

REFLECTANCE TRANSFORMATION IMAGING (RTI):

ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS
E ESTUDOS DE CASO EM ARQUEOLOGIA



REFLECTANCE TRANSFORMATION IMAGING (RTI):

ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS
E ESTUDOS DE CASO EM ARQUEOLOGIA

Autores:

Vagner Carvalheiro Porto
Maria Cristina Nicolau Kormikiari
Juliana Figueira da Hora
Guilherme Diogo Rodrigues
Jessica Silva Mendes
Cleberson Henrique de Moura
Thaisy Nogueira Palmuti
Carolina Machado Guedes
Patrick Paillet
Eric Robert
Veronica Wesolowski de Aguiar e Santos

Comissão Científica:

Claudio Walter Gomez Duarte (Unimes)
Luiz Antonio Dias (PUC-SP)
Maria Cristina Nicolau Kormikiari (MAE-USP)
Maria Isabel D'Agostino Fleming (MAE-USP)
Leandro Hecko (UFMS)
Fabio Lessa (UFRJ)
Thiago Eustáquio (UFPE)
Cintia Alfieri Gama-Roland (Musée des Confluences)

Universidade de São Paulo

Reitor: Carlos Gilberto Carlotti Junior
Vice-Reitora: Maria Arminda do Nascimento Arruda

Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo

Diretor: Eduardo Góes Neves
Vice-Diretor: Camilo de Mello Vasconcellos

Projeto Gráfico e Capa

Ilário Bortoloso Junior | Tikinet

Diagramação

Ilário Bortoloso Junior | Tikinet

Edição e Revisão

Vagner Carvalheiro Porto
Juliana Figueira da Hora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

P853 Porto, Vagner Carvalho e Outros
Reflectance Transformation Imaging (RTI): aspectos teórico-metodológicos e estudos de caso em arqueologia / Vagner Carvalho Porto, Maria Cristina Nicolau Kormikiari, Juliana Figueira da Hora, Guilherme Diogo Rodrigues, Jessica Silva Mendes, Cleberson Henrique de Moura, Thaisy Nogueira Palmuti, Carolina Machado Guedes, Patrick Paillet, Eric Robert, Veronica Wesolowski de Aguiar e Santos. – São Paulo: Tiki Books: MAE-LARP/USP, 2024.
E-book: PDF, 212 p.; il.

DOI 10.11606/9786587080864

ISBN 978-65-87080-86-4

1. Arqueologia. 2. Arqueologia Histórica. 3. Tecnologia de Observação e Análise. 4. RTI. 5. Fotografia. 6. Coleções Museológicas. 7. Shabtis. 8. Gravuras Rupestres. 9. Arqueologia do Mediterrâneo. 10. MAE-USP. 11. Brasil. I. Título. II. Aspectos teórico-metodológicos e estudos de caso em Arqueologia. III. Porto, Vagner Carvalho. IV. Kormikiari, Maria Cristina Nicolau. V. Hora, Juliana Figueira, da. VI. Rodrigues, Guilherme Diogo. V. Mendes, Jessica Silva. VI. Moura, Cleberson Henrique de. VII. Palmuti, Thaisy Nogueira. VIII. Guedes, Carolina Machado. IX. Paillet, Patrick. X. Robert, Eric. XI. Santos, Veronica Wesolowski de Aguiar e. XII. Universidade de São Paulo. XIII. Museu de Arqueologia e Etnologia. XIV. Laboratório de Arqueologia Romana Provincial. XV. Laboratório de Estudos sobre a Cidade Antiga.

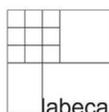
CDU 930.26

CDD 930.1

Catalogação elaborada por Regina Simão Paulino – CRB 6/1154



Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.



Sumário

Apresentação	6
1. RTI: Uma Visão Geral	11
1.1 Visão Geral do fluxo de trabalho	12
1.2 Ótica Básica envolvida no RTI	18
2. Dominando a Fotografia	24
2.1 Introdução – A importância da fotografia para o RTI	25
2.2 Câmeras	26
2.3 Objetivas/ Lentes	28
2.4 Foco	33
2.5 Controles de luz e fotometria	35
2.5.1 ISO	35
2.5.2 Profundidade de campo	38
2.5.3 Tempo de exposição	40
2.5.4 Exposição e Fotometria	42
2.6 Flash	44
2.7 Modelos	45
2.8 Modo manual e Carga	46
2.9 Zoom do flash	47
2.10 Fatores modificadores da luz ambiente e de flash	48
2.11 Radio-flash	49
2.12 Miscelâneas	50
2.12.1 EB e Cartão cinza 18%	50
2.12.2 Tubos extensores e teleconverters	51
2.12.3 Tripé	52
2.12.4 Controle remoto	53
3. Captura	56
3.1 Equipamentos	58
3.2 Processo de montagem e captura	67
3.3 Adendo: Captação digital	72
4. Processamento do RTI	77
4.1 Entendendo o processamento	78
4.2 Processamento no RTIBuilder	82
4.3 Usando o RTIViewer	96
4.4 Specular enhancement (aprimoramento especular)	98

4.5 Diffuse gain (ganho difuso)	99
4.6 Normals unsharp masking (máscara de nitidez das normais)	100
4.7 Image unsharp masking (máscara de nitidez da imagem)	100
4.8 Luminance unsharp masking (máscara de nitidez da luminância)	100
4.9 Coefficient unsharp masking (tratamento de coeficiente sem nitidez)	101
4.10 Multi-light enhancement modes (modos de aprimoramento multi-iluminação)	101
4.11 Normals visualization (visualização das normais)	104
4.12 Multiview RTI (RTI multi-visualização)	104
5. Uso da técnica RTI em coleções museológicas: a trajetória documental dos objetos de metal da Península Itálica (Coleção-Museu de Arqueologia e Etnologia-MAE-USP)	112
5.1 Coleções de Arqueologia do Mediterrâneo no Brasil: uma discussão	113
5.2 Objetos documento: contextos e descontextos	115
5.3 Histórico da coleção: Objetos de bronze da Idade do Ferro - Península Itálica e a cultura vilanoviana	118
5.4 Conservação e preservação de materiais	123
5.5 Resultados da aplicação técnicas RTI no acervo MMO-MAE-USP	129
5.6 Softwares utilizados e suas especificidades para aplicação nos objetos de Metal – MAE-USP	130
5.7 Modos de visualização ideais para objetos de metais até 20 cm.	133
5.8 Rendering mode: Default/Specular enhancement.	134
5.9 Resultados Analisados	134
6. Novas tecnologias e artefatos egípcios: aplicação de Reflectance Transformation Imaging (RTI) em shabtis do Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE-USP)	154
6.1 O que são shabtis?	157
6.2 Aplicação de RTI em shabtis	165
6.3 Resultados do RTI	167
6.3.1 Manufatura	167
6.3.2 Quebra e restauro	170
6.3.3 Iconografia	171
7. RTI para estudo e pesquisa de gravuras rupestres: Um novo exame dos painéis gravados do sítio Portão do Inferno - Chapada dos Guimarães/ MT, Brasil	177
7.1 Um pouco de contexto – Arqueologia no PNCG e o Abrigo Portão do Inferno	179
7.2 Métodos	189
7.3 O conjunto gráfico do Portão do Inferno e os primeiros resultados do RTI	194

Apresentação

Este trabalho que chega ao público brasileiro, feito a muitas mãos, tem o intuito de apresentar e discutir a técnica conhecida como *Reflectance Transformation Imaging*, ou mais popularmente chamada de RTI.

Tendo pouco mais de duas décadas de existência, essa técnica ainda é novidade em muitos circuitos acadêmicos do mundo todo. No Brasil, o trabalho que vimos desenvolvendo no Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo vem abrindo espaço e permitindo que centros acadêmicos do país todo travem contato com essa nova tecnologia de observação e análise de materiais de cunho histórico-arqueológico.

Como veremos ao longo deste livro, o RTI é um recurso que expande a capacidade humana natural de visualizar as superfícies dos objetos, permitindo formas de visualizações que não seriam possíveis a olho nu ou mesmo com técnicas fotográficas convencionais. Poderá ser percebido pelos leitores que se trata também de uma técnica simples, não muito cara, fácil de se realizar e que provoca resultados muito significativos.

Nosso primeiro contato com o RTI foi em uma oficina que a professora da Universidade Fluminense, Adriene Baron Tacla, ministrou no Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo quando de seu pós-doutoramento na instituição sob supervisão da professora Maria Beatriz Florenzano, no âmbito do Laboratório de Estudos sobre a Cidade Antiga (Labeca-MAE-USP). Isso nos idos de 2018. Destaque também para os grupos de treinamento e aperfeiçoamento de RTI que organizamos, o apoio e consultoria necessários das professoras Adriene B. Tacla e Carolina Guedes, da UNIMES- Santos- SP.

Esta oficina foi significativa para toda a sequência de trabalhos iniciados no MAE-USP nesta área. A começar pela aplicação da técnica de RTI nas peças do acervo de Arqueologia Mediterrânica do MAE-USP, pela professora Juliana Figueira da Hora. O êxito e o *Know-how* adquiridos possibilitaram que projetos de aplicação do RTI fossem iniciados no âmbito do Laboratório de Arqueologia Romana Provincial (LARP-MAE-USP), sob coordenação do professor Vagner Carvalheiro Porto.

As parcerias com Cleberson Moura, funcionário do Museu de Arqueologia e Etnologia – MAE – USP e Juliana Figueira da Hora, que estão entre os autores deste livro, foram absolutamente importantes e profícuas. Criamos um grupo de estudos sobre RTI, com diversos membros colaboradores como a já mencionada Carolina Guedes (UNIMES), também autora deste trabalho, Jéssica Mendes, à época mestranda, hoje mestre, também uma das autoras do presente trabalho. Pudemos contar com a expertise em fotografia de Guilherme Rodrigues também um dos autores deste livro, mas também de alunos de Iniciação Científica como Mário Coutinho, Ana Rigolon, Carlos Sousa, e mais atualmente Anselmo L. R. Chagas.

O objetivo das atividades e envolvimento dos parceiros interessados foi o de capacitação e disseminação do conhecimento e uso do RTI, que se mostrou imprescindível para o trabalho com acervo (análise e restauração de peças de metal).

Neste sentido, o Laboratório de Arqueologia Romana Provincial - LARP (com o apoio dos estagiários PUB – Programa Unificado de Bolsas) e o Laboratórios de Estudos sobre a Cidade Antiga - LABECA, ofereceram todo o apoio técnico para as atividades. Importante destacar que recebemos todo o apoio dos técnicos e funcionários do MAE-USP durante todo o amadurecimento de nossas atividades com o RTI que culminam neste trabalho, em especial Carla Gilbertone Carneiro

(Chefe de Divisão de Apoio à Pesquisa- DAPE), Célia Maria Cristina Demartini (Divisão Técnica de Conservação e Laboratórios), Regivaldo Leite da Silva (Divisão técnica de Conservação e Laboratórios), Ader Gotardo Santos (Seção técnica de apoio Institucional, Projetos e Informática), Julio Bomfim (Técnico do serviço técnico de gerenciamento da documentação), Aparecida de Fátima Sousa (Divisão Técnica de Conservação e Laboratórios), Dária Elania Fernandes Barreto Divisão Técnica de Conservação e Laboratórios) e Francisca Figols (Chefe de Serviço técnico de gerenciamento da documentação).

Entre 2018 e 2024 foram diversas apresentações em congressos, workshops, cursos de extensão, palestras, estudos e publicações sobre o tema. Neste exato momento em que redigimos as palavras finais deste livro, estamos a oferecer uma oficina sobre RTI a um grupo de alunos da UFMS coordenados pelo professor Carlos Eduardo da Costa Campos.

A experiência com a aplicação da técnica de RTI no projeto intitulado “Contatos Culturais na Judaea-Palaestina de Época Romana: Estudos da Malha Urbana e da Circulação Monetária em Tel Dor, Israel”, demonstrou não só a nossa capacidade de trabalhar em grupo (considerando-se que parte da equipe estava em Jerusalém e outra parte em São Paulo), mas comprovou a eficácia do emprego desta técnica.

Todo este *background* permitiu que confeccionássemos este livro, uma espécie de manual para uso e aplicação da técnica de RTI, que apresenta e explica aspectos teórico-conceituais que norteiam a técnica. É o que podemos observar no primeiro capítulo escrito essencialmente por Cleberson Moura, assim como todo o domínio da fotografia, que é o que compõe o segundo capítulo deste trabalho, escrito por Guilherme Rodrigues. O capítulo 3, produto das reflexões de Jessica Mendes, discorre sobre a captura fotográfica, assim como sobre os equipamentos necessários, o processo de montagem

e captura e a possibilidade também de uma captação digital. Encerando esta primeira parte de caráter mais teórico, está o capítulo sobre o processamento do RTI em si, o capítulo 4, também produto dos esforços de Jessica Mendes. Nele, o leitor poderá entender como se dá o processamento no software RTIBuilder, e como se utiliza o RTIViewer para acessar as diversas possibilidades de leituras especulares do determinado objeto alvo da aplicação do RTI.

Nos capítulos seguintes, temos estudos de caso em que a aplicação da técnica de RTI revelou-se absolutamente profícua: o capítulo 5 é resultado das pesquisas de pós-doutorado de Juliana Figueira da Hora. Nele, vê-se o uso da técnica RTI em coleções museológicas e a trajetória documental dos objetos de metal da Península Itálica (Coleção-Museu de Arqueologia e Etnologia-MAE-USP). São abordados desde sobre o histórico das coleções de Arqueologia do Mediterrâneo no Brasil, passando pela conservação e preservação de materiais, e culminando nos usos e resultados da aplicação técnicas RTI no acervo de Mediterrâneo e Médio Oriente (MMO-MAE-USP). O capítulo 6 discorre sobre a aplicação da técnica RTI num acervo muito peculiar do MAE-USP: os shabtis. Neste capítulo Thaisy Nogueira Palmuti discute sobre sobre o que são estes artefatos, assim como o emprego da técnica de RTI nestes dados objetos e os resultados positivamente surpreendentes obtidos com as análises. Para finalizar, apresentamos um trabalho envolvendo a técnica de RTI e pesquisa com gravuras rupestres, mais especialmente um reexame dos painéis gravados do sítio Portão do Inferno, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. O capítulo, fruto das pesquisas de Carolina Guedes, Patrick Paillet, Eric Robert e Veronica Wesolowski, aborda um pouco do contexto (Arqueologia no PNCG e o Abrigo Portão do Inferno), os métodos empregados e resultados obtidos.

Como conclusão desta apresentação, esperamos ter fornecido aos leitores uma compreensão inicial acerca daquilo que será visto

neste livro: aspectos teórico-conceituais e a prática propriamente dita do emprego da técnica de Reflectance Transformation Imaging (RTI). Através dos estudos de caso e das explicações teóricas, pretendemos não apenas disseminar o conhecimento adquirido ao longo de anos de pesquisa e colaboração, mas também incentivar novas aplicações e inovações nesta área. O RTI provou ser uma ferramenta poderosa e acessível para a análise de objetos históricos e arqueológicos, e sua adoção em mais projetos poderá revelar ainda mais descobertas significativas. Agradecemos a todos os autores, colaboradores e instituições, principalmente ao MAE-USP, ao CNPq (processo no. 311883/2023-0), e à Fapesp (processo no. 16698-0), que tornaram este trabalho possível, e convidamos os leitores a explorar e aplicar esta técnica em suas próprias pesquisas e estudos.

1.

RTI: Uma Visão Geral



1.1

Visão Geral do fluxo de trabalho

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma visão geral sobre as etapas que compõem a execução de um trabalho baseado no RTI, bem como apresentar de forma minimalista os devidos conceitos e explicações fundamentais para uma compreensão integral e conceitual do RTI. Os devidos detalhamentos que apresenta os conhecimentos necessários que garantam a devida habilitação para o desenvolvimento prático de cada etapa ficarão a cargo dos demais capítulos seguintes.

De partida, convém situarmos a discussão em torno do RTI destacando que se trata de um conhecimento construído/acumulado pelo ser humano como parte de seus esforços para ampliar sua capacidade de observação - seja no contexto científico ou não. Mais especificamente, o RTI é um recurso que permite ampliar a capacidade humana (natural) de visualizar superfícies de objetos, uma vez que permite observações que são impossíveis a olho nu ou mesmo empregando técnicas convencionais de fotografia.

Podemos considerar a prática do RTI enquanto uma técnica, uma tecnologia e também um método, pois envolve um conjunto específico de ações de manuseio dos objetos (artefatos museais, arqueológicos, etnológicos etc.), operação de equipamentos fotográficos e operações de softwares específicos. Envolve o emprego combinado de tecnologias de fotografia digital e computação. Se situarmos um projeto que envolva RTI como parte do desenvolvimento de um projeto de pesquisa ou mesmo no âmbito do cotidiano das práticas museais ou arqueológicas podemos compreender o RTI enquanto um método fotográfico computacional específico de virtualização, registro e/ou documentação de textura de superfície; ainda que seu uso não se limite necessariamente aos fins científicos, museais ou arqueológicos.

Em linhas gerais, o RTI é um procedimento que emprega fotografia e computação tendo como objetivo proporcionar maior inteligibilidade da textura superficial de objetos ao proporcionar uma melhor visualização garantida por um maior detalhamento da imagem da superfície viabilizado pela possibilidade de uma reiluminação virtual interativa (cibernética) dotada de múltiplas análises óticas obtidas por algoritmos computacionais. A Figura 1 mostra, esquematicamente, o processo de aplicação do RTI tomando como exemplo uma moeda da coleção numismática do MAE-USP, comparando uma imagem convencional (obtida por fotografia digital) e uma imagem de análise do tipo realce especular (obtida por RTI) que evidencia o ganho de detalhamento e inteligibilidade de uma imagem.

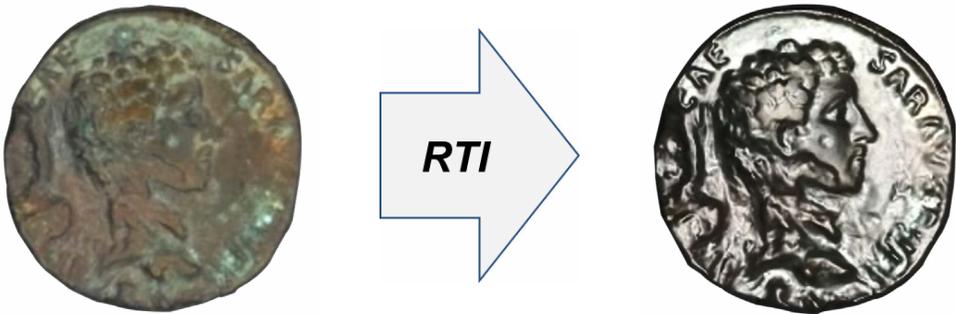


Figura 1 - Exemplificação de resultado obtido pela aplicação do RTI em uma moeda. À esquerda: fotografia digital convencional. À direita: imagem obtida por análise do tipo realce especular.

Créditos: Guilherme D. Rodrigues e Manoela Belinello.

Embora os produtos resultantes de um processo de RTI sejam totalmente digitais, o processo de RTI consiste essencialmente em uma articulação entre o mundo físico e o digital. Afinal, seu principal emprego tem sido em projetos que visam virtualizar superfícies de ob-

jetos/artefatos materiais. No entanto, é possível desenvolver aplicações sobre objetos nativos digitais como, por exemplo, objetos modelados e iluminados em 3D virtuais - desde que estes tenham sido desenvolvidos sob princípios realísticos. Porém, no presente livro, iremos abordar apenas a aplicação do RTI a objetos físicos.

O RTI pode ser empregado em projetos que envolvam registros de superfícies de objetos em ambientes comuns ou subaquáticos. Aplica-se a projetos que envolvam investigações sobre moedas, grafismos rupestres, malhas de tecidos, fósseis, tábuas de cunhagem cuneiformes etc.

Isso posto, podemos afirmar que o RTI consiste em um método baseado em um conjunto de técnicas específicas que envolvem a combinação de tecnologias de fotografia digital e processamento computacional de imagens que pode se prestar - dentre outros usos possíveis - a propósitos de virtualização, visualização, registro, documentação e divulgação de superfícies de objetos/artefatos. Se contextualizarmos no âmbito museal ou patrimônio histórico-cultural, o RTI tem grande potencial para projetos de salvaguarda, comunicação e educação no campo da Arqueologia, Etnologia, História e Museologia.

Mas, afinal, como é feito o RTI? Esquemáticamente, o RTI pode ser apresentado por meio do fluxograma apresentado a seguir (Fig. 2).



Figura 2 - Fluxograma que representa o fluxo de trabalho de um processo de RTI.

Créditos: Manoela Belinello.

A primeira etapa (captura das imagens) ocorre na forma de uma série de fotografias digitais convencionais realizada de modo que a câmera e o objeto a ser fotografado sejam mantidos em posições fixas entre si, havendo apenas variações - para a realização de cada foto - da posição e ângulo de incidência da fonte de luz (*flash* fotográfico ou fonte luz similar) ao redor do objeto (em uma região semi esférica) devendo ser mantida uma distância fixa entre a fonte de luz e a peça; conforme desenho esquemático apresentado na Figura 3.

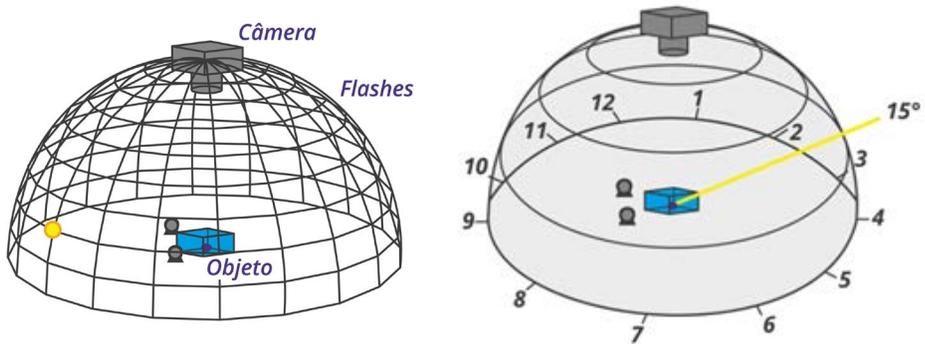


Figura 3 - Representações esquemáticas da etapa de captura de imagens para realização do RTI.

Créditos: Manoela Belinello.

A etapa de captura resulta em dezenas de imagens do objeto fotografado sendo que cada foto/quadro corresponde a um ângulo de incidência de luz diferente (conforme mostrado na Figura 3).

O conjunto de fotos obtidas é inserido no software RTI Builder para que seja realizado o devido processamento digital das imagens por meio de algoritmos computacionais baseados em *Polynomial Texture Maps* (PTM). Esta inserção das imagens no software resulta em

um arquivo do tipo *.ptm*¹, que consiste na codificação dos respectivos dados que virtualiza/simula digitalmente as informações óticas da superfície do objeto fotografado. O fluxo de trabalho destas duas etapas pode ser melhor visualizado na Figura 4.

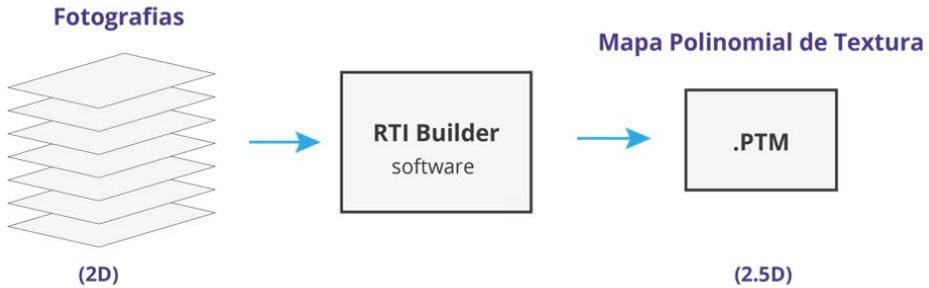


Figura 4 - Fluxograma da etapa de captura de imagens seguida da primeira parte do processamento computacional: geração do arquivo *.ptm* através do software RTI Builder.

Créditos: Manoela Belinello e Maria Lisboa.

O arquivo *.ptm* gerado pelo software *RTI Builder* não é um arquivo de visualização trivial, precisa ser aberto em um outro software denominado *RTI Viewer*. É somente por meio da execução do arquivo *.ptm* empregando o software *RTI Viewer* que é possível obter/visualizar as imagens (reiluminação virtual interativa e análises óticas diversas) resultantes do processo, conforme esquematizado na Figura 5 apresentada a seguir.

¹ A saber, existem dois tipos de arquivos de saída que podem ser gerados a partir do processamento do conjunto de fotografias digitais inseridos inicialmente no RTI Builder: o *Polynomial Texture Maps* (*.ptm*) e *Hemispherical Harmonics* (*.hsh*), sendo cada um obtido a partir de distintos métodos matemáticos (implementados na forma de algoritmo computacional) e dotados de características/vantagens próprias (MYTUM et al., 2017).

Mapa Polinomial de Textura



Figura 5 - Fluxograma da segunda parte do processamento computacional: visualização do arquivo .ptm no software RTI Viewer.

Créditos: Manoela Belinello.

A saber, essa reconstrução (simulação digital) da superfície do objeto fotografado muitas vezes é denominada pelo termo 2.5D, em uma analogia para informar que o tipo de arquivo/imagem obtido via RTI é algo intermediário entre uma imagem bidimensional e tridimensional por se tratar de uma textura (com informações realísticas dos altos e baixos relevos da superfície investigada) e não uma mera imagem plana resultante. Ou seja, neste sentido, o termo 2.5D ou 2,5D² comunica a ideia de que uma textura superficial é algo intermediário entre uma superfície lisa (2D) e um objeto perfeitamente sólido (3D). Portanto, o RTI não deve ser confundido com as imagens bidimensionais estáticas obtidas via fotografia digital nem com modelos interativos em 3D (a exemplo dos produtos digitais na plataforma *Sketchfab*³) comumente obtidos via modelagem, escaneamento a laser ou fotogrametria⁴.

2 A definição de uma dimensão igual a 2.5 ou 2,5 é definida com os devidos rigores do formalismo matemático no campo da geometria fractal. Portanto, vale ressaltar que o uso do termo 2.5D para definir o tipo de informação codificada por um arquivo .ptm resultante do RTI se trata de um uso metafórico deste termo/conceito matemático.

3 Ver: <https://sketchfab.com/>.

4 Para ajudar a compreender tal diferenciação, vale notar que no desenvolvimento de uma virtualização por meio da fotogrametria é a câmera que se move em relação ao objeto durante a captação de imagens. No RTI, câmera e objeto mantêm uma posição fixa entre si e é a luz que se move.

Após termos discutido cada uma das etapas, o fluxograma completo da realização de um trabalho de RTI pode ser melhor compreendido ao observarmos a Figura 6.

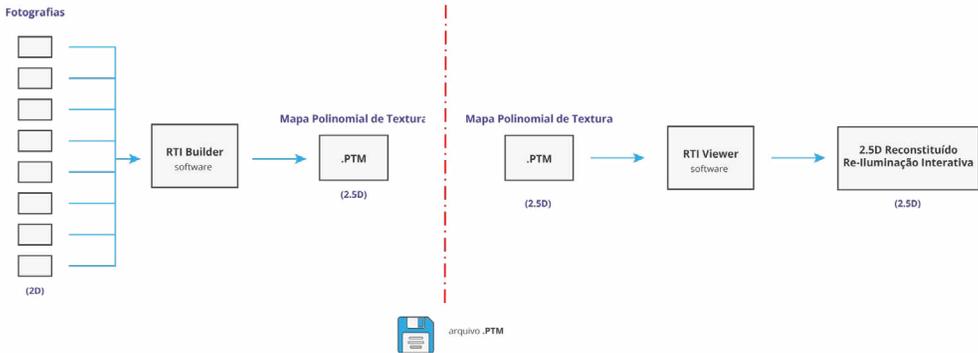


Figura 6 - Fluxo de trabalho completo de uma realização de RTI.

Créditos: Manoela Belinello.

A saber, um maior detalhamento de como realizar esses procedimentos que constituem a prática do RTI será apresentado nos capítulos seguintes, onde será informado cada equipamento e acessório a ser empregado, e serão também explicadas as respectivas funções de cada um deles.

1.2

Ótica Básica envolvida no RTI

Para a devida compreensão dos conceitos e procedimentos técnicos do RTI, convém aprofundarmos um pouco alguns conhecimentos de física no que diz respeito a alguns conceitos de ótica geométrica envolvidos.

Para tanto, iremos refletir um pouco sobre as condições que permite que enxerguemos algo ou que permite uma câmera fotográfica registrar satisfatoriamente um objeto.

O primeiro passo importante nessa direção é sermos capazes de diferenciar dois tipos de fonte de luz: fonte de luz própria (fonte primária) ou fonte de luz passiva (fonte secundária). São exemplos de fonte de luz própria o sol, as lâmpadas e telas de computadores. Por outro lado, são exemplos de fonte de luz passiva a lua⁵ e os objetos em geral que não emitem luz⁶.

Considerando tal distinção, vale ressaltar que o RTI se aplica apenas a objetos que consistem em fontes passivas de luz, ou seja, é empregado para a investigação de objetos que não emitem luz própria. Aplica-se a objetos que demandam uma iluminação externa para serem visualizados.

Por envolver objetos destituídos de luz própria e exigir que sejam iluminados por uma fonte luminosa externa⁷, para compreender os princípios que fundamentam o RTI precisamos conhecer o princípio da propagação retilínea da luz e o conceito de reflexão.

A propagação retilínea da luz⁸, como o próprio nome sugere, consiste no fato de que a luz se propaga em linha reta, de modo que os raios luminosos de uma fonte de luz podem ser representados

5 A imagem que vemos da lua decorre do reflexo da luz do sol incidente sobre sua superfície, dado que a luz não emite luz própria. Sem a luz do sol (ou outra fonte de luz) incidindo sobre a mesma, não conseguiríamos visualizá-la a olho nú.

6 A saber, com rigor, sob uma perspectiva termodinâmica, todos os corpos emitem alguma luz (onda eletromagnética) que codifica sua respectiva temperatura; desde que não estejam sob temperatura de zero absoluto (0 K). É graças a essa propriedade física que, por exemplo, é possível a existência de câmeras ou monóculos que nos permitem "enxergar no escuro", pois são capazes de captar luz no espectro infravermelho. No entanto, esse fenômeno não se aplica à discussão trazida no presente livro por se limitar apenas e tão somente à faixa do espectro eletromagnético visível, ou seja, luzes/cores visíveis.

7 Função cumprida pelo *flash* fotográfico, por exemplo.

8 Destacamos que essa propriedade da luz se situa em condições convencionais (física clássica) quando a luz está em um meio homogêneo, transparente e isotrópico. Ou seja, não estamos nos referindo a situações relativísticas nem quânticas.

visualmente na forma de segmentos de reta dotados da indicação da direção e sentido em que a luz se propaga.

Para o que nos interessa neste livro, podemos simplificar dizendo que a reflexão é um fenômeno óptico que consiste no “retorno” (não-absorção) da energia luminosa incidente sobre um objeto ao entrar em contato com uma superfície refletora. Melhor as palavras, a Figura 7 ilustra esquematicamente de duas formas o fenômeno da reflexão: à esquerda ilustra o comportamento da luz incidindo sobre uma superfície refletora perfeitamente lisa; e à direita ilustra o comportamento da luz incidindo sobre uma superfície rugosa.

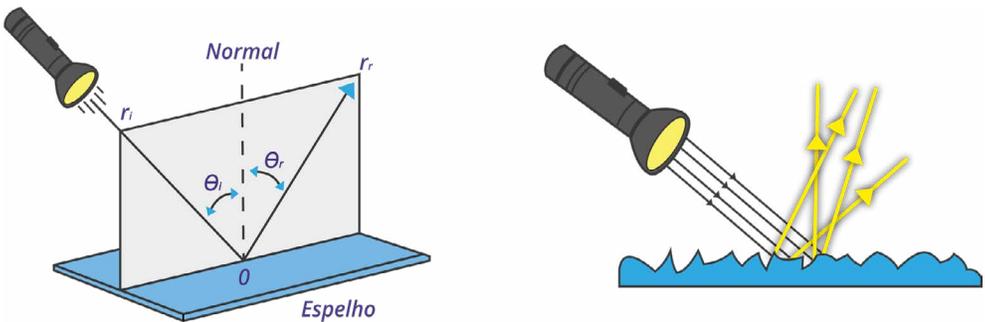


Figura 7 - Desenho esquemático da reflexão óptica.

Créditos: Manoela Belinello.

Convém pensarmos o RTI de forma mais analítica, em uma leitura sob a perspectiva da Física. Assim, podemos notar como se dá a produção de imagem que constitui o processo de RTI. O *flash* fotográfico fornece a necessária quantidade de luz orientados nas devidas direções e sentidos para iluminar a superfície do objeto desejado ao emitir seus raios de luzes. Ao incidirem sobre a superfície do objeto, esses raios de luzes são refletidos para diversas direções de modo que depende das

características da textura desta superfície. Parte desses raios de luzes são refletidos com direções e sentidos tais que incidem sobre a área do sensor de luz da câmera, conforme esquematiza a Figura 8.

Em um sentido conceitual mais amplo, vale ressaltar que a reflexão é uma propriedade genérica, ao passo que a reflectância (termo que dá nome ao RTI) é uma propriedade/grandeza particular quando se está analisando um objeto ou superfície específica. Ou seja, o conceito de reflexão diz respeito à capacidade que os objetos em geral (suas superfícies) possuem de refletir uma quantidade de iluminação, ao passo que reflectância diz respeito à capacidade de uma superfície investigada em particular possuir de refletir uma certa quantidade de iluminação sob uma condição de iluminação específica⁹.

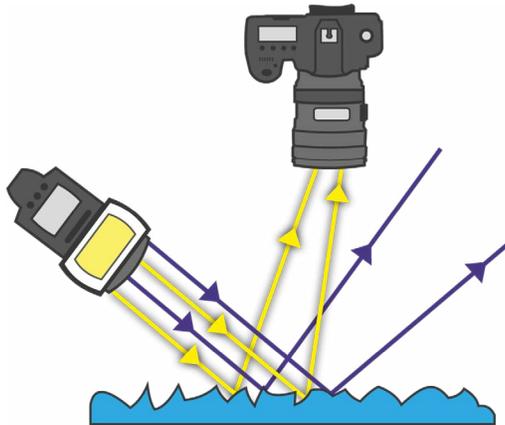


Figura 8 - Desenho que ilustra esquematicamente o processo de captura de imagens por uma câmera fotográfica na realização do RTI.

Créditos: Manoela Belinello.

⁹ Se tomada enquanto uma grandeza física, a reflectância de uma superfície mede a quantidade de iluminação refletida deste objeto quando iluminado em uma determinada cena por meio da razão entre o fluxo radiante total refletido e o fluxo radiante incidente sobre uma superfície - portanto, trata-se de uma grandeza adimensional cujo valor é um número decimal que está sempre entre zero (absorção total) e um (reflectância total), mas pode também ser expresso em termos de porcentagem.

Se repararmos novamente a Figura 7 (imagem à esquerda), podemos notar mais duas características da reflexão ótica, denominadas de Leis da Reflexão. A 1ª Lei da Reflexão sustenta que o raio de luz incidente, o raio de luz refletido e a reta Normal são coplanares, ou seja, situam-se em um mesmo plano geométrico (superfície cinza, na Figura 7). A 2ª Lei da Reflexão sustenta que o ângulo de reflexão (ângulo entre o raio de luz refletido e a reta Normal) é igual ao ângulo de incidência (ângulo entre o raio de luz incidente e a reta Normal).

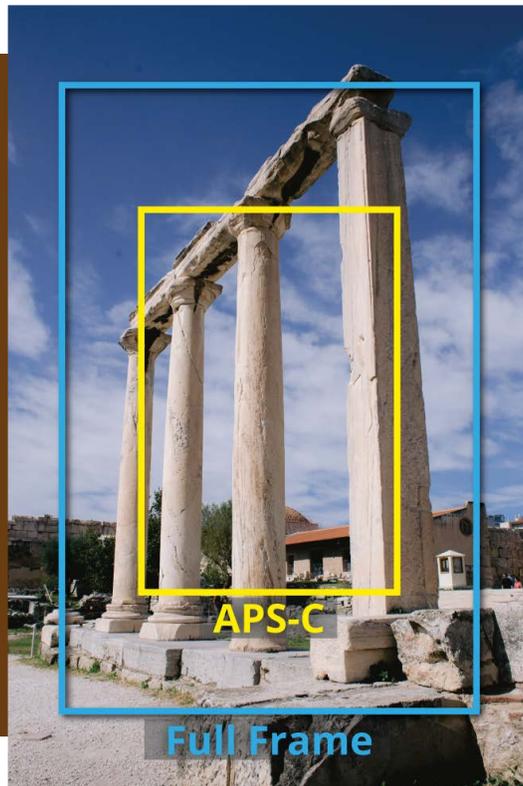
A partir das leis da reflexão, devemos notar que a luz, refletida a partir da superfície do objeto, que é capturada pela câmera dependerá do ângulo de incidência da fonte de luz (*flash*). Apoiados na Figura 8 devemos notar também que a luz capturada pela câmera depende das características da textura da superfície em questão.

Referências

MYTUM, Harold C. *et al.* Reflectance transformation imaging (RTI): Capturing gravestone detail via multiple digital images. *Association for Gravestone Studies Quarterly*, p. 3-10, 2017. Disponível em: [https://livrepository.liverpool.ac.uk/3009787/1/E:%5CWork%20HD%20July%202015%5CMy%20Passport%20save%20\(F\)%5CPublications%20Finished%20%20Drafts%20&%20Figs%5CPublication%20pdfs%5CMytum%20et%20al%202017%20AGS%20Newsl%20RTI.pdf](https://livrepository.liverpool.ac.uk/3009787/1/E:%5CWork%20HD%20July%202015%5CMy%20Passport%20save%20(F)%5CPublications%20Finished%20%20Drafts%20&%20Figs%5CPublication%20pdfs%5CMytum%20et%20al%202017%20AGS%20Newsl%20RTI.pdf). Acesso em: 09 maio 2023.

