando hoje em seu 12º volume com a edição de número 24. Cabe mencionar que a mesma sociedade dispõe de um campus internacional com cursos de arqueologia virtual e patrimônio cultural em que oferece cursos de especialização e mestrado em Arqueologia Virtual.

O Quadro 2 a seguir lista os achados da pesquisa bibliográfica de acordo com alguns dos critérios mencionados:

Quadro 2: Artigos científicos referidos na presente pesquisa: autor(es), ano, software(s), periódico e classificação dos periódicos no Google Scholar Metrics (para língua inglesa, com fator de impacto “h-5” e posição no ranking) e no Qualis CAPES (triênio 2013-2016 ou ano de 2021).

Autor(es)	Ano	Software(s)	Artefato(s)	Periódico	Classificação Google Acadêmico (h-5; posição em 2021) Qualis CAPES (2013-2016; 2021)
Rohith <i>et al.</i>	2013	Não especificados; apenas os métodos estatísticos	Objetos de escultura em pedra e vasos de cerâmica	ACM Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)	NC / A1 (2021)
Siotto <i>et al.</i>	2015	MeshLab e Blender	Sarcófago de mármore policromado	ACM Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)	NC / A1 (2021)
Acevedo e Franco	2012	DStretch-ImageJ	Pinturas rupestres	Comechingonia Virtual	NC / NC

³ Para consultar o ranking da Qualis CAPES, triênio 2013-2016, acesse: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>. Acesso em: 28 de agosto, 2021.

⁴ Para consultar o ranking do Novo Qualis CAPES 2021, acesse: <https://www.pppe.ufc.br/ppge/wp-content/uploads/2021/03/Qualis-novos.pdf>. Acesso em: 28 de agosto, 2021.

Autor(es)	Ano	Software(s)	Artefato(s)	Periódico	Classificação Google Acadêmico (h-5; posição em 2021) Qualis CAPES (2013-2016; 2021)
Ramírez-Sánchez <i>et al.</i>	2014	Autodesk 123D Catch	Artefatos em pedra, bronze e argila	El profesional de la información	NC / NC
Resco <i>et al.</i>	2018	Agisoft Photoscan Standard; MeshLab; Blender	Monumentos em pedra	Estoa	NC / NC
Verhoeff	2016	Não especificados	Cavernas, painéis e pinturas rupestres	Espacio, Tiempo y Forma	NC / B1 (2021)
Feruglio <i>et al.</i>	2019	Não especificados	Pinturas rupestres	Journal of Anthropological Archaeology	22; 13º / A1 (2013-2016)
González-Aguilera <i>et al.</i>	2011	Não especificados; apenas os métodos estatísticos	Painéis de pinturas rupestres	Journal of Archaeological Science	42; 1º / A1 (2013-2016)
López <i>et al.</i>	2018	DStretch	Painéis e pinturas rupestres	Les nouvelles de l'archéologie	NC / NC
Barmpoutis <i>et al.</i>	2010	Não especificados; apenas os métodos estatísticos	Inscrições textuais em pedra (calcário), textos antigos, letras	Machine Vision and Applications	NC / A2 (2021)
Brahic	2013	Não especificados; software experimental de laboratório universitário chamado apenas de "sistema"	Painéis rupestres	New Scientist	NC / B4 (2021)
Marsicano <i>et al.</i>	2017	Blender e ZBrush	Estruturas arquitetônicas de tijolos e estátuas de mármore	Studies in Digital Heritage	NC / NC
De Luca <i>et al.</i>	2013	Blender, GIMP e CityEngine	Sítio arqueológico urbano, monumentos e peças de cerâmica	Storicamente	NC / NC

Autor(es)	Ano	Software(s)	Artefato(s)	Periódico	Classificação Google Acadêmico (h-5; posição em 2021) Qualis CAPES (2013-2016; 2021)
Capra <i>et al.</i>	2015	Agisoft Photoscan	Ânfora de material não especificado (em	The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing	39; 9° (subcat. Sensoriamento Remoto, cat.
			ambiente submarino)	and Spatial Information Sciences	Eng. e Ciência. da Computação) / B4 (2021)
Rodríguez-Gonzálvez <i>et al.</i>	2017	Elencam os softwares de cada etapa que antecede o tratamento e a produção de imagens 3D e 4D. Artigo de referência.	Artefatos, estruturas arquitetônicas, sítios arqueológicos urbanos e rurais	The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	Idem
Tejeda-Sánchez <i>et al.</i>	2018	Agisoft Photoscan e CloudCompare	Sítio e monumentos arqueológicos	The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	Idem
Themistocleous <i>et al.</i>	2016	Agisoft Photoscan e Autodesk Revit	Estrutura arquitetônica	The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	Idem
Torres-Martínez <i>et al.</i>	2015	Não especificados; apenas os métodos estatísticos	Sítio arqueológico	The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	Idem
Antón <i>et al.</i>	2012	PhotoModeler 3D Scanner	Painel rupestre	Virtual Archaeology Review	NC / NC
Bentini <i>et al.</i>	2012	Blender	Sítio arqueológico urbano, monumentos e peças de cerâmica	Virtual Archaeology Review	NC / NC

Autor(es)	Ano	Software(s)	Artefato (s)	Periódico	Classificação Google Acadêmico (h-5; posição em 2021) Qualis CAPES (2013-2016; 2021)
Climent e Serrano	2014	Blender	Artefatos de cerâmica	Virtual Archaeology Review	NC / NC
Esclapés <i>et al.</i>	2013	Agisoft Photoscan, Blender	Sítio arqueológico, ossos/fragmentos de ossos e de esqueletos humanos	Virtual Archaeology Review	NC / NC

Fonte: Organizado pelo autor. (NC: Não classificado.)

Durante o passo a passo metodológico, assumimos que pesquisa bibliográfica demonstrou que existe utilização crescente de tecnologias 3D para a conservação ex situ de sítios e artefatos arqueológicos, isto é, de parte do que se chama de patrimônio cultural, estendendo-se para tecnologias 4D com as animações. Essas tecnologias são aplicadas à captação, ao armazenamento e ao processamento ou tratamento digital das imagens, seja para a realização de estudos científicos, seja para a divulgação do patrimônio imagético. Entretanto, essa abordagem ainda é incipiente na pesquisa arqueológica brasileira, como se vê pela aparente ausência de publicações brasileiras em periódicos revisados por pares, tanto quanto pela não inclusão de periódicos relacionados ao tema na mais recente classificação de periódicos da CAPES (Qualis Periódicos 2021). Cabe destacar que dois periódicos de importância para a Arqueologia e classificados como A1 no ranking Qualis CAPES do triênio 2013-2016 nem aparecem na listagem do Novo Qualis Periódicos 2021, embora ainda continuem bem ranqueados no Google Scholar, como se vê no quadro acima.

A partir da bibliografia, foram identificados os softwares utilizados na geração de imagens 3D em estudos arqueológicos, desde o momento da captação das imagens até seu tratamento computacional, suas principais funcionalidades e diferenciais técnicos, e a que tipo de artefato arqueológico foram aplicados. Em seguida, pesquisou-se, para cada software, sua disponibilidade no mercado e custo de acesso. depois, decidiu-se verificar o

ranqueamento dos periódicos nos portais de busca. Embora essa informação não esteja diretamente ligada às preocupações da finalidade deste trabalho, a intenção é a de demonstrar a exposição da temática na discussão acadêmica brasileira e global em termos de relevância.

No decorrer da pesquisa bibliográfica, constatou-se que as publicações em periódicos com a temática de tecnologia 3D aplicadas à Arqueologia têm início no ano de 2010 e se tornam quantitativamente expressivas a partir do ano de 2012, com o lançamento de um periódico especificamente destinado ao assunto de virtualização do patrimônio cultural, o *Virtual Archaeology Review*. Entretanto, as publicações se distribuem por outros periódicos da temática arqueológica em geral, e, dadas as aplicações das tecnologias de captação das imagens em 3D, e não apenas das tecnologias de tratamento para tridimensionalização de imagens originalmente bidimensionais, os periódicos de sensoriamento remoto e fotogrametria também apresentam publicações na temática.

Em toda a bibliografia acessada nos periódicos, no entanto, não se encontraram trabalhos em que o uso da tecnologia 3D fosse testado para melhoramento das condições de leitura, análise e interpretação das figuras rupestres, embora houvesse menção dessa possibilidade (Gonzalez-Aguilera *et al.*, 2011), tendo seu foco mantido para ações objetivas de registro e conservação do patrimônio cultural.

Os softwares citados na literatura referida no Quadro 2 para captação de imagens em 3D e para o tratamento de imagens em 3D são elencados no Quadro 3 a seguir, com destaque para suas funções e o modo de disponibilização no mercado:

Quadro 3: Softwares citados na literatura, função e modo de disponibilização no mercado.

Software	Função	Disponibilidade/Licença
MeshLab	Produção de imagens 3D	Gratuita (Código Aberto)
Blender	Produção de imagens 3D, animação, edição de vídeos e criação de jogos de vídeo	Gratuita (Código Aberto)
DStretch-ImageJ	Tratamento de imagens 2D	Demanda Aquisição (Paga)
Autodesk 123D Catch	Produção de imagens 3D	Gratuita (Código Aberto)
Agisoft Photoscan Standard	Geração de modelo fotogramétrico	Demanda Aquisição (Paga)
ZBrush (empresa proprietária: Pixologic)	Produção de imagens 3D, animações e efeitos especiais	Demanda Aquisição (Paga)
GIMP – GNU Image Manipulation Program	Manipulação e retoque de imagens 2D	Gratuita (Código Aberto)

Software	Função	Disponibilidade/Licença
CityEngine	Reconstrução de espaços urbanos a partir de dados de SIG	Demanda Aquisição (Paga)
Autodesk Revit	Software BIM (Building Information Modeling) para arquitetura, urbanismo, engenharia e design.	Demanda Aquisição (Paga)
PhotoModeler 3D Scanner (indisponível)	Criação de modelos e medidas 3D a partir de fotografias.	Não está mais disponível no mercado; foi substituído pelo PhotoModeler Premium (pago).

Fonte: Organizado pelo autor.

Perante o quadro apresentado, podemos observar a variedade de softwares gratuitos e de acesso restrito que demandam aquisição (pagos) disponíveis no mercado e na academia para uso nas diversas etapas citadas anteriormente. Cabe destacar que a variação da escala espacial do patrimônio a ser imageado implica também na variação de dispositivos e de softwares utilizados para captação.

De posse dessas informações, partimos para os dispositivos de captação de imagens de monumentos e artefatos em escala de 1:1, já no escopo deste estudo, os quais se utilizam de softwares como o Agisoft Photoscan e o PhotoModeler 3D Scanner para captação de imagens por câmera terrestre em perspectiva tridimensional. Vemos sua utilização para captação de imagens de sítios arqueológicos nos trabalhos de Esclapéz *et al.* (2013) e de Tejada-Sánchez *et al.* (2018), para monumentos arquitetônicos e em pedra nos trabalhos de Themistocleous *et al.* (2016) e de Resco *et al.* (2018), para painel rupestre em Antón *et al.* (2012), para uma ânfora em Capra *et al.* (2015) e para ossos, fragmentos de ossos e esqueletos humanos em Esclápez *et al.* (2013). Uma síntese das geotecnologias de captação de imagem e seu uso de acordo com a escala de trabalho pode ser encontrada no artigo de referência de Rodríguez-González *et al.* (2017).

Em suma, temos os softwares de reconstrução e modelagem 3D de sítios, monumentos e artefatos arqueológicos, isto é, os softwares de tratamento de imagens, que, à exceção do Agisoft Photoscan e do PhotoModeler 3D Scanner, são todos os demais elencados no Quadro 5. Os softwares City Engine e Autodesk Revit, por suas funcionalidades, são utilizados para reconstrução de espaços urbanos, arquitetura, engenharia e design (DE LUCA *et al.*, 2013; THEMISTOCLEOUS *et al.*, 2016), enquanto que MeshLab, Blender, DStretch-ImageJ, Autodesk 123D Catch, ZBrush e GIMP destinam-se ao tratamento de imagens de monumentos arqueológicos e arquitetônicos (RESCO *et al.*,

2018; DE LUCA *et al.*, 2013; BENTINI *et al.*, 2012; MARISCANO *et al.*, 2017), artefatos líticos, cerâmicos, metálicos, esqueletos, ossos e afins (SIOTTO *et al.*, 2015; RAMÍREZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2014; MARISCANO *et al.*, 2017; DE LUCA *et al.*, 2013; BENTINI *et al.*, 2012; CLIMENT & SERRANO, 2014; ESCLAPÉZ *et al.*, 2013) e de painéis e pinturas rupestres (ACEVEDO & FRANCO, 2012; ANTÓN *et al.*, 2012; LÓPEZ *et al.*, 2018).

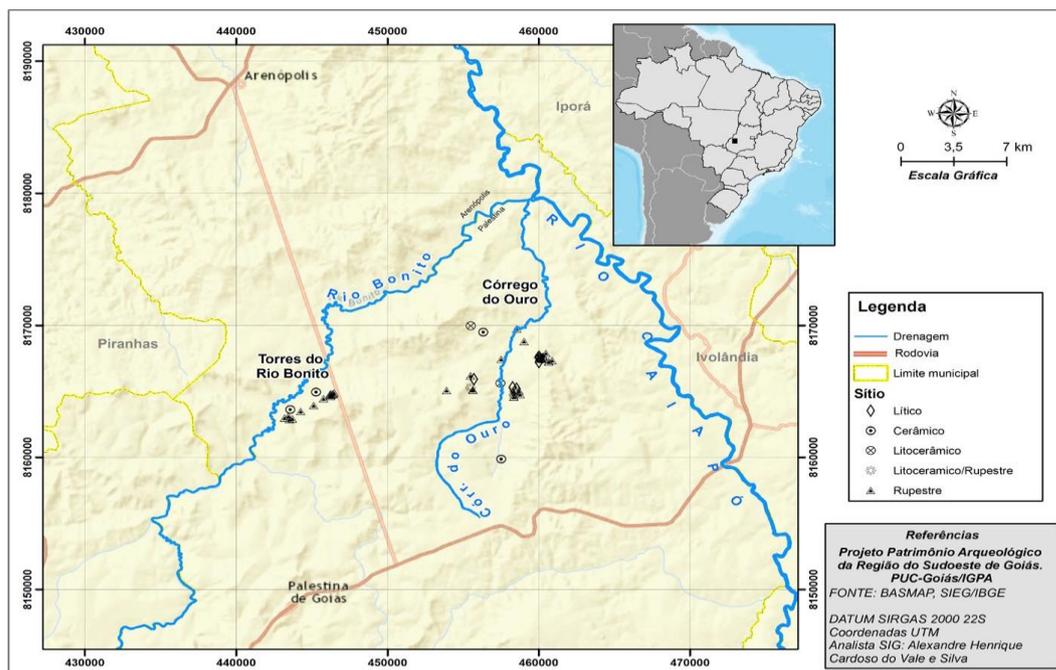
Outra constatação da revisão bibliográfica é a de que o uso das tecnologias tridimensionais não se utiliza ainda de modelagens digitais em 3D para a análise e interpretação de pinturas rupestres em si, mas apenas para seu registro, armazenagem e divulgação, embora, com os resultados preliminares do presente trabalho, mostre-se esta uma aplicação promissora.

5. ÁREA DE ESTUDO

Os primeiros estudos sistemáticos da arte rupestre no Centro-Oeste brasileiro foram conduzidos pelos programas arqueológicos de Goiás e do Mato Grosso do Sul, na década de 1970 (SCHMITZ *et al.*, 1986). Cabe ressaltar que, pela época de realização dos estudos, o material produzido desenvolveu-se sob uma perspectiva histórico-culturalista.

De acordo com os estudos de Binant *et al.* (2018), os primeiros esforços de pesquisa em Caiapônia desenvolveram-se nos anos 1979 e 1981, por meio do Projeto Alto Araguaia, que fazia parte do chamado Programa Arqueológico de Goiás (PAG), até então liderado por Pedro Ignácio Schmitz. O projeto foi uma iniciativa conjunta da Universidade Vale do Rio dos Sinos e da PUC-Goiás (antiga UCG). Depois, o Projeto Alto Araguaia foi separado do Projeto Caiapônia, que tinha como objeto de estudo a grande região arqueológica de Caiapônia. Durante este estudo foram levantados 42 sítios, dos quais 28 estão em paredões que apresentam pinturas e/ou gravuras. A cronologia dos sítios teve a as datações associadas ao Holoceno médio até o Holoceno recente (900 até cerca de 4 mil anos antes do presente). A Figura 1 introduz a localização da área de estudo:

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: Extraído de Binant *et al.* (2018)

Binant *et al.* (2018) dividem os estudos arqueológicos de Caiapônia em 3 etapas.

Na primeira etapa os trabalhos foram coordenados pelo professor Schmitz e sua equipe, concentrados no ano 1986. No que diz respeito à arte rupestre, destacam-se a qualidade e quantidade da documentação produzida, o estudo quantitativo dos grafismos e as primeiras tentativas de interpretação das representações. Em laboratório, os plásticos decalcados foram fotografados. É importante ressaltar que na época não existia ainda a tecnologia digital, e que as imagens foram copiadas em papel vegetal.

A segunda etapa dos estudos se deu no período de 2009 a 2012. Esta fase se inicia com a inauguração do curso de arqueologia da hoje PUC-Goiás, com visitas a alguns dos sítios rupestres, em especial àqueles situados na bacia do Córrego do Ouro, onde foram registradas as tomadas de referência dos sítios por GPS e realizadas as primeiras observações quanto ao estado de conservação dos grafismos, com a proposição de medidas básicas de conservação.

A terceira etapa da pesquisa em Caiapônia, que teve início em 2012 e se estende até o momento, foi desenvolvida por uma equipe da mesma universidade mais ampliada e focada, num primeiro momento, em revisar e organizar, de forma sistemática, o conjunto

documental de arte rupestre acervada. Essa atividade tem proporcionado a base para o desenvolvimento das ações em curso, relativas à atualização dos dados e ao desenvolvimento de novas frentes de estudo.

As manifestações rupestres de Caiapônia são distintas das demais regiões do Estado de Goiás, como as do complexo rupestre de Serranópolis (SCHMITZ *et al.* 2004, *apud* BINANT *et al.*, 2018) ou as de Formosa (SCHMITZ *et al.* 1984, *apud* BINANT *et al.*, *op. cit.*). O estilo Caiapônia caracteriza-se por representações em que o movimento, a criatividade e a liberdade são tematizadas, características próprias da Tradição Planalto, apresentadas por Prous (1992) (GUIMARÃES, 2011). O Quadro 4 sintetiza as tradições existentes no Estado de Goiás no Pleistoceno Final:

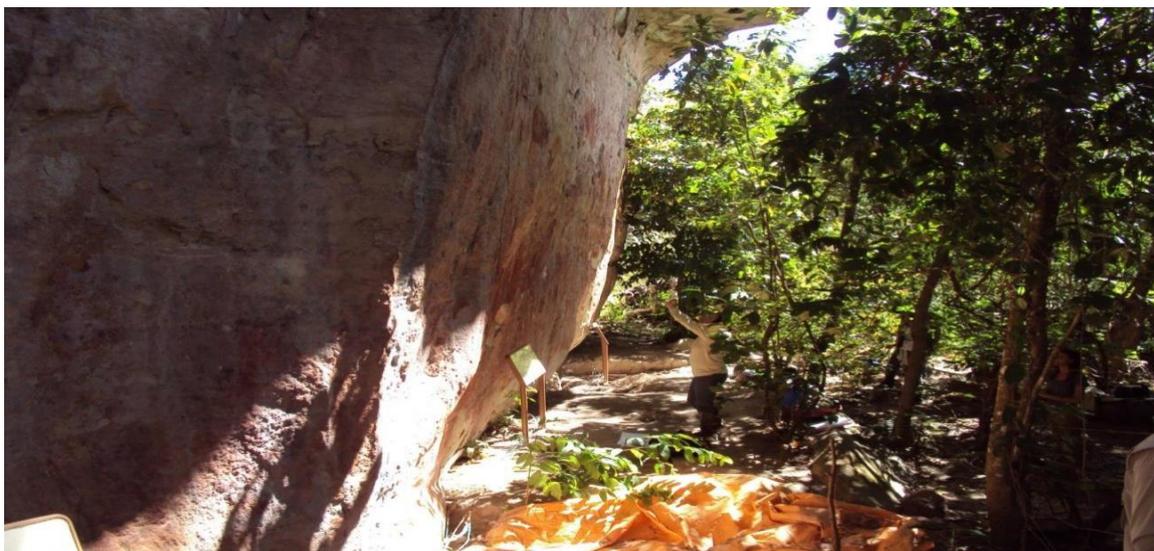
Quadro 4: Sistematização das tradições existentes para a indústria lítica e para a arte rupestre no estado de Goiás, no início do Holoceno (Pleistoceno Final).

Complexo Arqueológico	Indústria Lítica	Arte Rupestre
Caiapônia (GO)	Itaparica/Paranaíba	Tradição Planalto/Estilo Caiapônia
Serranópolis (GO)	Itaparica/Paranaíba	Tradição Planalto/Estilo Caiapônia

Fonte: Adaptado de Guimarães (2011)

O complexo arqueológico de Palestina foi inicialmente estudado no âmbito do Programa Arqueológico de Goiás. A área do complexo arqueológico de Palestina está situada entre 16°30' e 16°40' de latitude sul e 51°40' e 51°20' de longitude oeste, e no relatório final Schmitz *et al.* (1986) pode ser encontrada toda a documentação, bem como a reprodução dos painéis, croquis dos sítios, vistas dos blocos e toda a documentação adicional produzida (SCHMITZ, 1986) O sítio arqueológico GO-Cp-16 está situado na região arqueológica de Palestina de Goiás, na região da bacia hidrográfica do Rio Bonito, um tributário do rio Caiapó, sendo que este deságua no rio Araguaia, pertencente à bacia amazônica do Brasil (SCHMITZ *et al.*, 1986, *apud* BEBER, 1997). O mapa a seguir apresenta a localização dos sítios arqueológicos em Palestina de Goiás (Figura 2):

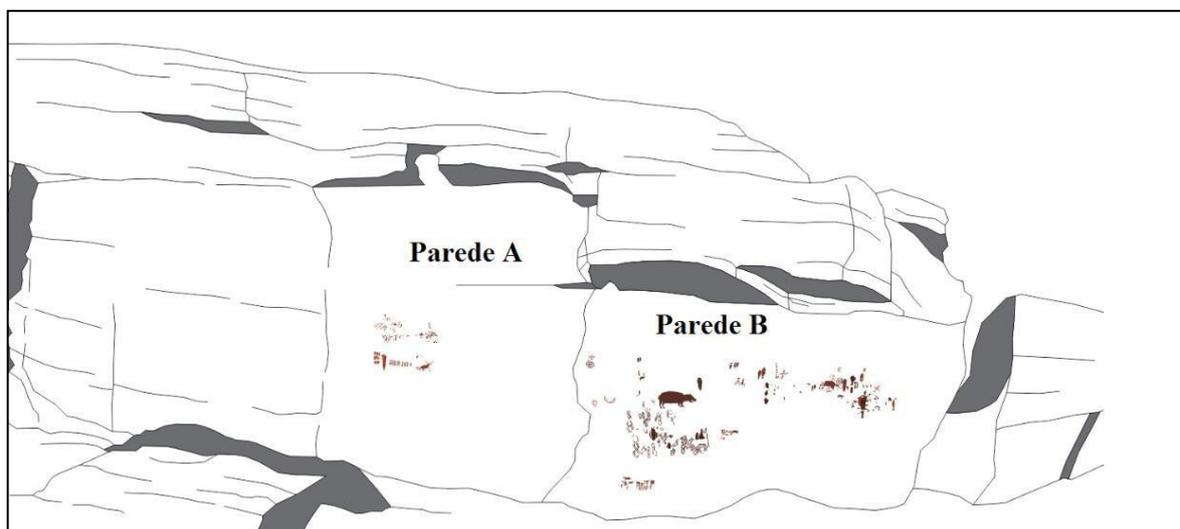
Figura 3: Paredão do Sítio GO-Cp-16



Fonte: Foto Mariza de Oliveira Barbosa (PUC-GO).

O bloco arenítico apresenta duas paredes com as manifestações rupestres, a que Pereira (2017) chamou de paredes A e B. A parede B é mais baixa e concentra a maior parte das figuras conforme se observa na Figura 4 a seguir:

Figura 4: Posição dos paredões A e B em relação ao bloco arenítico do sítio GO-Cp-16.