2

. Dominando a Fotografia



2.1

Introdução – A importância da fotografia para o RTI

Denominada a partir das raízes gregas φωτός (*phōto's*), genitivo de φῶς (*phōs*), “luz” e γραφή (*graphé*) “representação por meio de linhas/desenho” ou simplesmente “desenho com a luz”¹, fotografia é uma técnica capaz de criar imagens pela luz incidindo em uma superfície fotossensível, analógica ou digital. (Spencer, 1973. p. 454)² Sendo a base principal do RTI, dominá-la é fundamental para obter uma captura correta das imagens e alcançar resultados satisfatórios nos softwares de processamento e visualização. Devido a lacuna de conhecimento em relação aos equipamentos, ajustes técnicos, configurações do set fotográfico e equilíbrio fotométrico, o presente capítulo objetiva demonstrar a importância do conhecimento fotográfico como elemento essencial para o processo do RTI e servir como manual para o melhor aproveitamento das ferramentas fotográficas digitais.

O registro fotográfico demanda grande conhecimento técnico para uma captura satisfatória e ágil, haja vista a grande variedade de procedimentos disponíveis para o registro da imagem. Além disso, a exposição correta do sensor à luz entrando pela câmera obscura para formar uma imagem necessita conhecimentos de fotometria, sem dúvida importantes a quaisquer registros fotográficos, mas fundamentais para a plena realização do RTI. Isso ocorre, pois a técnica de reflectância exige grande precisão na medição da luz que incidirá nos materiais fotografados, principalmente se os objetos apresentarem maior especularidade, para resultarem em modelos

1 Etimologia da palavra segundo o Dicionário Michaelis <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/fotografia>> Acessado em: 13 de abril de 2022.

2 Spencer, D A (1973). *The Focal Dictionary of Photographic Technologies*. Focal Press. p. 454.

satisfatórios após o procedimento nos softwares de processamento e visualização. Uma fotometria mal feita pode apresentar imagens subexpostas, com muitas áreas de sombra, ou superexpostas, com excesso de realce. Ambas prejudiciais para visualização dos detalhes e relevos do objeto.

Nesse sentido, entender das câmeras, das objetivas fotográficas, de enfoque, controles de luz (ISO, Diafragma e Velocidade)³, configurações e ajustes do flash e de outros equipamentos disponíveis pode garantir melhores resultados para a captura das imagens e, conseqüentemente, um RTI mais bem sucedido em aplicações à diversas texturas, especularidades e topografias.

2.2

Câmeras

Para uma captura precisa durante a realização do RTI é necessária a utilização de uma câmera digital que possibilite tanto os ajustes manuais de medição de luz, equilíbrio de branco, quanto a conexão com flash externo e intercâmbio de objetivas. Dada essa especificidade e a variedade de equipamentos disponíveis atualmente no mercado, dois modelos se destacam pela praticidade, custo benefício e qualidade das imagens: as câmeras Monoreflex *Digital Single Lens Reflex* (DSLR) e as *Mirrorless Interchangeable-lens Camera* (MILC) ou, simplesmente, *Mirrorless*.

Ambas as câmeras são encontradas em versões *Advanced Photo System tipo-C* (APS-C) e *Full Frame* (quadro cheio), diferindo no tamanho do sensor utilizado para a captura da luz. O APS-C é um

3 No item cinco (5) cada um dos elementos é discutido a fundo.

formato variando entre 20,7 × 13,8 mm a 28,7 × 19,1 mm, uma proporção de 3:2, cerca de 1,5 (Nikon) ou 1,6 (Canon) menor que os sensores *Full Frames* cuja a área é a mesma do filme fotográfico 135 (36 × 24mm) mais conhecidos por 35mm. Por essa diferença de tamanho, as câmeras com sensores APS-C são conhecidas como “*crop*” ou quadro recortado, principalmente quando são utilizadas com objetivas projetadas para sensores de 35 mm – apenas parte da luz e da imagem é aproveitada pelo sensor APS-C. Já as câmeras com sensores maiores aproveitam a totalidade da luz e da imagem e possibilitam uma captura de cores e ajustes da sensibilidade ISO mais elevados, muitos modelos atingem 102.000 e são capazes de fazer muitos fotogramas por segundo. Tanto a APS-C quanto a *Full Frame* fotografam nos formatos de arquivo RAW, JPEG e RAW + JPEG, configurações fundamentais para o processamento e armazenamento com qualidade das imagens.

A diferença principal entre as DSLRs e as *Mirrorless* está na construção do corpo da câmera fotográfica.⁴ A segunda não possui o pentaprisma, um conjunto de espelhos que possibilitam a visualização na câmera DSLR. Além disso, as câmeras sem espelho são mais simples do ponto de vista mecânico e geralmente menores, mais leves e silenciosas devido à eliminação do espelho, fornecendo maior estabilidade e menor trepidação nos disparos.⁵ Elas também permitem a troca das objetivas compatíveis com a marca. Mesmo com todos esses pontos positivos a respeito da MILC, esses modelos ainda apresentam custo mais elevado para o corpo e para as objetivas e menor autonomia de carga, dificultando seu uso por períodos prolongados,

4 Também há diferenças nos processadores de imagem, armazenamento de dados entre outros detalhes que não serão discutidos aqui.

5 Uma menor trepidação pode favorecer em muito no processo de RTI. Isso também pode ser ajustado na DSLR, com bloqueio de espelho. Confira mais no trecho:

muitas vezes exigido por processos de RTI mais complexos. Os dois tipos de câmera se encontram disponíveis no mercado produzidas por diversas marcas: Canon, Nikon, Sony, Fuji, entre outras. As duas primeiras são, atualmente, as mais consolidadas no mercado nacional e oferecem uma variedade maior de equipamentos e acessórios, como lentes,⁶ flash, controles remotos, etc.

Sem entrar no mérito comparativo de qualidade entre as marcas e modelos, no entanto, todas elas são capazes de atender às necessidades do RTI com alta qualidade e precisão de captura, para isso é necessário que o usuário domine o equipamento e conheça todas as potencialidades e fragilidades do modelo escolhido, consultando seu manual e *reviews* disponíveis em revistas especializadas sobre o tema.⁷ Além disso, dominando os controles de luz, tratados abaixo, mesmo com equipamentos considerados de entrada como as DSLR APS-C é possível obter resultados com excelente qualidade.

2.3

Objetivas/ Lentes

As objetivas fotográficas, ou “lentes” como são mais conhecidas, são responsáveis pela formação da imagem e importantes na qualidade, definição e por transmitirem de maneira eficiente o feixe luminoso para o sensor digital ou filme. Dada a possibilidade de in-

6 Alguns modelos *Mirrorless* ainda carecem de algumas objetivas acessíveis no Brasil, como as macros tratadas no item abaixo.

7 Devido a velocidade de transformação e inovação tecnológica do mercado fotográfico, vamos nos abster de definir um modelo específico para a realização do RTI, no entanto, com essas orientações gerais sobre a câmera fotográfica o leitor já poderá fazer uma escolha consciente a partir dos modelos disponíveis no momento de sua aquisição.

tercambiar as objetivas nas câmeras DSLR e *Mirrorless*, a escolha adequada da distância focal - entre outras especificações da lente -, para o assunto a ser fotografado, pode ser decisiva para um registro eficaz de cores, nitidez e texturas.

Ao contrário do senso comum acerca das lentes fotográficas, não há objetiva universal capaz de atender a todas as necessidades do usuário, condições luminosas e especificidades dos assuntos fotografados. Há uma gama enorme de possibilidades disponíveis no mercado, destinadas a diferentes finalidades. Para determinar a escolha da objetiva correta, primeiramente, o fotógrafo precisa entender como se dá a formação da imagem. Os raios de luz provenientes de uma cena formam, ao atravessarem a objetiva, uma imagem circular sobre um plano. Esta imagem é conhecida como círculo de iluminação da objetiva. As bordas da imagem apresentarão uma grande perda de nitidez comparadas com o centro, pois as bordas da lente não convergem corretamente a luz, causando aberrações cromáticas e distorções da imagem. Assim, apenas o centro do círculo de iluminação apresenta qualidade suficiente para ser aproveitado fotograficamente e é responsável por banhar o sensor. Cada objetiva é desenhada para produzir uma imagem de qualidade sobre o tamanho do sensor a que se destina; podem ser usados com um sensor menor (APS-C), mas não poderão ser usados com sensores maiores (Full Frame). Da mesma forma, uma objetiva irá captar um ângulo diferente da cena para cada tamanho de sensor utilizado, com ângulos de visão aproximadamente 50% menores na APS-C, gerando o conhecido “fator de corte” (figura 9). Por exemplo: uma objetiva de 50mm com ângulo de visão de 46° em uma Full Frame, terá cerca de 25° numa DSLR, a depender do modelo e da marca (figura 10).

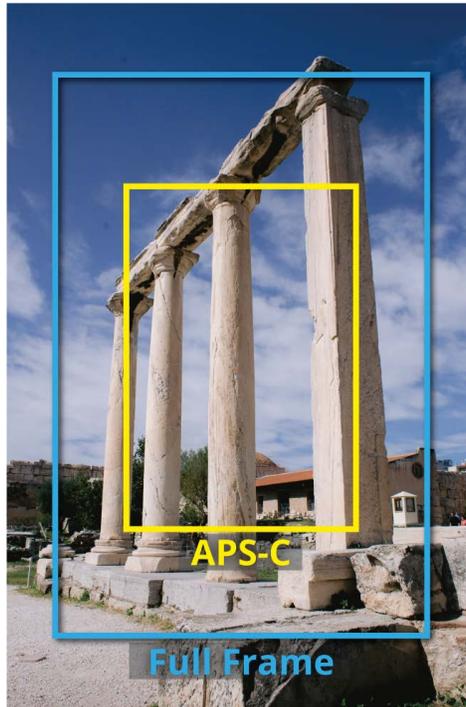


Figura 9 - Ângulos de visão em Full frame APS-C.

Foto: Guilherme Rodrigues. Arte: Manoela Belinello

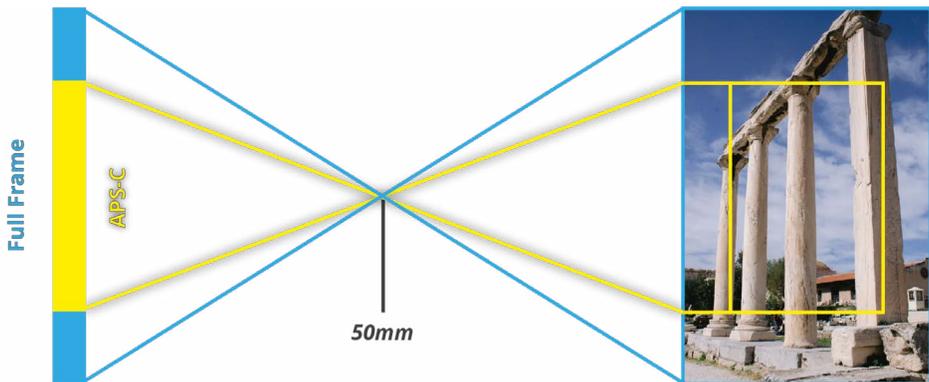


Figura 10 - Ao fotografar na mesma distância em relação ao assunto, a diferença do corpo pode apresentar uma diferença de até 60% na área enquadrada.

Foto: Guilherme Rodrigues. Arte: Manoela Belinello

Em segundo lugar, na escolha da objetiva é importante ter em mente as distâncias focais existentes (figura 11) e as distorções provocadas por cada uma delas. Representada em milímetros (mm) ela é a distância do centro óptico da lente, onde há a convergência de raios luminosos para a imagem se formar com nitidez até o sensor da câmera. A distância focal nos informa o quanto da cena será capturada e a ampliação dos assuntos fotografados. Quanto maior ela for, mais estreito o ângulo de visão e maior a ampliação do assunto, assim como a menor distância focal resultará num maior ângulo de visão e menor ampliação (Berkenfeld et al, 2021). As objetivas são compreendidas entre zoom ou fixa, sendo as primeiras mais versáteis ao se adequarem a um sem número de assuntos, por cobrirem variadas distâncias focais, porém com qualidade ótica inferior⁸ e maior dispersão luminosa; e a segunda com apenas uma distância focal, mas com melhor nitidez e captação de cores, além de ser mais leves e mais luminosas, com diafragmas a partir de f.1. Os dois modelos estão divididas em grupos⁹ separados por seus ângulos de visão:

- Grande angulares (*Wide*)– com um maior ângulo visual, superior aos 70 graus e cobrindo distâncias focais entre 8mm e 35mm. Geralmente são utilizadas para locais com menor espaço para movimentação do fotógrafo, para paisagens, fotografia de grandes áreas e grupos. Por conta do amplo ângulo, apresentam muitas distorções, sendo pouco indicada para o RTI.

8 É importante destacar que as objetivas também são classificadas, de acordo com cada marca, entre linhas de entrada, de custo mais acessível e menor qualidade, e profissionais, com altíssima qualidade dos elementos ópticos e com menor dispersão de luz. Os comparativos entre lentes devem ser feitos sempre entre objetivas da mesma linha. Em nossa comparação, estamos levando em conta linhas profissionais, série *Luxury* (L) da Canon.

9 Optamos por descrever as objetivas mais utilizadas para o processo de RTI. Além dos grupos citados, ainda há outros como, por exemplo: Tilt-shift e Super teleobjetiva.

- Normais - Apresentam um ângulo visual semelhante a um olho do ser humano, aproximadamente 46° . As objetivas consideradas normais ficam entre 40mm até 60 mm e são utilizadas em retratos, natureza, cenas urbanas, etc. Por apresentarem menores distorções funcionam bem para o RTI.
- Teleobjetivas – Essas lentes fecham o campo de visão, entre 28° e 12° . As teleobjetivas ficam entre 70mm e 200mm e são utilizadas para retratos, natureza e vida selvagem (BERKENFELD *et al*, 2021). Devido a extensão da lente, há um achatamento dos planos na cena e poucas distorções. Objetivas na faixa de 85mm são indicadas para o RTI, principalmente quando se quer evitar as distorções na periferia das imagens e registrar detalhes.
- Macro – As objetivas macro podem incluir campos visuais variados, compreendendo distâncias focais entre 60mm e 200mm. A diferença desses modelos para outros é a possibilidade de focalizar¹⁰ estando bem próximas dos assuntos, com proporção de 1:1, em tamanho real no sensor. (BERKENFELD *et al*, 2021). Essas lentes são indicadas para objetos pequenos.¹¹ No caso do RTI, são ideias para moedas e detalhes. Isso garante altíssima qualidade e aproximações sem a necessidade de cortes digitais na imagem.

¹⁰ Mais sobre enfoque no item abaixo.

¹¹ Há outras opções mais acessíveis para realizar esse tipo de fotografia. Confira no trecho: Tubos extensores e teleconverters.

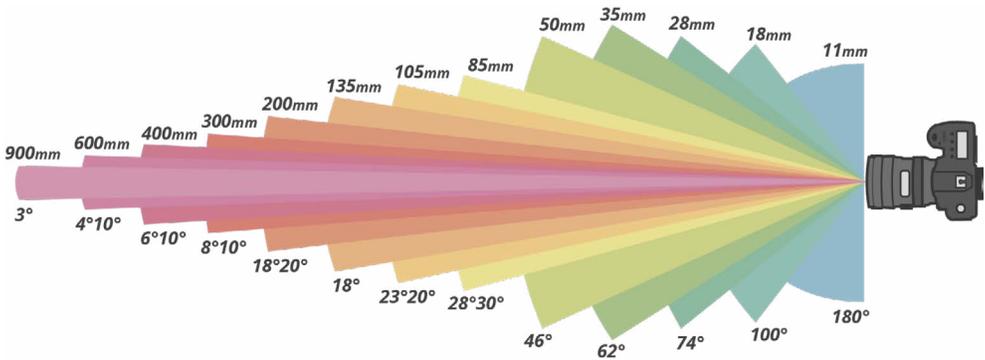


Figura 11 - Distâncias focais e seus ângulos.

Arte: Manoela Belinello

2.4

Foco

O foco é um dos elementos mais importantes da fotografia e apesar de ser uma configuração básica ainda é negligenciado. Com ele é possível garantir atenção do observador e principalmente nitidez para imagem. Nesse sentido, ele é fator determinante entre usar ou não a imagem para o RTI, já que o ajuste inadequado do foco pode ocasionar a perda de toda a sessão fotográfica e a necessidade da repetição do processo de captura.

A nitidez da imagem depende do ajuste dos elementos ópticos da lente entre o plano do sensor ou filme e o(s) assunto(s) fotografado(s). Na fotografia digital há a opção de foco manual e automático. Estando no modo manual, identificado pela nomenclatura M (manual) ou MF (*manual focus*), a depender da marca, alterável por uma chave seletora geralmente localizada no corpo da lente ou na parte frontal da câmera, é preciso que o fotógrafo gire lentamente o anel de foco mantendo o botão do obturador (disparador) pressionado até a metade, até receber a informação luminosa/sonora ou até a atingir a

plena nitidez visual na ocular da câmera. Já o modo AF (*auto focus*) ou A (automático)¹² focaliza automaticamente a objetiva em um assunto quando o botão do obturador está pressionado até a metade, sem a necessidade de o usuário girar o anel de foco. Também no modo AF está disponível nas câmeras digitais o AF de servo contínuo (AF-C) capaz de manter o foco em objetos em movimento.

Ao acelerar o processo de focalização, o modo AF permite que o usuário capture imagens nítidas mesmo em situações de alta velocidade. Já o modo manual de focalização é ideal para assuntos pequenos, em baixa luminosidade e quando os sensores e motores de foco enfrentam dificuldades para identificar a distância entre o assunto e a câmera. Assim, apesar da praticidade do modo manual e para garantir mais precisão, se o objeto estiver estático é aconselhável focalizá-lo manualmente utilizando um monitor ligado via cabo ou o LCD da própria câmera.

Ademais, antes da focagem é indispensável escolher os sensores/pontos de foco utilizados pela câmera para discernir a distância até o assunto fotografado e mensurar se este encontra-se em foco. A maioria das câmeras, tanto de entrada quanto profissionais, oferecem a seleção automática e manual dos pontos de foco. É aconselhável a escolha do ponto de foco único, no centro ou, quando possível, exatamente sobre o assunto. Vale ressaltar que o foco se dá pela distância entre a câmera fotográfica e o objeto, ou seja, tudo aquilo na mesma distância e paralelo à objetiva fotográfica estará dentro da área nítida, desde que a profundidade de campo¹³ escolhida seja capaz de abarcar todo o assunto.

12 Mais informações sobre o modo automático In: <https://web.archive.org/web/20131112195552/http://www.nikon.com/about/technology/rd/core/software/caf/index.htm> Acesso em: 14 de março de 2020.

13 A profundidade de campo é determinada, entre outras coisas, pela abertura do diafragma (f). Falaremos mais sobre o assunto no item cinco (5-b).

Identificar essa distância mínima de foco da objetiva fotográfica também é fundamental. Ela é expressa em centímetros e pode ser encontrada nas especificações da objetiva fotográfica, gravada na própria lente ou através de um visor na parte superior. Qualquer tentativa de focalizar a uma distância menor do que a indicada resultará numa imagem desfocada. Algumas objetivas Macro¹⁴ ou filtros macro conseguem diminuir essa distância do assunto, em proporções de cerca de 1:1, mantendo o assunto em foco.

2.5

Controles de luz e fotometria

2.5.1 ISO

Entender e dominar os controles de luz são fundamentais para o registro fotográfico e para a realização da captura do RTI de forma satisfatória, sem perda de detalhes em regiões de sombra e de realce. Dada a origem analógica da fotografia, em que um filme fotossensível era o primeiro recurso a ser decidido pelos fotógrafos e pela importância dessa ferramenta para a nitidez da imagem, o ISO ainda hoje tem um papel basilar durante o registro da imagem.

A velocidade ISO ou simplesmente ISO (*International Standards Organization*), define a sensibilidade do sensor fotográfico para captar a informação luminosa padronizada conforme a norma ISO 1232:2006,¹⁵ unindo os padrões norte-americano da *American Standards Association* (ASA) de base aritmética, e o padrão alemão (logarítmico) do *Deutsches*

¹⁴ Mais sobre objetivas Macro no item três (3)

¹⁵ Mais In: <https://www.iso.org/standard/37777.html> Acesso em: 15 de Março de 2021.

Institut für Normung, de base logarítmica. Segundo essa norma temos o índice de exposição (*exposure index*), controlado por circuitos eletrônicos que determinam a amplitude do sinal fotoelétrico gerado no sensor fotográfico.

Esse índice ou sensibilidade ISO é expresso nas câmeras digitais em valores 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800, 25.600... até o 102.400 em modelos considerados profissionais. Quanto maior for esse número ISO, menos luz será necessária para realizar a fotografia, já que a câmera fotográfica ficará mais sensível à luz, ou seja, uma fotografia com ISO 200 levará a metade do tempo que outra de ISO 100 levaria para atingir a mesma exposição (MCHUGH, 2020).

Na fotografia convencional e mesmo amadora se recomenda elevar o ISO em ambientes de baixa luminosidade. No entanto, para a fotografia profissional/técnica, como é o caso do RTI, é preciso ter cuidado com ISOs elevados, pois a consequência da maior sensibilidade é o aparecimento de ruídos nas fotografias (figuras 12 e 13). Apesar de não haver uma orientação definitiva sobre a velocidade de ISO ideal para realização do RTI em manuais da *Cultural Heritage Imaging*, é conveniente evitar valores acima de 400, pois ir além desse índice em câmeras mais básicas produzirá ruídos, principalmente nas áreas de sombra. Esse defeito pode ser determinante para a identificação ou não da topografia e dos detalhes da textura dos assuntos nos softwares de processamento e visualização, pois quando aumentamos o ISO estamos amplificando o sinal do sensor da câmera (MCHUGH, 2020), elevando de forma artificial a intensidade da luz, o que gera pontos, em alguns casos esverdeados e com tons de magenta.



Figura 12 - ISO 100.

Foto: Guilherme Rodrigues



Figura 13 - ISO 25000.

Foto: Guilherme Rodrigues

2.5.2 Profundidade de campo

A profundidade de campo é o efeito que define a nitidez de uma imagem a partir do local onde foi realizado o foco, ou seja: a quantidade de planos em foco numa fotografia. Ela é dada pelo fenômeno óptico conhecido como círculos de confusão, que aumentam conforme os objetos se afastam do plano de foco, se tornando maiores do que a acuidade visual humana e passando sensação de perda de nitidez. (Salvaggio et al, 2009, p. 110). Via de regra, na fotografia, a profundidade de campo é afetada por três fatores principais:¹⁶ abertura do diafragma (f), distância focal e distância do assunto. A profundidade de campo influencia na realização do RTI ao alterar a nitidez da imagem e a intensidade da luz do flash fotográfico.

O primeiro e mais importante desses elementos, o Diafragma (f), é um conjunto de lâminas construídas na objetiva com a função de abrirem e fecharem. Ele é responsável por determinar o diâmetro pelo qual a luz passará. Essa abertura é especificada pelo número f , uma razão entre o diâmetro da abertura e a distância focal. As aberturas de diafragma mais comuns disponíveis na fotografia, em número inteiros, são: $f/1$; $f/2$; $f/4$; $f/5.6$; $f/8$; $f/11$; $f/16$; $f/22$.¹⁷ O número f menor representa uma abertura maior e garante que mais luz atinja o sensor, enquanto o maior indica menor abertura levando pouca luz à câmara. Essa diferença luminosa também pode ser chamada de f -stop e está relacionada a $\sqrt{2}$ (1.4) de mudança no número f , levando a uma variação luminosa de dobro/metade (Salvaggio et al, 2009, p. 38). Por exemplo: quando estamos em diafragma

¹⁶ Há um quarto elemento: o tamanho do sensor. Ele influencia pois a facilidade de obter mais planos em foco é inversamente proporcional ao tamanho do sensor. Ou seja, câmeras de sensor *Full Frame* têm maior facilidade para desfocar os planos do que modelos APS-C. No entanto, não trataremos do sensor aqui pois ele só pode ser alterado com a troca da própria objetiva.

¹⁷ Algumas objetivas podem apresentar aberturas ainda menores como, por exemplo, $f/64$.

f/8 e abrimos para f/5.6, duas vezes mais luz incidirá sobre o sensor. Inversamente, ao fecharmos o diafragma, de f/5.6 para f/8, a metade da luz entrará.

O resultado dessa variação luminosa, para além das influências na medição da luz na imagem, à qual discutiremos abaixo, é a alteração na profundidade de campo ou área nítida. Os números menores (f/1; f/2; f/4.), diafragmas abertos, possibilitam maior entrada de luz, no entanto, apresentam menor profundidade de campo com menos planos em foco. Já os números maiores (f/5.6; f/8; f/11; f/16; f/22) garantem menor entrada de luz, ao passo que apresentam maior profundidade de campo com mais planos em foco. O segundo elemento responsável por afetar a profundidade de campo é a distância focal – tratada acima. Objetivas Grande Angulares (*Wide*) com maiores ângulos de visão apresentam mais profundidades de campo, com mais planos em foco, mesmo com a adoção de diafragmas mais abertos. À medida que o ângulo de visão se torna mais estreito, caso das objetivas Normais e Teleobjetivas, a profundidade de campo se estreita, com menos planos em foco. Isso ocorre pois essas lentes achatam os planos, aumentando o fundo em relação ao assunto e elevando a sensação de desfoque.

O terceiro e último a influenciar na nitidez dos planos é a distância do assunto. A profundidade de campo aumenta significativamente ao aumentar-se a distância entre a câmera e assunto. Quando a distância do objeto é dobrada a profundidade de campo fica quatro vezes maior. O inverso também é verdadeiro, ao mantermos uma distância de cerca de duas distâncias focais – duas vezes a distâncias mínima necessária para obter foco – a profundidade de campo com aberturas maiores tende a se restringir a um único plano (Salvaggio e Shagam, 2020, p.56). Isso explica o motivo das objetivas Macro proporcionarem profundidades de campo tão rasas.

Com todos esses elementos influenciando na profundidade de campo surge a questão: qual deles deverá ser usado na hora de fotografar? Não existe uma resposta simples capaz de abarcar todos os campos da fotografia, tampouco para todas as situações que devem ser pensadas caso a caso para atender às especificações técnicas disponíveis, como os tipos objetivas, as aberturas do diafragma, a luminosidade no ambiente e o efeito esperado. No entanto, dada a especificada técnica do RTI, algumas considerações podem ser feitas para ajudar a obter resultados de maneira mais rápida e satisfatória: são aconselháveis aberturas menores de diafragma, algo entre $f/5.6$ e $f/11$. Essa necessidade advém da grande diversidade de assuntos fotografados, muitos deles com tamanhos razoáveis, demandando maior profundidade de campo para que todo o assunto esteja em foco. Além disso, a maioria das objetivas fotográficas apresentam pico de nitidez nos diafragmas intermediários ($f/5.6$, $f/8$, $f/11$). Aberturas menores tendem a resultar em menor qualidade de nitidez, principalmente nas periferias da imagem, a depender da objetiva¹⁸ (*Guide to Highlight Image Capture v2.0*, 2013. p.26), prejudicando a visualização da topografia do assunto em todo o seu potencial. Outrossim, o uso desses diafragmas também se justifica pela adoção de objetivas Normais, Teleobjetivas e/ou Macro que, como já indicamos em tópico anterior, ocasionam profundidades de campo mais rasas.

2.5.3 Tempo de exposição

O Tempo de Exposição/Velocidade do Obturador designa o período em que o sensor receberá a luz. Com esse controle é possível

¹⁸ Uma dica importante é checar o pico de nitidez de sua objetiva. Para isso, basta olhar as especificações nos sites das fabricantes ou pesquisando “difração de lente” e especificando a objetiva.

determinar a exposição em segundos ou pequenas frações de segundo. As velocidades de obturação são expressas em números inteiros na seguinte ordem: 1/8000s, 1/4000s, 1/2000, 1/1000s, 1/500s, 1/250s, 1/125s, 1/60s, 1/30s, 1/15s, 1/8s, 1/4s, 1/2s, 1s, 2s, 5s, 10s, 15s, 20s, 30s. Esses tempos de exposição funcionam na relação dobro/metade para controle da exposição, dinâmica similar ao diafragma. A variação de ponto reduz pela metade ou duplica a entrada de luz. Além disso, esse controle de luz garante precisão em variações luminosas pequenas de 1/3 de ponto entre os números inteiros (Salvaggio e Shagam, 2020. pp.102-104).

Assim como os demais controles de luz, o Tempo de Exposição influencia fortemente no resultado da imagem. As velocidades mais baixas (1/15s, 1/8s, 1/4s, 1/2s, 1s, 2s, 5s, 10s, 15s) podem derivar em fotografias trepidadas, caso o fotógrafo esteja com a câmera nas mãos e se o assunto estiver em movimento. As velocidades intermediárias (1/125s, 1/60s, 1/30s) reduzem as trepidações e as altas (1/8000s, 1/4000s, 1/2000, 1/1000s, 1/500s, 1/250s) têm mais potencial de congelar os assuntos, a depender das velocidades de seus movimentos. Ou seja, os tempos de exposição podem variar de acordo com o movimento e com o efeito desejado na fotografia. Apesar disso, há uma regra prática para evitar a trepidação por parte do fotógrafo ao segurar a câmera fotográfica: a velocidade do obturador deve ser superior ou equivalente à máxima distância focal da objetiva (Ex: objetiva 50mm = velocidade 1/50).

No RTI a câmera é estabilizada num tripé, assegurando maior liberdade quanto ao Tempo de Exposição a ser aplicado, pois não há chance de que assunto ou câmera fotográfica se movam e possam causar trepidações. No entanto, algumas observações são importantes e podem ajudar nessas configurações. Em ambientes onde a luz estiver controlada e haja a possibilidade de eliminar a intrusão

de luzes outras, que não a do flash fotográfico, não há limitação de velocidades mínimas a serem usadas. Isso irá depender do equilíbrio entre os elementos de controle de luz (ISO, Diafragma e Tempo de Exposição) e da luz do flash. Por outro lado, em ambientes onde a luz externa não pode ser barrada, a velocidade é uma ferramenta chave para garantir que apenas a luz do flash irá atingir o assunto e a bola refletiva usada no RTI. Nesses casos, aconselha-se o uso das velocidades mais altas permitidas pelo flash,¹⁹ em torno de 1/200, 1/250.

2.5.4 Exposição e Fotometria

A luz é a pedra angular da fotografia desde a sua criação. Determinar a quantidade ideal de luz expondo corretamente o sensor é um processo que exige conhecimento técnico e observação. Nessa sessão, procuramos elaborar os parâmetros e recursos discutidos anteriormente em conjunto com a fotometria e o modo manual (M) das câmeras fotográficas para que o fotógrafo seja capaz de determinar a exposição correta.

Essa medição e exposição nas câmeras fotográficas se dá pela combinação do volume de luz garantido pela abertura do Diafragma (f), pelo tempo dado pela Velocidade para que a luz incida sobre o sensor e pela sensibilidade da câmera, dada pelo ISO. No modo Manual (M) das câmeras fotográficas, todos os parâmetros de controles de luz podem ser alterados livremente, garantido liberdade ao usuário. No entanto, o desequilíbrio entre esses elementos, com um excesso de luz atingindo o senso, resultará em uma fotografia superexposta (com excesso

¹⁹ No item seis (6) tratamos detalhes do Flash fotográfico e como ele pode ser usado em conjunto com o tempo de exposição para eliminar a luz externa. Além disso, também é descrito como alguns Flashes permitem o uso de velocidades de sincronismo ainda maiores do que 1/200 e 1/250.

de realces). Já a falta de luz terá como consequência a subexposição (com excesso de sombras).

Para ajudar a medir essa luz, o fotógrafo pode contar com a fotometria: a ciência de medir e descrever a luz (Salvaggio e Shagam, 2020. p.1). Instalado abaixo do espelho da câmera ou próximo do pentaprisma encontra-se o fotômetro, responsável por indicar a quantidade de luz que incidirá sobre o sensor. Para isso, o elemento analisa a luz refletida nos assuntos enquadrados e passando através da lente, isso lhe garante o nome de *through the lens*/através das lentes ou apenas TLL. Em suma, a câmera medirá a luz considerando o impacto de tudo entre o assunto e o sensor, refazendo a medição a cada novo enquadramento, resultando em medições precisas da luz para cada assunto e condição luminosa.

Durante a captura e sempre que o fotógrafo tocar no botão do obturador/disparador é ativada na ocular da câmera ou em seu visor traseiro a régua do fotômetro. Em geral, essa escala é apresentada em variações de até dois pontos, para mais e para menos, do Valor de Exposição (EV). Esse valor é semelhante ao conceito de *f-stop* e é uma medida usada como atalho para ajustar as configurações de exposição e interpretar a luz (Salvaggio e Shagam, 2020. p.113). A elevação de um ponto na escala EV resulta no dobro da exposição, o dobro de luz. Nesse sentido, regra geral, o objetivo do fotógrafo é equilibrar os controles de luz para atingir o 0EV (centro) da régua do fotômetro, a “exposição ideal”²⁰ Uma dica para equilibrar ISO, Diafragma (f) e Velocidade obturador é definir quais são os objetivos e resultados esperados com a fotografia. Por exemplo: se o fotógrafo deseja congelar os assuntos e evitar trepidação, caso esteja com a câmera nas mãos, o ideal é escolher primeiro a velocidade desejada e, em seguida,

20 A Exposição ideal encontra-se entre aspas pois, em algumas ocasiões, a exposição ideal para a cena pode ser, por exemplo de +1EV, -1EV, dependendo do objetivo do fotógrafo e das condições de luz no ambiente.

determinar os outros dois parâmetros para obter uma boa exposição. No RTI, como há a necessidade de alta qualidade de nitidez e maior profundidade de campo, aconselha-se a escolha do ISO e Diafragma primeiro e, por último, a Velocidade.

Apesar dessa configuração fotométrica, é importante frisar uma pequena diferença dada em certas situações para o caso específico do RTI. Quando se há o controle da luz ambiente e a possibilidade de escurecer a sala, deixando a luz flash como a única fonte de luz, não é necessário atingir a fotometria em 0EV (ponteiro no centro), sendo aceitável que a régua do fotômetro registre valores negativos (-1EV, -2EV), já que o flash irá compensar a falta de luz marcada. Nesse caso, basta escolher os parâmetros iniciais, ISO e Diafragma desejados e compensar a falta ou excesso de luz com o tempo de exposição – aumentando ou diminuindo a velocidade. No entanto, quando não é possível controlar a luz, em ambientes externos por exemplo, a fotometria deve ser precisa em 0EV, caso contrário haverá superexposição (excesso de luz) na cena e perda de informações.

2.6

Flash

Sendo o flash outra peça fundamental do RTI é preciso entender como ele se relaciona com o ISO, Diafragma e Tempo de Exposição, com a luz ambiente e as possibilidades de ajustes disponíveis para evitar superexposições, subexposições, erros de sincronismo e iluminar corretamente o assunto. Nesse trecho passamos pelos modelos para o RTI, carga e os parâmetros que influenciam na intensidade da luz: carga, distância, zoom, Diafragma, Velocidade e ISO.

2.7

Modelos

O modelo mais utilizado no RTI em ambiente interno (*indoor*) é o flash externo, ou dedicado. Ele é uma unidade de flash que se encaixa na sapata da câmera (*Hot Shoe*), e é composto por uma lâmpada de quartzo preenchido com um gás inerte, como o xenônio iluminado por uma corrente de alta voltagem da descarga de um capacitor passando entre os eletrodos (Salvaggio e Shagam, 2020. p.29). Além da vantagem de poder ser utilizado fora da câmera com o auxílio de acessórios como o Rádio-flash, é superior ao flash embutido por possuir uma cabeça ajustável, alternando a luz sobre o assunto e melhorando a liberdade de movimento e controle de luz. Os mais modernos²¹ possuem elevados números guias²² (60) o que garante a boa exposição da imagem mesmo a distâncias maiores. Também possuem zooms que cobrem amplas distâncias focais (14 a 200 mm) e grande autonomia de carga, realizando entre 100 e 700 disparos (a depender das pilhas alcalinas AA e da carga utilizada). Além disso, tem um fino controle de carga, capaz de alterar a intensidade da luz, entre 1/1 (carga cheia) e 1/128 (carga mínima).

Já para fotografias do RTI em ambientes externos há necessidade de equipamentos mais robustos, como os flashes de estúdio.²³ Os melhores²⁴ tem números guias elevados (70), com lâmpadas de

21 O flash 600EX-RT foi tomado como modelo de referência, pois apresenta os resultados mais sofisticados e na máxima qualidade disponíveis na atualidade. Disponível em: <https://bityli.com/px1rz>. Acesso em: 20 de mar. de 2021.

22 O número guia é o produto da distância ideal e o número f – diafragma - para expor corretamente o sensor. Ele é uma constante própria de cada *flash*. $NG = Distância \cdot Número\ f$. EX. $NG\ 32/1\ mt = f\ 32$ • $NG\ 32/2\ mts = f\ 16$ • $NG\ 32/4\ mts = f\ 8$ • $NG\ 32/10\ mts = f\ 3.2\ (3.5)$. Isso permite ao fotógrafo avaliar se a relação entre potência, diafragma, ISO e distância em relação ao assunto irá produzir uma iluminação adequada. Ou seja, ao mudar a distância a relação ISO e Diafragma também devem ser ajustadas.

23 Em algumas condições luminosas, em áreas de penumbra no ambiente externo, é possível usar o flash dedicado.

24 O Godox AD300 Pro foi tomado como modelo de referência, pois apresenta os resultados mais sofisticados e na máxima qualidade disponível na atualidade. Disponível em http://www.godox.com/EN/Products_Outdoor_Flash_AD300Pro.html Acessado em: 20 de mar. de 2021.

400Ws e cargas de saída variando de 1/1 a 1/256. A autonomia de carga é elevada, com aproximadamente 400 disparos proporcionados por uma bateria. A grande vantagem desse modelo é a possibilidade de sincronização de alta velocidade com a câmera, em velocidades de obturação de até 1/8000 de segundo. Isso garante a eliminação da luz ambiente e a prevalência da luz do flash, fundamental para o RTI.