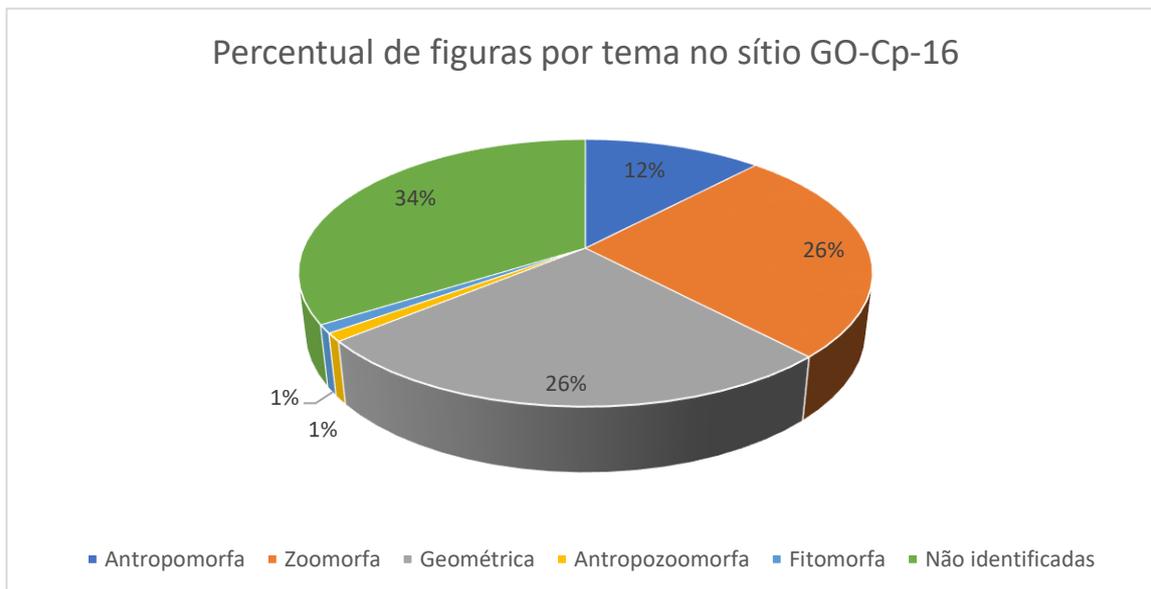


Fonte: Pereira (2017).

As pinturas levantadas nos paredões foram classificadas em 6 tipos quanto à forma ou tema, quais sejam, antropomorfas, zoomorfas, geométricas, antropozoomorfas, fitomorfas e de formas não identificadas. A Figura 5 a seguir quantifica a distribuição dessas

figuras no bloco arenítico:

Figura 5: Gráfico de percentual de figuras encontradas no sítio GO-Cp-16 por tema.

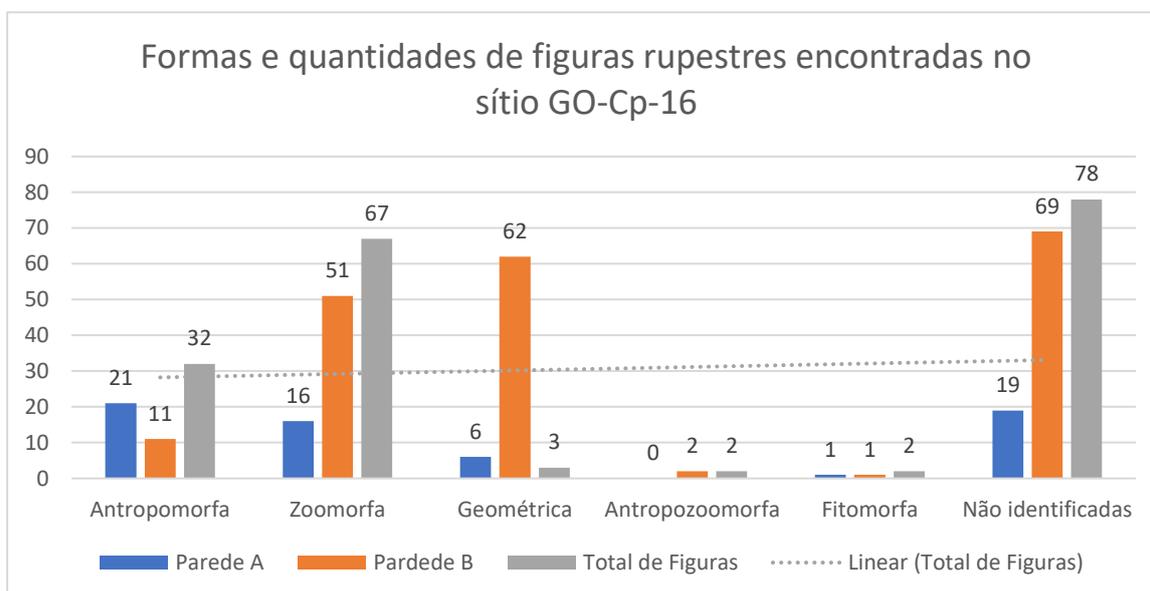


Fonte: Elaborado e organizado pelo autor, a partir dos dados apresentados por Pereira (2017).

Observa-se o predomínio de figuras não identificadas (34%), seguido de figuras geométricas (26%), figuras zoomorfas (26%) e figuras antropomorfas (12%), mantendo o percentual de baixa representatividade tanto para as figuras antropozoomorfas (1%) quanto para as fitomorfas (1%).

Como desdobramento, a figura 6 a seguir ilustra a quantidade de figuras por tema distribuída entre os paredões A e B:

Figura 6: Gráfico de quantitativo de figuras encontradas nas paredes A e B do sítio GO-Cp-16 por tema.

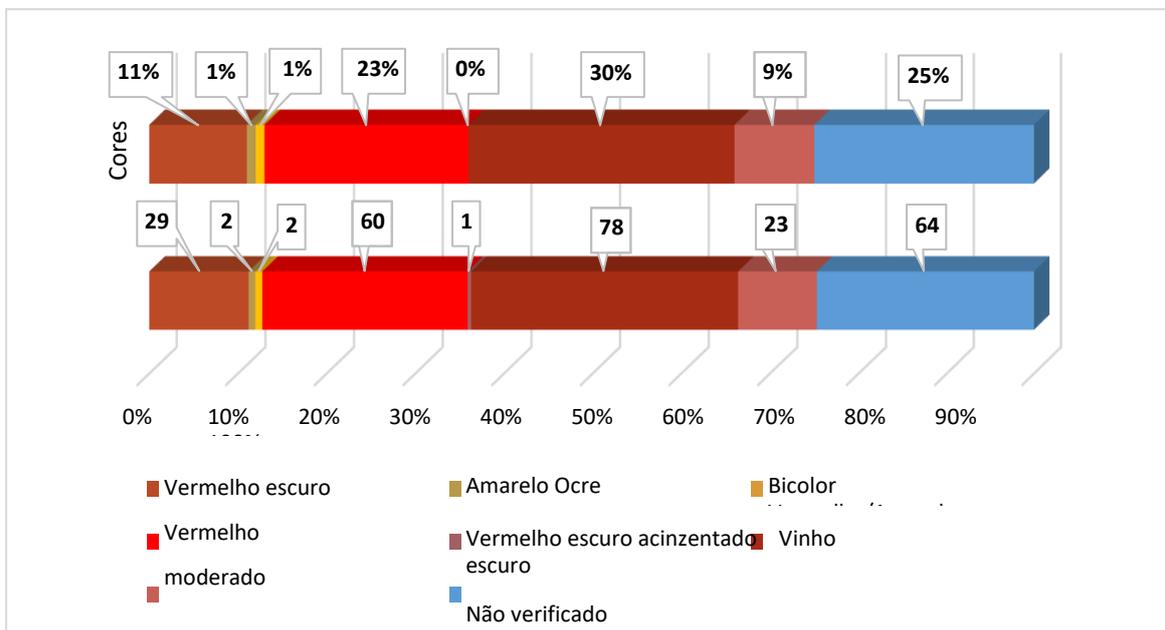


Fonte: Elaborado e organizado pelo autor, a partir dos dados apresentados por Pereira (2017)

A Figura 6 mostra que o quantitativo de figuras no paredão B é bem maior que o do paredão A. Observa-se o predomínio de figuras não identificadas no Paredão B, seguido de figuras geométricas e zoomorfas e um número proporcionalmente bastante reduzido de figuras antropomorfas. Já no paredão A, predominam as figuras antropomorfas, seguidas das não identificadas, das zoomorfas e, em quantidade bem reduzida, as figuras geométricas. Ambas as paredes apresentaram uma quantidade nula ou pouco representativa de figuras antropozoomorfas e fitomorfas.

No abrigo, predominam as variações de vermelho, com poucas manifestações de tons de marrom e amarelo. As constatações destas variações se resumem na figura 7 a seguir:

Figura 7: Gráfico de tons cromáticos, percentual de cores e quantidade de figuras com respectivas cores.



Fonte: Elaborado a partir de Pereira (2017)

A observância das características das pinturas rupestres do sítio GO-Cp-16 se faz importante etapa preliminar de entendimento para a consecução dos tratamentos digitais das imagens, a fim de que estes não as descaracterizem quando dos procedimentos de melhoramento de brilho, contraste e nitidez, bem como dos posteriores tratamentos de textura e refinamento pós-modelagem 3D.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentaremos os resultados dos testes de aplicação das tecnologias 3D a partir de um conjunto de softwares selecionados para tratamento e produção de imagens tridimensionais de figuras rupestres destacadas do sítio GO-Cp-16 de Palestina de Goiás, e avaliaremos tanto o desempenho dos softwares utilizados segundo suas funcionalidades quanto as percepções emanadas das figuras a partir de sua manipulação digital. Será ainda documentada e analisada a produção final das figuras 3D e o desempenho dos softwares escolhidos para esse experimento.

6.1 Softwares para tratamento de imagens e modelagem 3D

Os softwares para tratamento de imagens possuem as mesmas funcionalidades básicas, que são, a partir de uma imagem bidimensional – seja ela um desenho ou uma fotografia –, realizar ajustes de contraste, nitidez e brilho, e também definição e/ou ajustes de forma. Exceto o DStretch, todos os demais têm ferramenta de vetorização. Alguns deles são Plugins de softwares maiores ou, sendo eles mesmos os softwares principais, possuem Plugins que permitem sua interação. Na informática, define-se Plugin como todo programa, ferramenta ou extensão que se encaixa em outro programa principal para adicionar mais funções e recursos a ele (PRADA, 2008).

A seguir, apresentamos os softwares levantados na revisão bibliográfica e os que foram aplicados neste trabalho, gostaria de citar que nem todos softwares estudados e levantados neste trabalho foram usados para os testes, doravante foram separados em duas categorias: softwares estritos de tratamento de imagens, e softwares de modelagem em 3D. Embora os softwares de modelagem em 3D também tratem as imagens, a separação é aqui realizada para que se identifique quais dos softwares podem modelar e tratar objetos em três dimensões.

6.1.1 Softwares para tratamento de imagens

6.1.1.1 DStretch

O DStretch⁵ é um plug-in pago (de acesso restrito) desenvolvido para o programa ImageJ, de domínio público (isto é, de acesso gratuito), que está disponível para os sistemas Windows e Android. Roda em sistema Java e destina-se ao tratamento de imagens fotográficas. O DStretch pode ser usado sozinho para o melhoramento de imagens ou associado ao ImageJ, que possui as mesmas funções de forma ampliada e ao qual se ajustam outros plugins que, como é característico dos softwares de acesso livre ou gratuito (“softwares livres”). Na Arqueologia, constata-se a ampla utilização do DStretch para tratamento de fotografias de pinturas rupestres, com o fim de restaurar ou destacar em meio digital a informação de pinturas que estão desbotadas, danificadas em seu contorno ou em

⁵ Página de acesso ao plugin na Internet: <<https://www.dstretch.com/>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

seu conjunto por ação de intempéries, da ação biológica ou de ações depredatórias, como se observa em Acevedo e Franco (2012) e López et al. (2018). Ao mesmo tempo que é um Plugin de fácil manipulação, limita-se a tratamentos simplificados de imagens 2D.

6.1.1.2 Adobe Photoshop

O Adobe Photoshop⁶ é um software profissional de arte gráfica focado em edição e tratamento de imagens 2D matriciais, sejam elas desenhos ou fotos. Bastante popular, também produz animações, mas não realiza modelagem 3D – apenas realiza simulações com jogos de luz e sombra. Bastante sofisticado, roda nas plataformas Windows, MacOS e Linux. Embora tenha potencial de uso aplicado ao tratamento de imagens na Arqueologia, não observamos menção de seu uso na bibliografia levantada.

6.1.1.3 Adobe Illustrator

O Adobe Illustrator⁷ é semelhante ao Adobe Photoshop, porém mais simples e para realização de arte gráfica focada em imagens vetorizadas (e, portanto, bidimensionais). Por essa razão, não suporta imagens matriciais tão pesadas como o Photoshop, embora as aceite, porém, por trabalhar com imagens vetorizadas, não perde a qualidade da imagem quando ela é mudada em diferentes tamanhos. Considerando que o Photoshop é para imagens matriciais e o Illustrator, para imagens vetoriais, os programas podem ser usados complementarmente. Não foi encontrada bibliografia que se utilizasse do software (ou da combinação dos dois softwares) para vetorização ou tratamento de imagens rupestres ou qualquer outra aplicação à Arqueologia, mas fica em aberto o potencial de teste/utilização dos dois programas. Roda nas plataformas Windows, MacOS e Linux.

6.1.1.4 Adobe Substance Painter

⁶ Página de acesso ao software na Internet:

<https://www.adobe.com/br/products/photoshop.html?sdid=KQPOM&mv=search&ef_id=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp4MXB1Lv8rgV8_KRljoemcfGrAUrUyjDCAZK-jXedgZxhc4WAI80oRoCho8QAvD_BwE:G:s&s_kwid=AL!3085!3!473120541798!e!!g!!adobe%20photoshop!188192502!10077842982&gclid=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp4MXB1Lv8rgV8_KRljoemcfGrAUrUyjDCAZK-jXedgZxhc4WAI80oRoCho8QAvD_BwE>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

⁷ Página de acesso ao software na Internet:

<https://www.adobe.com/br/products/illustrator.html?sdid=KQPNY&mv=search&ef_id=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp9F7RciFjFda2-knzHxGEv-CHuF5S7FqVd5qU1NzrhQfWRa-wpBc1RoC9UsQAvD_BwE:G:s&s_kwid=AL!3085!3!470955336924!e!!g!!adobe%20illustrator!188190582!10348310163&gclid=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp9F7RciFjFda2-knzHxGEv-CHuF5S7FqVd5qU1NzrhQfWRa-wpBc1RoC9UsQAvD_BwE>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

O Adobe Substance Painter⁸ é um software de tratamento de imagens já produzidas em 3D, com a proposta de conferir a elas perspectivas realistas. Extremamente sofisticado e com ferramentas de destaque para criação e/ou tratamento de texturas de imagens 3D, parece ser uma proposta interessante para se testar no uso de imagens 3D para conservação ex situ de artefatos arqueológicos. Disponível para Windows e MacOS.

6.1.1.5 GIMP: GNU Image Manipulation Program

O GIMP⁹ é um software livre de tratamento e edição de imagens raster, com funções secundárias para imagens vetorizadas. De Luca *et al.* (2013) indicaram sua utilização no processamento de textura e na adaptação destas a malhas 3D, para elaboração de cenários a partir de imagens pré-produzidas e tratadas de um sítio arqueológico. Opera em Windows e Linux.

6.1.2 Softwares para modelagem 3D

6.1.2.1 MeshLab

O MeshLab¹⁰ é um sistema de processamento de malhas 3D triangulares dedicado ao gerenciamento de malhas grandes não estruturadas, como aquelas produzidas por filmagens ou séries de fotografias de diferentes ângulos do mesmo objeto. Possui ferramentas para edição, limpeza, reparo, inspeção, renderização, textura e conversão de malhas. Em síntese, é um software para tratamento de imagens 3D muito grandes, isto é, com muita informação computacional. Oferece recursos para o processamento de dados brutos produzidos por ferramentas/dispositivos de digitalização 3D e para a preparação de modelos para impressão 3D. Por essas características, sua utilização na Arqueologia se aplica ao tratamento de imagens 3D escaneadas a partir de monumentos (RESCO *et al.*, 2018) e outros artefatos de grande dimensão, como sarcófagos (SIOTTO *et al.*, 2015). O software opera em Windows, MacOS e Linux.

⁸ Página de acesso ao software na Internet: <<https://www.substance3d.com/products/substance-painter>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

⁹ Página de acesso ao software na Internet: <<https://www.gimp.org/>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

¹⁰ Página de acesso ao software na internet: <<https://www.meshlab.net/>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

6.1.2.2 Blender

O Blender¹¹ é um software livre para modelagem, animação, texturização, composição renderização e edição de vídeo em 3D. Opera em Windows, MacOS e Linux. Por ser de acesso gratuito e apresentar um amplo repertório de ferramentas, é bastante utilizado na Arqueologia em projetos de conservação ex situ de sítios, monumentos e artefatos arqueológicos (SIOTTO *et al.*, 2015; RESCO *et al.*, 2018; MARSICANO *et al.*, 2017; DE LUCA *et al.*, 2013; BENTINI *et al.*, 2013; CLIMENT & SERRANO, 2014).

6.1.2.3 Autodesk Maya

O Autodesk Maya¹² é um software de modelagem 3D, animação e efeitos especiais utilizado na indústria de cinema e TV, no desenvolvimento de jogos e de consoles. É um software de propriedade privada disponível para Windows, MacOS e Lynux. Por seu potencial de uso, pode ser explorado em projetos de conservação arqueológica ex situ, embora não se tenham encontrado publicações com sua utilização durante a revisão da literatura do presente trabalho.

6.1.2.4 ZBrush

O Pixologic ZBrush¹³ é um software de modelagem 3D de alta sofisticação utilizado em produção de filmes, personagens e jogos, que opera em MacOS e Windows. É hoje o software mais utilizado na produção cinematográfica para filmes em 3D e em 4D. Marsicano *et al.* (2017) o utilizaram em combinação com o Blender, aplicando o Blender à modelagem da paisagem e das estruturas arquitetônicas, e o ZBrush, para modelar estátuas.

É importante frisar que estes são apenas alguns dos softwares livres e pagos disponíveis para modelagem e edição de imagens 3D no mercado, havendo ainda muitos outros conhecidos e utilizados por profissionais como o Modo (Luxory) e o Autodesk 3D Studio Max. A escolha pela utilização de um ou mais softwares no tratamento e análise de imagens rupestres e outros artefatos arqueológicos se dará, diante dos objetivos de cada trabalho, em função das funcionalidades disponíveis, custo de acesso, facilidade de uso e

¹¹ Página de acesso ao software na Internet: <<https://www.blender.org/>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

¹² Página de acesso ao Software na internet: <<https://www.autodesk.com.br/products/maya/features>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

¹³ Página do software na Internet: <<https://pixologic.com/>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

integração com outros softwares, pelo que pudemos observar nos trabalhos lidos e nas características de cada software levantadas em suas páginas de apresentação na Internet.

Depois, foram selecionadas imagens fotográficas e desenhos vetorizados das figuras rupestres do sítio GO-Cp-16. As imagens selecionadas foram resgatadas de um banco de dados preexistente, composto de várias fontes, quais sejam, fotografias do acervo pessoal de professores do IGPA, da PUC Goiás, e fotografias e imagens vetorizadas dos trabalhos de Pereira (2017). As imagens são compostas tanto de desenhos isolados como de cenas que agregam vários desenhos, em busca de testar as possibilidades de melhoramento das interpretações a elas inicialmente conferidas por esses trabalhos.

Em seguida, selecionou-se o rol de softwares a que as imagens seriam submetidas a tratamento, quais sejam: o Adobe Illustrator (doravante Illustrator), o ZBrush, o Substance Painter e o Autodesk Maya (doravante Maya). É importante frisar que, embora a literatura apresente apenas uma pequena amostra do rol de softwares de tratamento de imagens e produção de imagens em 3D disponíveis no mercado, a seleção de softwares para utilização no presente trabalho se deu mais em função do acesso aos softwares disponíveis para uso deste autor durante o curso de Design Gráfico realizado junto à escola Saga Criativa, que inclui um repertório mais amplo de softwares do que os listados a partir da literatura e inclui o uso de softwares de acesso pago, bem como uma atualização quanto ao estado da arte dos softwares utilizados na indústria de Design Gráfico atual.

A partir deste momento, foram realizados os testes diretos nas imagens selecionadas. Os testes consistiram no tratamento das imagens para melhorar sua definição visual em termos de forma e cor por meio de ajustes de brilho e contraste, para então se começarem os testes de criação e refinamento da malha tridimensional e a projeção das figuras em três dimensões. A partir das figuras tridimensionalizadas, outras ferramentas disponíveis nos softwares foram utilizadas para isolar as figuras de cada imagem e conferir-lhes movimento, checar a profundidade entre as figuras de uma mesma cena e, assim, verificar quais dessas novas informações visuais permitiriam contribuições à interpretação das cenas visualizadas.

Os softwares selecionados para tratar e modelar figuras rupestres neste trabalho foram o Adobe Illustrator, o Auto Desk Maya, o ZBrush e o Substance Painter. A seleção se

deu em diálogo com profissionais da escola de computação gráfica Saga Criativa¹⁴, onde o autor deste trabalho teve aulas e recebeu orientação e monitoria direcionados para este fim. O diálogo aconteceu em vários momentos – desde a formação da grade específica de módulos que preparassem este autor para o presente trabalho, até a aplicação específica para a cena rupestre selecionada, já que, dado o tempo de curso ainda inicial, foi necessário buscar apoio de execução para o uso de ferramentas ainda desconhecidas dentro dos softwares indicados para as etapas de tratamento das imagens e de sua modelagem.

6.2 Procedimentos adotados neste trabalho para tratamento e modelagem em 3D de figuras rupestres

Os softwares, procedimentos e resultados alcançados são sintetizados no Quadro 5 a seguir:

Quadro 5: Procedimentos de testes para modelagem 3D das figuras e da cena rupestre.

Procedimento	Software	Resultado
1. Seleção da foto	-	-
2. Tratamento da foto (brilho, nitidez, contraste)	Illustrator	Melhoria Visual
3. Recorte de cena		Seleção do material de trabalho
4. Identificação e vetorização das figuras		Individualização das figuras
5. Simulação 3D		Registro para comparação com modelagem 3D
6. Primeira modelagem 3D	Maya	Transformação das figuras em objetos; primeira reavaliação das figuras (em relação a Pereira, 2017)
7. Seleção das características da malha de rede 3D		Atenuação das angulações
8. Testes de profundidade entre os objetos da cena		Primeira perspectiva visual de distância entre os objetos da cena
9. Teste de giro dos objetos individualizados		Percepção de movimento e de dinâmica de agregação dos objetos (Seria uma roda cerimonial?)
10. Densificação da malha de rede para refinamento da superfície (frontal e lateral) dos objetos	ZBrush	Aproximação de aspectos realistas
11. Tratamento de textura e cor de superfície	Substance Painter	Pouco efeito: objetos de coloração chapada
12. Renderização (integração de todas as camadas de informação/tratamento)	Maya	Efeito máximo de realismo conferido aos objetos e às proporções da cena

Fonte: elaborado pelo autor.

¹⁴ Website da Escola: <https://www.saga.art.br/>. Acesso em: 02 ago. 2021.

O quadro acima mostra a sequência de testes para se chegar à modelagem 3D da cena do painel rupestre selecionada para este trabalho. O primeiro software utilizado foi o Illustrator: nele foi feita a seleção da imagem por meio de um recorte e a imagem foi tratada com ajustes de brilho, nitidez e contraste. O propósito dos ajustes era o de maximizar a qualidade visual das figuras da imagem, o que consideramos ter sido muito bem sucedido. O recorte separou da cena maior um recorte de cena com as figuras a serem trabalhadas. Em seguida, foi realizada a vetorização da imagem, que significa criar uma camada digital com desenhos, a partir de pontos, linhas e polígonos (“vetores”) traçados em cima dos contornos visuais originais das figuras da cena. Logo adiante, as figuras vetorizadas foram individualizadas, para que, mais à frente, pudessem ser testados efeitos de modelagem e movimento em cada uma delas separadamente. Finalmente, foi realizada uma simulação em imagem 3D da cena, mas com aparatos visuais de imagens 2D – o que diferencia a simulação 3D da efetiva modelagem em 3D.