2.8

Modo manual e Carga

O RTI exige controle total da luz sobre o assunto fotografado, de modo a não ocorrer superexposição ou subexposição. Tomando como base o flash dedicado e levando em consideração a necessidade de seu uso em modo manual no RTI, com Flash completamente ao comando do fotógrafo é preciso escolher a quantidade de luz a ser emitida para iluminar os assuntos da cena.

Os disparos do flash são controlados através de frações da descarga máxima possível, onde 1/1 representa a carga máxima ou cheia, 1/2 meia carga e 1/64 ou 1/128 a carga mínima. Após determinar qual a intensidade da carga, o flash emitirá a mesma luz. A escala completa é expressa em: 1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128. Com essa escala decrescente há uma variação de sete pontos cheios capaz de cortar ou aumentar a luz numa relação de dobro/metade.

Trabalhar com a luz do flash com esse parâmetro é particularmente indicado para o RTI já que a medição feita no começo de cada sessão garante a distância constante entre assunto e flash. Caso haja mudança entre os tamanhos dos assuntos fotografos vale lembrar da lei do inverso do quadrado da distância. Ela informa que quando a distância do objeto dobra, a quantidade de luz incidindo sobre ele

reduz para um quarto do total. Da mesma forma, quando se reduz pela metade a distância do assunto, a quantidade de luz incidindo se quadruplica (Salvaggio e Shagam, 2020. p.29).

2.9

Zoom do flash

Os flashes dedicados possuem a função zoom embutida nas cabeças articuladas. A alteração nesse zoom aumenta a concentração luminosa do pulso. Como na maioria das vezes esse tipo de flash é utilizado acoplado às câmeras fotográficas e em conjunto com as objetivas (TTL), essa variação no zoom trabalha de acordo com a distância focal utilizada. Só para dar um exemplo, caso o fotógrafo utilize uma objetiva 18-200mm - objetiva com distâncias focais grande angular e teleobjetiva – e escolha 18mm na hora do click, o flash acompanhará o mesmo ângulo de visão da lente, cerca de 99°. Caso altere para 70mm o zoom do flash restringe seu ângulo para aproximadamente 12°. Isso ocorre pois ao fechar o ângulo de visão o flash deverá percorrer uma distância maior para iluminar o assunto, sendo necessário uma intensidade luminosa maior.

No RTI aconselha-se o uso do ângulo mais aberto zoom possível do zoom (*Guide to Highlight Image Capture v2.0*, 2013. p.19), em torno de 20/24mm na maioria dos flashes, adequado à maioria das cenas e principalmente a assuntos grandes. No entanto, com assuntos pequenos como moedas ou minúsculos como a fotografia macro é possível fechar o ângulo do zoom, 50/70mm e concentrar os raios luminosos apenas para a topografia desejada, sem prejuízo à luz e à visualização, desde que não haja superexposições ou subexposições sobre o assunto.

2.10

Fatores modificadores da luz ambiente e de flash

O flash trabalha em conjunto com os controles de luz – Diafragma, Velocidade e ISO – influenciando e sendo influenciado por eles, na forma como a luz incide sobre o assunto e também em como a iluminação ambiente, caso exista, será interpretada e captada pela câmera fotográfica.

Além da carga do flash, a Abertura do Diafragma tem papel fundamental na dureza perceptível do disparo do flash, pois ela controla a quantidade de luz do flash que sensibiliza o sensor. Dessa forma, Diafragmas abertos para intermediários ($f/1$; $f/2$; $f/4$; $f/5.6$; $f/8$), em flash com carga cheia ($1/1$) podem resultar em fotografias superexpostas, excedendo a quantidade de luz necessária para uma boa exposição. Por outro lado, Diafragmas mais fechados ($f/11$; $f/16$; $f/22$) garantirão resultados mais equilibrados. Na imagem (colocar imagem) temos fotografias feitas com ISO 100, Velocidade $1/200$, carga $1/1$ e Diafragma VARIÁVEL. É nítida a diferença das primeiras imagens, com aberturas maiores e excesso de luz, e as últimas com exposições corretas. No caso do RTI, como é mais aconselhável trabalhar entre $f/5.6$ e $f/11$, há pouca margem para alteração do diafragma e, conseqüentemente, na luz do flash.

Apesar da grande influência do diafragma na dureza do flash, o mesmo não altera a entrada da luz ambiente. Esse papel fica a cargo do Tempo de Exposição e do ISO. Aplicando tempos de exposição similares ao tempo de sincronismo do obturador, em torno de $1/250$, a luz ambiente não iluminará o sensor, exceto em casos de luz muito intensa, como a do Sol. Já com velocidades abaixo desse valor, tanto a luz do flash quanto a luz ambiente serão registradas na fotografia. Em situações de luz mais extrema, para excluir a luz ambiente, as altas velocidades de sincronismo podem ser importantes aliadas. A maioria das câmeras

está configurada à uma velocidade de sincronismo de 1/200s, 1/250s, a depender do modelo, fazendo com que acima desse tempo o obturador não fique completamente aberto para a entrada de luz do flash e ocasionar erros em que sombras da cortina são projetadas sobre a imagem. No entanto, a maioria dos modelos de flash é equipado com a função Alta Velocidade (*Highspeed*) e assegura velocidades mais altas, porém ao custo da potência do flash – por isso a necessidade de flashes mais potentes em condições luminosas extremas.

2.11

Radio-flash

O rádio flash é um transmissor de ondas de rádio colocado na sapata da câmera e um receptor ligado ao flash, pela sapata ou mesmo por cabo. Como o princípio do RTI é a movimentação da luz em várias posições, o flash não está diretamente conectado à câmera, sendo o transmissor o responsável por unir, via rádio, a câmera fotográfica e o flash.

Há vários modelos de rádio-flash disponíveis no mercado, produzidos pela própria marca das câmeras e os compatíveis. Entre esses, há modelos equipados da função TTL, capazes de transmitir as informações da câmera fotográfica ao flash e outros, com preços mais acessíveis, que apenas disparam os flashes em modo manual. Como no RTI, o flash é configurado para atuar no modo manual de disparo, os rádio-flashes mais simples já atendem às necessidades da técnica.

Há a possibilidade de disparar o flash via cabo, plugando o mesmo na saída da câmera e no conector do flash, no entanto, essa opção não é recomendada pois qualquer trepidação pode provocar o desalinhamento das imagens.

2.12

Miscelâneas

2.12.1 EB e Cartão cinza 18%

O Equilíbrio de Branco (EB) é uma ferramenta de remoção de cores irreais projetadas sobre os assuntos pelas fontes de luz e que, com base na obtenção do branco, garante fidedignidade às cores dos objetos registrados nas fotografias. De modo geral, nossos olhos tem grande capacidade de determinar o branco em diferentes fontes luminosas, mas essa simples tarefa representa um desafio para as câmeras digitais, pois os modos automáticos (AEB) podem apresentar brancos desequilibrados: mais quente (amarelo-laranja), mais frio (mais azul) ou, menos comumente, esverdeado e com tons de magenta devido a fontes de luz fluorescente. (Salvaggio e Shagam, 2020. p.121).

O equilíbrio correto precisa levar em conta a “temperatura” de cor de uma fonte de luz dada pela escala em graus Kelvin, em que 1000k (graus Kelvin) apresenta luz avermelhada, 5500k (graus Kelvin) luz branca e 10.000k (graus Kelvin) azulada. Nas câmeras fotográficas a maioria das escalas de correção cobre a faixa entre 2000k e 10.000k, com ajuste predefinidos AWB/Balanco de Branco Automático; *Auto/Automático*; *Tungsten/Tungstênio*; *Fluorescent/Fluorescente*; *Daylight/Luz do dia*; *Cloudy/Nublado*; *Flash/Flash* e *Shade/Sombra*. Essas predefinições já trazem uma mudança, mas ainda são incapazes de determinar com precisão as cores dos assuntos e eliminar completamente a invasão de cor, em razão da grande possibilidade de variação das cores das fontes de luz.

No RTI, algumas fotografias podem apresentar essas diferenças nas cores dos assuntos fotografados a depender do ambiente escolhido para a sessão de fotos. Isso pode ocorrer mesmo traba-

lhando com o flash, que emite uma luz branca em 5500 kelvin, pois a luz pode ser rebatida em qualquer parede, objeto ou outros elementos no local – refletindo suas cores. Para refinar a captação de cor, a utilização de um cartão cinza 18% é fundamental (*Guide to Highlight Image Capture v2.0*, 2013. p.26). Como a câmera é configurada para o cinza médio, evitando extremos na exposição, o cartão é projetado para atender essas configurações e para definir um ponto de referência no equilíbrio de branco e das cores. Na hora da captura o cartão deve ser colocado na cena voltado para a câmera e refletindo a luz que incidirá sobre o assunto. Também devem ser ajustados os controles de luz e a exposição da câmera e algumas fotografias precisam ser feitas. Após esse processo, o “balanço de branco personalizado” precisa ser selecionado e as fotografias tiradas na etapa anterior devem ser indicadas como parâmetro para a correção do equilíbrio de branco. Diferentemente de outros tipos de fotografias, em que o cartão só precisa estar em cena nas primeiras imagens, no RTI é aconselhável manter o cartão em todas as cenas, pois caso haja necessidade, há a possibilidade de correção na pós-produção.

2.12.2 Tubos extensores e teleconverters

Na macrofotografia, muito utilizada no RTI, um dos grandes desafios é a distância mínima de foco imposta pela objetiva. Uma solução seria a adoção de objetivas macro, mas seus altos custos acabam limitando sua adoção por pesquisadores e instituições. A outra alternativa, mais acessível, é a utilização de tubos extensores capazes de reduzir as distâncias de foco e aproximarem-se dos detalhes do assunto.

Esses tubos estão disponíveis em diferentes comprimentos e os maiores, geralmente não mais do que 49mm, não têm elementos óticos e apenas movem a lente mais longe do plano da imagem,

com maior aproximação, foco e, conseqüentemente, maiores ampliações (Cosentino, 2013. pp.75-76). Como eles são colocados entre o corpo da câmera e a objetiva, o quão próximos conseguem chegar do assunto está relacionado às lentes utilizadas, sendo as mais indicadas a 50mm e a 85mm fixas – a última garantirá maior espaço para trabalhar entre a objetiva e o assunto, item essencial para o RTI.

Outra opção são os teleconverters. Também montados entre a câmera e a objetiva, eles multiplicam as distâncias focais das lentes, gerando maiores ampliações. A grande vantagem desses é a manutenção da distância entre objetiva e objeto. O único pormenor dos teleconverters é o fato de necessitarem ser acoplados em lentes de alta qualidade, pois ampliarão qualquer defeito existente na objetiva. (Cosentino, 2013. pp.75-76).

2.12.3 Tripé

O tripé é outro elemento indispensável para a realização do RTI por evitar a trepidação e garantir o alinhamento de todas as fotografias da sessão. Apesar de realizar essa função básica, escolher o tripé não é tarefa simples e a técnica de RTI exige algumas especificidades do tripé que merecem atenção.

Primeiramente deve ser observado os mecanismos de movimentação e posição do tripé e quais as configurações e necessidades eles são capazes de atender. Caso o RTI seja executado em posição vertical, mesmo os tripés mais simples são capazes de atender as necessidades desse processo. Contudo, levando em conta que muitos desses procedimentos são executados com o assunto na horizontal, é interessante utilizar um tripé com mecanismo de coluna de 90° – permitindo sua extensão verticalmente ou horizontalmente – ou um tripé com ângulo-baixo, capaz de inverter completamente sua coluna.

Em segundo lugar, pela exigência de estabilidade do RTI, a robustez do tripé pode fazer toda a diferença. Ela é influenciada pelo número de seções das pernas do tripé, o material de fabricação e espessura das pernas. (Camera Tripods, Cambridge in Colors, 2020). Tripés mais pesados também garantem mais estabilidade.

Por último, a altura do tripé deve ser considerada para a escolha. É importante que a altura do tripé não inclua a coluna estendida –pois ao estendê-la há menor estabilidade. A maioria dos tripés de alta qualidade fica em torno de 2,20m. Tripés mais altos são interessantes para o RTI quando o assunto a ser fotografado se encontra em locais de difícil acesso.

2.12.4 Controle remoto

Para o disparo da câmera é importante frisar a impossibilidade de pressionar o botão do obturador/disparado pelo iminente risco de trepidação e desalinhamento na imagem. Nesse sentido, duas opções se apresentam ao fotógrafo: o uso de cabos ou controles remotos.

A opção do cabo para o disparo estará alinhada aos softwares de disparo remoto. Como por exemplo o Canon EOS Utility.²⁵ Capaz de controlar remotamente a câmara a partir do computador, utilizando um cabo USB. O aplicativo também facilita a transferência de imagens da câmera para o computador. As únicas complicações dessa forma de disparo é a necessidade de uma pessoa controlando o flash e outra no computador e extremo cuidado para não tocar no cabo de conexão para evitar o desalinhamento. É aconselhável prender o cabo firmemente ao tripé e ao chão.

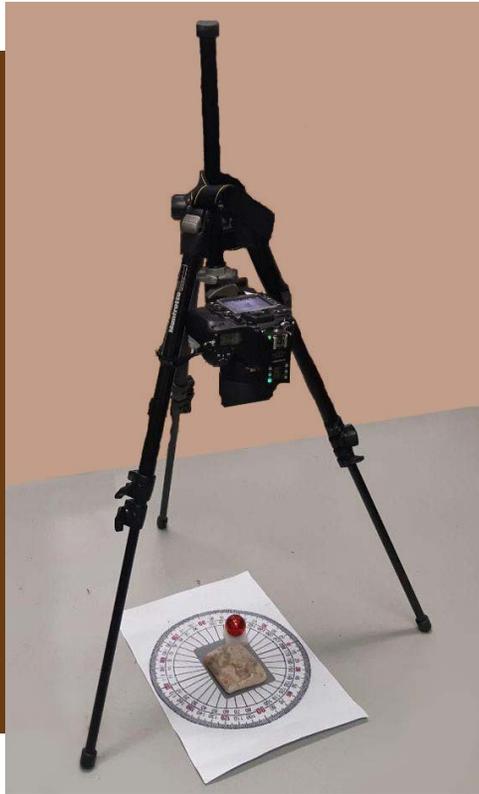
²⁵ Ver sobre In: EOS Utility. <<https://www.canon.pt/support/consumer_products/software/eos-utility.html>>
Acessado em 21 de mar. de 2021.

Já o disparo via controle acaba sendo mais seguro por evitar qualquer contato com a câmera, pois ele é capaz de disparar a mesma remotamente através de ondas infravermelho. Esses controles também possibilitam configurações de disparo com atraso de dois segundos após pressionar o botão e a maioria funciona bem a até cinco metros de distância.

Referências

- COSENTINO, Antonino. Macro photography for reflectance transformation imaging: A practical guide to the highlights method. *E-Conserv. J*, v. 1, p. 70-85, 2013.
- DIANE BERKENFELD, NIKON AMBASSADOR DAVE BLACK, MIKE CORRADO & LINDSAY SILVERMAN. Understanding Focal Length Featuring <https://www.nikonusa.com/en/learn-and-explore/a/tips-and-techniques/understanding-focal-length.html>
- SPENCER, D. *The Focal Dictionary of Photographic Technologies*. Focal Press. 1973. <https://web.archive.org/web/20131112195552/http://www.nikon.com/about/technology/rd/core/software/caf/index.htm> Acesso em: 14 de março de 2020.
- SEAN MCHUGH <https://www.cambridgeincolour.com/>
- SALVAGGIO, NANETTE; STROEBEL, LESLI e *Basic Photographic Materials and Processes*. Taylor & Francis. New York. 2009.
- SALVAGGIO E SHAGAM, *Basic Photographic Materials and Processes*. 4ed. Taylor & Francis. New York. 2020.
- Camera tripods <https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-tripods.htm>

3. Captura



O RTI (*Reflectance Transformation Imaging*) conforme evidenciado nos outros capítulos, é uma técnica interessante para aqueles que trabalham com objetos materiais, permitindo novas formas de observar as superfícies. O método traz uma inovação considerável para os estudos da área, expandindo os horizontes das possíveis análises. No entanto, é simples de ser aplicado e não tão dispendioso quando comparado com outros métodos.

O desenvolvimento do RTI é basicamente composto por duas fases: captura das imagens e processamento das imagens no *software*. Nesse capítulo, trataremos da primeira fase, a captura. Para explicar esse processo, trataremos dos equipamentos necessários, da sua montagem e da captura em si. Também objetivamos demonstrar os processos práticos de captura das imagens necessárias para o RTI, ressaltando a importância de estabelecer método e padrão de trabalho.

A forma original de se fazer o RTI, como foi concebida pelos criadores, é automatizada; para capturar as imagens necessárias, criaram a *light array*. Esse equipamento consiste em um domo com luzes independentes espalhadas por sua estrutura, as quais são controladas através de um *software* específico. A cada disparo da câmera, que é afixada no topo do domo, uma luz é disparada, gerando-se assim imagens com posições diferentes de luz (Malzbender, Gelb & Wolters, 2001: 3; CHI, 2014:7).

Como é um aparato específico, somente é possível consegui-lo pelo site do *Cultural Heritage Imaging*, grupo que desenvolve constantemente estudos e métodos do RTI¹. Entretanto, tal corporação notou

1 Como citado, o RTI foi criado por Tom Malzbender e Dan Gelb, entretanto é aprimorado e aplicado constantemente por uma gama de pesquisadores e instituições que compõem o *Cultural Heritage Imaging*, listadas no link a seguir http://culturalheritageimaging.org/About_Us/Collaborators/index.html. O *Cultural Heritage Imaging* produz e vendia as *light arrays*, entretanto, no momento, não fornecem esse serviço. Para saber mais, [http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Gear/Lighting_Array/#:~:text=For%20Automatic%20Acquisition%20of%20Reflectance%20Transformation%20Imaging%20\(RTI\)%20and%20Associated%20Techniques&text=A%20lighting%20array%20is%20a,the%20apparatus%20and%20data%20capture](http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Gear/Lighting_Array/#:~:text=For%20Automatic%20Acquisition%20of%20Reflectance%20Transformation%20Imaging%20(RTI)%20and%20Associated%20Techniques&text=A%20lighting%20array%20is%20a,the%20apparatus%20and%20data%20capture.).

que não seria acessível restringir a realização do método apenas em posse de uma *light array*. Logo, adaptaram diferentes objetos para emular o trabalho realizado pelo equipamento. No site do *Cultural Heritage*, há o oferecimento de um kit pronto, com os objetos específicos para o trabalho², mas é possível adequar alguns objetos comuns para serem os equipamentos necessários³.



Figura 14 - Domo construído por Malzbender, Gelb & Wolters (2001: 522)

3.1 Equipamentos

O primeiro equipamento que deve ser listado é crucial para a captação das imagens do RTI: a câmera. O assunto de fotografia já foi

2 Para saber mais sobre o kit montado pelo Cultural Heritage: http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/rti_kits.html

3 Aproveitamos aqui para agradecer a professora Adrienne Baron Tacla, que, em seu curso ministrado no MAE/USP sobre o RTI, ofereceu ideias de adaptações para o equipamento.

abordado no capítulo 2, mas aqui certos pontos serão recapitulados para apresentar alguns dos equipamentos.

Existem atributos que a câmera utilizada idealmente deve ter. Em primeiro lugar, ela deve ser digital, que possibilite controle manual e de um modelo específico chamado DSLR (*Digital Single-Lens Reflex*). Além disso, é necessário que gere imagens nas extensões JPEG e RAW, possibilite disparo remoto, troca de lente e acoplagem de *flash* externo. Essas três últimas características envolvendo outros equipamentos necessários: controle remoto ou cabo de dados, lente, fonte de luz externa e rádio *flash* ou cabo de sincronismo.

A extensão JPEG é conhecida por aqueles que já mexeram com imagens digitais. Sua sigla significa *Joint Photographic Experts Group*, um grupo internacional que trabalha com a padronização do processamento e compressão de imagens⁴. O formato em JPEG é uma versão comprimida da imagem original, porém sem perda de pixels (Wallace, 1992). O *software* RTIbuilder, aquele que gera o arquivo da aplicação do RTI, trabalha com esse formato de imagem (vide capítulo 4).

Entretanto, falamos de outro formato necessário, o RAW, que é o formato “cru” da imagem. Muitas vezes chamado de *negativo digital*, o formato RAW tem em si todos os dados da imagem, como ela foi gerada pelo sensor da câmera (Smartopoulos, Fraser & Cronk, 2012: 387). Logo, a importância de se fotografar nesse formato dá-se por acessar a imagem tal qual se formou, sem nenhuma interferência de processos de melhoramento externos ou da própria câmera.

Cada empresa de câmeras terá seu próprio formato de imagens RAW e essas precisarão de um *software* específico para serem abertas e precisam ser convertidas para formatos mais acessíveis,

4 Para saber mais: <https://jpeg.org>

como o JPEG. Normalmente isso é solucionado com *softwares* de edição de imagem, que costumam ler esse tipo de arquivo e oferecer a opção de conversão.

Outro atributo que citamos é que a câmera usada também deve possibilitar disparo remoto. Essa necessidade deve-se a forma de funcionamento do *software* do RTI que, como será demonstrado no capítulo 4, trabalha com sobreposição de imagens; logo qualquer movimentação da câmera prejudicará o resultado final. E tal movimentação pode surgir de inúmeras formas, inclusive com um simples apertar de botão de disparo.

O disparo remoto pode ser feito de duas formas: através de um controle infravermelho ou por cabo USB. O controle infravermelho é o ideal, justamente por não se conectar fisicamente com a câmera, o que diminui os riscos de movimentação. Ele é um controle simples, no qual há apenas um botão de disparo, e sua conexão com a câmera é realizada através do receptor infravermelho. É necessário prestar atenção ao nível de bateria do equipamento, que, por não ser recarregável, deve ser substituída com certa frequência.

O cabo USB é usado, normalmente, para transferência de dados da câmera para um computador. Conquanto, também pode ser usado para disparo, conjuntamente com um *software* que controle a câmera através do computador. O uso de disparo pelo computador fornece algumas comodidades, como a programação de disparos sequenciais, o controle de configurações da câmera e a visualização da imagem em tempo real. Não obstante, quando em uso, deve-se ter atenção com o cabo e com o computador, para que não haja movimentação da câmera por consequência de uma movimentação dos outros dois elementos.

Para a captura, também é sugerido que a câmera permita troca de lentes. No item 2.3, foi explicado que cada lente tem sua distância focal e, por conseguinte, seu ângulo de visão e ampliação.

Levando em conta esses fatores, nem sempre uma lente será recomendada para o tipo de objeto que será fotografado; logo, a câmera deve permitir o usuário optar por variados tipos de lente, que deverão ser escolhidas de acordo com o objeto fotografado. Por exemplo, se seu objeto for uma moeda, recomenda-se uma lente *macro*, porque possibilitará fotografar o objeto pequeno com precisão (vide capítulo 2, p. 32. Todavia, se uma câmera que permute lentes não for acessível, é plausível o uso de uma câmera de lente fixa, mas que permita o controle da distância focal.



Figura 15 - Câmera DSLR da marca Nikon ao lado de duas lentes, 18-55mm e 50mm.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

O último atributo que a câmera utilizada deve ter é aceitar o *flash* externo. Ele funcionará como a fonte de luz que deverá ser movimentada ao redor do objeto (desenvolveremos esse ponto futuramente). No entanto, o *flash* deverá ter um modo de ligação com a

câmera; isso é alcançado através de um rádio *flash* ou de um cabo de sincronismo (CHI, 2013: 17-19).

O rádio *flash* é composto por dois dispositivos que se comunicam por ondas de rádio; um é colocado no encaixe para *flash* externo da câmera e, o outro, no encaixe do *flash* externo. Em comparação, o cabo de sincronismo é mais simples, tendo em suas extremidades encaixes para a câmera e o *flash*. Assim como no caso do cabo USB, é preciso cuidado para que o cabo de sincronismo não tencione e cause movimentação na câmera. Portanto, o rádio *flash* deve ser priorizado (CHI, 2013: 17-19).

Caso não seja possível a utilização de um *flash* externo, há a opção de improviso com uma lanterna. Todavia, é recomendado ter cuidado, dado que os controles da câmera precisarão de uma maior atenção, para não haver sub ou superexposição da fotografia⁵ (CHI, 2013: 17-19).



Figura 16 - Radio flashes

⁵ Vide item 2.5.4

Por fim, temos os outros equipamentos necessários para o desenvolvimento do RTI: tripé, objeto esférico reflexivo, corda e cartão com ângulos.

O tripé é essencial para que a câmera permaneça fixa em uma posição que não sofrerá alterações. O modelo de tripé utilizado deve oferecer variações na posição da câmera, com uma coluna central reversível e rotação da sapata, a fim de que diversas posições de fotografia sejam possíveis. Por exemplo, se seu objeto é uma moeda, o tripé terá sua coluna central invertida e, a sapata, rotacionada em 90°, porque o objeto estará posicionado logo abaixo, no centro do tripé. Diferentemente, se seu objeto é uma parede, a coluna central do tripé ficará em sua posição comum, para cima, com angulação de 0° na sapata (CHI, 2013: 8).

O tripé precisa estar o mais estável possível, sendo recomendável pendurar pesos em suas pernas, para dificultar qualquer movimentação não intencional. É importante também observar que o tamanho do tripé variará de acordo com o tamanho do seu objeto (CHI, 2013:10).

O objeto esférico reflexivo, como será mais desenvolvido no capítulo 4 (software), faz-se necessário para o funcionamento do *software*, o qual lerá a posição da luz através da posição da reflexão feita no objeto esférico. Logo, a superfície deve ser reflexiva e lisa, “espelhada”, e o objeto tem que permanecer imóvel. Para tal uso, são recomendadas bolas decorativas natalinas, bolas de bilhar, de boliche, entre outros, desde que cumpram os requisitos citados. Também há a opção de uma bola de vidro pintada com uma tinta que dê o acabamento “espelhado”. O *software* apenas solicita que o objeto seja da cor preta ou vermelha. Buscando maior precisão, pode ser usado mais de um objeto reflexivo para as capturas (CHI, 2013: 12).

Com o propósito de o objeto esférico permanecer imóvel, podem ser usados diversos artigos, desde reparos de torneira, até fita

adesiva dupla face. No último caso, recomenda-se um teste antes para verificar se a fita adesiva não danificará a superfície do objeto esférico (CHI, 2013: 12-13).



Figura 17 - Bola decorativa natalina usada como objeto esférico reflexivo. Para sustentação, foi usado um pedaço de ethafoam escavado, no qual foi encaixado a argola da bola decorativa.

Fonte: Mário Coutinho.

O RTI, como dito anteriormente, trabalha com a movimentação da luz ao redor do objeto. E, a fim de que funcione como deve, a luz precisa ser movimentada de forma a emular a *light array*, um domo, cujo centro é o objeto. A corda e o cartão com ângulos servem para guiar o desenvolvimento do domo, com o intuito de que sejam estabelecidos os ângulos e a distância padrão nos quais a luz será posicionada (CHI, 2013: 17).

A distância é estabelecida a partir do centro do objeto. E não é aleatória: deve compreender, no mínimo, duas a quatro vezes o tamanho da maior diagonal do objeto ou da parte do objeto em foco. Ou seja, se a diagonal do objeto tem cinco centímetros, a luz será posicionada entre dez e vinte centímetros de distância do centro do objeto. A corda proporcionará uma constância da distância estabelecida durante todas as posições da luz; e ela pode ser de qualquer material, desde que tenha o tamanho necessário. (CHI, 2013: 23-24).

As posições angulares da luz deveriam ser aleatórias, como é feito pela *light array*. Com a impossibilidade de usá-la e a dificuldade em lidar com a aleatoriedade sem marcação visível, é preciso estabelecer um padrão de posicionamento da luz no formato do domo. Dessa forma, devem ser seguidos os ângulos de 360° horizontalmente e 180° verticalmente.

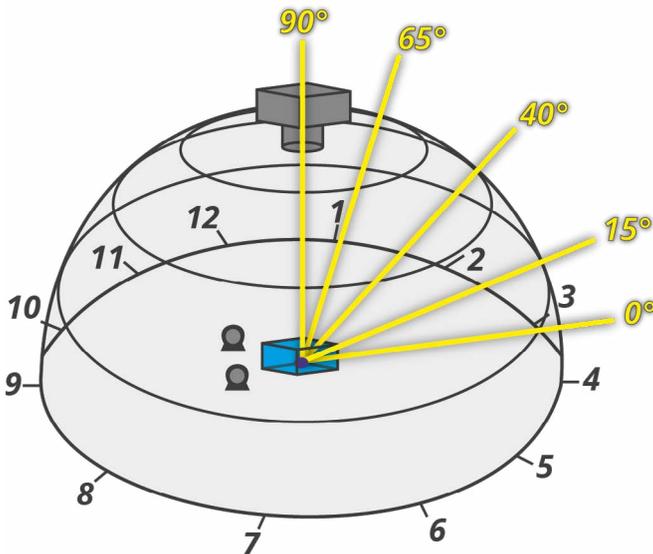


Figura 18 - Esquema de como funcionam os graus verticais.

Fonte: Manoela Belinello.

Não é necessário cobrir todos os ângulos, mas também não é recomendado cobrir poucos. Deve ser lembrado que quanto mais ângulos cobertos, mais fotos haverá, o que acarretará uma maior qualidade do produto final, maior tempo gasto para captura e maior tamanho do arquivo final. Por conseguinte, um equilíbrio entre as opções terá de ser estabelecido.

Na hipótese de a coloração do objeto ser importante para o estudo, recomenda-se mais um equipamento, o cartão cinza 18%, e seu uso pode ser feito de duas formas. Antes da captura, selecionar a opção de balanço de branco personalizado na câmera e tirar uma foto do cartão; depois, configurar a câmera para que a foto fique com a tonalidade mais próxima do real (CHI, 2013: 12). Ou, após a captura, antes de passar as fotos para o RTIBuilder, a mesma função de equilíbrio de branco através do cartão cinza 18% será utilizada, mas em um editor de fotos. Também há a alternativa de o cartão servir como um plano de fundo neutro para o objeto que está sendo fotografado, vide figura 19.



Figura 19 - Uma das várias imagens produzidas em um processo de captura do RTI, exemplificando o que deve aparecer na captura.

Fonte: Guilherme Rodrigues.

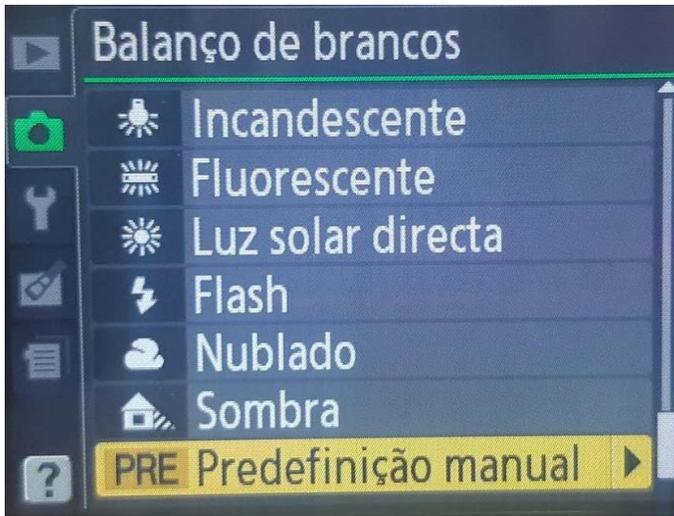


Figura 20 - opção de configuração do balanço de branco com o cartão cinza 18% em uma câmera DSLR.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

3.2

Processo de montagem e captura

O primeiro passo é checar se todos os equipamentos estão funcionando e se suas baterias estão cheias. Após isso, é necessário encontrar um espaço que viabilize a realização do processo, o qual permita a montagem do tripé e acessar o objeto fotografado por 360°. Alvitra-se que seja feito em um lugar com pouca luminosidade ou, ao menos, com luz difusa, para que uma fonte de luz que não o *flash* não deixe sua marca no objeto esférico. Caso contrário, se objeto esférico possuir mais de uma marca de reflexão de luz em uma única foto, o *software* poderá confundir e, com isso, prejudicar o resultado final.

A forma de montagem do tripé dependerá de qual objeto é alvo do processo, de acordo com menção anterior. Como um exemplo,

explicaremos aqui considerando o objeto escolhido como algo pequeno e com auto sustentação apenas horizontal. No caso, a coluna central do tripé será invertida. Para a altura do tripé, é preciso considerar a distância focal da câmera e o tamanho do objeto. Caso a lente esteja próxima demais ou longe demais do objeto, não será possível estabelecer o foco. E o objeto ou a parte dele alvo do *Reflectance Transformation Imaging* deve ser compreendido inteiramente pelo campo visual da câmera.

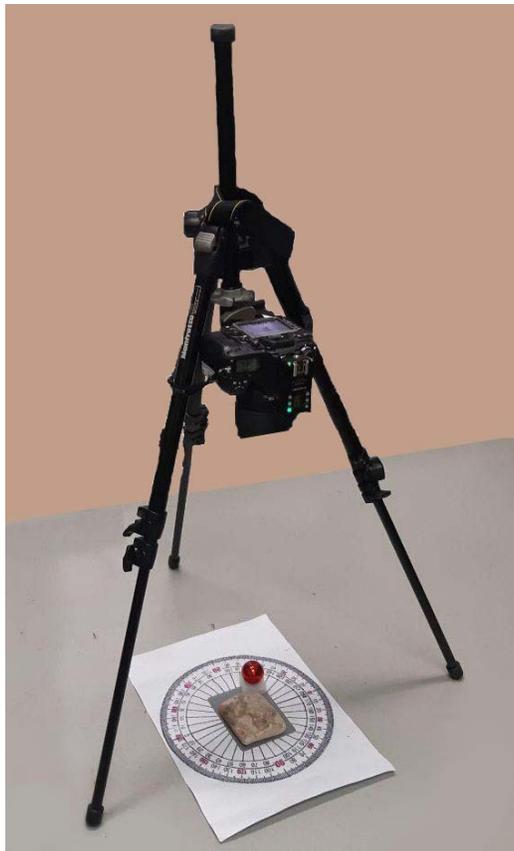


Figura 21 - Exemplo de montagem do equipamento para captura de objeto pequeno com auto sustentação horizontal.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

Também é necessário cuidado durante a montagem, posto que a câmera pode colidir com uma das pernas do tripé, devido estar paralela ao chão. As pernas do tripé precisam estar bem abertas, com o propósito de projetarem pouca sombra no objeto; todavia deverá haver um equilíbrio, para que o tripé não fique instável. Uma ajuda extra na montagem do tripé pode ser o nível-bolha, que ajudará a posicionar a câmera precisamente paralela e nivelada em relação ao objeto.

Tal qual o objeto foco do processo, o objeto esférico reflexivo precisará ser compreendido pelo campo visual da câmera. Será através do registro na imagem do reflexo da luz na superfície do objeto esférico que o *software* lerá a posição da luz. Um pormenor que tem de ser lembrado é que o objeto esférico projetará sombra. A fim de que isso não prejudique as capturas, é preciso que seu tamanho seja proporcional ao do objeto foco e que esteja distante o suficiente do objeto foco para sua sombra não recobrir aquele. Porém objeto esférico não pode ter menos que 250 *pixels* de diâmetro (CHI, 2013: 12)⁶.

O mesmo cuidado relacionado às sombras deverá ser tomado com os ângulos escolhidos. Quando o cartão de ângulos for posicionado, os ângulos que serão fotografados não poderão coincidir com as pernas do tripé ou proximidades, se não projetarão sombras sobre o objeto. Buscando descomplicar a movimentação do *flash*, aconselha-se que o cartão também seja posicionado abaixo do objeto selecionado, colocando-o no centro dos ângulos; entretanto, é desnecessária a visibilidade do cartão nas fotos. O cartão cinza 18% também não precisa estar presente em todas as fotos, mas, em caso de preferência, há essa possibilidade.

O modo manual é o correto para realizar o RTI, porque serão manipulados os controles de abertura de diafragma, tempo de exposição, ISO e foco. Os controles são ajustados em relação

6 Para medir o diâmetro da esfera em pixels, basta carregar a imagem em um editor de foto, como o Inkscape, e usar a ferramenta régua.

à iluminação do ambiente em que se realizarão as capturas, assim como à potência da fonte de luz externa. E o ISO será configurado de acordo com a necessidade. Como dito no capítulo 2 (fotografia), a “granulação/pixelização” da imagem é uma das consequências do uso de um ISO alto; no caso de um objeto ou detalhe do objeto muito pequeno, o uso de um ISO alto não é recomendado, já que prejudicará a leitura com a granulação.

O foco será o último a ser ajustado, após os objetos estarem posicionados no campo visual da câmera. É importante que esteja bem calibrado, para que não haja perdas na leitura do objeto no arquivo final. Para tal, emprega-se o zoom da câmera, inclusive o digital.

Independente do grau de familiaridade com a fotografia, aconselha-se fotos-teste para que haja uma melhor calibração da exposição e granulação. Isso também servirá para conferir o funcionamento dos outros equipamentos envolvidos no processo, principalmente aqueles com muitas configurações:

- O rádio *flash* só funciona se ambos dispositivos estiverem sintonizados na mesma banda e em suas posições exatas: o dispositivo emissor deverá estar no *flash*; o receptor, na câmera.
- O controle de disparo só funcionará se a opção de disparo remoto for ativada na câmera.
- Verificar se todos os objetos estão dentro do campo de visão da câmera e em foco.
- Averiguar se a câmera não está em uma velocidade alta demais para o *flash* (vide item 2.10).

A distância que o *flash* será posicionado precisa ser medida antes do início das capturas. Para agilizar o processo, propõe-se medir

com a própria corda que será usada de guia e, nela, marcar fisicamente a distância. É importante que a marcação seja seguida, mas pode-se fazer um teste antes, porque o *flash* não pode estar nem muito próximo, nem muito longe do objeto.

No teste com o *flash*, é preciso aferir se a intensidade dele está de acordo com a especularidade da superfície do objeto fotografado. A especularidade de um objeto é a capacidade de refletir a luz no mesmo ângulo em que foi recebida por ele; o melhor exemplo de um objeto com alta especularidade é o espelho (CHI, 2014: 9). Ou seja, para que a superfície de um objeto não brilhe com o *flash*, como aconteceria com um objeto de prata, é necessário que a intensidade da luz e a exposição da câmera sejam reguladas de forma a controlar esse brilho.⁷

O ângulo vertical mais baixo em que o *flash* será posicionado também precisará ser conferido. Como dito anteriormente, o reflexo da luz do *flash* deverá aparecer na superfície do objeto esférico reflexivo e, dependendo do ângulo em que o *flash* for posicionado, o reflexo dele estará abaixo do limite da superfície da esfera captada pela câmera. Orienta-se que sejam feitos ângulos entre 15° e 65° (CHI, 2013: 17). E, à medida que o *flash* for movimentado, deve haver cautela, dado que nada além dele pode ser movimentado. Na hipótese de ter acontecido a mínima movimentação, o trabalho feito até aquele momento será descartado e, o processo de captura, recomeçado.

Não existe uma sequência de montagem cartesiana a ser seguida. Sugerimos uma esquematização e padronização do processo, com o fim de cumprir todos os passos e realizar o trabalho

⁷ Por ser um problema comum com certos tipos de superfícies, estão sendo desenvolvidos métodos para eliminar digitalmente a especularidade dos objetos em imagens. Veja mais em: Fornaro et al. 2017; Dai et al, 2020; e MacDonald, Moitinho de Almeida & Hess, 2017.

com qualidade. No entanto, alguns passos devem ser feitos antes de outros, como ressaltado ao longo do texto. Um passo opcional que pode ser feito é, caso sejam feitas capturas de vários objetos em sequência, fazer uma primeira foto com a identificação do objeto. Outro seria, ao início de um novo objeto, refazer todas as configurações dos equipamentos, posto que tais dependem das características do objeto em foco.

3.3

Adendo: Captação digital

O RTI também pode ser captado digitalmente. Primeiramente o objeto deve ser recriado em um ambiente digital de forma 3D, o que pode ser realizado através de escaneamento 3D ou fotogrametria. Após esse processo, o arquivo deverá ser aberto em um software que permite a manipulação dos arquivos 3D em um ambiente, como o *Blender*. No software, deve-se criar uma estrutura como especificada neste capítulo para captar o RTI: fontes de luz espalhadas de forma a criar um domo e uma câmera em local fixo, no topo do domo (Pellegrino e Coppola, 2021: 7).

Desta forma, há uma expansão de aplicações do RTI para objetos maiores, inclusive paisagens inteiras (Pires, Rubio e Arana, 2015: 418). Também permite um maior controle sobre as fontes de luz e sobre a distorção das imagens, causada pelas lentes das câmeras (Pellegrino e Coppola, 2021: 7-8; Pires, Rubio e Arana, 2015: 419-420) (figura 23).

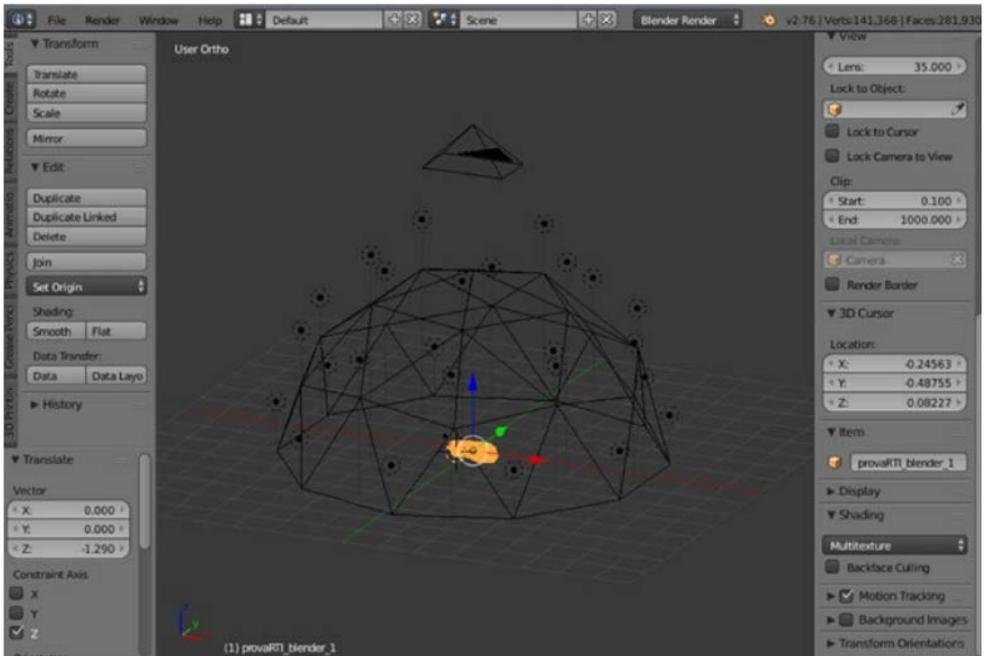


Figura 22 - domo recriado em ambiente virtual, com o material ao centro.

Fonte: Pellegrino e Coppola, 2021:6

Considerações finais

A captura das imagens é um passo essencial para o RTI, durante o qual as atenções devem estar concentradas na sua realização. Isso garantirá que todos os elementos estejam alinhados uns com os outros e todos os passos sejam cumpridos, para que, ao final, o resultado seja satisfatório. A figura 23 ilustra o que acontece quando isso não é seguido, principalmente em relação a movimentação de elementos que deveriam permanecer estáticos. Destarte o resultado final é descartado e tempo é perdido, porque todo o RTI precisará ser refeito.



Figura 23 - Representação de um RTI com captura mal executada. O resultado final fica desta forma, borrado, desencontrado.

Fonte: Arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

Aqui apresentamos informações úteis para auxiliar o desenvolvimento do processo de captura do RTI. Apesar de parecer complexo, o processo é simples e mecânico. Não obstante, é necessário sair do livro para a câmera com o intuito de uma maior compreensão. No caso, esse processo é como uma fórmula, que precisa ser aplicada para demonstrar o resultado. Conforme a frequência de realização de processos for aumentando, a prática vai sendo aprimorada, o que permite inclusive a percepção de novos detalhes que, se alterados, ajudam no melhor desempenho.

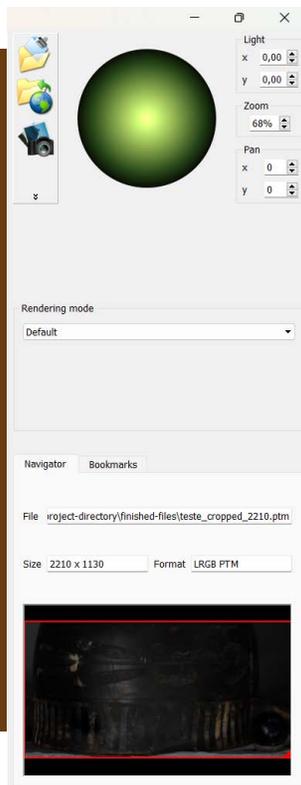
Referências

- Cultural Heritage Imaging (CHI). 2013. *Reflectance Transformation Imaging: Guide to Highlight Image Capture v 2.0*. Disponível em: <http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/RTI_Hlt_Capture_Guide_v2_0.pdf>. Acesso em 30 mar 2021.
- Cultural Heritage Imaging (CHI). 2014. *Reflectance Transformation Imaging Glossary of Photographic and Technical Terms*. Disponível em: <http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Capture/CHI-RTI-Glossary_v1.pdf>. Acesso em 30 mar 2021.
- Cultural Heritage Imaging (CHI). s.d. *Collaborators*. Disponível em <http://culturalheritageimaging.org/About_Us/Collaborators/index.html>. Acesso em 30 mar 2021.
- Cultural Heritage Imaging (CHI). s.d. *RTI Highlight Capture Starter Kit*. Disponível em <http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/rti_kits.html>. Acesso em 30 mar 2020.
- Cultural Heritage Imaging (CHI). s.d. *RTI Lighting Array*. Disponível em <[http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Gear/Lighting_Array/#:~:text=For%20Automatic%20Acquisition%20of%20Reflectance%20Transformation%20Imaging%20\(RTI\)%20and%20Associated%20Techniques&text=A%20lighting%20array%20is%20a,the%20apparatus%20and%20data%20capture](http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Gear/Lighting_Array/#:~:text=For%20Automatic%20Acquisition%20of%20Reflectance%20Transformation%20Imaging%20(RTI)%20and%20Associated%20Techniques&text=A%20lighting%20array%20is%20a,the%20apparatus%20and%20data%20capture)>. Acesso em 30 mar 2021.
- Dai, J. et al . 2020. Application of reflectance transformation imaging in subtle traces detection of metal surfaces. *Proc. SPIE 11567, AOPC 2020: Optical Sensing and Imaging Technology*, p. 115670D. Disponível em <<https://doi.org/10.1117/12.2574408>>. Acesso em 30 mar 2021.
- Fornaro, P. et al. 2017. Enhanced RTI for gloss reproduction. *Electronic Imaging*, v. 2017, n. 8, p. 66-72.
- Joint Photographic Experts Group (JPEG). s.d. *JPEG*. Disponível em <<https://jpeg.org>>. Acesso em 30 mar 201.

- MacDonald, L.; Moitinho de Almeida, V.; & Hess, M. (2017). Three-dimensional reconstruction of Roman coins from photometric image sets. *Journal of Electronic Imaging*, v. 26, n. 1, p. 011017. Disponível em <<https://doi.org/10.1117/1.JEI.26.1.011017>>. Acesso em 30 mar 2021.
- Malzbender, T.; Gelb, D. & Wolters, H. 2001. Polynomial texture maps. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH: Conference on Computer Graphics*, p. 519-528. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/383259.383320>>. Acesso em 30 mar 2021.
- Pellegrino, M.; Coppola, D. Strumenti digitali open-source per la documentazione della cultura visuale paleo-mesolitica: dati preliminari da un flusso di lavoro sulle decorazioni incise su supporto calcareo dalla Grotta di Santa Maria di Agnano (Ostuni, BR). In Bogdani, J.; Montalbano, R.; Rosati, P. (eds.). *ArcheoFOSS XIV 2020: Open Software, Hardware, Processes, Data and Formats in Archaeological Research*: Proceedings of the 14th International Conference, 15-17 October 2020. Oxford: Archaeopress Publishing Ltd, 2021, p. 1 - 12.
- Pires, H.; Rubio, J.; Arana, A. Techniques for revealing 3D hidden archaeological features: morphological residual models as Virtual-Polynomial Texture Maps. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, vol. XL-5/W4, 2015. Copernicus Publications, p. 415-421. Disponível em <<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-415-2015>>. Acesso em jan 2023.
- Stamatopoulos, C.; Fraser, C.S.; Cronk, S. 2012. Accuracy aspects of utilizing raw imagery in photogrammetric measurement. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry*, v. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, n. 39, p. 387-392.
- Wallace, G. K. 1992. The JPEG still picture compression standard. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 38, no. 1, p. xviii-xxxiv.

4

Processamento do RTI



Por fim, chegamos ao capítulo no qual apresentaremos o processamento dos arquivos do RTI e o modo de visualizar seus respectivos resultados. Para que essa etapa se inicie, é necessário que já tenha capturado as imagens do objeto abordado no estudo e que já estejam processadas. As imagens são os componentes principais do processo, mas elas não farão o trabalho sozinhas. Para que seu objetivo seja atingido, o arquivo do RTI, essas fotos precisam passar por um software já citado anteriormente, o RTIBuilder¹. Nesse software, as informações do formato da superfície serão gravadas em cada imagem e isso gerará o RTI (CHI, s/d).

4.1

Entendendo o processamento

No processamento das fotos, temos dois programas principais envolvidos: o RTIBuilder e o RTIViewer. O primeiro será usado para construir o arquivo do RTI e, o segundo, para visualizar e aplicar filtros na visualização. Os softwares, principalmente o RTIBuilder, são de programação simples, o que exigirá maior prudência do usuário para cumprir os passos como o programa pede com exatidão. Primeiramente, vamos falar sobre o que o RTIBuilder faz.

Cada pixel de imagem 2D carrega valores RGB: *Red*, *Green* e *Blue* (vermelho, verde e azul em inglês), ou seja, informações cromáticas. Para a formação do arquivo do RTI, há a adição da informação sobre iluminação. No processamento, serão considerados os valores

1 Enquanto produzíamos esse livro, o Cultural Heritage Imaging anunciou o lançamento de um novo software, RelightLab, que substituirá o RTIBuilder e o RTIViewer (Schroer, 2022). Logo, não houve tempo hábil para que trabalhássemos com ele. Todas as informações sobre o software encontram-se no canal Vimeo do Cultural Heritage Society (<https://vimeo.com/752733616>) e no site do Visual Computing Lab (<http://vcg.isti.cnr.it/relight/>). No momento está na versão 1.2.5, mas, como ainda está em desenvolvimento, terá outras versões.

cromáticos como constantes e, os valores de luminância, como variáveis, uma vez que o objeto se manteve estável e a iluminação sofreu alteração no ângulo de incidência, causando um jogo de luz e sombras na superfície do objeto (Malzbender, Gelb e Wolters, 2001: 519-520).

Esses jogos de luz e sombra são causados pela irregularidade da superfície do objeto. Matematicamente, cada irregularidade possui uma normal, um vetor em ângulo perpendicular à superfície, cuja angulação indica a respectiva irregularidade. A luz também possui vetores, os quais chegam e saem da superfície. O esquema está representado na figura 24, na qual as setas amarelas são o caminho da luz (*light path*), as setas vermelhas são as normais da superfície, a parte preta seria o corte transversal da forma da superfície (*surface shape cross section*) e o olho, o local de visão (*viewing location*), seria a câmera. Por intervenção de relações matemáticas estabelecidas entre os dois tipos de vetores, sendo um deles de valor conhecido, o valor desconhecido é calculado (Mudge *et al*, 2006: 198-199; Mudge *et al*, 2005: 29-30; CHI, s/d).

No caso, o valor conhecido é aquele atribuído aos vetores da luz. Posto a informação de que os vetores chegam e saem com a mesma angulação que foram projetados em uma superfície regular (reflexiva), é necessário saber apenas o ângulo no qual a fonte de luz estava quando iluminou o objeto. Esse ângulo é calculado pelo RTIBuilder graças a reflexão da luz na bola reflexiva; ele localiza a reflexão e atribui uma coordenada para esse ponto, mediante um sistema de coordenadas esquematizado na figura 25. A informação da coordenada será gravada nas imagens; ela será usada para determinar as normais da superfície e essas, por sua vez, definirão os valores das angulações da superfície. A computação será gravada nos pixels, transformando-os em *textils*, e o processo gerará um mapa interativo com informações do relevo do objeto fotografado. Quanto maior

o número de imagens fornecidas ao RTIBuilder, mais angulações da superfície ele calculará e uma reconstrução mais precisa do relevo da superfície do objeto será entregue (HP Labs, 2005a; HP Labs, 2005b; HP Labs, 2009; CHI, s/d).

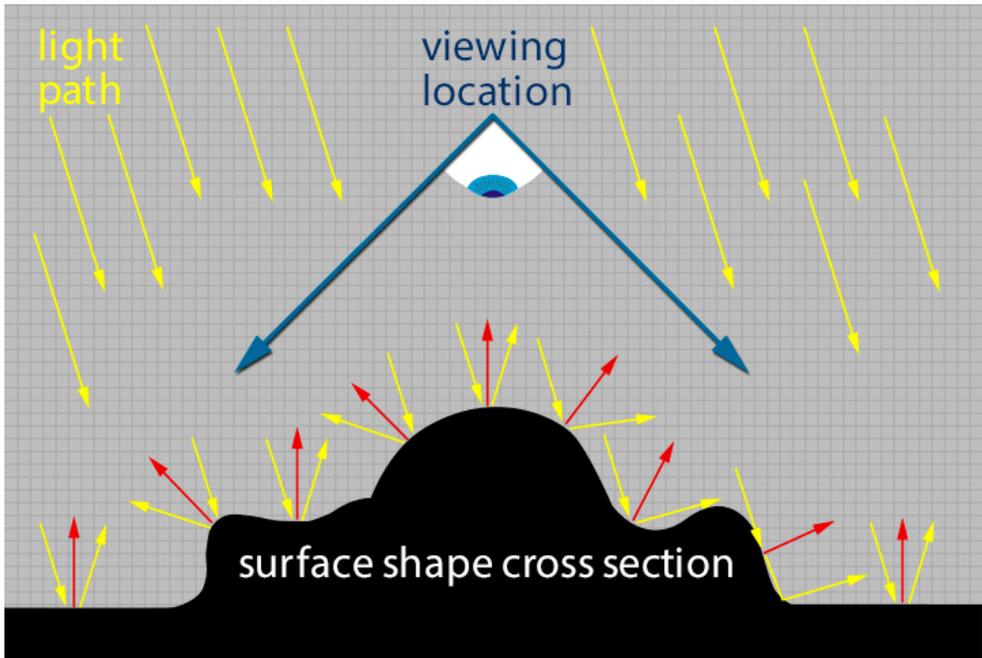


Figura 24 - setas amarelas são os vetores do caminho da luz, as vermelhas são as normais da superfície.

Fonte: CHI

O RTIViewer é o programa para a visualização desse arquivo de maneira interativa. Ele permite selecionar a posição da luz para ver o mapa da superfície do objeto gerado com aquela angulação. Ademais, é possível alterar a visualização da imagem, com realce de detalhes antes não visíveis, visto que o programa oferece alguns modos para alterar as funções de reflectância da imagem, para aumentar a nitidez e

aprimorar a visualização com múltiplas iluminações (HP Labs, 2005b; HP Labs, 2005c). Falaremos sobre os modos a frente.



Figura 25 - imagem esquematizando o sistema de coordenadas utilizado para localizar a luz.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

4.2

Processamento no RTIBuilder

As imagens produzidas deverão estar prontas para que o processamento seja feito. Ou seja, apenas se necessário e se for da escolha de quem está realizando o procedimento fazer um tratamento nas imagens, isso deverá ser feito antes de usar o RTIBuilder. Mas é importante lembrar que, caso aplique um processamento em uma das imagens, todas deverão receber o mesmo tratamento, para que o *software* do RTIBuilder funcione corretamente.

Os passos aqui indicados serão referentes ao uso do RTIBuilder e RTIViewer no sistema operacional Windows. O processo no sistema operacional Linux não foi feito por nós; já no sistema operacional MacOS, os passos são os mesmos. Contudo, no sistema operacional da Apple, há maiores problemas em relação aos bloqueios de segurança do sistema e eles deverão ser ajustados pelo usuário para o MacOS aceitar os arquivos e alterações feitas pelos elementos envolvidos no RTI.

Algumas etapas deverão ser cumpridas antes do processamento. A primeira é o computador ter o software Java atualizado²; os programas do RTI foram desenvolvidos nessa linguagem e sua execução exige que o usuário baixe o pacote Java em sua máquina, em virtude de os sistemas operacionais não virem com o pacote incluído (CHI, 2011b: 10). Os softwares RTIBuilder e RTIViewer deverão ser adquiridos no site do Cultural Heritage Imaging (CHI)³

2 Java é uma linguagem de programação criada em 1995 pela empresa Sun Microsystems e os programas desenvolvidos nessa linguagem precisam que o usuário baixe o programa Java, disponibilizado no site do produto, que fornecerá as informações necessárias para que seu sistema operacional leia o programa corretamente (Oracle, 2022). O download está disponível pelo site <https://www.java.com/en/download/>

3 Para baixar o RTIBuilder, acesse http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Process/index.html. Para o RTIViewer, http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/View/index.html.

e instalados seguindo o passo a passo indicado pelo CHI (presentes em CHI, 2011b:10; CHI, 2013:3) ou pelo próprio sistema operacional durante o processo.

Em segundo lugar, será necessário ter o PTMFitter. Esse arquivo possibilitará o processamento das imagens para a formação do *Polynomial Texture Mapping*, um arquivo .ptm. Caso o usuário escolha outro modo de renderização do RTI, como o *Hemispherical Harmonic* (HSH), não será necessário baixar um arquivo de fitter, porque ele já está disponível dentro do próprio RTIBuilder (continuaremos o assunto de modos de renderização a frente). Para esse, há dois lugares para adquirir o PTMFitter: pelo site da HP⁴ ou pelo fórum do Cultural Heritage Imaging⁵. Antes de fazer o *download* do plug-in, pode ser necessário alterar as definições de segurança do computador que estiver usando. Durante testes em algumas máquinas, quando foi feito o *download*, o sistema leu o fitter como um exemplar do vírus Cavalo de Tróia, o que não é verdade. O PTMFitter, após devidamente baixado, deverá ser inserido na pasta do programa RTIBuilder em Arquivos de programas ou Arquivos de programas (x64)⁶.

Em terceiro lugar, o usuário deverá abrir uma pasta em seu computador para onde irá o arquivo do RTI gerado. Mas ela precisa ter um nome sem espaços e estar em um lugar do seu computador em que nenhum nome no caminho para chegar até ele possua espaço. Ou seja, se você colocar sua pasta no repositório *Documentos* dentro de *Este computador*, o programa acusará erro: o caminho para ela seria *Este computador >Documentos>Pasta-do-arquivo*, ou seja,

4 Para baixar o PTMFitter pelo site da HP, acesse o link: <http://shiftleft.com/mirrors/www.hpl.hp.com/research/ptm/downloads/download.html>

5 Para baixar o PTMFitter pelo fórum do Cultural Heritage Imaging, acesse o link: https://www.dropbox.com/sh/jfsy-0thxu6zv4i4/AADJpq6E_GJmNw_s5C8r94CVa?dl=0

6 o nome do diretório pode variar, mas o local que queremos dizer aqui é uma pasta dentro do seu sistema Windows onde ficam os arquivos relacionados aos programas instalados no sistema. Existem duas e o usuário deverá descobrir em qual o programa foi instalado. Também aconselhamos o usuário colocar o fitter no mesmo local em que se encontra a pasta *project-directory*, para facilitar um futuro procedimento no RTIBuilder.

há um espaço separando as duas palavras do nome da primeira pasta. Caso haja dúvidas, o caminho é apresentado na porção superior do navegador dos documentos, como indicado na figura 26. Para solucionar o problema basta colocar a pasta em outro lugar ou acabar com os espaços nos nomes, trocando por traços, como no exemplo usado acima.

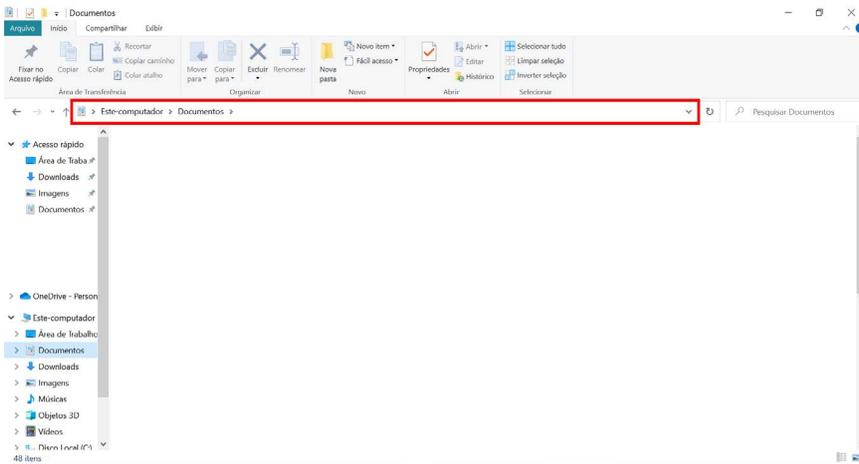


Figura 26 - em vermelho, está indicado onde mostra o caminho para chegar na sua pasta.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

A pasta para o arquivo do RTI precisa ter um nome específico, assim como suas subpastas, para que o programa consiga trabalhar. A pasta deverá ser nomeada *project-directory* e, dentro dela, duas pastas devem ser adicionadas, com os seguintes nomes: *jpeg-exports* e *original-captures*. Para exemplificar, eis abaixo o esquema de como são as pastas:

```
>project-directory
  >jpeg-exports
  >original-captures
```

É necessário criar uma nova pasta todas as vezes que o usuário gerar um arquivo RTI e não reutilizar a mesma para todos. Na pasta jpeg-exports, deverão ser inseridas as imagens que serão usadas na produção do arquivo RTI; na original-captures, podem ser armazenadas as imagens .raw ou aquelas sem tratamento, mas é opcional.

Após essas etapas serem completadas, o usuário poderá utilizar o RTIBuilder. Ao abrir o programa, ele apresentará a tela da figura 27. Nela, há um espaço em branco para colocar o nome do arquivo que será gerado e, abaixo, uma lista de tipos de arquivo da qual um deverá ser escolhido. Como neste e-book falamos sobre o *Highligh Imaging*, ou seja, aquele em que não há o uso do domo, focaremos nas duas primeiras possibilidades: HSH (.rti) e PTM (.ptm).



Figura 27 - página inicial do RTIBuilder.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

Quando a opção for feita e o nome preenchido, clicar em *Start new project* (começar novo projeto)⁷. O software mostrará a segunda

⁷ Como o ebook é direcionado ao público brasileiro e/ou falante de português, sempre que escrevermos os comandos dos programas, colocaremos o nome original em inglês e, logo após, a tradução livre entre parênteses.

tela, na qual deve-se indicar a pasta *project-directory* do projeto escolhido após selecionar o botão *Open folder* (abrir pasta). O programa selecionará as imagens presentes na pasta e apresentará como na figura 28. Há a possibilidade de excluir as imagens que não são desejadas no processamento no canto inferior direito, conjuntamente com o registro do motivo da exclusão da imagem. No canto inferior esquerdo, são expostos os metadados do projeto; o programa permite a adição de outros campos de informação. No momento que o usuário terminar, clique em *Next* (próximo).

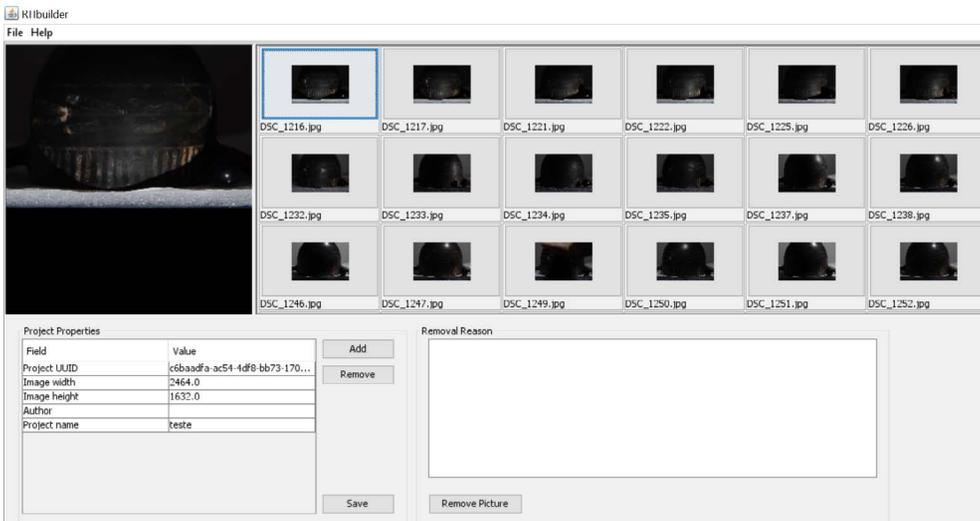


Figura 28 - página do RTIbuilder na qual as imagens criadas serão introduzidas no software.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

O próximo passo será indicar ao programa onde a esfera reflexiva está na imagem. Para realizar tal tarefa, é preciso clicar com o cursor do mouse na maior foto, no canto superior esquerdo (vide figura 29), e arrastar, até que a esfera (ou as esferas, selecionando

uma por vez) seja compreendida dentro de uma região verde. Para facilitar a visualização, é possível trocar a foto sobre a qual está selecionando a área. Após isso, selecione *Add area* (adicionar área) no canto inferior; a região verde se transformará em vermelha e permitirá alterar seu tamanho e local na imagem. Junto, deve-se indicar na lista suspensa a cor da esfera utilizada - vermelha ou preta - e clicar em *Detect spheres* (detectar esferas). O processo pode levar alguns segundos ou minutos.

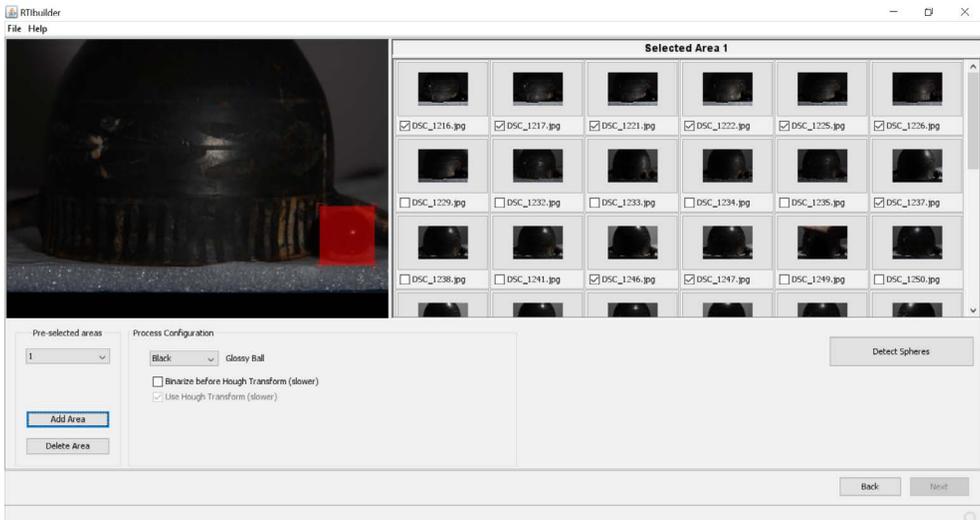


Figura 29 - página do RTIBuilder para selecionar a esfera; processo já na seleção em vermelho.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

O resultado será o que aparece no canto superior esquerdo da figura 30. O círculo vermelho que aparece na imagem deverá ser posicionado para indicar a borda da esfera. Na figura 31 aparece apenas uma esfera, mas, quando outras forem indicadas, elas aparecerão como opção de seleção ao lado de *Sphere 1* (esfera 1) e poderá

alterá-las da mesma forma. Para aumentar ou diminuir o círculo vermelho e ajustá-lo à esfera, clique no quadrado que aparece na borda do círculo e arraste; para mudá-lo de lugar, o mesmo deverá ser feito, mas no quadrado ao centro do círculo. É apresentado um controle na porção inferior da tela - *Image Scale* (Escala da imagem) - o qual aumenta ou diminui a imagem, que pode ajudar na seleção círculo, caso a visualização esteja difícil. Ao lado, há a sessão *Ball center and radius* (centro e raio da esfera), onde estão os controles referentes às alterações do centro e raio da esfera, caso o usuário prefira utilizá-los ao invés de clicar e arrastar o círculo na foto. Após as alterações desejadas serem feitas, clicar em *Set new center* (definir novo centro). Para confirmar se o centro está no lugar certo, assim como as bordas, sugerimos selecionar outras fotos e verificar como o círculo vermelho está sobre a esfera (figura 31). Assim que confirmado, clique em *Next* (próximo).

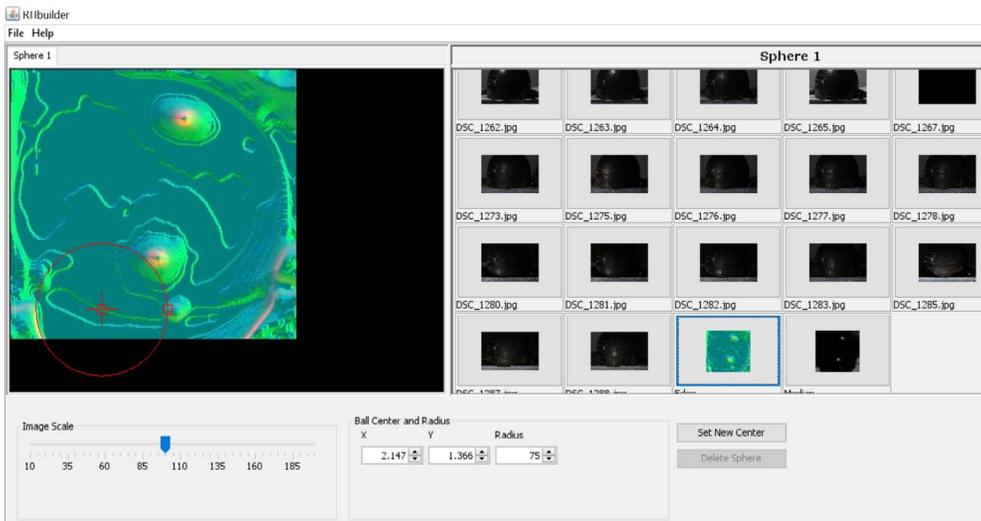


Figura 30 - Imagem gerada com o detect spheres no canto superior direito.

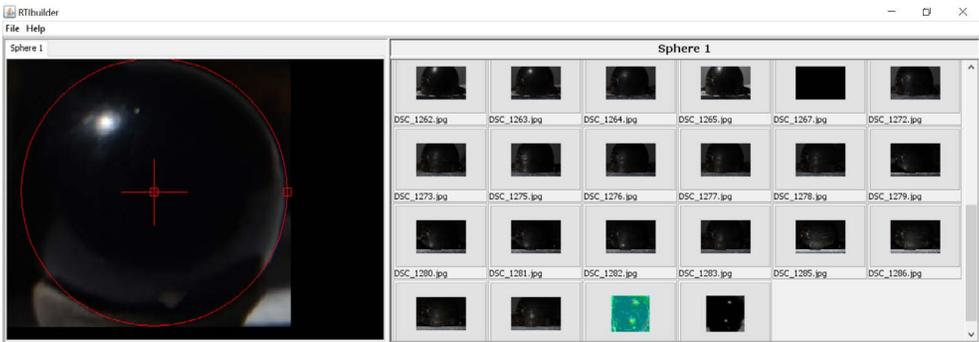


Figura 31 - Exemplo de como fica se trocarmos a imagem gerada por qualquer outra para conseguir selecionar a borda da esfera e o centro.

A imagem da esfera aparecerá agora com sua borda e o centro em vermelho, mas, dessa vez, fixos (figura 32). Passe pelas imagens e verifique se, em todas, os desenhos coincidem com o mesmo lugar da esfera. Na situação de em algumas coincidir e em outras não, volte e reajuste o círculo vermelho. Caso o problema persista, algo foi movimentado durante a captura das imagens, o que não pode acontecer, como frisado no Capítulo 3.

Abaixo da foto da esfera com seu limite circundado em vermelho, há uma caixa retangular escrita *User highlight threshold* (limite do destaque do usuário) com uma gradação de 10 a 235, na qual há uma seta móvel para a escolha do valor desejado (vide figura 32). Essa opção é para o usuário informar ao software quais pixels ele deve considerar quando for detectar as posições da luz e quais deve descartar, a partir de quão brilhante aquele pixel é em comparação com o pixel mais claro da imagem. O software descarta toda a porção da imagem que estiver abaixo do valor escolhido, o que ajuda na detecção da principal reflexão de fonte de luz externa. Por exemplo: todo pixel com um valor de cor cinza menor que 20% do valor do pixel mais brilhante, será descartado (Barbosa, 2009: 61-62). Depois de escolher o

valor mais adequado, verificar se todas as imagens estão selecionadas e se está tudo certo, clique em *Highlight detection* (detecção de luz).

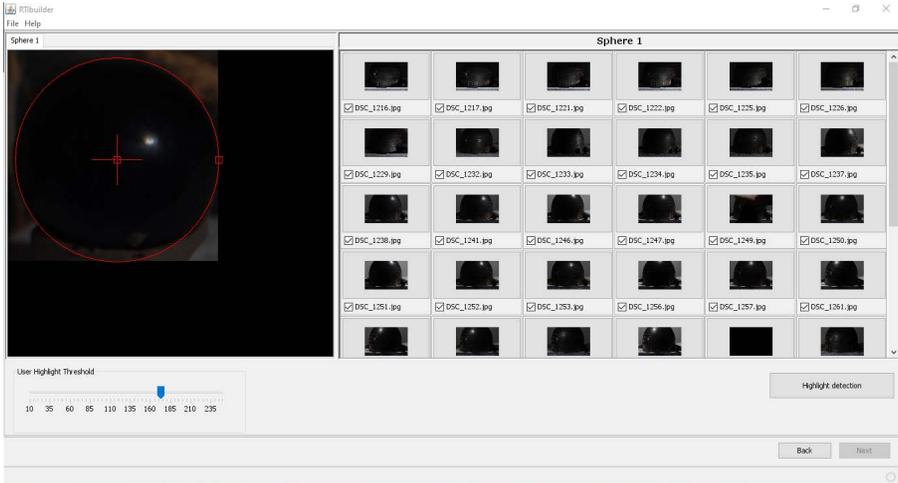


Figura 32 - página do RTIbuilder para selecionar as fotos nas quais será feita a detecção do local da luz .

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

Na próxima tela (figura 33), aparecerão todas as imagens com uma cruz vermelha sobre o centro da luz refletida na esfera, a partir da qual será estabelecida a coordenada da luz. Caso o sistema não tenha reconhecido a localidade da luz como na figura 34, a cruz estará no canto superior esquerdo da imagem e é possível arrastá-lo até a localidade da luz e clicar em *Redefine Highlight* (redefinir luz) para que uma coordenada seja atribuída àquele ponto. Quando isso acontecer, a imagem aparecerá com um escrito *Highlight defined by user* (luz definida pelo usuário) (figura 35). Sugerimos que o usuário faça esse processo de verificação das imagens e localização das luzes não identificadas a fim de ter uma maior precisão e melhor resultado final, senão o programa não processará aquela posição da luz, perdendo mais capacidade de precisão do resultado final.