Na próxima etapa passamos a usar o software Auto Desk Maya, em que se realizou o primeiro processo de modelagem em 3D. Ao se tornar tridimensional, a figura passa a ser chamada de objeto. A figura se torna um objeto em 3D quando se cria uma malha de pontos conectados que, para explicar de forma mais simples, seriam semelhantes a se jogar uma rede de pesca em cima de um objeto, sendo que, ao cobri-lo, ela ganha sua forma. Assim, podemos dizer que, quanto mais densa a malha de pontos da rede, mais detalhado será o contorno da superfície do objeto que ela apresenta. Por essa razão, após a primeira modelagem “standard” (“padrão”), o próximo passo foi fazer a densificação da malha de rede 3D, com vistas a melhorar a qualidade das angulações, de forma que os objetos fiquem menos angulosos e mais arredondados. Em seguida, ainda no ambiente do Maya, partimos para o teste de profundidade entre os objetos da cena. Nesse momento obtivemos a primeira sensação de perspectiva da cena. Com essa perspectiva de profundidade e os objetos da cena individualizadas na cena, realizaram-se testes de dinâmica, realizando-se movimentações individuais dos objetos, como testes de giro. Foi a partir desse conjunto de testes que passamos a entender que a cena do paredão se trata de uma cerimônia em formato de roda, com arbustos e frutos.

O próximo passo foi transportar a cena com seus objetos para o ambiente do software ZBrush, com vistas a conferir um aspecto mais realista à cena e seus objetos: processou-se

uma densificação ainda maior da malha de rede dos objetos tridimensionalizados para se melhorar o refinamento das superfícies frontal e lateral.

Em seguida, o arquivo foi importado para o software Substance Painter, numa tentativa de promover o refinamento das variações de cor na superfície dos objetos. Entretanto, não percebemos grandes avanços no tratamento dos objetos da cena, devido ao fato de que as figuras originais tinham uma cor chapada, e que isso não muda sua transformação em objeto (3D).

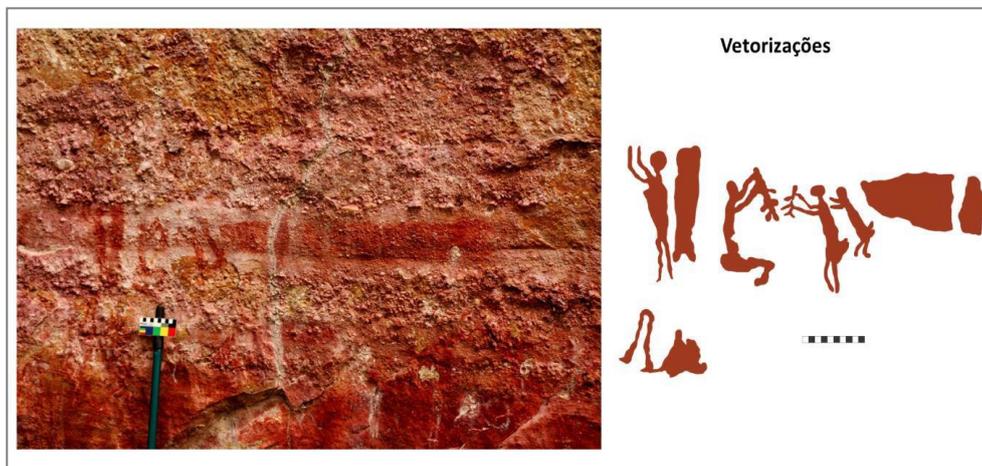
Finalmente, levamos os objetos de volta ao Auto Desk Maya para serem renderizados. Entende-se por renderização o processo de integração em um único arquivo de informação da imagem todas as camadas de informação geradas durante os procedimentos de tratamento e modelagem em 3D. Nesse momento, temos a cena e seus objetos prontos, com realismo e proporções simétricas, tornando-os apropriados para a impressão da cena em impressora 3D.

A seguir, apresentamos o passo-a passo ilustrado dos testes realizados com as ferramentas digitais disponíveis em cada software.

6.3 Aplicação dos testes de tecnologias digitais de software para produção de imagens tridimensionais de figuras rupestres: resultados deste estudo

Os testes realizados para verificar a eficiência e viabilidade do tratamento de imagens são apresentados a seguir. A imagem original selecionada para ilustrar os testes realizados por este trabalho é da autoria do Trabalho de Conclusão de Curso de Pereira (2017), como vemos na Figura 8:

Figura 8: Imagem da fotografia original do Painele 10 localizado na Parede B do sítio GO-Cp-16, acompanhada das imagens vetoriais originalmente produzidas por Pereira (2017).



Fonte: Pereira (2017)

Os testes foram realizados inicialmente sobre a imagem fotográfica. Com o Illustrator, realizaram-se ajustes do brilho, da cor e da nitidez das imagens. A Figura 9 mostra a fotografia original de Pereira (2017) tratada, com destaque para a cena a ser trabalhada nos testes do presente trabalho:

Figura 9: Fotografia tratada no Illustrator, com destaque para os elementos da cena que foram posteriormente isolados e vetorizados.



Fonte: Organizado pelo autor a partir de Pereira (2017). Foto da autoria de Murilo Gabriel Berardo (2016). Tratamento da imagem para este trabalho: crédito: Thiago Souza Galiza.

Esses ajustes visaram recuperar as imagens desgastadas pelas intempéries ou pela ação biológica e destacar a forma dos desenhos trazidos na fotografia, a fim de prepará-la para a etapa seguinte, que é a de vetorização da imagem. Nota-se que a observação direta da imagem no paredão permite um nível de leitura e interpretação muito superficial, já que cores, formas e texturas se mesclam num grande painel carregado de informações visuais. Para melhor compreensão da cena, é necessário que se apliquem as quatro etapas de análise sugeridas por Domingo *et al.* (2013), mencionada anteriormente.

A desconstrução do geral para o particular, por meio do isolamento e do tratamento das figuras isoladas, depois reagregadas até que, por fim, se recomponha a cena e que ela seja analisada em seu contexto de impressão na superfície irregular do paredão e dos blocos de rocha, é contemplada no passo-a-passo aplicado nos procedimentos ora em apresentação.

A vetorização das imagens conclui a definição das formas com a criação de polígonos (linhas) em seus limites, como vemos na Figura 10:

Figura 10: Destaque das figuras vetorizadas a partir da fotografia original.



Fonte: Pereira (2017).

No presente estudo, por razões de restrição de tempo, foram utilizadas as mesmas imagens vetoriais da Figura 4 para a produção da modelagem 3D, sendo que os passos foram descritos para a compreensão do procedimento. Aqui se conclui a preparação da imagem bidimensional para o processo de sua transformação numa imagem tridimensional.

Pereira (2017) descreve a cena como constituída por seis figuras, sendo quatro delas antropomórfas e outras duas não identificadas, com uma sétima figura mais abaixo que ela considera como “de fora da cena” e “não identificada”. Detalhando a cena da esquerda para a direita, a autora descreve a primeira imagem como um antropomorfo de perfil ereto, com a frente voltada para a esquerda e com os membros superiores elevados à frente e à altura da cabeça; em seu contorno, na região peitoral, se observa uma protuberância em formato de seios, sem que haja contornos fálicos mais abaixo, como é comum à maioria dos antropomorfos presentes nos outros painéis, o que pode significar a representação de uma figura feminina.

A segunda figura, à direita daquele antropomorfo, foi classificada pela autora como não identificada, ainda que lhe pareça na parte inferior o contorno da cauda de um peixe.

Seguido dessa figura há o segundo antropomorfo, que a autora descreve como de perfil, “voltado de frente para a direita, portanto de costas ao primeiro antropomorfo, com os braços elevados à frente e sustentando um objeto que se assemelha a uma haste vegetal

com ramificações” que, “pela espessura, poderiam se associar mais a raízes e frutos do que a folhagens”. Os membros inferiores estariam flexionados e os contornos, com destaque para os glúteos; ausentes contornos fálcos. De frente para este antropomorfo está representado outro, também de perfil e de braços erguidos sustentando objeto também semelhante à primeira haste, só que menor, à altura do rosto. Contornos de destaque no glúteo; ausência de contornos fálcos. Às costas dessa figura humana estaria outro antropomorfo menor, delineado de perfil, posição ereta, braços suspensos, ausência de contorno fálco, porém com a proeminência na região dos glúteos bem definidas (Pereira, 2017).

Na sequência, às costas do último antropomorfo, a autora descreve uma figura não identificada, de tamanho pequeno e com descontinuidade vertical no terço final, visivelmente causada pela formação de galerias de térmitas sobre a parede. A terminação da extremidade esquerda em forma triangular dessa figura remete a autora à ideia de uma proa ou popa de uma embarcação náutica, porém, essa comparação, segundo a autora, provavelmente é uma conjectura influenciada pela percepção da dinâmica que a cena sugere.

A fotografia original, as imagens originais vetorizadas e a descrição original das imagens realizada por Pereira (2017) se configuram como “linha de base” para os tratamentos de imagens e análises decorrentes que seguirão, para fins de verificação da efetividade da aplicação das técnicas de modelagem em 3D na melhoria dos processos de análise e interpretação da cena rupestre.

Ainda no Illustrator, cada imagem bidimensional é transformada num objeto sobre o qual se adicionam projeções ortogonais (isto é, em simulação de ângulo de 90°) ao plano original da figura. Este é o início da projeção 3D, que transforma a *imagem* em um *objeto* (Figura 11):

Figura 11: Imagens modeladas em 3D (“objetos”) no Adobe Illustrator, mantidas em sua posição original.



Fonte: Organizado pelo autor. Tratamento da imagem e modelagem em 3D para este trabalho: crédito: Thiago Souza Galiza.

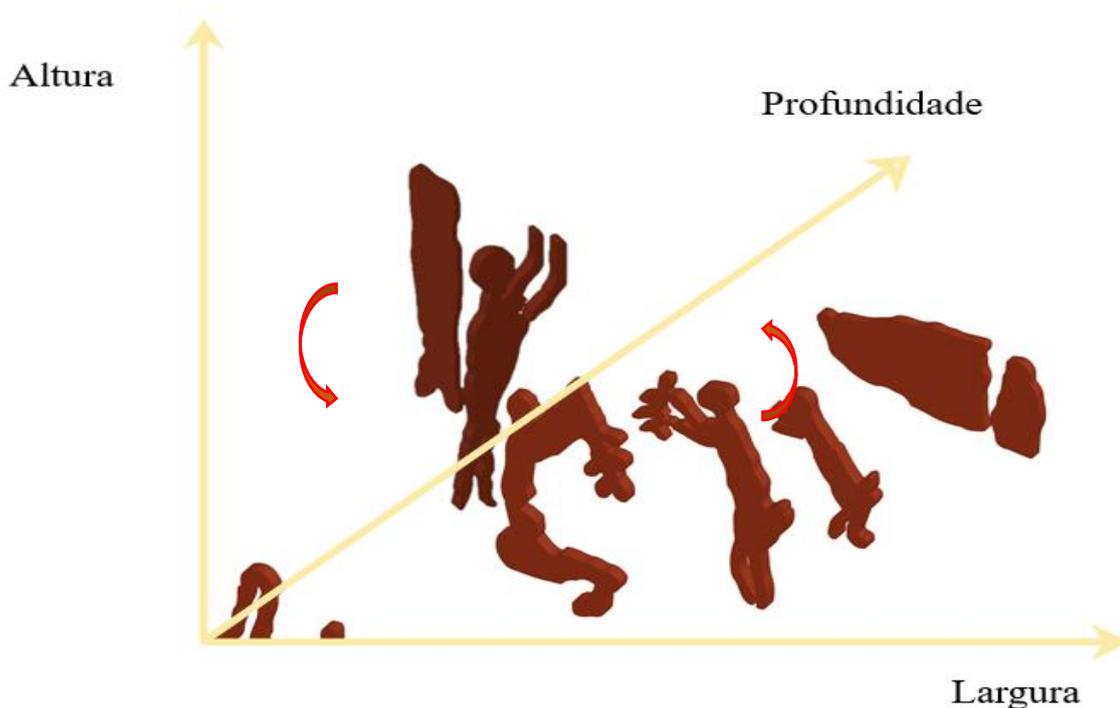
Entretanto, como o Illustrator é um software focado em vetorização, suas propriedades para trabalho em malha de pontos, isto é, em formato raster, são limitadas, e isso significa perda de detalhes na modelagem de figuras tridimensionais. Por isso, a figura inicialmente gerada é transferida para tratamento no Autodesk Maya, que tem funcionalidades mais amplas para tratamento de imagens raster com vetores e modelagem destas em 3D. Seleciona-se, então, novo formato de gravação do arquivo para uso da imagem aqui gerada no Maya.