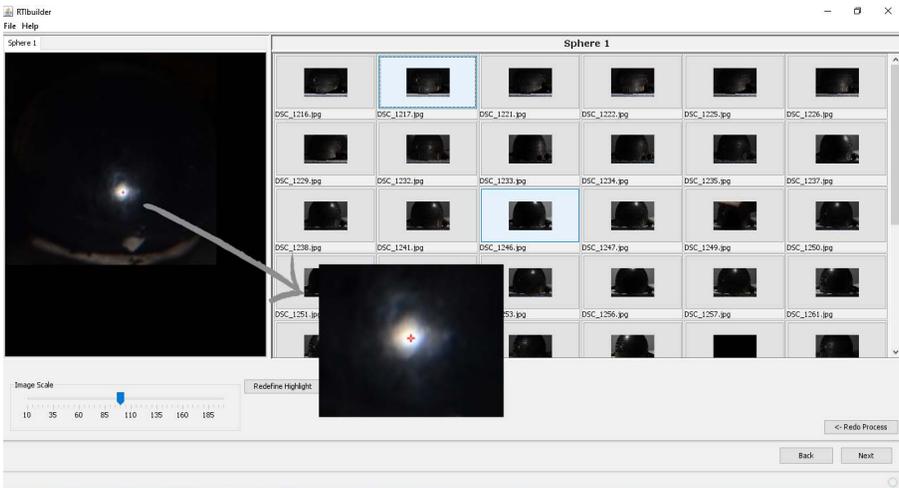


Figura 33 - tela do RTIBuilder na qual aparecem marcadas as luzes. Demos um zoom na área para facilitar a visualização da indicação vermelha no centro da luz refletida na esfera.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

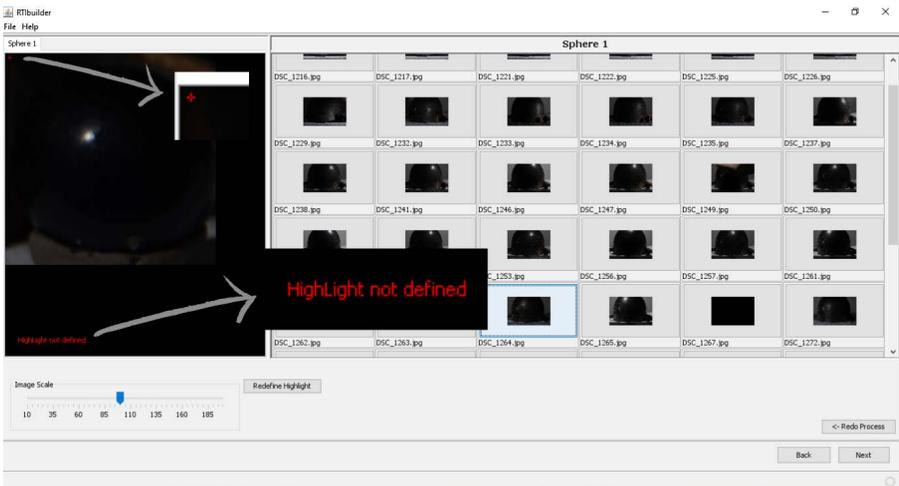


Figura 34 - tela do RTIBuilder na qual evidenciamos a indicação de que a localização da luz não foi identificada e a cruz (que identifica a luz) no canto superior esquerdo da imagem.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

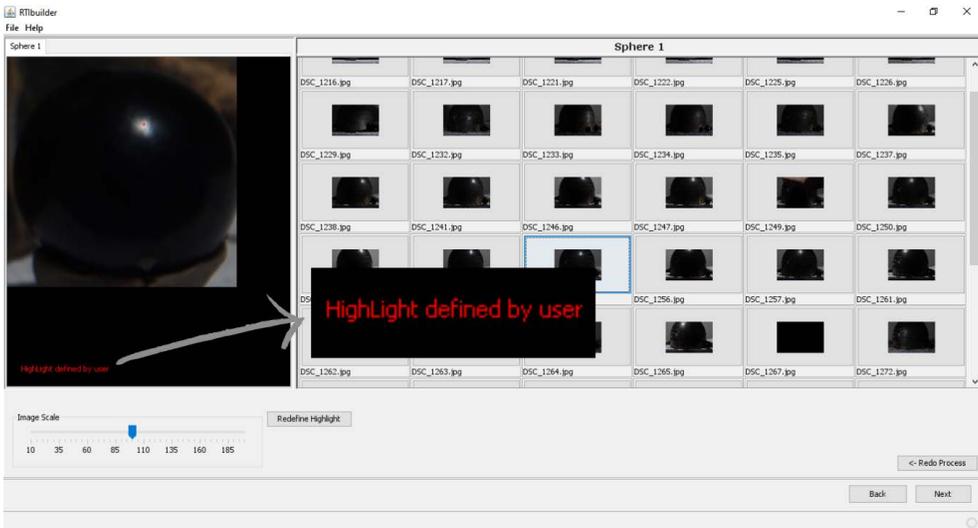


Figura 35 - tela do RTIBuilder na qual evidenciamos a indicação de que a localização da luz foi identificada com sucesso pelo usuário.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

Nessa etapa é possível checar a conjunção de todas as imagens feitas da esfera reflexiva, o que resulta em uma imagem com todos os pontos de luz cobertos durante o processo de captura das imagens. É interessante observar o resultado para identificar falhas, examinar em quais ângulos poderiam ser feitas mais fotos e outras observações para melhorar o processo de captura. A imagem estará no final das imagens listadas. Por fim, clique em *Next*.

É possível que a próxima tela demore um pouco para aparecer, a depender da quantidade de fotos. E então, finalmente, temos a tela final da produção do arquivo .ptm. Como sempre, na porção esquerda da tela, aparecerá a visualização do seu arquivo, para que escolha se o arquivo gerado será da imagem completa ou de alguma parte específica. Caso seja a segunda opção, clique abaixo da imagem em *Use crop* (usar corte) e escolha qual será o formato na lista suspensa (*Crop style*, tipo de corte), *rectangular* (retangular) ou *free* (livre).

No primeiro, basta clicar com o mouse e arrastar sobre a área desejada; quando soltar o clique, a área que era em verde escuro transformar-se-á em verde claro, com a disponibilidade de alteração no tamanho e localização (figura 36). No segundo, basta adicionar pontos com cliques até fechar um polígono. Se preferir refazer ou desistir do corte, clique em *Clear Crop* (limpar corte).

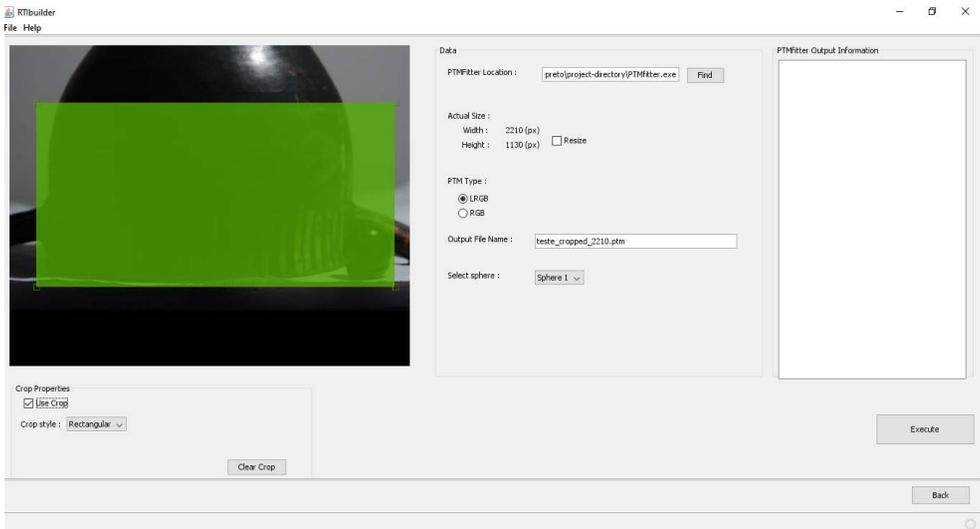


Figura 36 - tela do processamento final do RTIbuilder, na qual há o retângulo verde feito com a opção use crop.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

Ao centro, vemos *Data* (dados, informação), com algumas opções relacionadas aos dados do arquivo; o primeiro é para indicar o local do seu PTMFitter, o qual normalmente estará correto, mas sugerimos conferir, clicando em *Find* (achar). Abaixo, é possível escolher o tamanho que será o arquivo clicando em *Resize* (redimensionar); dois espaços abrirão para inserir o número de pixels que deseja, entretanto será possível escrever em apenas um, uma vez

que o sistema preserve a proporção da imagem. Em *PTMType* deverá ser escolhido entre os sistemas LRGB e RGB⁸; o primeiro será mais leve, mas o segundo garantirá uma maior acurácia das cores e é mais indicado para objetos com alta especularidade, como metais (Corsini, 2010; CHI, 2011: 21). Em *Output File Name* (nome do arquivo gerado) é indicado o nome do arquivo final, que poderá ser alterado. Em *Select sphere* (selecionar esfera), selecione em qual esfera o software alicerçará o arquivo gerado⁹. Depois de todas as opções feitas, selecione *Execute* (executar).

Os passos realizados pela execução são registrados no retângulo branco à direita, vide figura 37. O tempo para o processamento deriva da quantidade de fotos e do processador do computador; ante o exposto, o registro dos passos realizados assegura um acompanhamento do processo, a fim da verificação do bom funcionamento do *software*. Além do mais, essa é a fase na qual os erros são acusados. Com a conclusão do processamento, será indicado nessa área onde o arquivo foi salvo e um pop-up aparecerá notificando o término (vide figura 38). O arquivo gerado encontrar-se-á na pasta *finished-file*, dentro da pasta *project-directory* feita anteriormente. No mesmo diretório, haverá a pasta *assembly-files*, dentro da qual estarão as imagens resultantes das esferas.

8 vide página 78

9 Isso acontece porque o RTIBuilder ainda não consegue calcular as posições da luz com duas ou mais esferas, apenas com uma. Então, a sugestão de duas esferas é para aumentar as chances de qualidade e acurácia do seu arquivo, sem a necessidade de refazer a captura das imagens, como um backup. Basta escolher uma ou outra no processamento, gerar os arquivos de cada e ver qual ficou melhor. Ademais, futuras versões do software poderão ter a opção de usar ambas no cálculo (CHI, 2011: 15).

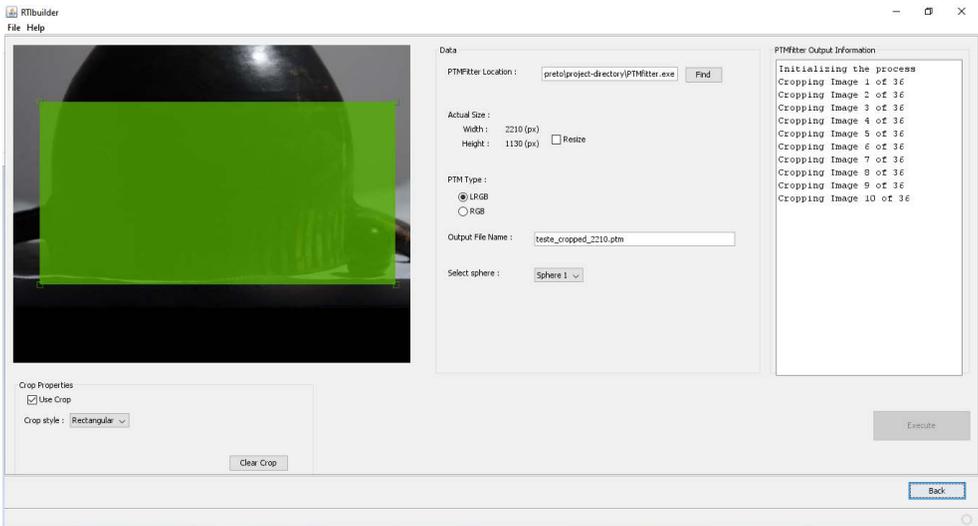


Figura 37 - tela final do RTIbuilder durante o processamento, cujos passos são registrados no retângulo branco à direita da imagem.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

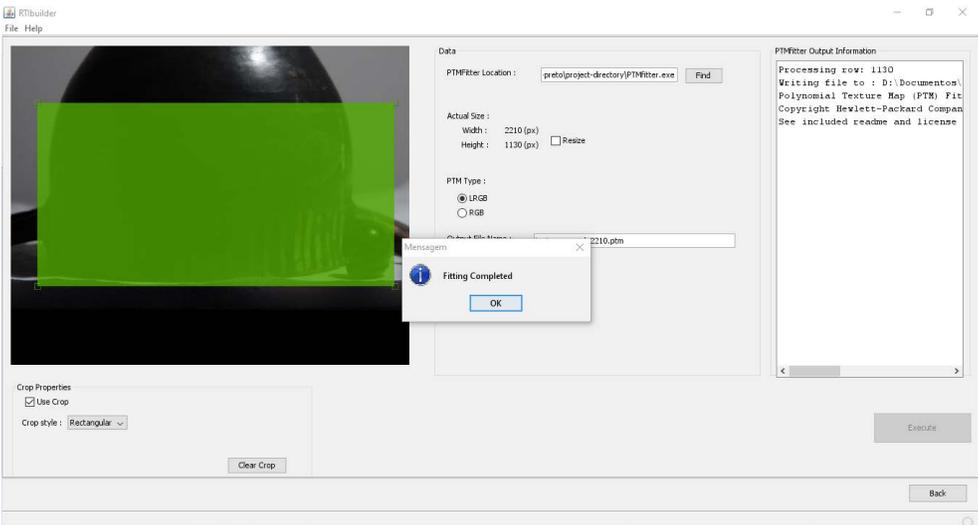


Figura 38 - tela final do RTIbuilder após o processamento.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

4.3

Usando o RTIViewer

O arquivo gerado tem uma extensão particular e é necessário um software específico para que ele seja aberto. No caso, o arquivo será aberto pelo RTIViewer, software que permite a visualização e interação com o arquivo (figura 39).

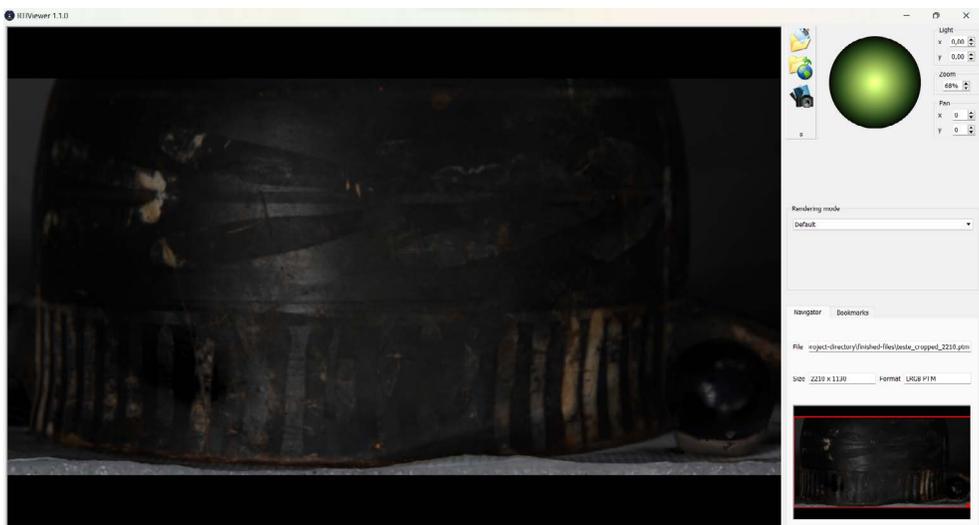


Figura 39 - tela inicial do RTIViewer com um arquivo já aberto.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

Na tela inicial, para abrir o arquivo, clique no primeiro ícone da coluna que aparece à direita da tela, aquele com o desenho de uma prancheta. Para abrir um arquivo do RTI que esteja em formato de link, clique no segundo ícone da coluna, que aparece com um planeta. O arquivo aparecerá ao centro do retângulo preto que ocupa a maior parte da tela e no retângulo preto pequeno, no canto inferior direito da tela, na parte *Navigator* (navegador).

A posição da luz será controlada através do ponto luminoso na esfera verde, ao lado da coluna de ícones. Simulando a esfera utilizada na captura das imagens, o usuário deve clicar sobre o ponto luminoso na esfera verde e arrastá-lo pela superfície, soltando o clique para estabelecer o local da fonte luminosa. Também é possível selecionar a posição da luz indicando suas coordenadas, à direita da esfera verde.

As outras opções da coluna à esquerda da esfera verde são: capturar uma imagem daquela visualização, no ícone com uma câmera; configurar o tamanho da imagem, no ícone com as ferramentas; e informações, na seta dupla para baixo. As outras, à direita, representam a porcentagem de zoom na imagem e, abaixo, a posição da visualização, que será indicada por coordenadas calculadas a partir do canto superior esquerdo da imagem. A porção visualizada é indicada na porção inferior direita da tela, através de uma visualização menor da imagem, com um retângulo vermelho indicando o que está visível (CHI, 2013: 10) (figura 40).

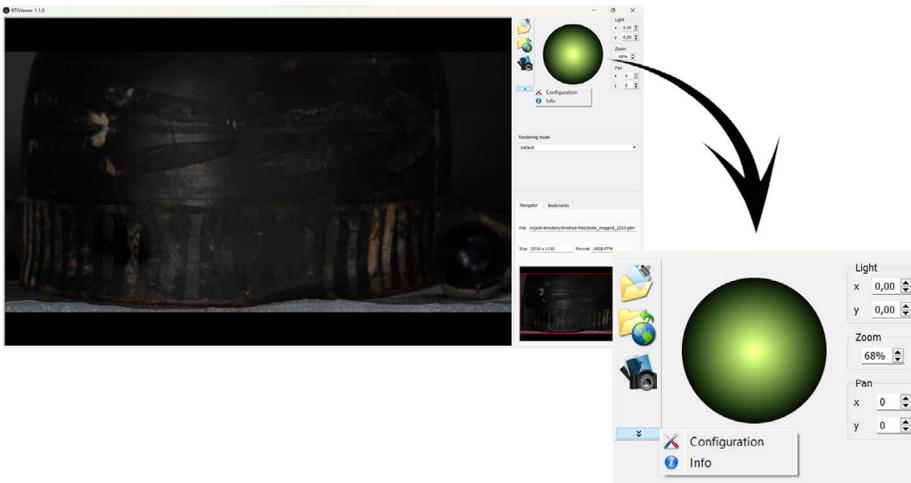


Figura 40 - destaque da zona onde aparecem os comandos comentados nos parágrafos anteriores.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

Em *Rendering mode* (modo de renderização) (figura 41) será possível escolher modos de visualização que melhorem digitalmente a imagem, através de transformações matemáticas (CHI, 2013:13). Elencamos aqui os tipos com suas especificidades.

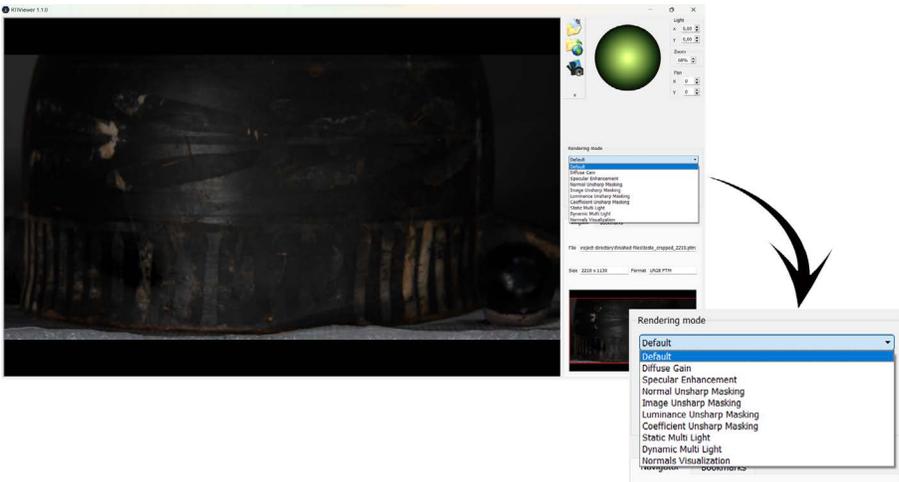


Figura 41 - destaque do menu dos modos de renderização.

Fonte: arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

4.4

Specular enhancement (aprimoramento especular)

Modifica a função de refletância feita durante o processamento do RTI, por meio da separação das normais da superfície, do vetor de iluminação e da informação RGB e adiciona uma iluminação especular calculada através do modelo de iluminação Phong¹⁰

¹⁰ "O Modelo de Iluminação de Phong, introduzido em 1975, permite calcular o valor da intensidade de um raio refletido por uma superfície em função da orientação da superfície, da posição da câmera, da posição da fonte de luz e das propriedades da superfície." (Gomes, 2010: 3)

(CHI, 2014: 7-9). Com a separação desses elementos, é possível alterar seus valores separadamente para melhorar a visualização da superfície do objeto:

- *diffuse color* (cor difusa) - quanto mais próxima de zero, menos cor aparecerá na imagem;
- *specularity* (especularidade) - quanto maior o número, mais “brilhante” o objeto aparecerá. A especularidade é a capacidade de uma superfície refletir o raio de luz no mesmo ângulo que ele entrou, gerando uma reflexão mais precisa, como em espelhos (CHI, 2014: 9);
- *highlight size* (tamanho da iluminação) - quanto maior o número, mais concentrada será a reflexão especular; ou seja, mais especular, “brilhante”.

4.5

Diffuse gain (ganho difuso)

O local atingido pela luz na superfície do objeto sofre alterações superficiais relacionadas à direção da luz. É aplicada uma equação (curvatura gaussiana) para que isso seja compensado e, através do modo de ganho difuso, é possível alterar um dos valores da equação - relacionado à iluminação - e manter estável outros - a direção da normal da superfície. Na prática, ele realça as mudanças bruscas no relevo do objeto, causando uma melhora na observação dele. Entretanto, pode acarretar variação das cores (CHI, 2013: 14).

4.6

Normals unsharp masking (máscara de nitidez das normais)¹¹

Exacerba a diferença entre normais próximas, consequentemente aumentando os contrastes da superfície do objeto (CHI, 2013: 16).

4.7

Image unsharp masking (máscara de nitidez da imagem)

Amplia os contrastes de bordas, através da aplicação de um tratamento no canal Y do esquema YUV de cores.

O sistema YUV é como o RGB, um sistema de representação de cores e é muito utilizado em sistemas de televisores pelas suas características. O Y representa a luminância da imagem, ou seja, é para a intensidade da iluminação; já o U e o V são valores de cromaticidade, com o U azulado e o V avermelhado, compondo saturação e matiz (Podpora, Korbas e Kawala-Janik, 2014: 29-31; Wu et al, 2020: 4).

4.8

Luminance unsharp masking (máscara de nitidez da luminância)

Aumenta as discontinuidades do relevo do objeto, porque aplica um ganho na luminância (L) do LRGB PTM.

¹¹ A máscara de nitidez em si é algo comum e já utilizado na fotografia. A máscara é criada através de uma técnica que produz uma imagem igual a que está sendo trabalhada, mas com sua nitidez piorada, uma imagem "borrada"; depois, subtrai-se a imagem borrada da original. Por fim, o resultado é aplicado à imagem inicial (González e Woods 2010: 107).

4.9

Coefficient unsharp masking (tratamento de coeficiente sem nitidez)

Evidencia as quebras abruptas na refletividade, agindo nos coeficientes da função de reflectância¹². Também ressalta detalhes finos de relevo (Palma et al, 2010: 13).

4.10

Multi-light enhancement modes (modos de aprimoramento multi-iluminação)

São as opções *Static Multi Light* (multi-iluminação estática) e *Dynamic Multi Light* (multi-iluminação dinâmica).

A fim de exagerar detalhes da superfície, com fatores de nitidez e brilho, esse modo permite que posições de luz diferentes sejam aplicadas a diferentes partes da superfície. Então, mesmo que escolha uma posição de luz que deixe uma boa parte da superfície sob sombra, é possível iluminá-la nessa opção.

Há a divisão da imagem em uma malha de quadrados e, para cada uma das unidades, será escolhida uma posição de luz que aumente o contraste da área. E há a escolha do modo ser estático, cada posição de luz por vez, ou dinâmico, permitindo interatividade com as posições de luz. No segundo caso, acontece uma perda de qualidade da imagem, o que acarreta possíveis aparecimentos de deformidades visuais nas regiões de grande variação de iluminação (Palma et al, 2010: 12).

¹² Equação demonstrada em Malzbender, Gelb e Wolters (2001) e Corsini (2010).

O software disponibiliza algumas opções de customização nesse modo, em *advanced settings* (configurações avançadas):

- *Local offset* (deslocamento local) / *Offset* (1-20°) (deslocamento)

Limite em graus para a escolha das outras luzes, a partir da que foi escolhida pelo usuário. No caso do *local offset*, que é o estático, é possível escolher 5°, 10° ou 15°; já no *offset*, o dinâmico, é possível escolher qualquer grau entre 1° e 20°.

- *Tile size* (tamanho do quadrado)

Determina o tamanho, em pixels quadrados, dos quadrados que formam a malha sobre a imagem (Palma et al, 2010: 12).

- *N. initial tiles* (quantidade de quadrados iniciais)

Determina a quantidade de quadrados iniciais para cálculo das iluminações no modo estático. *Iniciais* porque o algoritmo divide a imagem em alguns quadrados primeiro e, depois, subdivide os quadrados em quadrados menores. Cada quadrado inicial recebe uma posição de luz; logo, limitando a quantidade de quadrados, haverá uma limitação das posições de luz que podem ser escolhidas. Válido apenas para o modo *estático* (Palma et al, 2010: 12)..

- *Threshold* (limite)

Estabelece um limite nas opções de posição da luz para o sistema escolher para os ladrilhos.

- *Smoothing filter* (filtro de suavização)

Filtro para mesclar as posições das luzes utilizadas na imagem. As opções disponíveis são referentes às quantidades de quadrados que serão mesclados/suavizados. Esse passo é

importante porque espaços muito próximos podem ter uma variação muito grande de iluminação, por conseguinte acarreta algumas deformações visuais (Palma et al, 2010: 12).

- *N. iteration smoothing* (quantidade de iterações da suavização)
Número de vezes em que o filtro de suavização será aplicado. Para produzir um efeito suficiente, deve ser aplicado de cinco a sete vezes (Palma et al, 2010: 12).
- *K1 (Sharpness)*
Atribuição de peso à grandeza da nitidez
- *K2 (Lightness)*
Atribuição de peso à grandeza do brilho
- *Light sampling* (amostragem de luz)
Estratégia que será utilizada para escolher a posição da luz. Pode ser *isotropic* (isotrópica), igual em todas as direções; ou *anisotropic* (anisotrópica), diferente nas direções. A anisotrópica preserva mais as partes claras e escuras em relação a iluminação rasteira. A isotrópica ilumina mais uniformemente e pode acarretar deformidades visuais em diferença abrupta de brilho (Palma et al, 2010: 9).
- *Sharpness operator* (operação de nitidez)
Método usado para calcular a nitidez de cada quadrado:
 - » Max Laplacian:
evidencia os contornos, principalmente os de menor escala (Zhang et al, 2020: 326)
 - » Max energy of Laplacian
causa variações de luz mais evidentes, assim como os contornos (Palma et al, 2010: 9)
 - » L1 norm Sobel
causa uma iluminação mais homogênea (Palma et al, 2010: 9)

- » L2 norm Sobel
causa uma iluminação mais homogênea e amplifica os detalhes (Palma *et al*, 2010: 9)

4.11

Normals visualization (visualização das normais)

Gera um gráfico de cores que indicam as direções das normais da superfície do objeto. Ou seja, as coordenadas X, Y e Z das normais (vide figura 25) corresponderão, em sequência, às cores vermelho, verde e azul, demonstrando as direções da superfície do objeto graficamente. Mas, ao invés da coordenada da normal ser calculada através das fotos do objeto, ela será calculada através do RTI do objeto

4.12

Multiview RTI (RTI multi-visualização)

Um último recurso a ser citado é o RTI multi-visualização. O RTI multi-visualização é composto por vários arquivos RTI de um mesmo objeto, mas com a variação de posição do objeto (ou da câmera) em um eixo x e em um eixo y (Mudge *et al*, 2006 : 7)¹³. Isso resulta em um arquivo .mview, lido pelo RTIViewer, o qual fornece possibilidades de modo de renderização,

¹³ O RTI multi-visualização foi produzido entre 2006 e 2007 por pesquisadores da Universidade do Sul da Califórnia (University of Southern California), Cultural Heritage Imaging e da Hewlett-Packard Labs. Ele é definido como uma combinação das técnicas de fotometria e 3D (Pitard *et al*, 2017 : 3) e seu arquivo (.mview) é produzido através de um software gratuito, porém de acesso controlado, sendo possível adquiri-lo apenas contactando o Cultural Heritage Imaging através do e-mail info@c-h-i.org. Mais informações sobre o método podem ser encontradas em *Reflectance Transformation Imaging: Guide to RTIViewer* (2013: 24-27), disponível em https://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Projects/imls_2006/index.html

assim como a escolha do ponto de vista de interesse. O número de posições disponíveis será o número de partes/posições do objeto fotografados.

Abaixo do menu de modos de renderização, temos um bloco de informação com duas abas: navigator (navegador) e bookmarks (marcadores). Na aba navigator, há a indicação do nome do arquivo em file, o tamanho do arquivo em pixels em size, e o formato do arquivo em format (formato). Depois, é disposto um retângulo com a representação do arquivo e um retângulo vermelho em sobreposição, demonstrando qual parte do arquivo está sendo visualizada.

A outra aba, bookmarks, necessita de uma explicação prévia. Esse software permite que o usuário salve visualizações no arquivo e faça anotações sobre elas. E esse processo é feito através da aba bookmarks (figura 42), que é dividida em quatro campos de informação. O primeiro é uma lista com as visualizações salvas; ao lado, há um botão escrito Add (adicionar), o qual permitirá a adição de um marcador sendo necessário, primeiro, indicar o nome que o usuário dará para aquele. Ao lado do botão Add, há o botão Del (delete) que apaga a visualização em questão.

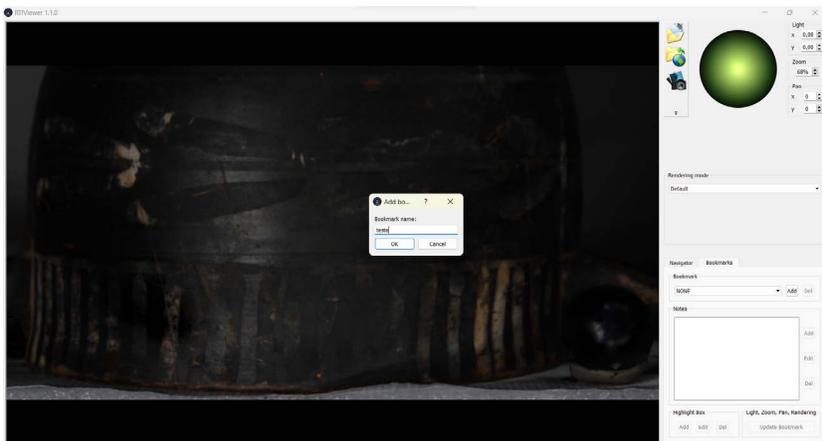


Figura 42 - janela aberta quando se quer adicionar um marcador.

Fonte: Arquivo pessoal Jessica Silva Mendes.

No segundo bloco de informações, há um espaço chamado Notes (anotações). Ali aparecerão as anotações feitas pelo usuário referentes àquela visualização salva, que foi escolhida no campo de informação anterior. Ao lado, estão os comandos referentes a esse campo. O primeiro, Add (adicionar), abre uma janela para ser preenchida com o assunto principal (subject), autor do comentário (author) e comentário (comment). O segundo Edit (editar), reabre a janela anterior para editar os elementos. O terceiro, Del (delete), apaga a anotação feita (figura 43).

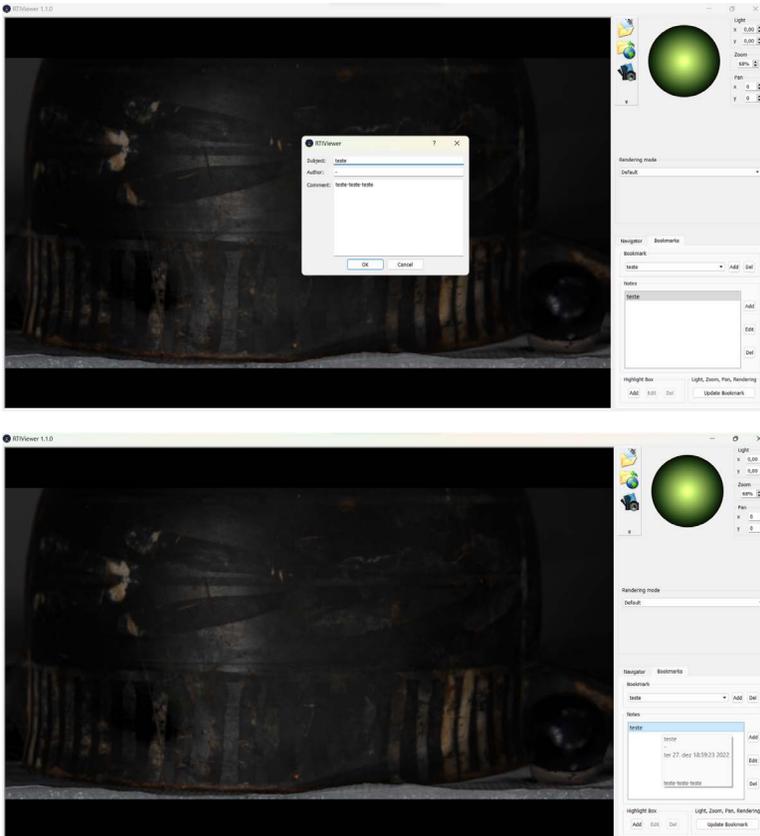


Figura 43 - imagem à esquerda mostra a janela que se abre quando quer adicionar uma anotação; imagem à direita, janela que se abre quando se coloca o ícone do mouse sobre a anotação no menu.

No terceiro bloco, à esquerda, há as opções de *Highlight box* (caixa de realce). Em *Add* (adicionar), o ícone do *mouse* sobre a imagem é alterado para a seta, que permitirá selecionar uma região. A região selecionada será marcada com uma linha branca. A caixa estará ligada à nota selecionada e poderá ser editada em *Edit* (editar) e apagada em *Del* (delete). Ou seja, seria como fazer uma anotação específica daquele ponto da imagem (figura 44).



Figura 44 - caixa de destaque sobreposta à imagem

No quarto bloco, à direita, está escrito *Light, Zoom, Pan, Rendering* (Luz, Zoom, Localização e Renderização) e, abaixo, um botão com *Update Bookmark* (atualizar marcador). Esse espaço existe para, caso você queira mudar as variáveis do marcador citadas no nome da caixa de informação, poderá salvar por cima das escolhas anteriores.

Considerações finais

Os softwares relacionados ao processamento e visualização do RTI podem ser simples, mas trazem muitas opções interessantes de

exploração das superfícies dos objetos que, a olho nu, não seriam possíveis. E, quando o usuário entende o funcionamento dos programas e os usa de forma recorrente, as execuções ficam mais fluidas e precisas.

Comparando entre si, o RTIViewer tem a execução mais complexa. O RTIBuilder tem poucos comandos e eles são subsequentes, sem abertura para escolhas. No Viewer, já é necessário que o usuário compreenda os resultados que cada modo de processamento fornece, para que saiba escolher o mais correto para o que almeja. Mas, com o uso constante do programa, é possível adquirir esse conhecimento na prática, observando qual modo é melhor para cada material, formato e textura de objetos.

Referências

- BARBOSA, João Carlos G. da Cunha. *RTI-based techniques and tools for digital surrogates*. Dissertação (MsC em Ciências da Computação) - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 92 p. 2009. Disponível em <<https://hdl.handle.net/1822/11382>>. Acesso em dez 2022.
- CIGNONI, Paolo. *Visual Computing Lab*. Laboratório de Computação Visual do Instituto de Informação, Ciência e Tecnologia (ISTI) do Conselho Nacional de Pesquisa da Itália (CNR). Disponível em <<http://vcg.isti.cnr.it/>>. Acesso em 2022
- CORSINI, Massimiliano. RTI Format – Draft 0.9. IMLS Project “Developing Advanced Technologies for the Imaging of Cultural Heritage Objects (Grant award LG)”. *CHI Forums*, 2010. Disponível em <<http://forums.culturalheritageimaging.org/topic/389-where-can-i-find-the-file-format-specifications-for-rti-and-ptm/?do=findComment&comment=2084>>. Acesso em 20 abr 2022.
- CULTURAL Heritage Society (CHI). Reflectance Transformation Imaging. *Cultural Heritage Imaging*, s.d. Disponível em <<http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>>. Acesso em dez 2022.
- CULTURAL Heritage Society (CHI). *Reflectance Transformation Imaging (RTI): Glossary of Photographic and Technical Terms*, 2014, 23 p. Disponível em <https://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Capture/CHI-RTI-Glossary_v1.pdf>. Acesso em dez 2022
- CULTURAL Heritage Society (CHI). *Reflectance Transformation Imaging: Guide to Highlight Image Processing*. 2011, 23 p. Disponível em <https://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Process/index.html>. Acesso em dez 2022
- CULTURAL Heritage Society (CHI). *Reflectance Transformation Imaging: Guide to RTIViewer*. 2013, 28 p. Disponível em <https://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/View/index.html>. Acesso em dez 2022
- GOMES, Mário Rui. Iluminação e sombreamento. *Computação Gráfica: Textos de apoio*, 2010. Disponível em <http://disciplinas.ist.utl.pt/leic-cg/textos/old_index.html>. Acesso em dez 2022.

- GONZÁLES, Rafael; WOODS, Richard. Transformações de intensidade e filtragem espacial. In GONZÁLES, Rafael; WOODS, Richard. *Processamento digital de imagens*. Tradução de Cristina Yamagami e Leonardo Piamonte. 3a edição. São Paulo: Pearson, 2010, p. 68-130.
- HEWLETT-PACKARD (HP) Labs. Full Resolution PTM Downloads of the Antikythera Mechanism. *HP*, 2007. Disponível em <http://shiftleft.com/mirrors/www.hpl.hp.com/research/ptm/antikythera_mechanism/full_resolution_ptm.htm>. Acesso em dez 2022.
- HEWLETT-PACKARD (HP) Labs. Making PTMs with a .lp File. *HP*, 2005a. Disponível em <<http://shiftleft.com/mirrors/www.hpl.hp.com/research/ptm/MakingPTMsViaLP.htm>>. Acesso em dez 2022.
- HEWLETT-PACKARD (HP) Labs. Polynomial Texture Mapping (PTM). *HP*, 2009. Disponível em <<http://shiftleft.com/mirrors/www.hpl.hp.com/research/ptm/index.html>>. Acesso em dez 2022.
- HEWLETT-PACKARD (HP) Labs. Reflectance Imaging. *HP*, 2005b. Disponível em <<http://shiftleft.com/mirrors/www.hpl.hp.com/research/ptm/ri.html>>. Acesso em dez 2022.
- HEWLETT-PACKARD (HP) Labs. Reflectance transformation. *HP*, 2005c. Disponível em <<http://shiftleft.com/mirrors/www.hpl.hp.com/research/ptm/se.html>>. Acesso em dez 2022.
- MALZBENDER, Tom; GELB, Dan; WOLTERS, Hans. Polynomial texture maps. In *SIGGRAPH01: Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. Nova Iorque: Association for Computing Machinery, 2001, p. 519-528.
- MUDGE, Mark et al. New reflection transformation imaging methods for rock art and multiple-viewpoint display. In FELLNER, Dieter; SPENCER, Stephen (eds.). *VAST '06: Proceedings of the 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*. Aire-la-Ville (Suíça): Eurographics, 2006, p. 195-202.
- MUDGE, Mark et al. Reflection Transformation Imaging and Virtual Representations of Coins from the Hospice of the Grand St. Bernard. In MUDGE, Mark;

RYAN, Nick; SCOPIGNO, Roberto (eds.). *VAST '05: the 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage incorporating 3rd EUROGRAPHICS workshop on Graphics and Cultural Heritage*, ISTI-CNR, Pisa, Italy, November 8-11, 2005: short and project papers, proceedings. Aire-la-Ville (Suíça): Eurographics, 2005, p. 29-39.

ORACLE. What is Java and why do I need it?. *Java*, 2022. Disponível em <https://www.java.com/en/download/help/whatis_java.html>. Acesso em dez 2022

PALMA, Gianpaolo et al. Dynamic shading enhancement for reflectance transformation imaging. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, vol. 3, n. 2, 2010, artigo 6, p. 1-20.

PITARD, Gilles et al. Discrete Modal Decomposition: a new approach for the reflectance modeling and rendering of real surfaces. *Machine Vision and Applications*, vol. 28, n. 7, 2017, p. 607-621.

PODPORA, Michal; KORBAS, Grzegorz; KAWALA-JANIK, Aleksandra. YUV vs RGB – Choosing a Color Space for Human-Machine Interaction. *Annals of Computer Science and Information Systems*, vol. 3, 2014, p. 29-34.

PONCHIO, Federico. Relight: relightable images. (RTI) (C++ and JavaScript). *Visual Computing Lab*. Disponível em <<http://vcg.isti.cnr.it/relight/>>. Acesso em dez 2022.

SCHROER, Carla. Building RTIs with RelightLab. 22 set. 2022. 1 vídeo (16 min 49 s). Publicado no canal Cultural Heritage Imaging. Disponível em <<https://vimeo.com/752733616>>. Acesso em dez 2022

WU, Min et al. Remote sensing dez mage colorization using symmetrical multi-scale DCGAN in YUV color space. *The Visual Computer*, vol. 37, 2020, p. 1-23.

ZHANG, Yongbing et al. Color-Guided Depth Image Recovery With Adaptive Data Fidelity and Transferred Graph Laplacian Regularization. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 30, no. 2, fev. 2020, pp. 320-333.

5.

Uso da técnica RTI em coleções museológicas: a trajetória documental dos objetos de metal da Península Itálica (Coleção-Museu de Arqueologia e Etnologia-MAE-USP)



5.1

Coleções de Arqueologia do Mediterrâneo no Brasil: uma discussão

Quando pensamos em coleções de objetos em museus é importante ter em mente a discussão sobre o significado do documento. No campo da museologia, é possível observar a relevância desta discussão no Comitê Internacional de Museologia (ICOFOM) no ano de 1977. De acordo com Silvio e Porpora (2021), as propostas colocadas por Stransky e disseminadas no Leste Europeu com o apoio dos tchecos Jan Jelinek e VINOŠ, ex presidentes da ICOFOM foram cruciais para reforçar alguns direcionamentos importantes para a política de acervos. Em um simpósio em 1994, cuja temática foi objeto documento incitou a relação entre coleções e exposições nos museus. Ivo Maroevic, Museólogo da cadeira de museologia de Zagreb, em um documento publicado em MAROEVIĆ, Ivo. *Museum Object as a Document*. SYMPOSIUM OBJECT-DOCUMENT. 1994. Beijing. Proceedings Beijing: ICOM, 1994. p. 113-119. (ICOFOM Study Series, 23).

O documento traz reflexões importantes e aplicáveis em nosso contexto de Brasil e coleções, pois as mesmas oferecem a possibilidade de pensar teoricamente os objetos de museus como documento. Ulpiano B. De Meneses, em publicação intitulada “o objeto material como documento” de 1980, propõe uma série de questões relacionadas a esta temática. Ivo Maroevic trata do valor documental e dos conceitos no processo de musealização, a partir das suas propriedades físicas ou estruturais com o contexto e/ou descontexto do qual foi retirado. A identidade funcional dos objetos e o seu percurso enquanto documento é condição para pensar categorias e agência dos objetos em acervos (MAROEVIC, 1994).

No caso da coleção de objetos de metal (MMO-MAE-USP¹) é importante ressaltar que representa um dos mais completos e preservados da área mediterrânica no Brasil. Este acervo possui potencial de estudos aprofundados sobre a região da Itália Central entre os séculos IX-VI a.C., período bastante rico em contatos inter-regionais e com gregos e povos vindos dos Bálcãs e do Oriente. Por mais que haja dificuldades na recuperação do contexto arqueológico dos artefatos musealizados (essas peças, como a grande maioria das peças de museus espalhados pelo mundo, não contemplam os contextos arqueológicos de achado dos objetos), pode-se realizar pesquisas por meio de *comparandas* bibliográficas, em que se aprofundem estudos sobre o histórico do bronze na Itália, sobre a metalurgia, sobre as técnicas utilizadas, sobre os povos envolvidos e cronologicamente inseridos na dinâmica social, dentre tantas outras possibilidades de estudo. Além do âmbito da Pesquisa como apontamos acima, os objetos de metal (MMO-MAE) oferecem também a possibilidade de uma interface com o Ensino e a Extensão, seja pelo aproveitamento do Setor Educativo do Museu com a utilização do catálogo gerado por esta pesquisa, seja com os produtos das novas tecnologias e da possibilidade da exposição deste material para o público.

Os Museus, por serem lugares de riqueza cultural, são promotores de reflexão sobre os mais diversos assuntos, inclusive de interesse para a sociedade atual, que se baseia nos seus objetos para representar e entender momentos vividos pelos mais diversos grupos sociais. Assim, entendemos que os Museus buscam estimular o conhecimento, estabelecendo um contato mais próximo entre a comunidade e um conjunto significativo de objetos. Neste sentido,

1 Mediterrâneo Médio-Oriental.

podemos vislumbrar um panorama dos museus como produtores de memória.

Deste modo, para o contexto do mediterrâneo o diálogo e compreensão do objeto enquanto documento que “fala” no presente e que existiu no passado o caracterizam como um patrimônio com propriedade de valor documental. De acordo com Silvia e Porpora (2021), são qualidades importantes a própria materialidade, a história, ambiente e importância no contexto de re-contextualização (OSBORNE, 2015). O objeto como fonte e transmissor da informação e reflexão sobre suas identidades fundamentais: em contexto primário, em contexto arqueológico e em contexto museológico (SILVIA E PORPORA, 2021).

5.2

Objetos documento: contextos e descontextos

A partir do levantamento bibliográfico efetuado durante os anos de pesquisa podemos destacar algumas discussões teórico-metodológicas envolvendo os contextos arqueológicos, análises das peças de bronze adquiridas na formação do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, assim como a trajetória documental e o significado da problematização dos contextos arqueológicos recuperados de acervos que chegaram sem a proveniência do local. A partir da sistematização do acervo, de sua recuperação contextual crítica, de uma revisão bibliográfica e de novas linguagens tecnológicas, tivemos o intuito de refletir sobre os termos *contextos* e *descontextos* durante todo o processo de pesquisa. Buscamos colaborar, sobretudo, com o processo histórico, e também com o aprimoramento da percepção reflexiva, trazendo ao ciclo vital atual este acervo, dando dinamicidade

e possibilidade de interação entre as coleções, bem como os seus contextos de achado. Em outras palavras, segundo Bruno (2009), é necessário articular e ajustar códigos de pesquisa para descobrir caminhos relativos à preservação patrimonial. Queremos crer que os resultados/produtos de nossa pesquisa poderão contribuir para uma maior visibilidade, preservação e reflexão sobre o que significa documentação material em acervos de Museu, qual o seu papel para além da reificação.

Para isso, fizemos um levantamento exaustivo de textos e aprimoramos a discussão sobre a questão. Em um artigo publicado em 2015 pelo Robin Osborne, a questão dos Museus e a resignificação do que significam os acervos mediterrânicos no contexto de Museus trouxe uma séria de indagações importantes para pensarmos a coleção de bronze no MAE-USP.²

A proposta é trazer para a discussão atual o papel dos Museus Universitários nas pesquisas dos arqueólogos do Mediterrâneo. Os objetos em contexto são uma preocupação latente, em que muitas vezes não é possível recuperar informações na documentação, pois se tratam de objetos advindos de permutas, sem um tratamento adequado aos registros arqueológicos, dentre outros problemas. A ideia de re-contextualização por parte dos Museus é uma tônica nas discussões acadêmicas. Para Osborne (2015), é uma ótima oportunidade de trazer vida ao material amortecido das prateleiras, dando significado documental a ele e o resignificando enquanto objeto de Museu. O autor argumenta que é possível explorar as idiosincrasias nas coleções de museus universitários não somente para trazer o objeto “fetichizado”, mas como uma oportunidade de mostrar questões fundamentais da Arqueologia do Mediterrâneo presentes

2 Osborne, Robin. De-contextualising and Re-contextualising: Why Mediterranean Archaeology Needs to Get out of the Trench and Back into the Museum. *Journal of Mediterranean Archaeology* 28.2 (2015).

nas coleções, principalmente levantamentos teóricos e conceituais. Ele traz o exemplo de três estátuas de coleções museais atribuídas a um mesmo escultor ou oficina. Neste sentido, ele inicia uma abordagem problemática sobre a interação entre homens e deuses nos pressupostos teológicos gregos. No segundo exemplo, ele traz uma decoração de vasos atenienses para mostrar uma reflexão sobre um aspecto particular das inter-relações humanas, suas agências e influências nos pintores e as relações no Mediterrâneo para com os consumidores de cerâmica. Neste sentido, podemos entender que, em nossa pesquisa, fizemos um caminho parecido, pois foi possível problematizar questões como: gênero e objetos na Idade do Ferro; uso ritual e uso cotidiano dos objetos de bronze; objetos de luxo e prestígio no Mediterrâneo na Idade do Ferro.

Robin Osborne conclui que os museus universitários trazem um aspecto interessante da discussão de contextos de achado, o da possibilidade de ressignificação dos trajetos de vida do objeto, seus significados ao longo do processo e a capacidade de fala dos objetos e agência dos mesmos. Não se trata somente de uma questão ontológica, a respeito do seu nascimento (proveniência) ou de sua morte (fim do ciclo social), mas a sua variabilidade de contextos e o que podemos aprender com ele enquanto objeto inserido nos processos históricos diversos. O seu legado enquanto patrimônio, a sua capacidade narrativa e memória, a sua capacidade de pensarmos e repensarmos o presente e questões atuais, condições de trabalho, sociedades e comportamentos, espaços e significados religiosos, espaços públicos e privados. Os objetos podem ser eloquentes, e é possível fazer com que eles tenham voz. As pesquisas de acervo, de acordo com Osborne (2015), não precisam, necessariamente aprofundar somente questões sobre os lugares dos objetos em contextos de achado, ou seja, em seu registro arqueológico, mas pode

também ser acessado fora de seu lugar de “origem”³. O exercício de re colocação dos objetos de acervo pode trazer leituras múltiplas quando imerso no seu papel de documentação. As pesquisas com objetos sem proveniência podem ser feitas para produzir “insights” que afetam fundamentalmente a nossa compreensão sobre questões conceituais e socioculturais. Para Osborne, é a substituição do olhar do mundo vivo para o mundo do “abandono” e, mais precisamente, a consciência deste abandono, do objeto fora da sua função primeira. A volta dos arqueólogos ao Museu é importante para garantir que os objetos não morram uma segunda vez, e para que seja possível assegurar que os mesmos tenham garantia de prolongamento da vida social das coisas, das trocas.

5.3

Histórico da coleção: Objetos de bronze da Idade do Ferro - Península Itálica e a cultura vilanoviana

O conjunto dos objetos de metal em bronze e ferro do acervo do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP faz parte da coleção MMO (Mediterrâneo Médio-Oriental) doado por museus italianos, em condição de permuta, no ano de 1964. A proveniência dos objetos em questão foi identificada nas fichas catalográficas como das regiões central e meridional da Itália, mais especificamente de Marcas (Mar Adriático), Perúgia (a leste de Marcas) e das regiões da Campânia, do Lácio, da Úmbria e Sâmnio (figura 45), parte sul dos Apeninos, (figura 46) de períodos que variam entre a Idade do Ferro e o período arcaico – fase orientalizante (IX-VI a.C.), para a maioria dos objetos. Há, ainda,

3 No caso proveniência, onde foi encontrado.

uma pequena parcela de artefatos de período clássico (século V a.C.).⁴ Esta região, na Idade do Ferro, mostra-se bastante complexa e intensa nos contatos culturais.



Figura 45 - Principais regiões da Península Itálica.

Fonte: M.E. Moser, *The "Southern Villanovan" Culture of Campania*, (Ann Arbor), 1982.



Figura 46 - Alcance dos montes apênicos, onde se desenvolveu a cultura apêninica de norte a sul da Itália.

Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Appennino_settentrionale

O MAE-USP possui um acervo de metais do Mediterrâneo bastante diverso. Para esta pesquisa fizemos um levantamento documental dos objetos de metal das doações italianas, que contam com

4 Em um estudo sobre as estatuetas de bronze da Península Itálica, a Profa. Dra. Maria Isabel D'Agostino Fleming do Museu de Arqueologia e Etnologia - USP, publicou um artigo na Revista de História nº 5, 1995, intitulado "Contatos culturais na Península Itálica: as estatuetas de bronze" que nos traz uma divisão cronológica dos períodos no contexto da Península Itálica, marcados por profundas modificações nas sociedades envolvidas na produção e no consumo das estatuetas de bronze desde o final da Idade do Bronze, a saber: Idade do Ferro (séculos XII-VIII a.C.); fase orientalizante e colonização grega (séculos VIII-V a.C.) (FLEMING, 1995, p. 15).

um número considerável de objetos em bronze, mais precisamente 60 peças entre fíbulas de bronze, pingentes, braceletes, argolas, torques de bronze. Não consideramos, para esta pesquisa, os vasos de bronze por não fazerem parte do nosso recorte, e descartamos as armas de período clássico e os metais que não são bronze. Estes exemplares foram doados em 25 de junho de 1964, com mais de 500 peças de diversos materiais. As peças foram enviadas da Superintendência e Museus da Itália, quando da criação do Museu de Arte e Arqueologia no Brasil. Este foi idealizado por Francisco Matarazzo Sobrinho⁵ durante suas viagens a Nápoles. A realização do Museu no Brasil tornou-se possível, através dos esforços das entidades oficiais italianas, das tratativas do Sr. Francisco Matarazzo e da então diretoria e reitoria da Universidade de São Paulo.

Além do material de bronze e ferro, também vieram na permuta líticos, cerâmicas, terracotas, dentre outros. Tratavam-se de objetos de diversos períodos e regiões da Itália, ou seja, objetos do Paleolítico, Neolítico, armas de período clássico, fíbulas de bronze e ferro, estátuas de terracota, réplicas de gesso de materiais em metal e bustos da Etrúria, da Magna Grécia e Roma.

Dentro do processo de permuta, como contrapartida, foi enviado material arqueológico amazônico: bonecas Carajá e Tapiraré, cerâmica Tucano e Caduveo, diadema, ornamento de arte plumária e armas variadas. Nas fichas catalográficas do material mediterrâneo enviado ao Brasil constam doações do Museu Nacional Etrusco de Villa Giulia em Roma, Museu Nacional Pré-Histórico e Etnográfico de Luigi Pigorini di Roma e Museu Nacional de Ancona.

5 Francisco Matarazzo Sobrinho foi um industrial italo-brasileiro. Foi diretor de empresas em São Paulo e um incentivador das artes plásticas. Em 1948 fundou o MAM (Museu de Arte Moderna), a Bienal Internacional de São Paulo, o Teatro Brasileiro de Comédia e o Museu de Arte e Arqueologia de São Paulo, que em 1989 constituiu-se, a partir da fusão de museus arqueológicos e bibliográficos, como o atual Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, dentre outros.

As peças de bronze e ferro, que serão estudadas neste projeto, estão catalogadas com informações de técnica e descrição decorativa bastante lacunares, salvo algumas fichas que foram retrabalhadas por pesquisadores em anos posteriores à sua chegada no Brasil, trazendo mais informações pertinentes e contributivas na composição das fichas catalográficas. Destacamos a Profa. Dra. Maria Isabel Fleming e a Profa. Dra. Marlene Suano, e também estagiários e técnicos que inseriram dados mais detalhados nas fichas catalográficas. Deste modo, algumas fichas se encontram com uma quantidade maior de referências bibliográficas e fotos.

A maior parte do material foi documentado como de proveniência⁶ da Península Itálica e de regiões como Marcas na costa do Adriático (a oeste com a Úmbria, a sudoeste com o Lácio, ao sul com Abruzzo e a leste com o mar Adriático), além de bronzes de Vetulônia – a norte de Roma (datados do auge da chamada “civilização vilanoviana”⁷ do século VII a.C.), maçanetas de Pompeia e Herculano e um bracelete de Perúgia (Cf. Mapa, figura 45). A cronologia para este material vai de século IX a.C. ao VI a.C.

De acordo com Maria Isabel D’Agostino Fleming, professora da área de Mediterrâneo do Museu de Arqueologia e Etnologia-USP, em comunicação apresentada no XVI Congresso Nacional de Estudos Clássicos⁸ o metal no Mediterrâneo arcaico foi essencial no desenvolvi-

6 Proveniência não significa contexto arqueológico em que foram encontradas. Podem ter sido remanejadas de Museus, entradas na região e não documentadas devidamente.

7 Durante o final da Idade do Bronze (século XIII a.C.) e Idade do Ferro (séculos XI-VIII a.C.) a chamada “civilização apenínica”, desenvolvida na Itália Meridional dominou a área e difundiu-se para norte e sul da Península Itálica. Com a unificação cultural a partir do século XII-XI a.C. ocorreu um processo de unificação dos grupos, em que os povos estiveram em constante contato, marcando uma modificação cultural. Convencionou-se chamar esta segunda fase de “civilização vilanoviana”, observada na área centro-setentrional (onde mais tarde se desenvolverá a “civilização etrusca”), também na parte meridional entre a Campânia e a Lucânia, com variações locais de um tipo de cultura comum e populações diversas (FLEMING, 1995, p. 16).

8 XVI Congresso Nacional de Estudos Clássicos “Ócio & Trabalho no Mundo Antigo. 3-7 de setembro de 2007. Resumo intitulado “O trabalho de metal no contexto do Mediterrâneo arcaico”, p. 51.

mento das aristocracias que surgiram no decorrer do século VIII – VI a.C., especialmente ferro, estanho e cobre, metais essenciais para a fabricação de armas. Além da circulação intensa de metais entre Oriente e Ocidente para o controle e produção de itens ligados às armas, o mundo aristocrático caracterizou-se pela troca de presentes, objetos de prestígio, incluindo joias, armas, vasilhas de banquete de metal, acompanhando, segundo Fleming, o desenvolvimento tecnológico da metalurgia (FLEMING, 2007, p. 51).

De acordo com Holloway (1994), a Idade do Bronze italiana destacou-se na exploração de seus recursos naturais, especialmente no desenvolvimento da mineração de cobre na Sardenha. Os fenícios poderiam já estar envolvidos neste comércio. Uma parte do continente testemunhou um desenvolvimento precoce no crescimento de grandes assentamentos no Vale do Pó, onde os chamados Montes Terremare trazem vestígios de cidades bem organizadas que começam a despontar no final do segundo milênio (HOLLOWAY, 1994, p. 14). A chamada cultura dos Apeninos, povos que viviam em assentamentos dispersos e que se reuniam de tempos em tempos em santuários geralmente associados a nascentes e cavernas, desenvolveu-se principalmente na Itália Meridional, difundindo-se do sul para o norte (FLEMING, 1995, p. 15).

A partir do século XII-XI a.C. houve uma primeira fase do fenômeno distintivo de unificação cultural, o chamado “sub-apanínico”. Em uma segunda fase (séculos XI-VI a.C.), já bastante imersa no período orientalizante, convencionou-se chamar de “civilização vilanoviana”. A primeira área observada foi a centro-setentrional (área de posterior desenvolvimento da civilização etrusca). Houve um maior florescimento na Itália Meridional entre a Campânia e a Lucânia. De acordo com Bianchi Bandinelli a unificação ocorrida na Idade do

Ferro não possui particularidades étnicas nem políticas (BANDINELLI, 1976, p. 24 apud FLEMING, 1993, p. 4).

5.4

Conservação e preservação de materiais⁹

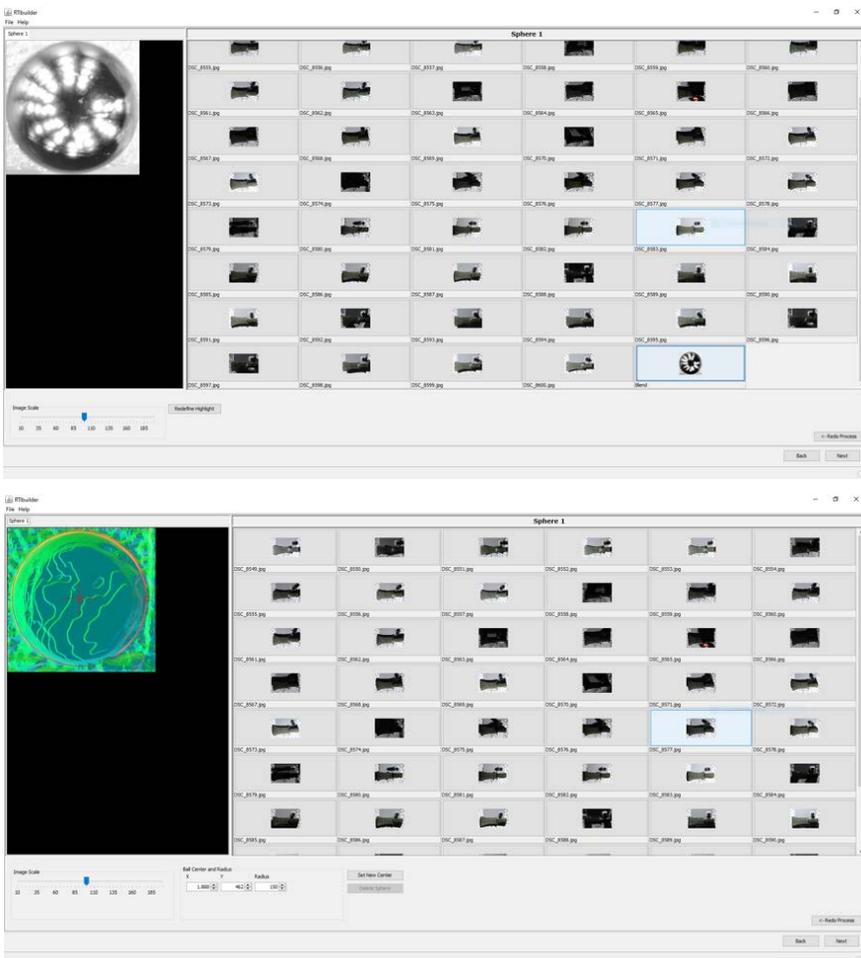
RTI Reflectance Transformation Imaging

RTI é o mapeamento de textura polinomial, que foi desenvolvido em 2001 pela Hewlett Packard Laboratories (Malzbender et al., 2001) e é uma técnica de imagem não destrutiva, acessível e fácil de realizar. Esta técnica permite criar uma re-iluminação interativa do objeto, fazer simulações matemáticas de aprimoramento da superfície e dos atributos de cor. Existem muitas aplicações interessantes no campo do patrimônio cultural, baseadas em sua capacidade de adquirir e representar as propriedades de 3D dos objetos. Comparado ao mapeamento de textura tradicional, mapas polinomiais de textura e imagens de transformação de refletância fornecem maior definição, incluindo cores de superfície, auto-sombreamento, espalhamento de sub-superfície e inter-reflexões (KOTOULA; KYRANOUDI, 2013, p.76).

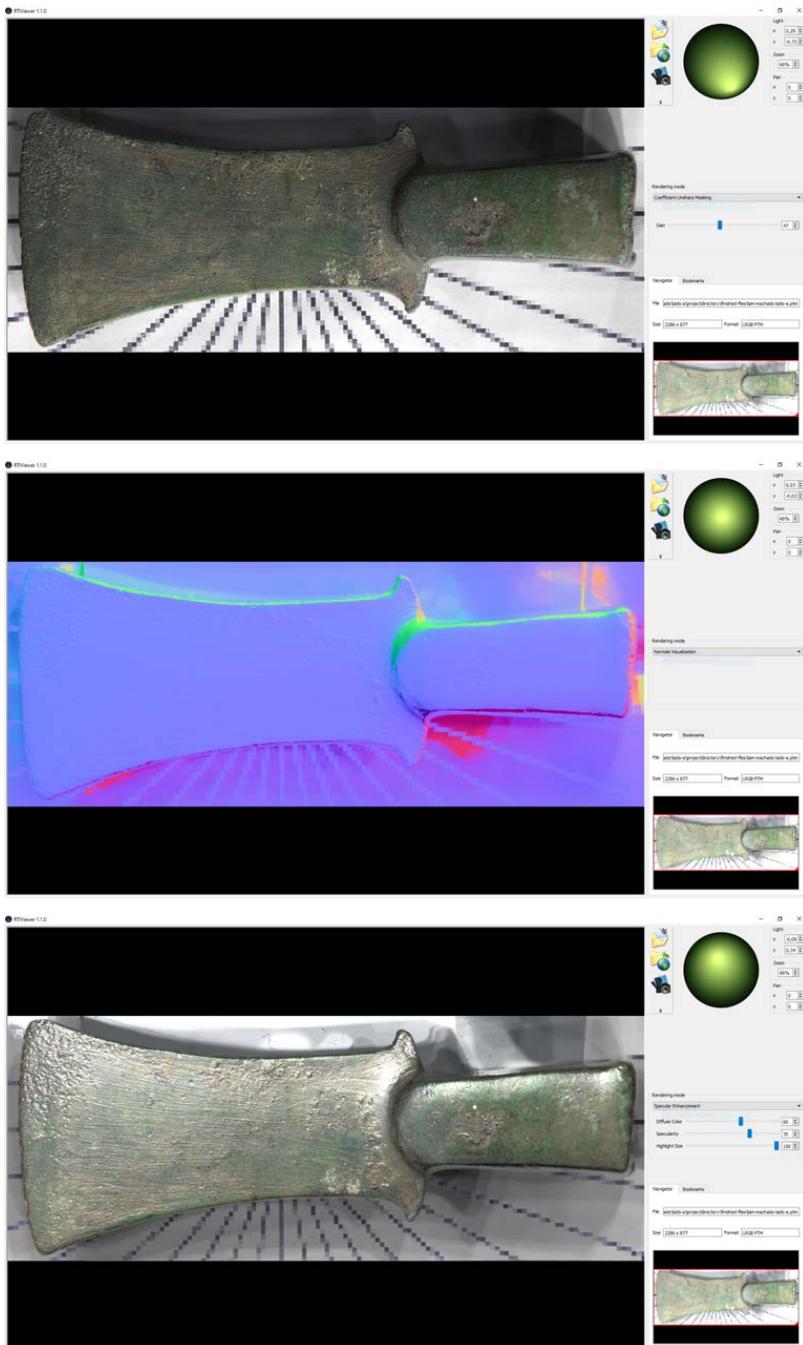
Trabalhos anteriores sobre Reflectance Transformation Imaging (RTI) no campo de antiguidades e obras de arte demonstraram as vantagens potenciais desta técnica em muitas áreas de pesquisa e conservação arqueológica. Um estudo realizado com moedas romanas de cobre e prata, publicado pela e-conservation magazine 2013 (www.e-conservationline.com/content/view/1101) mostra os testes

⁹ Texto retirado: Hora, Juliana Figueira da. "Além do visível: uso de tecnologia RTI nos objetos de metal da península itálica: acervo de mediterrâneo do MAE-USP." *Caminhos da História* 27.1 (2022): 50-69.

bem sucedidos, cujos resultados indicaram que o RTI não apenas auxilia na identificação de camadas mais profundas de detalhes de confecção e modos de produção das moedas, mas também traz contribuições importantes no campo da conservação preventiva. Do mesmo modo, fornece acesso às coleções de patrimônio cultural, por meio de imagens altamente detalhadas, como demonstra o processo de aprimoramento da imagem abaixo:



Figuras 47 e 48 - Programa RTI Building em processamento.



Figuras 49 a 51 - Software RTI Viewer processando objeto machado de bronze.



Antes e depois do processo de realce especular na moeda 64-48/MAE-USP

Figura 52 - Uso do RTI para detalhamento da decoração não nítida a olho nu. Aplicação RTI pela equipe de RTI – Projeto Acervos de Moeda MAE-USP, 2021

Os métodos de captura podem ser de duas formas, por meio de uma cúpula e de captura comum de fotografia, como podemos observar nos exemplos abaixo:

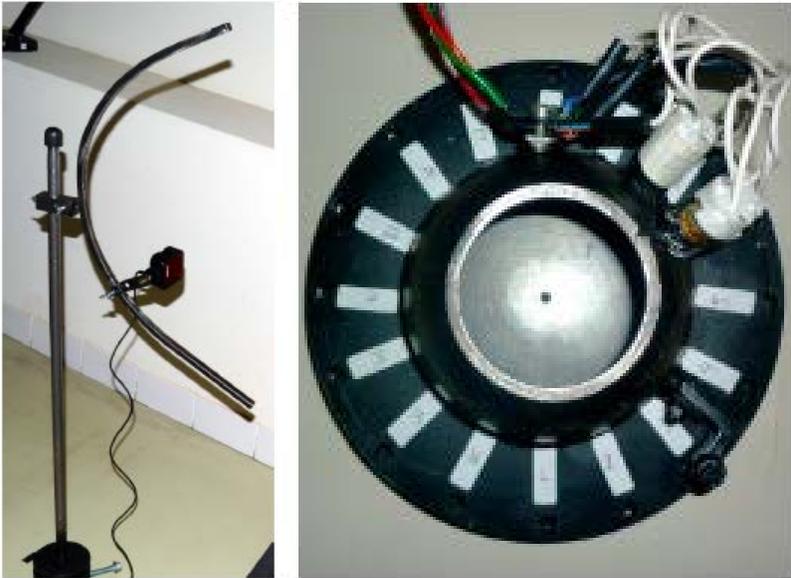


Figura 53 - Exemplo de usos para captura RTI (esquerda captura mecânica e direita captura pelo mini domo) (Katoula; Kyranoudi, 2013, p. 78).



Figura 54 - Trabalho da Equipe de RTI Jéssica Mendes e Guilherme Rodrigues, colaboradores alunos (MAE-USP) do Projeto.

O nosso trabalho buscou a utilização da captura mecânica para a manipulação aplicada no software gratuito, acima mencionado, RTI *viewer*, que nos permite estabelecer os jogos de sombra e luz, permitindo que os resultados fossem lançados e disponibilizados como link no Banco de Dados. Em nossa pesquisa, aplicamos a técnica em uma porcentagem amostral dos objetos do acervo, destacando, principalmente os que são passíveis de se detalhar marcas de uso e revelar possíveis técnicas que não podem ser vistas a olho nu. A aplicação da técnica permitiu-nos a visualização e maior acessibilidade do acervo, divulgação online, preservação do patrimônio, análise mais precisa dos artefatos assim como: geometria, técnica de confecção e alterações de uso do artefato. As soluções práticas da técnica aplicada aos metais de pequeno porte, permitiu-nos a reconstrução e conservação das peças, por meio da análise meso-escalar, reconstruindo visualmente o objeto a partir de efeitos de ilusão.

No Brasil, há um estudo desenvolvido pela pesquisadora Adriene Baron Tacla, da UFF – RJ intitulado “As moedas ‘célticas’ do Museu Histórico Nacional na fronteira digital”, em andamento. Esta pesquisa foi publicada no site da (antiquitebnf.hypotheses.org). Este projeto, de acordo com a pesquisadora, considera a visualização digital, em particular as tecnologias 3D, com a finalidade de analisar, comparar e restaurar os objetos em metal, visando hipóteses de trabalho para a melhor compreensão dos achados arqueológicos, tanto do ponto de vista cognitivo (ou seja, da percepção) quanto de sua produção.

Neste sentido, a nossa preocupação com a conservação dos materiais levou-nos a pensar tanto no processo de detalhamento de técnicas para fins de aprofundamento dos estudos analíticos dos objetos de bronze e de ferro, como também na necessidade

de conservação e restauração, pois o RTI possui a capacidade de trazer à luz elementos que nos permitem resgatar detalhes perdidos com o desgaste. No acervo de metais MMO do MAE-USP há peças em estado de conservação prejudicado, portanto técnicas e usos tecnológicos de enfoque de luz trabalhados em um software específico não invasivo, podem auxiliar nos processos de conservação e recuperação dos objetos, assim como compreender tecnicamente aspectos e correlações entre metalurgia e práticas rituais e/ou práticas funerárias, por meio de pormenores não visíveis a olho nu, como os objetos encontrados em contexto funerário, mencionados acima.

5.5

Resultados da aplicação técnicas RTI no acervo MMO-MAE-USP

Com relação ao uso da técnica RTI para divulgação e conservação de acervos nos foi bastante surpreendente, o que nos levou a perceber detalhes de técnicas e de decoração não vistos a olho nu. Em termos qualitativos, a técnica foi muito importante para uma possível continuação nas pesquisas voltadas à conservação e restauração dos objetos, bem como um conhecimento mais aprofundado das técnicas. Em termos quantitativos, tivemos 20% de resultados satisfatórios.

No projeto aceito pelo MAE/USP propusemos, como eixo metodológico, o uso de tecnologia não invasiva RTI e fotografia de alta resolução como ferramentas importantes para se chegar a novos olhares técnicos para o objeto. Como resultados da contextualização dos objetos de metal escolhidos, fizemos levantamentos bibliográficos atualizados, análises das peças do acervo e inserção das informações em banco de dados File Maker. O levantamento

atualizou a bibliografia e as discussões sobre acervos e conservação no Brasil, trouxemos uma importante discussão sobre patrimônio e trajetória das peças e maior aprofundamento sobre objetos descontextualizados alocados em Museus, a importância ou não dos locais de achado, proveniência e questões de gênero presentes nos objetos da Idade do Ferro do contexto apenínico.¹⁰

5.6

Softwares utilizados e suas especificidades para aplicação nos objetos de Metal – MAE-USP

Os softwares utilizados para o processamento do RTI, por meio de softwares chamados **RTI viewer e RTIBuilder**, nos permitiram manipular as fotos de diversos ângulos e enfoques de luz, a fim de evidenciar detalhes que não são possíveis de se observar pelo uso da fotografia convencional. Aliamos estes a métodos tradicionais de registro de fotografia 2D para fins de Banco de Dados, desenhos, com o objetivo de não apenas registrar, preservar e exibir os artefatos, mas também de analisá-los e compará-los para que haja melhor compreensão das técnicas utilizada na produção dos achados arqueológicos.

O usuário pode, a partir do software gratuito, controlar individualmente o estado dos LEDs (ON ou OFF) e a duração da iluminação (CORREGIDOR et al, 2020).

¹⁰ Este conteúdo contextual e teórico será publicado em artigo científico e no catálogo, que está em fase de preparação

Exemplos de uso de Software – RTI viewer



Figura 55 - Print screen tela objeto cerâmico e a manipulação luz por meio do software RTI viewer.

Retirado de: versão software 1.1.0 <http://CulturalHeritageImaging.org/downloads/>.

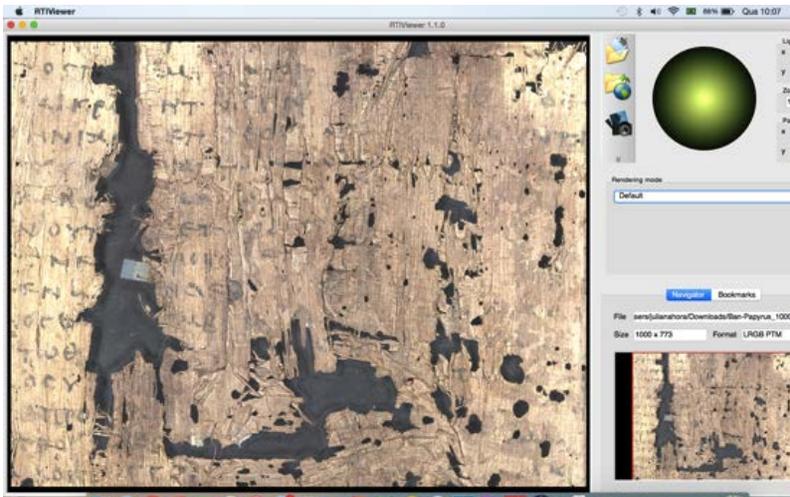


Figura 56 - Print screen tela objeto papiro por meio do software RTI viewer.