Para se criar a projeção ortogonal da imagem a partir de seu plano vetorial no Maya, ativa-se a ferramenta “pen tool”. À projeção lateral de profundidade (ortogonal) dada para a superfície plana original chama-se face, e a pen tool gera a face de projeção da figura plana, dando-lhe a visualização em 3D. A altura da imagem também é definida, a partir da perspectiva de um fundo de imagem tridimensional.

No Maya, são atribuídas ao objeto características especiais de textura de malha 3D da imagem para atenuação das formas angulares na composição e fechamento dos polígonos. Utiliza-se a ferramenta de criação de pontos segmentados para distribuir a malha de pontos de forma equilibrada por todo o objeto e, assim, garantir proporção a todo o objeto quando

da aplicação da perspectiva 3D. Adiciona-se um fundo de imagem em plano tridimensional e utilizam-se ferramentas de girar a imagem para que se possa observar o novo objeto criado ao longo dos 360° de seu giro. Adicionalmente, o software consegue colocar em perspectiva as imagens entre si, empregando à cena uma perspectiva relativa de distância entre as figuras, como ilustra a Figura 12:

Figura 12: Figuras em 3D com profundidade aplicada entre elas e teste de giro aplicado à primeira figura antropomorfa da esquerda.



Fonte: Organizado pelo autor. Tratamento da imagem, modelagem em 3D, aplicação de testes de profundidade e de giro para esta: crédito: Thiago Souza Galiza.

Neste momento, os testes de profundidade e de giro permitem realizar novas análises tanto sobre as figuras isoladas quanto sobre a cena (Figura 13). A movimentação das figuras traz uma noção de dinâmica ou movimento, o que permite elocubrar sobre possíveis formas de agregação e movimentação entre as figuras quanto à intencionalidade da representação, amparado o pesquisador, evidentemente, sobre análises mais amplas do conjunto das imagens do paredão. Entretanto, por não fazer parte do escopo do presente trabalho, possíveis interpretações serão deixadas para um eventual segundo momento de pesquisa.

Figura 13: Testes de profundidade entre as figuras componentes da cena realizados no Maya.

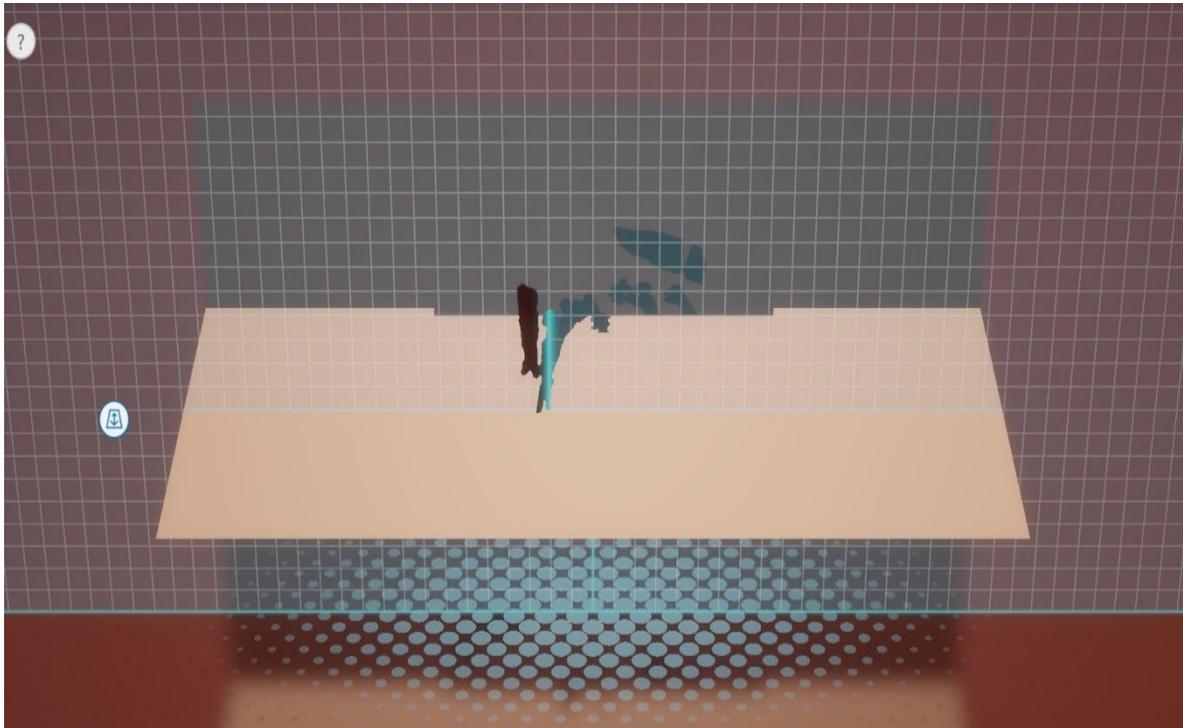


Fonte: Organizado pelo autor. Tratamento da imagem, modelagem em 3D, aplicação de testes de profundidade e de giro para esta: crédito: Thiago Souza Galiza.

Concluídos os testes, foi realizada a maximização da textura da malha 3D no Maya e salva em formato específico (“ubj”), para em seguida transportá-la para o ZBrush.

No ZBrush realizou-se o tratamento das faces e subdivisões lineares para dar ainda mais suavização às superfícies aplicadas (Figura 14). As ferramentas de refinamento fazem do ZBrush a opção mais escolhida pelo Cinema para a produção de desenhos e filmes 3D de cunho realista. Em seguida, partiu-se para a criação do volume, visando aproximar o máximo possível das texturas originais do sítio escolhido, da cor e dos padrões estabelecidos na figura original tratada com melhoria de imagem. Esse procedimento foi necessário para se entender melhor os mecanismos de movimentos que estariam representados nas imagens e até mesmo para nos aproximar da pigmentação utilizada pelas sociedades criadoras das imagens em Palestina de Goiás.

Figura 14: Testes de profundidade entre as figuras componentes da cena realizados no ZBrush.



Fonte: Organizado pelo autor: tratamento de imagem modelagem e 3D, aplicação de testes de profundidade e sustentação dos pixels em malha: crédito: Thiago Souza Galiza.

Após essa aproximação, o arquivo foi exportado para um terceiro programa chamado Substance Painter, com vistas testar o efeito de se obter mais uma camada de textura visual nas figuras. O arquivo então é salvo no formato STL para a estabilização das imagens tridimensionais no próximo software.

O último teste foi feito no Auto desk Maya. Nessa etapa ajustam-se os balanços de informação e malha de pontos 3D das imagens e parte-se, finalmente, para o procedimento de renderização, que é o procedimento que integra todas as camadas de informação produzidas na modelagem 3D final, produzindo imagens realistas ou fotorrealistas. A renderização pode levar de segundos a dias para uma única imagem ou frame, a depender da densidade da malha de pontos e das camadas de informação de tratamento das imagens. As imagens estão prontas para ser impressas em 3D, gerando bonecos da imagem original, os quais poderão ser organizados conforme a perspectiva de distanciamento espacial entre

eles projetada nos softwares (Figura 15):

Figura 15: Testes de profundidade e movimento entre as figuras componentes da cena realizados no Maya.



Fonte: Organizado pelo autor: tratamento de imagem modelagem e 3D renderização: crédito: Thiago Souza Galiza.

Os resultados alcançados levaram a um retorno à fotografia original. Com a visão de contexto, mais duas mudanças de percepção da cena foram produzidas: primeiramente, que a segunda figura da cena original, logo à direita do primeiro antropomorfo, quando observada novamente no paredão, parece se tratar de mais uma figura antropomorfa, de altura igual à primeira e que estaria do lado desta. Uma observação em detalhe da imagem tratada permite observar melhor o prolongamento do que Pereira (2017) chamou de aparência de cauda de peixe: este prolongamento seria maior, configurando duas pernas. E o paralelismo das duas imagens de mesma altura reforça a mudança da percepção/leitura da imagem como a de uma figura antropomorfa.

A segunda mudança de percepção é a de que o fragmento indefinido da extremidade superior direita seria, na verdade, a extremidade de uma figura em forma de faixa contínua, observável na fotografia original e tratada do paredão. Esta poderia representar muitas coisas

como plano de fundo da cena: vegetação arbórea densa, uma linha de seres humanos enfileirados em ação ritual, o alinhamento de habitações e muitas outras possibilidades. Talvez o retorno ao campo ou a revisitação à fotografia com aumento da imagem e tratamento da imagem aumentada permita identificar forças diferentes de traço que permitam realizar novas análises interpretativas, mas isso seria um próximo exercício a ser realizado, fora do escopo deste trabalho.

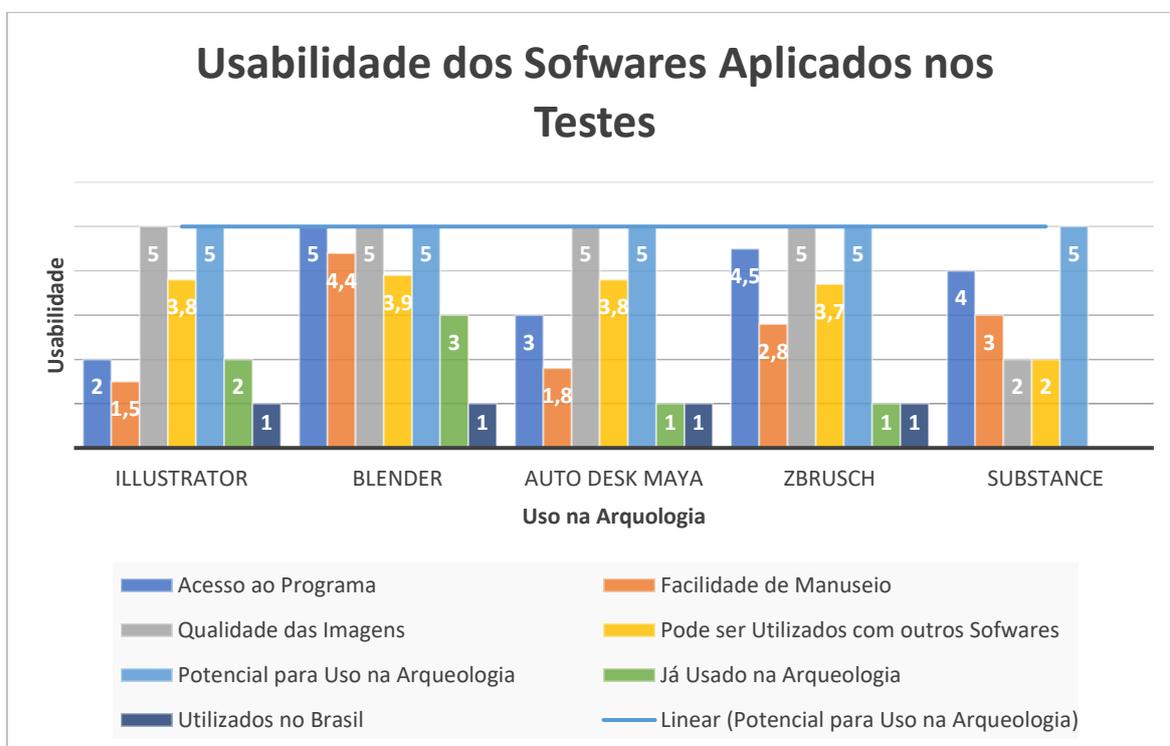
A partir da análise das imagens construídas e das reflexões sobre o levantamento bibliográfico, alguns resultados ainda precisam ser destacados.

Embora a amostragem realizada tenha sido pequena, o processo de utilização de softwares de tratamento de imagens e produção de modelagens 3D demonstra ter potencial de aplicação à análise das imagens rupestres, com velocidade e recursos de refinamento e de dinamização de imagens superiores às técnicas manuais de projeção em 3D realizadas manualmente em papel, já que permite o incremento no tratamento de cores, formas, texturas e profundidade individualizada das figuras, além de sua distribuição espacial em perspectiva tridimensional, trazendo a noção de distância entre os elementos posicionados na cena, e da dinamização das figuras, permitindo seu giro, mudança de lugar e ao prepara-las tanto para a impressão em 3D quanto para animações gráficas, em etapas novas ainda a serem testadas. O processo de reconstrução da cena a partir do resultado individual das figuras e da agregação das figuras e da composição de cena em profundidade permitiu alcançar pelo menos três dos quatro passos propostos por Domingo *et al.* (2013) para a reconstituição interpretativa das cenas representadas em paredões rupestres.

O processo de realização destas etapas demonstrou, ao longo de seu percurso, que serão necessários mais ensaios e testes, a fim de que se chegue a um roteiro mínimo de tratamento de imagens e produção de modelagem em 3D das pinturas rupestres, e ao que seria um resultado mínimo satisfatório, ou padrão de apresentação das imagens em 3D (se é que isso é necessário), para, a partir dele, compreender que o máximo potencial de análise e interpretação das cenas foi extraído a partir do aparato tecnológico disponível e utilizado por cada pesquisador, equipe de pesquisa ou projeto.

A Figura 16 apresenta uma síntese avaliativa, a partir da experiência do autor deste trabalho, dos softwares utilizados neste trabalho quanto a usabilidade, acesso, qualidade da imagem, potencial de uso na Arqueologia, utilização no mercado brasileiro, facilidade de manuseio, potencial de uso conjunto com outros softwares e citação na literatura científica consultada.

Figura 16: Resultado de cada software testado quanto aos aspectos de usabilidade, acesso ao programa, qualidade da imagem, o potencial para uso na ciência arqueológica, se já foram utilizados no Brasil, facilidade de manuseio, o potencial para ser utilizados em conjunto com outros softwares.



Fonte: Organizado pelo autor.

A usabilidade dos softwares para a Arqueologia foi avaliada para sete critérios: acesso ao programa; facilidade de manuseio; qualidade das imagens após o tratamento; compatibilidade com outros softwares; potencial para uso na Arqueologia; se já foi utilizado na Arqueologia (de acordo com a bibliografia acessada); se já foi utilizado em estudos no Brasil (também de acordo com a bibliografia). Em seguida, cada critério foi ranqueado de 0 a 5, sendo 0 para insatisfatório/difícil e 5 para muito satisfatório/fácil. A linha azul marca o limite máximo de pontuação. É importante destacar que todos esses critérios foram

pontuados de acordo com a avaliação do autor, em alguns momentos discutida com um representante da Escola Saga Criativa, e, a depender do tipo de dado para cada critério, mesclando dados objetivos com percepção subjetiva para concluir o ranqueamento.

Observa-se que todos os softwares podem ser utilizados na arqueologia, mesmo com variações no custo de acesso, na facilidade de manuseio, na qualidade resultante das imagens e na combinação com outros softwares. A escolha para uso será determinada pelas qualificações do operador, pelas condições de acesso financeiro e suporte tecnológico e pelos objetivos e etapa de cada estudo.

Novos e mais frequentes ensaios devem aperfeiçoar essa primeira avaliação e determinar outros aspectos, como qual grau de sofisticação ferramental disponível em cada software é realmente necessário para cada etapa ou para as finalidades da pesquisa, ou quanto dessa sofisticação torna o software mais caro ou mais barato do que o desejado, em busca do custo-benefício que satisfaça a cada projeto.

O uso de recursos digitais para documentação em arte rupestre é fundamental e indissociável. A partir de programas de tratamento de imagem é possível melhorar sobremaneira a qualidade visual das fotografias, possibilitando a percepção plena dos motivos em questão e tornando o material mais adequado para análise e divulgação. Aguiar e Oliveira (2010) nos explicam que, embora os olhos do arqueólogo sejam a priori treinados para reconhecer motivos rupestres, há momentos em que somente uma figura vetorial pode cumprir o objetivo da correta visualização de uma figura de arte rupestre, já que permite a ampliação da figura sem distorções, além de permitir melhorias ou alterações em sua cor, o que facilita, por exemplo, a identificação de sobreposições em um mesmo painel.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na pesquisa nos parecem entusiastas e muito promissores. Casados com o apresentado pela literatura referida, demonstram que a importação de técnicas da computação gráfica para a ciência arqueológica permite o aprimoramento no tratamento das imagens de sítios e artefatos arqueológicos, a modelagem em 3D (das figuras

isoladas e da cena) e o uso de ferramentas de dinamização (animação), além de possibilitar a impressão dos objetos em impressoras 3D, o que pode auxiliar na compreensão da cena e do estudo, e portanto, nas abordagens das interpretações em pintura rupestre. As tecnologias computacionais usadas nos filmes de Hollywood hoje se faz acessível à Arqueologia em seu aparato técnico e metodológico, com benefício observado para as pinturas rupestres.

É preciso ressaltar que, ao realizar a análise das figuras, não se condicionam estas análises a determinações encerradas, haja vista que essas interpretações são algo muito subjetivo. Entretanto, os resultados mostram uma ampliação de possibilidades como resultado da apropriação de novas tecnologias e técnicas associadas, e apontam para um caminho sem volta nos procedimentos de análise das manifestações humanas parietais. Coloca-se, assim, este trabalho como provocação a novos testes e ensaios, entregando com ele subsídios para que se desenvolvam linhas de pesquisas futuras tanto nos aspectos tecnológicos da aplicação das ferramentas quanto na interpretação de figuras rupestres.

7.1 Limitações deste trabalho e sugestões para pesquisas futuras

O primeiro fator limitante da execução desta pesquisa foi a incidência da pandemia de Covid-19 no Brasil, oficialmente reconhecida a partir de 14 de março de 2020, que, com as medidas de quarentena e de distanciamento social, impediram a realização de trabalhos de campo no sítio GO-Cp-16 para a realização de testes fotográficos e o uso de imagens captadas pelo próprio autor em sua pesquisa. Como resposta de contingência, decidiu-se pela utilização de fotografias do acervo do IGPA e de outros autores que realizaram trabalhos anteriores na área, de modo que dados relacionados à captura fotográfica das imagens ficaram excluídos da análise realizada.

A segunda limitação deste trabalho é a realização de testes com apenas cinco dos softwares disponíveis no mercado para tratamento e produção de imagens em 2D, 3D e animação gráfica. Esta limitação acabou gerando a delimitação de escopo deste trabalho, pela qual se pretendeu ilustrar as semelhanças as diferenças entre alguns dos softwares de uso livre e de uso pago do mercado, diante das restrições de recursos financeiros e de tempo de execução. Futuros trabalhos podem realizar testes com outros softwares disponíveis no mercado, detalhando o rol de benefícios e limitações de cada um em suas aplicações à pesquisa arqueológica.

Quanto a recomendações para pesquisas futuras, fica uma proposta diretiva que merece destaque diante das perspectivas surgidas com este trabalho, considerando os resultados do uso de tecnologias 3D para análise e interpretação de pinturas rupestres: o aprimoramento da recuperação dos signos das pinturas rupestres e o desenvolvimento de técnicas que deem a profundidade dimensional espacial (3D) e, eventualmente, a profundidade dimensional espaço-temporal (4D), podem facilitar o reconhecimento das ilustrações de gestos, agrupamentos e eventos e sua semelhança por herança nas culturas indígenas brasileiras atuais, de modo a, possivelmente, reduzir a dificuldade ou a distância efetiva de interpretação de uma ou mais sociedades pretéritas com vestígios esparsos e pouco conservados até os dias atuais, já que novos elementos favoreceriam uma aproximação material mais efetiva. Essa proposta se apoia em Flannery e Marcus (1998, *apud* BARS, 2010), da arqueologia cognitiva, segundo os quais, nos casos em que é atestado um conhecimento prévio sobre a cosmologia, a religião, ou aspectos ideológicos de uma sociedade antiga (por meio da história ou da etno-história, por exemplo), é possível a realização de estudos iconográficos “verdadeiramente científicos”, isto é, com menor grau de subjetividade nas interpretações.

Assim, a partir dos métodos aplicados e dos resultados obtidos na presente pesquisa, sugere-se o desenvolvimento de novas aplicações do uso de tecnologias digitais para produção, armazenamento e animação de imagens em 3D dos sítios e acervos contemplados pelas linhas de pesquisa do IGPA, a fim de integrar no corpo de habilidades técnicas dos alunos de graduação e pós-graduação da instituição, novos métodos de análise da cultura material brasileira, e de se apropriar do que há de mais atual na promoção da conservação.

No presente trabalho, entendeu-se que toda pesquisa científica é um esforço inerente à construção do conhecimento humano, e que, por isso, se torna parte de suas construções mentais e estruturas de ideias por meio de um processo cognitivo, o qual também se aproveita da larga herança de conhecimentos acumulativos que conhecemos como cultura. Isso significa que, para chegar ao resultado proposto nesse trabalho, buscou-se apoio em diversos trabalhos que o antecederam. Estes foram guias na busca de entender como as coletividades ancestrais construíam os espaços e produziam paisagens humanizadas e suas relações sociais, e também foram orientadores quanto às ferramentas utilizadas para essa compreensão. A eles, nosso muito obrigado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, A.; FRANCO, N.V. Aplicación de DStretch-ImajeJ a imágenes digitales del arte rupestre de Patagonia (Argentina). *Comechingonia Virtual*, 6 (2): 152-175, 2012.

ADOBE ILLUSTRATOR CC. Version 23.0.1 (64-bit). Adobe. 1997-2018. Disponível em: <https://www.adobe.com/br/products/illustrator.html?sdid=KQPNY&mv=search&ef_id=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp9F7RciFjFda2-knzHxGEv-CHuF5S7FqVd5qU1NzrhQfWRa-wpBc1RoC9UsQAvD_BwE:G:s&s_kwid=AL!3085!3!470955336924!e!!g!!adobe%20illustrator!188190582!110348310163&gclid=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp9F7RciFjFda2-knzHxGEv-CHuF5S7FqVd5qU1NzrhQfWRa-wpBc1RoC9UsQAvD_BwE>. Acesso em: 21 jun. 2021.

ADOBE PHOTOSHOP CC. Version 19.1.7. Adobe Systems Incorporated, 1990-2018. Disponível em: <https://www.adobe.com/br/products/photoshop.html?sdid=KQPOM&mv=search&ef_id=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp4MXB1Lv8rgV8_KRljoemcfGrAUrUyjDCAZK-jXedgZxhc4WAI80oRoCho8QAvD_BwE:G:s&s_kwid=AL!3085!3!473120541798!e!!g!!adobe%20photoshop!188192502!10077842982&gclid=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp4MXB1Lv8rgV8_KRljoemcfGrAUrUyjDCAZK-jXedgZxhc4WAI80oRoCho8QAvD_BwE>. Acesso em: 21 jun. 2021.

AGUIAR, RODRIGO L. S. & OLIVEIRA, JORGE E. O uso da reprodução digital no registro e catalogação de figuras de arte rupestre em situações de impacto e alto risco. *Diálogos*, 14 (2): 329-344, 2010.

ANTÓN, D. T.; MARQUÉS, JOAQUÍN B.; BEBIA, MARCO AURELIO E.; PÉREZ, JOSÉ RAMÓN O. Documentación 3D de pinturas rupestres con Photomodeler Scanner: Los motivos esquemáticos de la Cueva del Barranc del Migdia (Xàbia, Alicante). *Virtual Archaeology Review*, 3 (6): 64-67, 2012.

Autodesk Maya, Version 2022. Alias System Corporation, 1998-2021. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/maya/overview?panel=buy&term=1-YEAR>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BARMPOUTIS, A.; BOZIA, ELENI; WAGMAN, ROBERT S. A novel framework for 3D reconstruction and analysis of ancient inscriptions. *Machine Vision and Applications*, 21: 989-998, 2010.

BARREIROS, I. C. M. O brasileiro que dá vida ao passado através de reconstruções faciais. *Universo Online – UOL*. Série Aventuras na História. Disponível em: <<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/cicero-moraes-o-brasileiro-que-da-vida-ao-passado-atraves-de-reconstrucoes-faciais.phtml>>. Acesso em: 05 dez. 2020.