Retirado de: versão software 1.1.0. <http://CulturalHeritageImaging.org/downloads/>

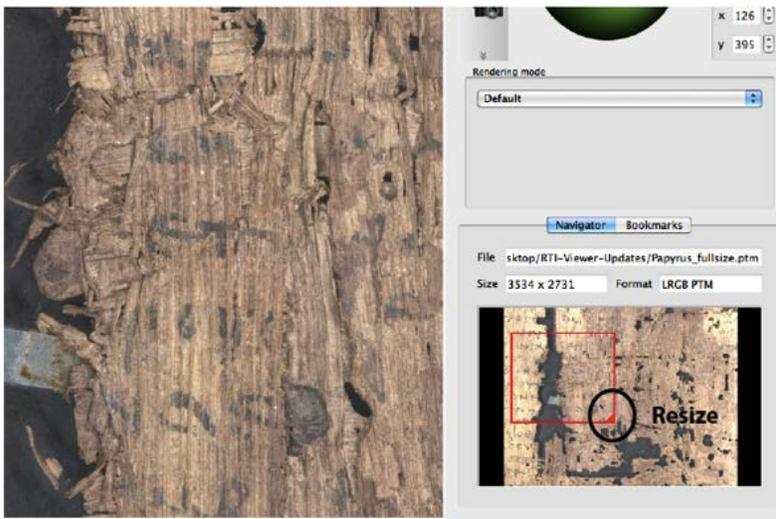


Figura 57 - Print screen tela objeto papiro por meio do software RTI viewer.

Retirado de: versão software 1.1.0. Exemplo de manipulação com a roda de rolagem do mouse para ampliar e reduzir interativamente, a partir do navegador de imagens ou do painel de visualização principal. <http://CulturalHeritageImaging.org/downloads/>

5.7

Modos de visualização ideais para objetos de metais até 20 cm.

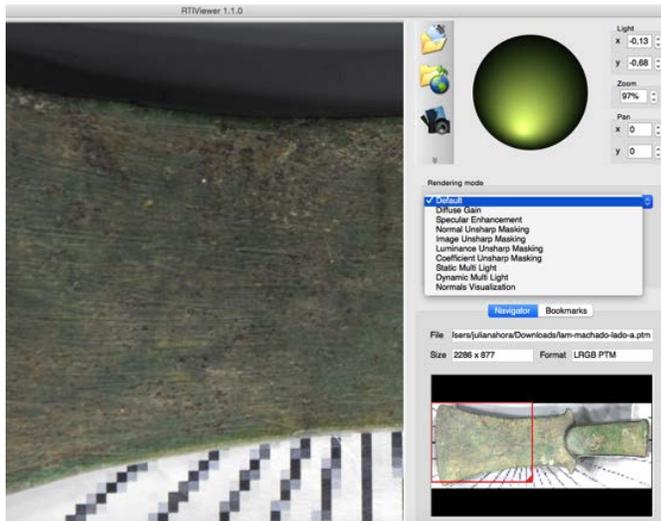


Figura 58 - Modo: default – fotografia com cores de base do objeto. Sem uma nitidez profunda dos traços. Print screen objeto 64/5.11.

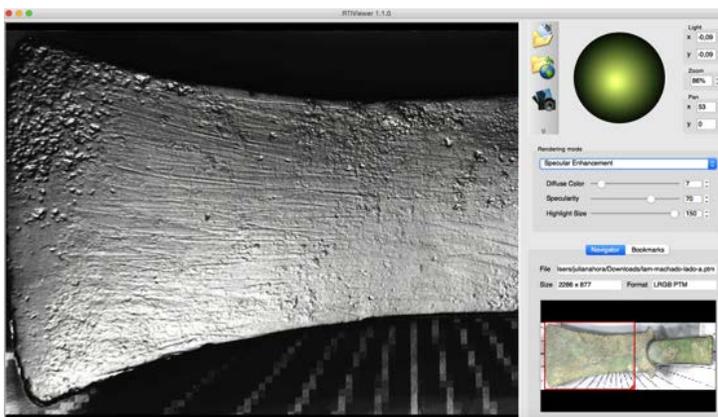


Figura 59 - No modo Specular enhancement é possível observar a tridimensionalidade do objeto e direcionamento das marcas de uso e desgastes importantes com detalhamento. Este modo traz uma grande contribuição para posterior conservação do objeto. Print screen objeto 64/5.11

5.8

Rendering mode: Default/Specular enhancement.

Como critério geral para visualização dos objetos de metal, utilizamos os modos Default e Specular enhancement devido ao seu potencial de tridimensionalidade do objeto, destacando as marcas pela iluminação prateada de alta resolução. Os outros modos podem ser utilizados e manipulados de acordo com a pergunta de pesquisa, ou seja, o que quer se destacar no objeto.

5.9

Resultados Analisados

Crítérios: A escolha dos objetos como amostra para a aplicação de RTI seguiu os seguintes critérios:

- Desgaste que ocultasse marcas técnicas importantes;
- Detalhes decorativos apagados;

Perguntas de pesquisa: Detalhamento de técnicas, marcas de uso e decoração, para fins de *comparanda* e resgate dos elementos perdidos; contribuição de técnicas não invasivas para conservação e restauração dos objetos.

Resultado geral: Foi possível resgatar, em muitos objetos, detalhamentos importantes da decoração e técnicas. Percebemos que há uma dificuldade maior com o material de bronze para esta técnica. Para fins patrimoniais de conservação, é muito importante registrar ao máximo elementos para que não haja perdas. Além de

possibilidade de colaboração na restauração do objeto a partir de uma ferramenta não invasiva.

Em um corpus documental de 60 objetos, retiramos uma amostragem de 30 objetos e resultado satisfatório para as perguntas de pesquisa em 12 objetos. Aplicamos a técnica em 30 objetos de metal do acervo estudado, mas em 15 peças não foram bem sucedidos para observação de técnicas e detalhamento. De 100% objetos tivemos 20% das amostras com resultados que podem ser um diferencial nas pesquisas de técnicas de detalhamento decorativo de importante contribuição para trabalhos de restauração. Os demais resultados serão inseridos no site do Labeca/Larp posteriormente.

Amostra de peças de bronze escolhidas e que deram resultados:

1) Número de inventário: 64/2.4. Fíbula em naveta incisa com decoração

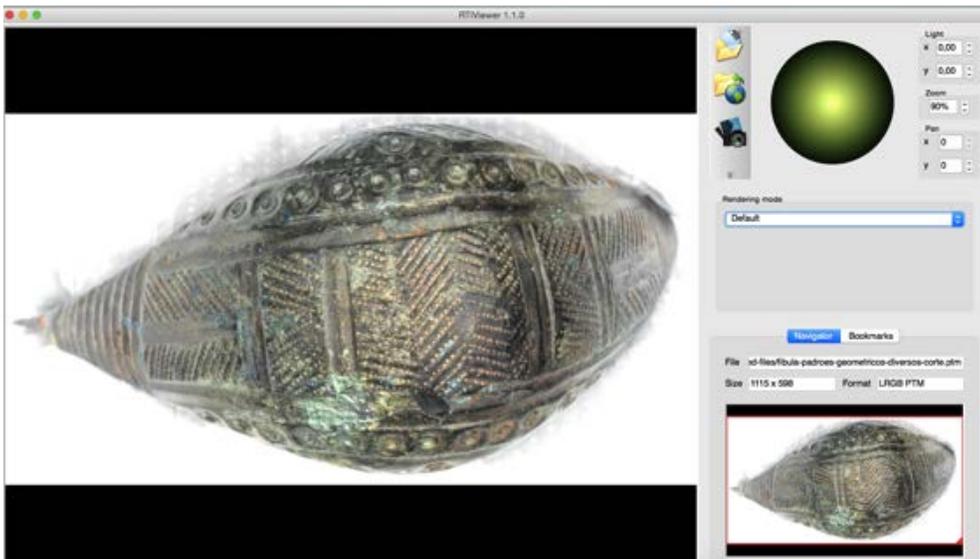


Figura 60 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default.

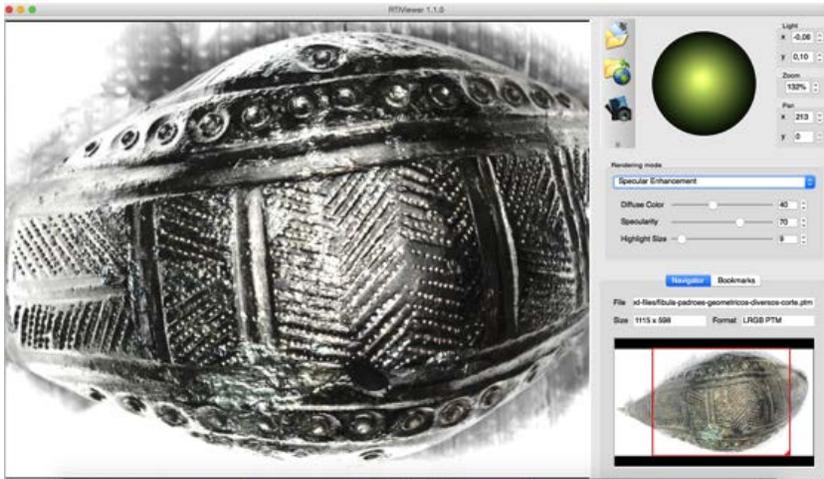


Figura 61 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Specular Enhancement

Resultado dos testes: Peça com bastante incrustação, difícil de observar detalhes a olho nu. Com a aplicação da técnica de RTI foi possível observar maiores detalhamentos abaixo da camada de incrustação.

2) Número de inventário: 64/5.16. Fíbula “sanguesuga” com decoração incisa geométrica

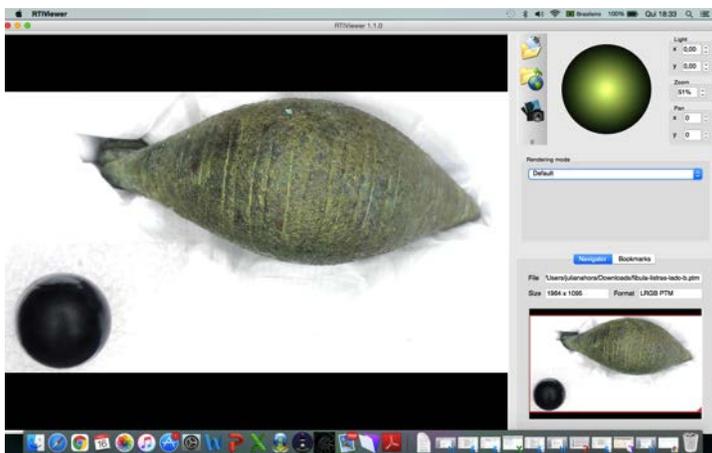


Figura 62 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default.

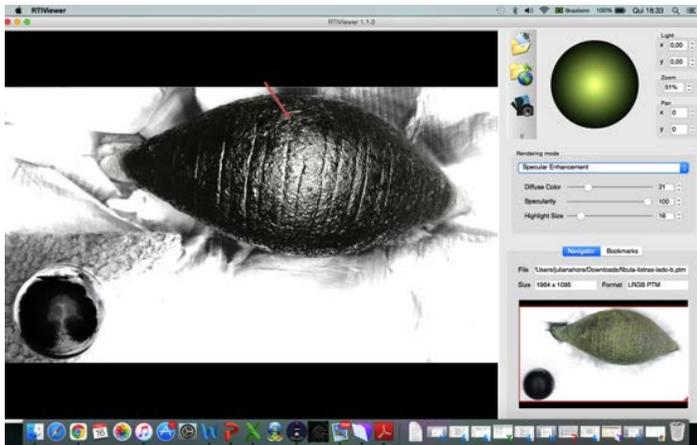


Figura 63 - Print screen objeto RTI Viewer em modo specular Enhancement

Resultado testes: Peça alto grau de incrustação e oxidação. Muitos detalhes da decoração se apagaram. Com a aplicação da técnica de RTI foi possível observar leves incisões marcadas em meio às faixas incisadas que envolvem a peça.

3) Número de inventário: 64/5.17. Fíbula “sanguessuga” com decoração incisa geométrica.

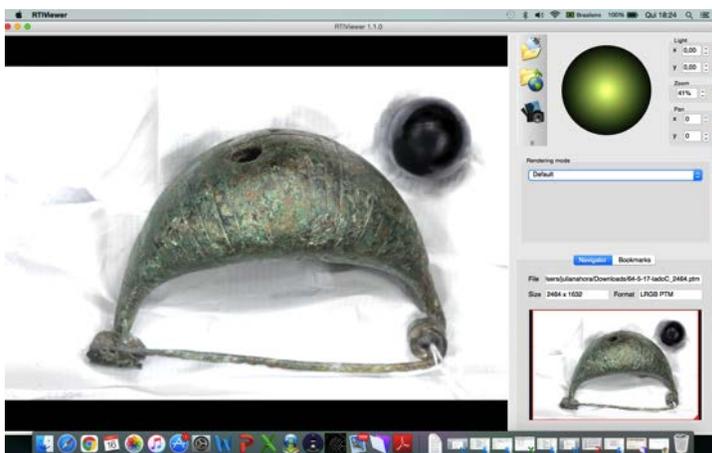


Figura 64 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default

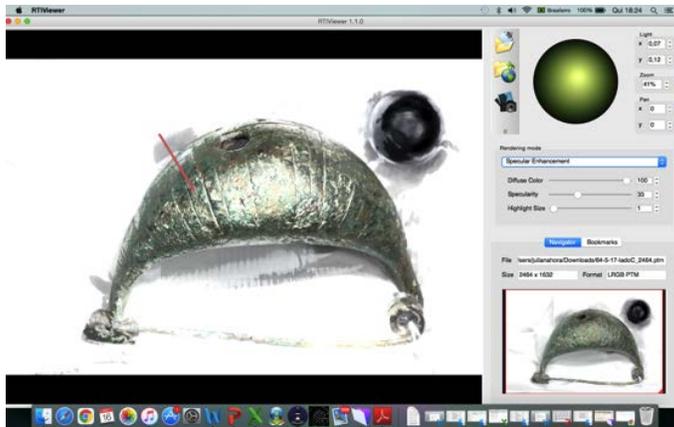


Figura 65 - Print screen objeto RTI Viewer em modo specular Enhancement

Resultado testes: Peça alto grau de incrustação e oxidação com desgastes profundos. Muitos detalhes da decoração se apagaram. Com a aplicação da técnica de RTI foi possível observar leves incisões marcadas em meio às faixas incisas que envolvem a peça, diferente da peça anterior, as incisões são inclinadas em relação às faixas.

4) Número de inventário: 64/8.35. Fíbula sanguessuga com dois botões

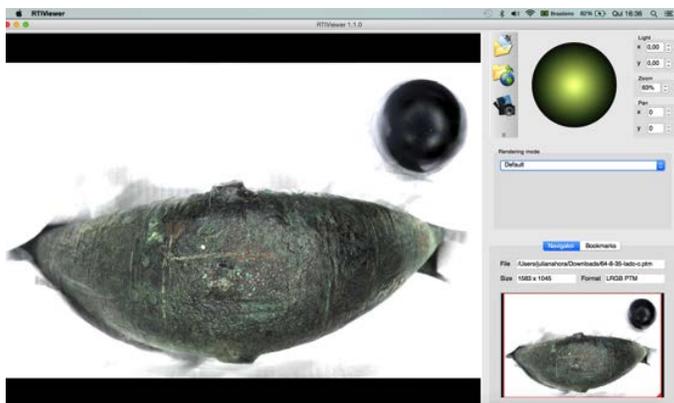
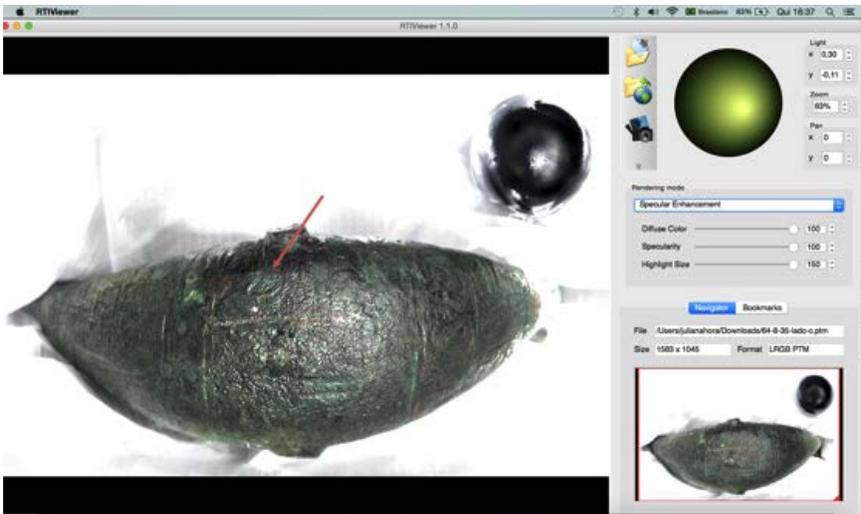


Figura 66 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default



Figuras 67 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Specular Enhancement

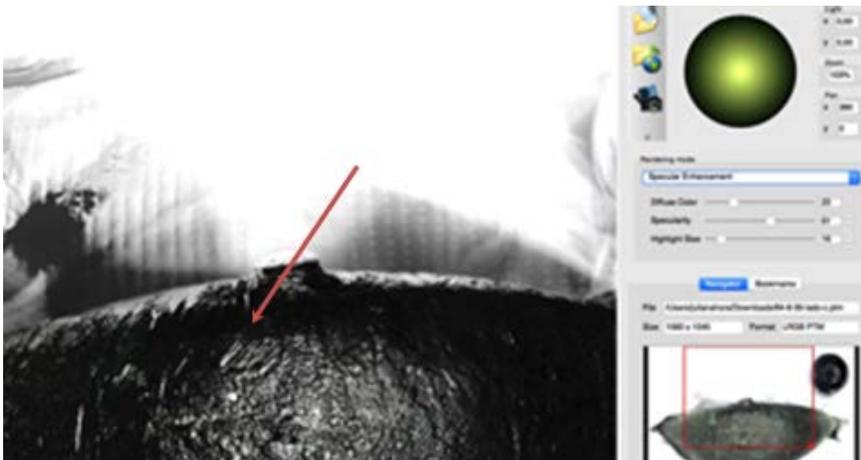


Figura 68 - Print screen detalhamento decorativo incisão.

Resultado teste: Peça alto grau de incrustação e oxidação com desgastes profundos. Muitos detalhes da decoração se apagaram. Com a aplicação da técnica de RTI foi possível observar leves incisões marcadas em meio às faixas incisadas que envolvem a peça, diferente da peça anterior, as incisões são inclinadas em relação às faixas.

5) Número de inventário: 64/9.63. Fíbula com botões no arco

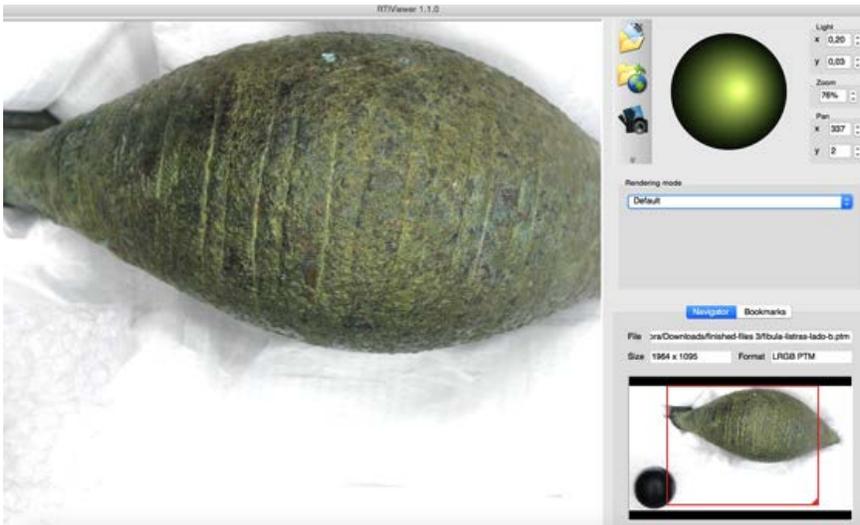


Figura 69 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default.

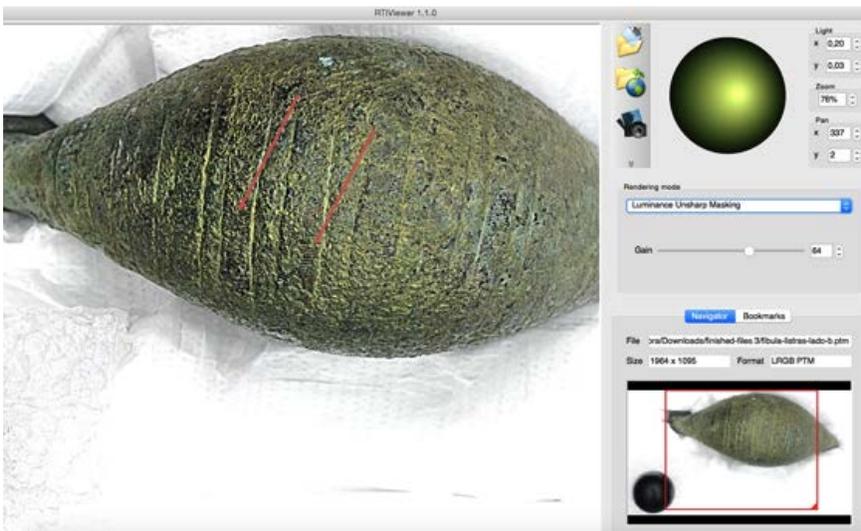


Figura 70 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Luminance Unsharp Masking

Resultado teste: Peça alto grau de desgaste e oxidação. Muitos detalhes da decoração se apagaram. Com a aplicação da técnica de RTI foi possível observar padrões da decoração abaixo do desgaste. O uso do modo Luminance Unsharp Masking nos deu uma profundidade nas rugosidades apagadas.

6) Número de inventário: 64/5.11. Machado

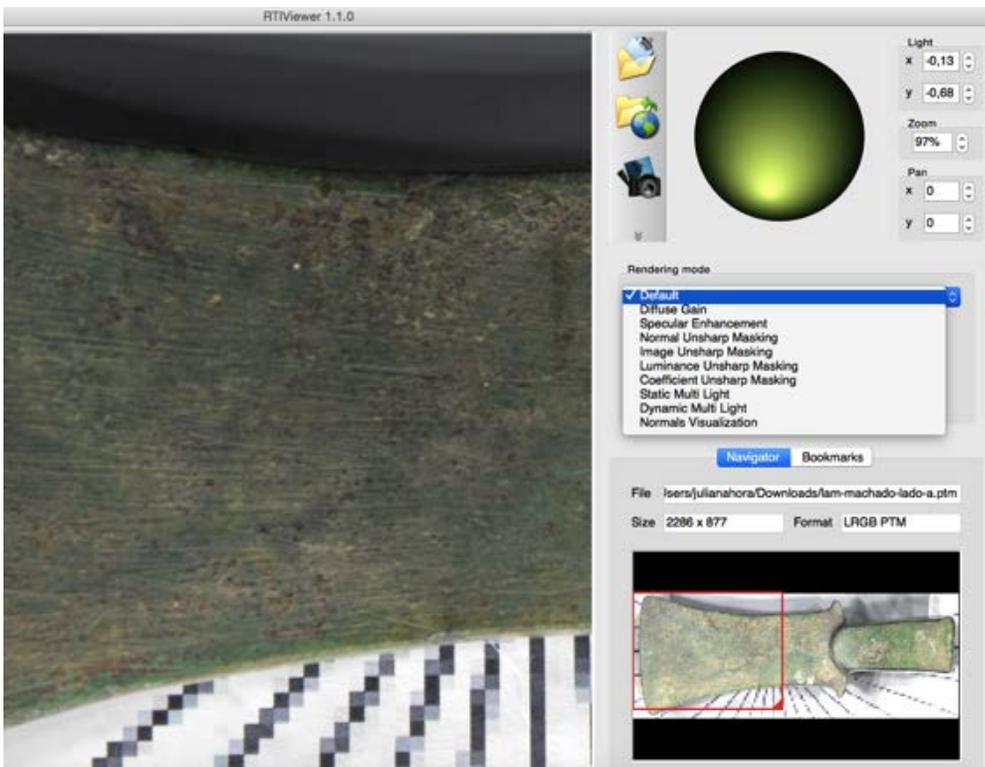


Figura 71 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default.

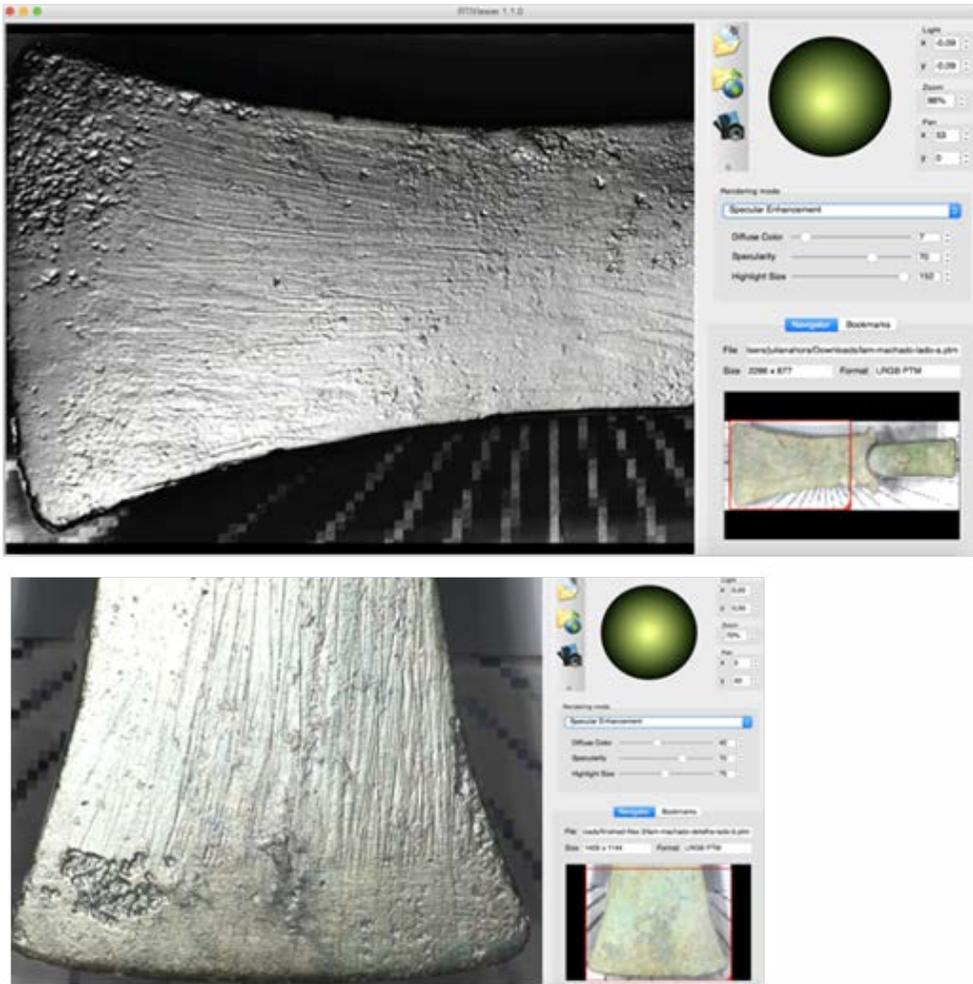


Figura 72 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Specular Enhancement

Resultado Teste: Na face da peça que mostra as marcas de uso nitidamente com a aplicação da técnica. Não está claro o porquê de tantas marcas na face do objeto.

7) Número do inventário 64/8.3 Pingente em forma de chocalho, com fio de bronze para presilha e pedaço de corrente. o Bronze é feito em molde batido fino.

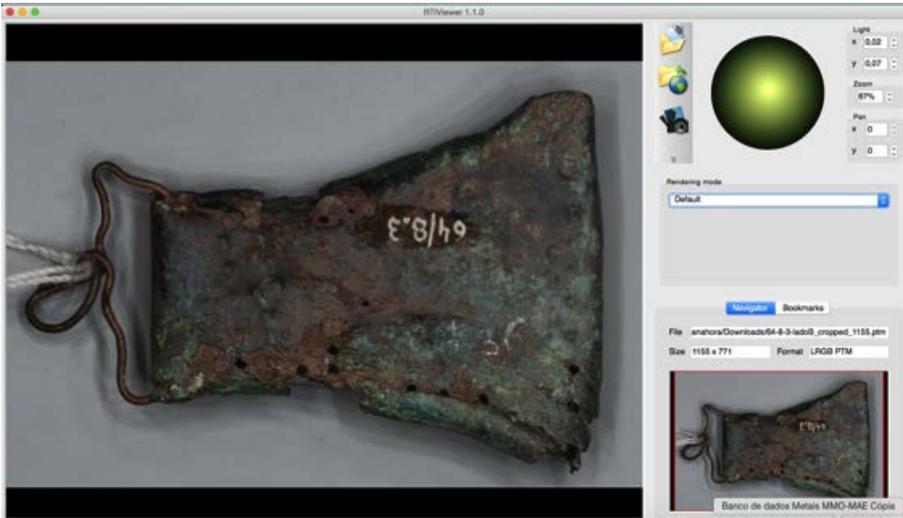


Figura 73 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default

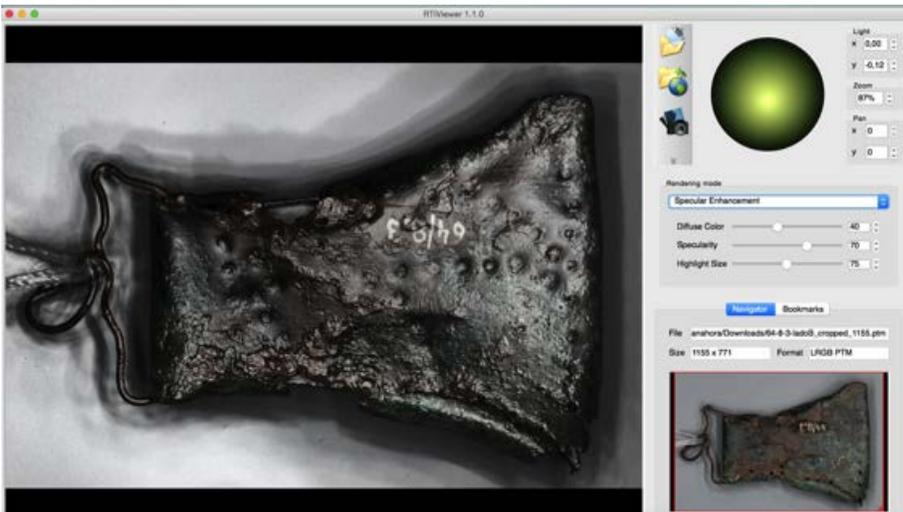


Figura 74 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Specular Enhancement

Resultado teste: RTI trouxe à tona maiores detalhes sobre a técnica de molde batido utilizada; Detalhes mais nítidos da decoração de esferas visíveis por ora apagados com o desgaste do tempo.

8) Número de inventário: 64/8.9 Fíbula de arco alto de dimensões grandes, com 3 botões (sendo dois laterais esféricos e um superior a base). Decoração presente no alfinete longo decorado na parte superior com incisões triangulares desgastadas e uma ponta trabalhada na ponta redonda. Quebra no alfinete e mola quebrada.

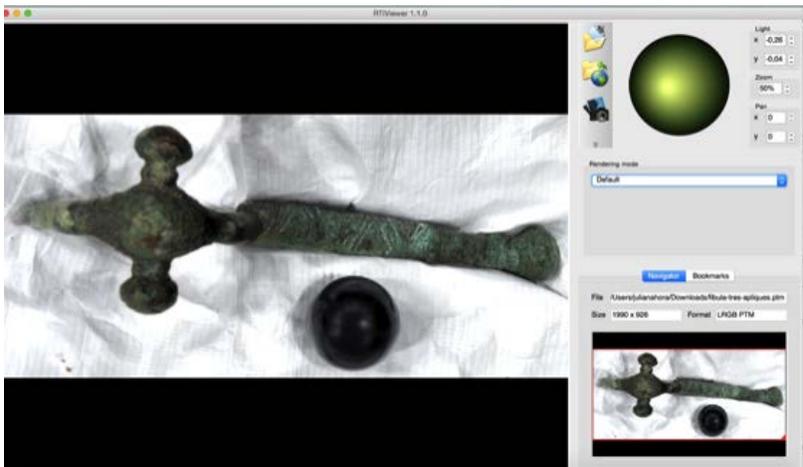


Figura 75 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default

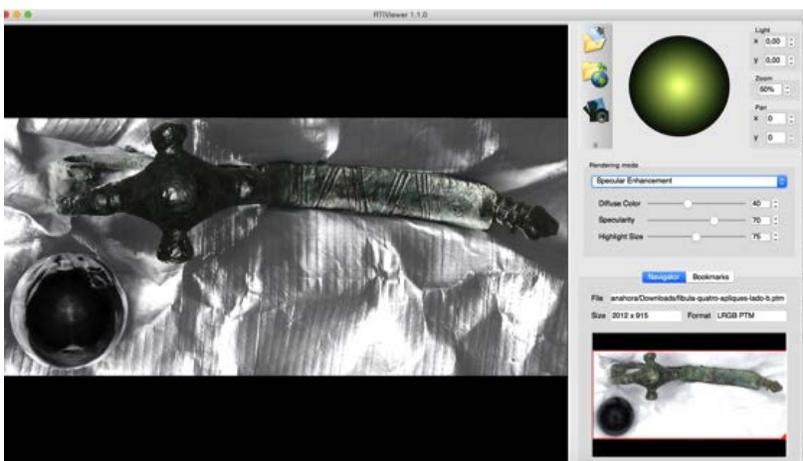


Figura 76 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Specular Enhancement

Resultado teste: Maior nitidez na decoração

Número de inventário: 64/8.36

Fíbula de arco alto com três botões no arco, sendo um superior e dois laterais. Decoração na parte superior do cravete. Na extremidade do apêndice há uma extensão apêndice que lembra um pássaro? e presilha longa com uma mola de três dobras.

Resultado Teste: Maior nitidez na decoração. Não foi possível distinguir se trata-se de um pássaro ou não.

9) Número de inventário: 64/5.3 Fíbula em arco de perfil assimétrico, larga no centro. Suporte trapezoidal em forma de seção J e mola com enrolamento duplo. Este é o tipo de fíbula com um longo colchete chamado “protocertosa” (alto arco e longo pé com um botão ou a cabeça de um animal) datável das primeiras décadas do século VI a. C (*Antiche genti* 1994, p. 221, cat. 436).

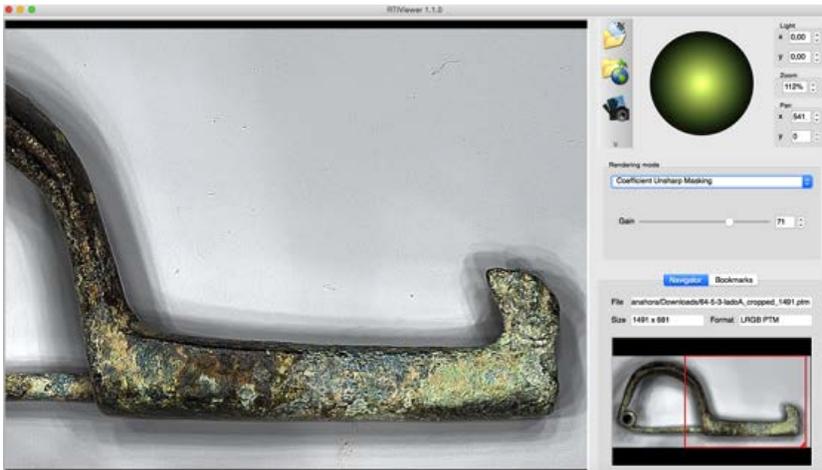


Figura 77 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Unsharp masking

Resultado teste: maiores detalhamentos da modelagem e no detalhe que, no detalhamento, aparenta ser uma cabeça animal desgastada.

10) Número inventário: 64/5.17

Fíbula em sanguessuga com decoração incisa geométrica, com duas perfurações acima e abaixo do arco. Cravete e mola com duas dobras.

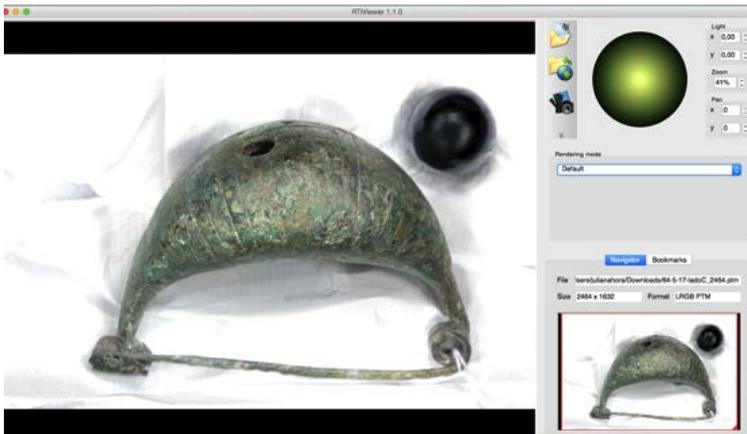


Figura 78 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default

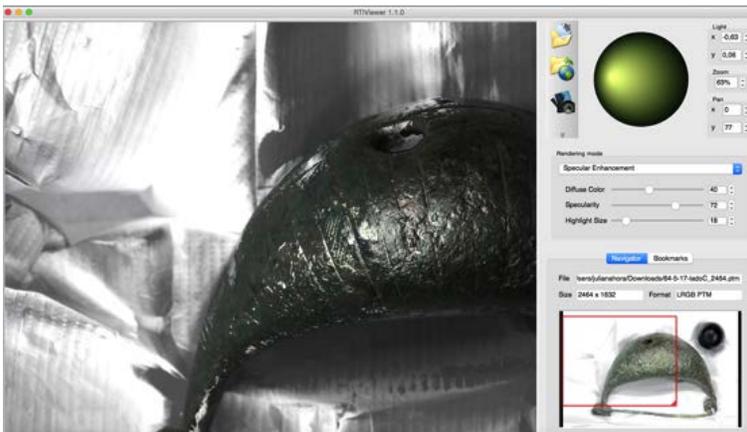


Figura 79 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Specular Enhancement

Resultado teste: maiores detalhamentos das incisões decorativas transversais.