BARS, CÁSSIA R. Semiótica aplicada à Arqueologia – um estudo de caso na Área Andina. *Revista de História da Arte e Arqueologia*, 14: 21-37, 2010.

BEBER, M. V. Pinturas de índios no Brasil Central: Alto Sucuriú, Serranópolis e Caiapônia. *Biblos, Rio Grande*, 9: 107-116, 1997.

BENTINI, L.; DE LUCA, DANIELE; DONATI, CRISTINA; GIOVETTI, PAOLA; GUIDAZZOLI, ANTONELLA; GUIDI, FEDERICA; MARCHESI, MARINELLA; PIROTTI, ALESSANDRO; SPIGAROLO, MICAELA. THE *MARCUS CAELIUS* Project: A transmedial approach to support cultural communication and educational activities at the Civical Archaeological Museum of Bologna. *Virtual Archaeology Review*, 3 (7): 82-85, 2012.

BINANT, P.; VIANA, SIBELI. A.; PEÑA, ALFREDO P. “Ver, ser vista e deixar ser vista”: aspectos das relações dialéticas entre as pinturas rupestres de Caiapônia, Goiás. *Amazôn., Rev. Antropol. (Online)*, 10 (1): 210-233, 2018.

BLENDER. Version 2.92. Blender Foundation, 1994-2021. Disponível em: <<https://www.blender.org/>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRAHIC, C. There in person, virtually. *New Scientist*, 218 (2912): 17-18, 2013.

CABRAL, C. H. R. (2011). A pintura rupestre e sua trajetória acadêmica. *20º Encontro da Associação Nacional de Pesquisadores em Artes Plásticas*, Rio de Janeiro, Brasil.

CAPRA, A.; DUBBINI, M.; BERTACCHINI, ELEONORA.; CASTAGNETTI, CRISTINA; MANCINI, FRANCESCO. 3D reconstruction of an underwater archaeological site: comparison between low cost cameras. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5 (W5): 67-72, 2015.

CLIMENT, ÁLVARO S. & SERRANO, MARÍA L. C. Propuesta metodológica para el estudio volumétrico de cerámica arqueológica a través de programas *free-software* de edición 3D: el caso de las necrópolis celtibéricas del área meseteña. *Virtual Archaeology Review*, 5 (11): 20-33, 2014.

DE LUCA, D.; GUIDAZZOLI, ANTONELLA.; LIGUORI, MARIA CHIARA; SPIGAROLO, Micaela. Open Source e transmedialità. L'esperienza del Cineca nel campo del Virtual Heritage. *Storicamente*, 9: 1-12, 2013.

DOMINGO, I.; VILLAVERDE, VALENTÍN; LÓPEZ-MONTALVO, ESTHER; LERMA, JOSÉ LUIS.; CABRELLES, MIRIAM. Latest developments in rock art recording: towards an integral documentation of Levantine rock art sites combining 2D and 3D recording techniques. *Journal of Archaeological Science*, 40: 1879-1889, 2013.

DSTRETCH: Rock art digital enhancement. Version 8.41. Jon Harman, 2016. Disponível em: <<https://www.dstretch.com/>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

ESCLAPÉS, J.; TEJERINA, DANIEL; ESQUEMBRE, MARCO A.; BOLUFER, JOAQUIM. PROPUESTA metodológica para generación de recorridos virtuales interactivos. *Virtual Archaeology Review*, 4 (9): 2013.

FERUGLIO, V.; BOURDIER, CAMILLE.; DELLUC, MARC; MORA, PASCAL; AUJOULAT, NORBERT; JAUBERT, JACQUES. Rock art, performance and Paleolithic cognitive systems. The Example of the Grand Panel palimpsest of Cussac Cave, Dordogne, France. *Journal of Anthropological Archaeology*, 56: 101-104, 2019.

GIMP: GNU Image Manipulation Program. Version 2.10.24. GIMP, 1996-2021. Disponível em: <<https://www.gimp.org/>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

GONZALES-AGUILERA, D.; MUÑOZ NIETO, ANGEL; RODRIGUEZ-GONZALVEZ, PABLO; MENÉNDEZ, MARIO. New tools for rock art modelling: automated sensor integration in Pindal Cave. *Journal of Archaeological Science*, 38: 120-128, 2011.

GUIMARÃES, S. W. F. Ocupação caçadora e coletora no Planalto Central Brasileiro. *Revista Tecnologia e Ambiente, Dossiê Arqueologia, Ambiente e Patrimônio, Criciúma, Santa Catarina*, 17: 2011.

ICOMOS – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. *Carta de Burra. Austrália, 1980.* Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Burra%201980.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

JUSTAMAND, M. (2012). *Comunicar e educar no território brasileiro: uma relação milenar*. São Paulo, Alexia Cultural.

JUSTAMAND, M. (2015). *O Brasil Desconhecido: As Pinturas Rupestres de São Raimundo Nonato – Piauí*. São Paulo, Alexia Cultural.

KRAAK, MENNO-JAN AND ORMELING, FERJAN: *Cartography: Visualization of Spatial Data*. New York, London, Pearson Education, 2011.

LAGE, MARIA C. S. M. Análise química de pigmentos de arte rupestre no Sudeste do Piauí. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnografia*, 2: 89-101, 1997.

LAGE, M. C. S. M.; Borges, Jóina F.; Rocha Júnior, Simplício. Sítios de Registros Rupestres: Monitoramento e Conservação. *Mneme Revista de Humanidades*, 6 (13): 28-51, dez.2004/jan.2005.

LIMA, T. C. F. (2018). *O processamento de imagens em 3D, da arte rupestre, do sítio Templo dos Pilares, Alcinópolis – Mato Grosso do Sul*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Antropologia, da Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Antropologia, na área de concentração em Antropologia Sociocultural. Orientadora: Profa. Dra. Beatriz dos Santos Landa.

LÓPEZ, J. F. R.; MARTÍNEZ, ELIA Q.; UZAL, JOSÉ M. P. Diagnosis and monitoring of rock art sites in “4D - arte rupestre” projects. *Les nouvelles de l'archéologie (Open Editions Journals)*, 154: 63-68, 2018.

MARSICANO, L.; MALATESTA, SAVERIO G.; LELLA, FRANCESCO; D'IGNAZIO, EMANUELA; MASSACCI, ELEONORA; ONOFRI, SIMONE. MAXENTIUS 3D Project. *Studies in Digital Heritage*, 1 (2): 477-490, 2017.

Meshlab. Version 2021.05. ISTI-CNR, 2005-2021. Disponível em: <<https://www.meshlab.net/>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

OLIVEIRA, G. F.; JUSTAMAND, MICHEL; FUNARI, PEDRO PAULO A.; BELARMINO, VANESSA DA S. (2017). *Arqueologia da guerra*. São Paulo, Alexia Cultural.

PEREIRA, L. G. (2017). *Metáforas imagéticas do sítio GO-Cp-16 (Palestina de Goiás) e as narrativas que constroem narrativas*. Monografia de conclusão de curso de Arqueologia, Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Sibeli Aparecida Viana.

PRADA, RODRIGO. O que é Plugin? *Tecmundo*, 28 de ago. 2008. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/hardware/210-o-que-e-plugin-.htm>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

PROUS, A. *Arqueologia Brasileira, a pré-história e os verdadeiros colonizadores*. Editora Carlini & Caniato, Cuiabá, 2019.

PROUS, A. Alimentação e “arte” rupestre: nota sobre alguns grafismos pré-históricos brasileiros. *Revista de Arqueologia, São Paulo*, 6: 1-15, 1991.

RAMÍREZ-SÁNCHEZ, M.; SUÁREZ-RIVERO, JOSÉ-PABLO; CASTELLANO-HERNÁNDEZ, MARÍA-ÁNGELES. Epigrafía digital: Tecnología 3D de bajo coste para la digitalización de inscripciones y su acceso desde ordenadores y dispositivos móviles. *El profesional de la información*, 23 (5): 467-475, 2014.

RESCO, P. A.; ESPINOZA-FIGUEROA, FREDDY; ULLAURI, MARÍA DEL C. A.; CORONEL, PAULINA M.; JARA, CRISTIAN M. Fotogrametría Digital para el levantamiento 3D del sítio arqueológico de Todos Santos, Cuenca (Ecuador). *Estoa*, 7 (13): 25-35, Julio-Diciembre 2018.

RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, P.; MUÑOZ-NIETO, ANGEL L.; POZO, SUSANA DEL; SANCHEZ-APARICIO, LUIS J.; GONZALEZ-AGUILERA, DIEGO. 4D Reconstruction and visualization of cultural heritage: analyzing our legacy through time. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2 (W3): 609-616, 2017.

ROHITH, M., SOMANATH, GOWRI; NORRIS, DEBRA; GUTIERREZ, JENNIFER; KAMBHAMETTU, CHANDRA. A Camera Flash Projector-Based Reconstruction System for Digital Preservation of Artifacts. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 6 (1): 5:7.

SCHMITZ, P.I.; BARBERI-RIBEIRO, MAIRA; BARBOSA, ALTAIR S.; BARBOSA, MARIZA O.; MIRANDA, AVELINO F. *Caiapônia: Arqueologia nos Cerrados do Brasil Central*. São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, Unisinos, 1986.

SILVA, S. R. (2010). *Preservação e degradação de sítios arqueológicos. Estudo de caso: sítios do riacho Ribeiro Grande no Médio Capibaribe – Pernambuco*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Departamento de História, Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Arqueologia. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Bartira Ferraz Barbosa. Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Catarina Peregrino Ramos.

SIOTTO, E.; CALLIERI, MARCO; DELLEPIANE, MATTEO; SCOPIGNO, ROBERTO. Ancient Polychromy: Study and Virtual Reconstruction Using Open Source Tools. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 8, 3(16): 1-20, 2015.

SOUZA, T. R.; MOTA, GUILHERME L. A.; CAMPOS, GUADALUPE DO N. Digitalização 3D do patrimônio arqueológico metálico usando o Kinect. In: Campos & Granato (Orgs.). *Preservação do Patrimônio Arqueológico: desafios e estudos de caso*. Rio de Janeiro, Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), 2017.

SUBSTANCE PAINTER. Version 2021.1. Adobe, 2010-2021. Disponível em: <<https://www.substance3d.com/products/substance-painter>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

TEJEDA-SÁNCHEZ, C.; MUÑOZ-NIETO, ANGEL; RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, PABLO. Geomatic Archaeological Reconstruction and a Hybrid Viewer for the Archaeological Site of Cáparra (Spain). *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 2(2): 45-49, 2018.

THEMISTOCLEOUS, K.; AGAPIOU, ATHOS; HADJIMITSIS, DIOFANTOS. 3D Documentation and BIM Modeling of Cultural Heritage Structures Using UAVS: The Case of the Foinikaria Church. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42 (2): 1105-1111, 2018.

TORRES-MARTÍNEZ, J. A.; SEDDAIU, MARCELLO; RODRÍGUEZ-GOLZÁLVEZ, PABLO; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, DAVID. A multi-data source and a multi-sensor approach for the 3D reconstruction and visualization of a complex archaeological site: the case study of Tolmo de Minateda. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5 (W-4): 37-44, 2015.

VERHOEFF, N. Surface explorations: 3D moving images as cartographies of time. *Espacio, Tiempo y Forma. Serie VII – Historia del Arte (N. Época)*, 4: 71-79, 2016.

VIANA, S. A.; RAMOS, MARCOS P. M.; RUBIN, JULIO C. R.; BARBERI, MAIRA; BOËDA, ERIC. O Complexo arqueológico de Palestina de Goiás, Brasil: uma avaliação dos conjuntos líticos mais antigos em contextualização macrorregional. *Cadernos do CEOM. Estudos arqueológicos regionais*. Chapecó: Ed. Unochapecó, 45 (29): 188-211, 2016.

WICHERS, C. A. M.; ZANETTINI, PAULO; TEGA, GLÓRIA. Entre seres e coisas: a aplicação de tecnologias 3D como ponte entre patrimônio arqueológico e sociedade. *Vestígios – Revista Latino-Americana de Arqueologia Histórica*, 11 (1): 79-106, 2017.

ZBRUSH. VERSION 2020. PIXOLOGIC INCORPORATED, 1999-2021. Disponível em: <<https://pixologic.com/>>. Acesso em: 21 jun. 2021.