11) Número inventário 64/5.15

Bracelete circular em fita com decoração geométrica. Decoração incisa em formato de “V” aberto para fora da peça.

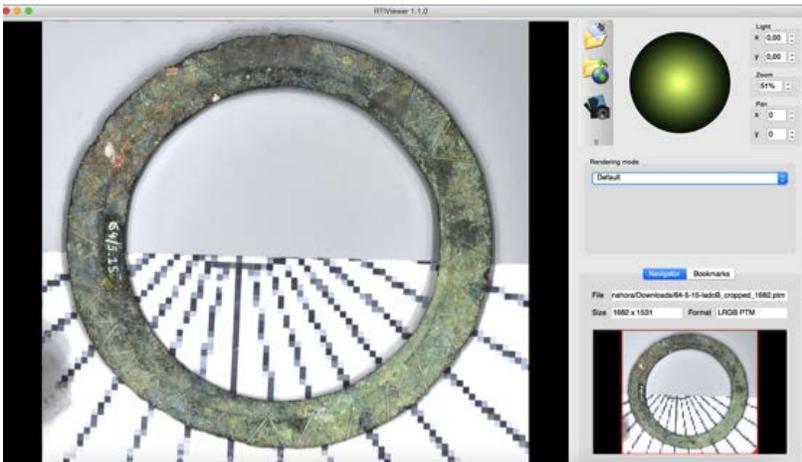


Figura 80 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Default

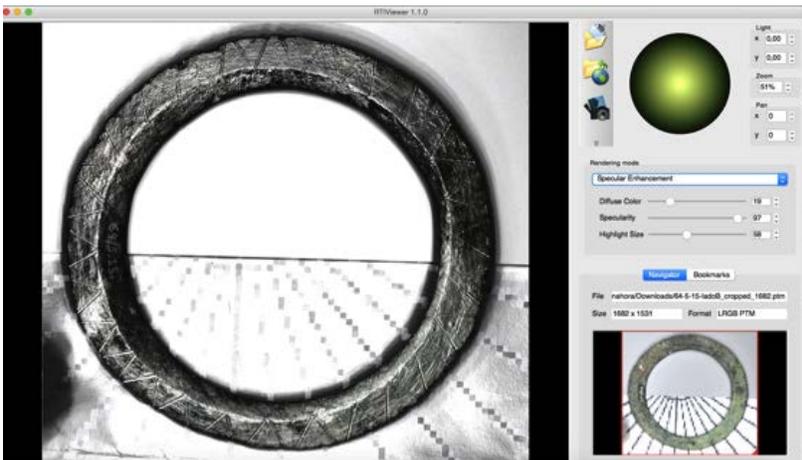


Figura 81 - Print screen objeto RTI Viewer em modo Specular Enhancement

Resultado teste: Maiores detalhamentos das incisões em V.

Considerações Finais

O RTI é uma ferramenta importante para revelar minuciosos detalhes de uso não perceptíveis, de compreensão de técnicas no metal, padrões de uso para estas regiões da Itália Meridional e Central. Permite, por sua vez, observar as mudanças feitas nos objetos ao longo do tempo, sendo de grande utilidade para compreender processos de destruição de decoração, inscrições e marcas de processo de produção, e de acordo com Adriene Tacla¹¹, é uma maneira de recuperar a biografia dos objetos.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE-USP) por ter acolhido o projeto proposto, dando todo o suporte necessário para a sua execução. Agradeço à CAPES pela bolsa PNPd de pós-doutorado (2018-2019) para que fosse possível realizar a pesquisa no período correspondente. Agradeço aos Professores coordenadores dos Laboratórios (LARP e LABECA), Prof. Dr. Vagner Porto e Profa. Dra. Maria Cristina Kormikiari por todo o apoio, envolvendo os estagiários Pub's a partir dos projetos de RTI, além de alunos de mestrado e Iniciação Científica envolvidos, pois somente assim foi possível desenvolver um trabalho em equipe. Agradeço especialmente à Profa. Dra. Maria Cristina Kormikiari, minha supervisora, por apoiar e me dar autonomia de pesquisa plena. Agradeço imensamente à Profa. Dra. Maria Isabel Fleming, pelo suporte e aprendizado em todo o processo. Agradeço à Profa. Dra. Adriene Tacla, Professora da Universidade Federal Fluminense, por ter apoiado

11 <https://antiquitebnf.hypotheses.org/1746>, consultado em 17/05/2018.

este projeto em sua idealização e por ter iniciado este processo no MAE-USP, dando-nos inspiração para a sua realização. Agradeço à Profa. Dra. Carolina Guedes, da UNIMES –Santos, pelo apoio técnico e parceria de pesquisa. Agradeço imensamente aos funcionários do MAE-USP e parceiros do projeto. Aqui nomeio a todos os envolvidos: Prof. Dr. Paulo De Blasis, Diretor entre (2018-2022); Prof. Dr. Eduardo Goes Neves, Diretor atual; Carla Gilbertone Carneiro (Chefe de Divisão de Apoio à Pesquisa- DAPE), Célia Maria Cristina Demartini (Divisão técnica de Conservação e Laboratórios); Regivaldo Leite da Silva (Divisão técnica de Conservação e Laboratórios), Ader Gotardo Santos (Seção técnica de apoio Institucional, Projetos e Informática); Julio Bomfim (Técnico do serviço técnico de gerenciamento da documentação), Aparecida de Fátima Sousa (Divisão técnica de Conservação e Laboratórios), Dária Elania Fernandes Barreto (Divisão técnica de Conservação e Laboratórios) e Francisca Figols (Chefe de Serviço técnico de gerenciamento da documentação); Cleberson Moura (Funcionário do MAE-USP); Guilherme Rodrigues; Jéssica Mendes (alunos de mestrado do MAE-USP e membros dos laboratórios); Ana Rigolon (Bolsista PUB-LARP-MAE USP); Manoela Belinello (PUB-LABECA-MAE-USP) e a todos os envolvidos indiretamente no processo.

Referências

- BARTOLONI G., DELPINO F. *Oriente e Occidente. Metodi e discipline a confronto. Riflessioni sulla cronologia dell'età del ferro in Italia*. Pisa-Roma, 2005.
- DA SILVA, A.F; PORPORA, B.C. *O objeto de museu como um documento. MOUSEION*, Canoas, n. 39, nov. 2021.
- FLEMING, M. I. D. A cultura romana e os povos do norte europeu. *In: Clássica. Suplemento*, 2, 1993, p.251-259.
- _____. Contatos culturais na Península Itálica: as estatuetas de bronze. *IN. UFOP - LPH: Revista de História*, Vol.5, 1995, p.13-32.
- _____. *O Progresso na tecnologia do metal e inovações cerâmicas no mundo grego-romano*. *In. Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, Suplemento 2, 1997, p.41-47.
- _____. *O trabalho do metal no contexto do Mediterrâneo arcaico*. *In. Resumo Congresso XVI Congresso Nacional de Estudos Clássicos "ócio & trabalho no mundo antigo". 3 a 7 de setembro de 2007. Araraquara, São Paulo, 2007, p.50-51.*
- FLEMING, Maria Isabel; FLORENZANO, Maria Beatriz. *Trajetória e perspectivas do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP (1964-2011)*. *Estudos Avançados* 25, 2011, pp. 217-228
- GUERRA, A. 'Contextos histórico-culturais que enquadram a fundação de Roma'. *In. OLIVEIRA, F., & BRANDÃO, J. L. (2015). História de Roma Antiga: vol. I: das origens à morte de César*. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2015.
- HOLLOWAY, R. R. *The archaeology of early Rome and Latium*, London & New York, Routledge, 2014.
- NJBOER, A. CAMPUS, Franco, LEONELLI, Valentina, SCHIAVO, Fulvia Lo, *et al. Italy, its Interconnections and Cultural Shifts During the Iron Age*. *In. Bolletini di Archeologia on line*, 2010, p.2-22.

- OLIVER, A. (1966). Greek, Roman, and Etruscan Jewelry. *The Metropolitan Museum of Art Bulletin*, 24(9), 269-284.
- SHEFTON B. B. *Contacts between Picenum and the Greek world to the end of the fifth century B.C. Imports, influences and perceptions*. In I Piceni e l'Italia medio-adriatica. Atti del XXII Convegno di studi etruschi ed italici (Ascoli Piceno, Teramo Ancona, 9-13 aprile 2000). Roma, 315-337, 2003.
- SUANO, M., & SCOPACASA, R. (2013). Central Apennine Italy: The case of Samnium. *A companion to the archaeology of the Roman Republic*, 387-405.
- VAN DOMMELEN, P. Postcolonial archaeologies between discourse and practice. *World archaeology*, 43(1), 1-6, 2011.
- ADAM, A.M. *Bronzes Campaniens du V siècle Avant J.C. au Cabinet des Médailles*. MEFRA, 1980, p.155-190.
- BALASSONE, Giuseppina, BONI, Maria, DI MAIO, Giovanni, et al. *Characterization of metallic artefacts from the Iron Age culture in Campania (Italy): a multi-analytical study*. In. Periodico di mineralogia, 2009, vol. 78, no 1, p. 45-63.
- BIANCHI-BANDINELLI, R. *Etruschi e Italici Prima del Dominio di Roma*. Milão, 1976.
- CHILTON, E. S. *Material meanings: critical approaches to the interpretation of material culture*. University of Utah Press, 1999.
- COLONNA, G. *Italica Arte*. In: Enciclopedia dell'Arte Antica, vol.IV. Dir. R. Bianchi-Bandinelli e G. Becatti. Roma, 1963.
- FAUSTOFERRI, A. *Prima dei Sanniti. Le necropoli dell'Abruzzo meridionale*. Mélanges de l'Ecole française de Rome. Antiquité, 2003, 115(1), 85-107.
- HIGGINS, R. A. *Greek and Roman jewellery*. Univ of California Press, 1980.
- LAMB, W. *Ancient Greek and Roman Bronzes*. Taylor & Francis, 1969.
- MAROEVIC, I. *Museum Object as a Document*. SYMPOSIUM OBJECT-DOCUMENT. 1994. Beijing. Proceedings Beijing: ICOM, 1994. p. 113-119. (ICOFOM Study Series, 23)
- MENESES, U.B. *O objeto material como documento*, aula ministrada no curso "Patrimônio cultural: políticas e perspectivas", organizado pelo IAB/CONDEPHAAT em 1980: 1-15.

- SUANO, M. *Aspects of the Iron Age in Abruzzo* (Doctoral dissertation, University College London (University of London), 1976.
- TRUCCO F., DE ANGELIS D., IAIA C. *Villa Bruschi Falgari: il sepolcreto villanoviano*. In A. M. MORETTI SGUBINI (ed), *Tarquinia Etrusca, Una Nuova Storia*. Roma, 81–93, 2001.

Bibliografia específica de tecnologias digitais

- BENTKOWSKA-KAFEL, A. ; DEL HOYO MELENDEZ, J. M. ; MACDONALD, L. W. ; MATHYS, A. ; DE ALMEIDA, V.M. Colour and Space in Cultural Heritage in 6Ds : The Interdisciplinary Connections. In: Campana, S.; Scopigno, R.; Carpentiero, G.; Cirillo, m. (eds) *CAA2015: Keep the Revolution Going: Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Oxford: ArchaeoPress, p. 958-959, 2016.
- CALLET, P. 3D reconstruction from 3D cultural heritage models. In *3D Research Challenges in Cultural Heritage*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014, p.135-142.
- KOTOULA, E., & KYRANOUDI, M. Study of ancient greek and roman coins using reflectance transformation imaging. *E-conservation magazine*, 2013, 25, 74-88.
- STANLEY, D. J. 2003. *Computers, Visualization, and History: how new technology will transform our understanding of the past*. Armonk, New York: M.E. Sharpe, 2003.
- MUDGE, M., MALZBENDER, T., SCHROER, C., & LUM, M. *New Reflection Transformation Imaging Methods for Rock Art and Multiple-Viewpoint Display*. In. *VAST*, 2006, (Vol. 6, pp. 195-202).

Guia de Museus

- CATÁLOGO N°1. *Museu de Arte e Arqueologia da Universidade de São Paulo*, 1964.
- FARIELLO, M. *Museo Archeologico Nazionale del Sannio Caudino*, Castello Medievale, Montesarchio. Ministero per I Beni e le Attività Culturali. Soprintendenza per I Beni

Archeologici delle province di Salerno, Avellino e Benevento, Italia, De Angelis Editore, 2007.

ROMITO, M. *Vecchi scavi, nuovi studi*. Museo Archeologico Provinciale della Lucania Occidentale nella Certosa di San Lorenzo a Padula, 2006.

Italia dei Sanniti. *Guida alla mostra, Roma 2000*.

Sites visitados:

<http://www.larp.mae.usp.br/rv/producao-de-replicas/>. Consultado em 15/05/2018.

<https://antiquitebnf.hypotheses.org/1746>. Consultado em 17/05/2018.

6

Novas tecnologias e artefatos egípcios: aplicação de *Reflectance Transformation Imaging* (RTI) em *shabtis* do Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE-USP)



Introdução

Os *shabtis* ou servidores funerários são estatuetas funerárias que realizavam trabalhos na vida após a morte, segundo os egípcios. Este artefato é um dos mais comuns dentro da cultura material egípcia, visto que foi produzido por um longo período e em grande quantidade, aderindo diversas camadas da população (HOWLEY, 2019, p. 125). As estatuetas eram produzidas em tamanhos e materiais diferentes, portanto, eram utilizadas técnicas variadas de manufatura que garantiam uma estética por vezes mais por vezes menos detalhada para a peça. Apesar de cada servidor possuir características físicas próprias em seu suporte, texto e iconografia, os *shabtis* têm um padrão e elementos comuns que constituem a estatueta.

Durante os anos em que estiveram presentes na cultura funerária egípcia, as estatuetas sofreram mudanças nas suas características em decorrência das mudanças nessa sociedade, sobretudo, as religiosas (GAMA, 2008). Nesse sentido, o estudo dos *shabtis* é de suma importância ao possibilitar o conhecimento da iconografia funerária, reconhecendo características exclusivas dessas peças, bem como elementos compartilhados desse contexto. Além disso, contribui para o entendimento das concepções acerca da vida após a morte para os egípcios (SCHNEIDER, 1977, p. 2).

Por serem comuns, esses artefatos estão presentes na maioria das coleções egípcias. Logo, as estatuetas estão espalhadas por todo o mundo, resultando na separação de servidores e outros objetos funerários de um mesmo proprietário. Assim como parte do material arqueológico escavado ao longo do século XX, momento em que a Arqueologia se constituía como ciência e ainda possuía técnicas precárias de escavação e documentação (TRIGGER, 2004, p. 212), vários *shabtis* não possuem informações acerca do seu contexto arqueológico.

Isto dificulta seu estudo, especialmente a sua datação e o conhecimento do seu dono e da sua utilização. A análise da iconografia e da epigrafia, então, se faz de grande relevância, pois é o principal meio para a sua datação (SCHNEIDER, 1977). Ela possibilita não só a compreensão do contexto religioso e funerário, como citado anteriormente, como permite inserir a estatueta em seu contexto histórico e entender seu contexto sistêmico.

Todavia, nem todas as peças resistem completamente ao tempo, o que não permite a compreensão da sua iconografia e de seu texto e limita suas possibilidades de estudo. A técnica de fotografia *Reflectance Transformation Imaging* (RTI) vem sendo utilizada na Arqueologia, em diferentes artefatos, para realçar elementos que não são captados pela fotografia convencional. (CHI, 2014, p. 8). A aplicação desta técnica nos *shabtis* pode evidenciar suas características iconográficas e epigráficas, bem como evidências da sua manufatura, utilização e restauro¹. Portanto, é de grande contribuição para o estudo desses artefatos.

Como parte do projeto de pesquisa de Iniciação Científica “Servidores funerários/*shabtis* da XXI Dinastia (1069-945 a.C.) do acervo do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP: atualização e análise”, foi aplicado o RTI em seis *shabtis* do MAE-USP. O intuito do projeto é revisar os dados já existentes e buscar informações faltantes dos artefatos. Além disso, visa realizar uma análise iconográfica das peças, relacionando as características físicas do objeto com sua função no período citado. Este capítulo tem como objetivo, primeiramente, discorrer acerca das características físicas dos servidores e das suas funções e, enfim, expor o processo e os resultados da aplicação do RTI nos *shabtis* do acervo.

1 Os laboratórios LARP (Laboratório de Arqueologia Romana Provincial) e Labeca (Laboratório de Estudos sobre a Cidade Antiga) têm aplicado o RTI em diferentes superfícies e realizado pesquisas com peças do acervo do MAE-USP (RODRIGUES, et. al., 2023).

6.1

O que são *shabtis*?

Os *shabtis* ou *ushabtis* são estatuetas de pequeno ou médio porte que atuavam, para os egípcios, como servidores funerários na vida após a morte. Elas surgem durante o Médio Império (2055–1650 a.C.), em um momento em que as tumbas eram saqueadas e os egípcios temiam que as múmias fossem destruídas, afetando a passagem dos indivíduos para o mundo dos mortos. Os *shabtis*, então, surgem nesse momento como substitutos físicos do morto, realizando o papel da múmia. A múmia ou o *Sah* era responsável por abrigar o *ka* e o *ba*, que constituíam a alma do falecido. O *ka* é a força vital do indivíduo, sendo responsável pelas necessidades físicas dele, como sua alimentação. O *ba* é o mais próximo daquilo que chamamos de alma, sendo assim, o elemento que transita pelo Além (WENDRICH, 2010, p. 207-208).

O formato dos *shabtis* teve como base a forma de outros dois tipos de mobiliário funerário utilizados no período e que estão relacionados a sua função. As estátuas *ka* eram representações do indivíduo em vida e eram utilizadas como receptoras de oferendas. Já os modelos correspondiam aos servos do indivíduo. Eram estatuetas de madeira que retratavam atividades agrícolas realizadas por estes trabalhadores (SCHNEIDER, 1977, p. 20-21). Dessa forma, os primeiros *shabtis* ainda não tinham uma forma padronizada e poderiam estar tanto na posição humana, com os braços para baixo, quanto na posição mumiforme, com os braços cruzados (*Ibid*, 1977, p. 178). Elas eram simples, feitas de madeira ou pedra e cada indivíduo possuía uma ou duas estatuetas.

Durante o Médio Império, uma nova concepção de Além é estabelecida. Nela, os próprios indivíduos deveriam trabalhar na corvêia de Osíris, assim, não poderiam ter servos, eles mesmos deveriam realizar o trabalho no Além. Logo, os *shabtis*, que eram o próprio indivíduo,

também passam a ser seus trabalhadores, incorporando a função dos modelos, que entram em desuso (*Ibid*, 1977, p. 23-24). Esta dualidade dos *shabtis*, apesar de iniciar neste momento, se desenvolve efetivamente nos próximos períodos.

No Novo Império (1550-1069 a.C.), os *shabtis* passam a ter mais características que evidenciam seu papel como trabalhador. Eles começam a portar ferramentas, como enxadas, picaretas e cestos, além de possuírem inscrições², sobretudo, o feitiço dos *shabtis* presente no Capítulo 6 do Livro dos Mortos, que descreve os trabalhos realizados pelos servidores no Além (GAMA, 2008, p. 45-46). Aparecem também os contramestres, que são os chefes das estatuetas comuns e são diferenciadas das demais por carregarem um açoite e portarem roupas dos vivos (*Ibid*, 2008, p. 47). Elas começaram a ser feitas de materiais variados, como a faiança egípcia e a terracota, e a quantidade de estatuetas por indivíduo aumentou (TAYLOR, 2001, p. 124-125).

O Terceiro Período Intermediário (1070-664 a.C.) contempla da XXI a XXV Dinastia. Nas duas primeiras dinastias do período, os *shabtis* possuem características específicas, as quais serão apresentadas a seguir, que as diferem do período anterior, como também das próximas dinastias desse momento. Segundo Schneider, da XXII a XXV Dinastias, os *shabtis* começam a ser padronizados e tendem ao arcaísmo, retomando características das estatuetas anteriores, bem como eram mais rebuscadas do que as do início do período (1977, p. 321).

Este momento da civilização egípcia é marcado por uma descentralização de poder. Existiam vários líderes ao mesmo tempo, que assumiam o poder real, cada um com suas próprias reivindicações

2 Os *shabtis* do Médio Império já possuíam inscrições, entretanto, elas eram mais simples do que as inscrições do Novo Império. Geralmente, continham informações básicas sobre o indivíduo, mas também poderiam fazer referência ao trabalho no Além (GAMA, 2008, p. 42).

(BENETT, 2019, p. 5). Os reis passam a comandar da nova capital, Tânis, enquanto Tebas é comandada pelos Sumo Sacerdotes de Amon e seu exército. Além disso, essa fragmentação política possibilitou a retomada de lideranças locais, incluindo estrangeiros. Assim, essa época é também marcada pela ascensão dessas lideranças e da convivência de diferentes populações, como os líbios e núbios, com os egípcios (*Ibid*, 2019, p. 1).

Na XXI Dinastia, os *shabtis* possuem um novo caráter, tanto em sua função quanto em suas características físicas. A partir desta dinastia, os *shabtis* se tornam servos, sendo menos perceptível seu papel como substituto físico do indivíduo. Dada a nova teocracia do deus Amon, outros deuses da religião egípcia foram colocados em segundo plano, incluindo Osíris. Nesse contexto, o reino dos mortos passa a ser comandado pelo próprio Amon, fazendo com que os *shabtis* estivessem a seu serviço (WUETHRICH, 2007). A atividade dos *shabtis*, nesse momento, precisava ser aprovada por Amon, que definiria se este poderia ou não realizar as atividades necessárias no lugar do indivíduo que o possuía. Assim, o proprietário comprava a estatueta em vida e a registrava como sua ao inserir suas informações pessoais no corpo do objeto, mas elas não respondiam a ele, e sim a Amon, sendo apenas suas substitutas nas tarefas a serem realizadas (SCHNEIDER, 1977, p. 323-324).

Com esta transformação, o nome das estatuetas também sofre alterações, passando de *shabtis* (š3w3bty) para *ushabtis* (wšbty). Segundo Cintia Gama, há várias hipóteses acerca da origem do termo š3w3bt, podendo vir da palavra madeira (š3bty.w) e da árvore perseia (šw3b ou šwb). Além disso, podem estar ligadas à ideia de nutridor (š3bti) - derivado de refeição ou comida (š3b) - como também à ideia de substituto (šbt), ou ainda podem significar “aquele ou aquela que pertence à corveia” (š3b-t ou šw3b-t). Todas as hipóteses são viáveis, correspondendo a estatueta e sua função, podendo inclusive ser um

trocadilho, unindo diferentes significados. Na XXI Dinastia, a partir do pontificado de Pinedjem II (1001-976 a.C.), passa a ser utilizado o termo *wšbty*, que acrescenta ao nome original a ideia de responder (*wšb*), sendo assim, “aquele que responde” (*wšbt*) (2008, p. 30-35).

As fontes escritas³ também evidenciam uma padronização no número de estatuetas, que neste momento passam a ser 401 por indivíduo, visto que existiriam 365 ou 366 servos (um para cada dia do ano) e 36 contramestres (um para cada grupo de 10 servos) (TAYLOR, 2001, p. 127). Apesar do ideal ser 401 estatuetas por tumba, é possível ainda encontrar coleções com um número maior ou menor do que este, uma vez que o objetivo era ter uma quantidade suficiente de trabalhadores para que nunca se precisasse trabalhar. O aumento no número de estatuetas, que já era uma tendência desde a XIX dinastia, fez com que a quantidade fosse mais importante do que a qualidade das estatuetas (*Ibid*, 2001, p. 124). Nesse sentido, elas sofreram uma simplificação extrema (GAMA, 2008, p. 57).

Na XXI Dinastia, a maior parte dos *shabtis* passam a ser feitos de faiança egípcia ou terracota (ARAÚJO, 2003, p. 205). As estatuetas de terracota buscavam imitar as estatuetas de faiança, assim, eram pintadas com as cores mais comuns desse material: o verde e o azul (*Ibid*, 2003, p. 207). Entretanto, os *shabtis* desse período são conhecidos por um tom de azul específico, escuro e brilhante, chamado de “azul de Deir el-Bahari”. Essa cor recebeu este nome devido às estatuetas encontradas nas *caches*⁴ dos reis e dos Sumo Sacerdotes de Amon em

3 A tábua Rogers, presente no Museu do Louvre, a tábua McCullum e o papiro BM 10.800, presentes no Museu Britânico, datados do Terceiro Período Intermediário, trazem informações sobre a confecção e o comércio de *shabtis*, como também sobre sua quantidade. Essas fontes utilizam a nomenclatura *ushabti* e também evidenciam o trabalho servil realizado com a aprovação de Amon (GAMA, 2008, p. 69-72).

4 As *caches* eram tumbas que serviam para esconder as múmias e seu mobiliário funerário. Elas precisavam ser agrupadas e escondidas para que não fossem saqueadas, uma vez que este era um problema recorrente desde o final do Novo Império (JANES, 2002, p. 22).

Deir el-Bahari no final do século XIX (AUBERT, 1974, p. 136). Nesses locais, haviam várias múmias e objetos funerários de pessoas da realeza da XXI dinastia. Estima-se que foram encontrados mais de 3700 *shabtis* na *cache I* e mais de 20.000 na *cache II* que, apesar de serem mais rústicos, chamaram a atenção daqueles que os acharam, pelo seu tom de azul (JANES, 2002, p. 22-24). Essas estatuetas estão espalhadas pelo mundo inteiro (AUBERT, 1974, p. 141), sendo que 3 delas estão no acervo do MAE-USP.

Tanto as estatuetas da elite, quanto as da não-elite eram simples (AUBERT, 1974, p. 136). A sua produção, dado o aumento no número de estatuetas, passou a ser manufaturada e uniformizada. Dessa forma, provavelmente, as estatuetas eram pré-moldadas e depois eram produzidas em série (ARAÚJO, 2003, p. 145). No período anterior, era possível encontrar *shabtis* de um mesmo proprietário com diferenças entre si, podendo ser de tamanhos e materiais diferentes, sem contar as variações no texto e na iconografia (AUBERT, 1974, p. 34-35). Com a produção em série, isto é menos frequente. Assim, as estatuetas são similares e possuem pequenas variações, o que contribui, atualmente, para sua identificação.

Os *shabtis* podem ser epigráficos ou anepigráficos. Nos epigráficos do Terceiro Período Intermediário, são comuns o Texto Preliminar, bem como o Capítulo 6 do Livro dos Mortos. O primeiro é uma inscrição simples que contém informações básicas sobre o indivíduo, como seu nome, título e filiação. O Capítulo 6 do Livro dos Mortos, como supracitado, é uma fórmula que indica os trabalhos realizados pelos *shabtis* no pós-vida. Segundo Schneider, esse texto possui 7 versões, sendo que cada uma também possui variações. Logo, o texto é diferente para cada estatueta, mas mantém uma uniformidade estrutural (1977, p. 78).

Além de estudar profundamente o Capítulo 6 do Livro dos Mortos, o pesquisador Hans Schneider estabeleceu uma tipologia dos

shabtis a partir do estudo das estatuetas do Museu Nacional de Antiquidades de Leiden. A tipologia consiste em uma série de números e códigos que classifica a estatueta. Os números designam o período, o material e a iconografia. Os códigos, com abreviações em inglês, expõem a classe (CL.), o toucado (W), a posição das mãos (H), as ferramentas (I), as sacolas e os cestos (B), a posição textual (Tp) e a versão do Capítulo 6 do Livro dos Mortos. Para os códigos há esquemas desenhados a serem designados.

A iconografia das estatuetas do Terceiro Período Intermediário também é simplificada, assim, os elementos iconográficos são menos detalhados. Por exemplo, a enxada, uma das ferramentas mais comuns que aparecem nos *shabtis*, é estilizada nesse momento. No Novo Império, ela era desenhada com uma ponta fina e outra larga, enquanto no Terceiro Período Intermediário não há diferença entre as pontas (fig. 82).



Figura 82 - Enxadas

Fonte: GAMA, C. A. *Os servidores funerários da coleção egípcia do Museu Nacional: catálogo e interpretação*. Rio de Janeiro, UFRJ, 2008, p. 53 (editada).

Na XXI Dinastia, há duas características iconográficas que são acrescentadas aos *shabtis*: a faixa e os seios. A faixa (fig. 83) uma fita com laço atrás da cabeça, é presente no *shabtis* apenas nas duas primeiras

dinastias do Terceiro Período Intermediário no Egito (GAMA, 2008, p. 57). Entretanto, ela aparece já no período anterior em *shabtis* da Núbia, como uma expressão da identidade desse grupo, visto que a faixa faz referência aos seus soldados, que a utilizavam. Assim, a presença desse elemento nos *shabtis* egípcios, provavelmente, é influência dos núbios (LEMOS, 2019, p. 261).

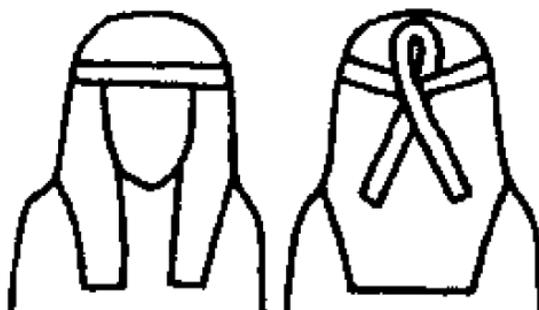


Figura 83 - faixa

Fonte: SCHNEIDER, H. *Shabtis: an introduction to the history of ancient egyptian funerary statuettes with a catalogue of the collection of shabtis in the national museum of antiquities at Leiden*. v. 3, Leiden: Rijksmuseum van oudheden, 1977, p. 59.

Nesta dinastia, os seios são representados como dois pontos pretos feitos logo abaixo da cabeça e aparecem como uma marcação do gênero feminino nas estatuetas (ARAÚJO, 2003, p. 225). Anteriormente, não existia uma distinção de gênero nos *shabtis*, eles eram neutros. Na tipologia de Schneider, ao classificar a classe das estatuetas, ele demarca essa distinção entre estatuetas femininas e masculinas (fig. 84), entretanto, não traz uma explicação acerca desse novo elemento. Meffre (2018, p. 140) traz uma interpretação acerca desse atributo e defende que sua presença era uma forma de afirmar a identidade de mulheres principalmente da elite.



Figura 84 - Shabti feminino

Fonte: SCHNEIDER, H. *Shabtis: an introduction to the history of ancient egyptian funerary statuettes with a catalogue of the collection of shabtis in the national museum of antiquities at Leiden*. v. 3, Leiden: Rijksmuseum van oudheden, 1977, p. 64.

Como supracitado, nas últimas dinastias do Terceiro Período Intermediário, os *shabtis* começam a ser padronizados e apresentam características diferentes das dinastias anteriores. Essas estatuetas tem características arcaizantes que levaram ao estilo utilizado na Baixa Época (664-332 a.C.). As estatuetas desse período são, geralmente, fabricadas em faiança egípcia verde ou azul claro, seguram uma enxada e uma picareta, além de estarem sorrindo e portarem a barba funerária (GAMA, 2008, p. 60-61). Eles têm o formato similar aos caixões antropomórficos (BRANCAGLION, 2017, p. 47) e as grandes estatuetárias do Período Saíta (664-525 a.C.), assim, possuem um pilar dorsal e uma base retangular (GAMA, 2008, p. 60). Além disso, o sorriso, que não aparecia nos *shabtis* anteriormente, é influência da estatuária grega arcaica (*Ibid*, 2008, p. 62). Foi esse contato com gregos e romanos que, provavelmente, levou à decadência da produção dos *shabtis*

no Período Ptolomaico⁵, uma vez que a influência desses grupos levou a uma crise na religião.

Segundo Schneider, a religião já estava sofrendo mudanças antes da conquista de Alexandre, o Grande. Havia um pessimismo em relação à morte, pois o Além osírico era descrito como um lugar inóspito onde os mortos deveriam trabalhar. Então, resgata-se em seu lugar um ideal arcaico do Além, em que o morto teria um destino celestial, vivendo como uma estrela (1977, p. 186-187). Ademais, a influência grega fez com que os grandes centros passassem a realizar cultos gregos, apesar de manterem elementos da própria religião, como a mumificação. Assim, os *shabtis* pararam de ser algo comum nesses locais e ficaram restritos às áreas mais abastadas (AUBERT, 1974, p. 210). Esses movimentos acarretaram na diminuição da produção das estatuetas, uma vez que já não condiziam mais com as práticas religiosas e seu trabalho não era mais necessário.

6.2

Aplicação de RTI em *shabtis*

O RTI foi aplicado em seis dos sete *shabtis* estudados pelo projeto de Iniciação Científica citado. Os artefatos foram previamente analisados e, com isso, foi decidido se o objeto seria fotografado ou não. A peça em que não foi aplicado o RTI está em ótimas condições de conservação, não existindo indícios de marcas que seriam destacadas pela

5 No Período Ptolomaico e Romano, ainda existiam *ushabtis*, apesar de em menor quantidade. Porém, nesse momento, passam a existir também os pseudo-*shabtis* que são estatuetas feitas na forma dos *shabtis*, mas que não exercem a sua função. Os pseudo-*shabtis* eram usados em outros contextos, assim, não eram servidores do morto e não podem ser considerados *shabtis* autênticos. Eles podem ser identificados a partir da iconografia contraditória, uma vez que possui a mistura de elementos de diferentes períodos, e da inscrição de pseudo-hieróglifos (TOMORAD, 2017).

técnica. Dado novamente ao estado de conservação, alguns dos *shabtis* foram fotografados em apenas uma feição (posterior ou anterior).

A técnica foi aplicada nas dependências do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP e foram utilizados materiais de domínio do Museu, bem como do Laboratório de Arqueologia Romana Provincial (LARP). O método foi feito manualmente em uma sala escura, sem a utilização da *light array*⁶. Dessa forma, os materiais utilizados para a aplicação do RTI foram: câmera, tripé, controle infravermelho, objeto esférico reflexivo, corda (barbante), cartão com ângulos e cartão cinza 18%. A fotografia das peças foi realizada pela aluna de mestrado Jéssica Silva Mendes (Lattes: 3108458706842929), que também auxiliou no processamento e análise das imagens realizadas pela autora do presente capítulo.

A principal dificuldade na aplicação do método em *shabtis* está relacionada ao material das peças: 5 das peças são de faiança egípcia e 1 é de terracota. A faiança egípcia é uma pasta esmaltada feita de quartzo triturado e esmaltada com um verniz de carbonato de sódio, óxido de cálcio e sílica (GAMA, 2008, p. 86). Este material possui uma alta especularidade, portanto, ela reflete a luz. Dessa forma, foi necessário testar o *flash* várias vezes e realizar diversas alterações na intensidade da luz e na exposição da câmera para obter bons resultados. A terracota é feita de argila modelada e cozida, apesar dela não ser um material que geralmente tem especularidade alta, a peça deste material também refletiu. Nesse sentido, o RTI da peça de terracota ficou bem iluminado, mas ainda assim é possível observar bons resultados, como veremos a seguir.

6 É um aparelho em formato de cúpula que possui luzes fixas em uma determinada posição. Um software que controla o aparelho dispara a luz em uma sequência específica, permitindo criar a sequência de imagens necessárias para o RTI (CHI, 2014, p. 7).

6.3

Resultados do RTI

Com a aplicação do RTI, foi possível observar algumas técnicas de manufatura, marcas de quebra e restauro, bem como algumas características iconográficas.

6.3.1 Manufatura

Uma das características ressaltadas pelo RTI nas peças foi a manufatura do suporte, evidenciando se este foi feito em molde ou modelado manualmente. Na figura 85, é possível visualizar a face posterior de um dos *shabtis*. Nela, há três marcas arredondadas, que não eram observáveis sem o RTI. Como as marcações estão rebaixadas, são regulares e estão na face posterior do artefato, concluímos que elas são resultado do processo de fabricação, provavelmente, do molde. A faiança é um material de difícil manuseio, dessa maneira, a utilização de moldes facilitava a modelagem, principalmente em produções em série. Após a modelagem, o objeto era queimado, permitindo com que ele fosse vitrificado, dando sua aparência brilhante e rígida (NICHOLSON, 2009). Por isso, acreditamos que essas marcações não podem ter sido realizadas depois do processo de vitrificação.

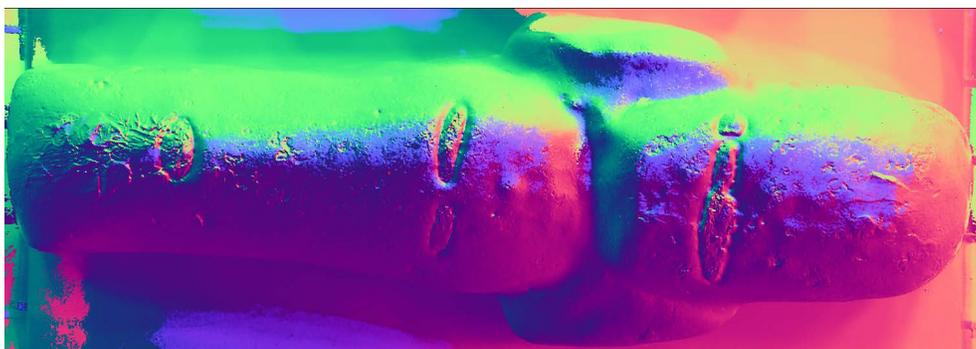


Figura 85 - RTI - inv. 76/3.165

Fonte: Arquivo pessoal

Em busca de novas informações acerca desta peça, encontramos outro exemplar do mesmo proprietário no Museu de Antiquidades de Leiden. Dadas suas características semelhantes na iconografia, no texto e no suporte acreditamos que sejam do mesmo dono. Como é possível observar nas figuras 86 e 87, os dois *shabtis* possuem um rosto característico, em que o nariz e os olhos se unem. Além disso, os dois têm um colar entre a cabeça e o corpo, elemento pouco comum nas estatuetas; e o desenho dos braços é similar, contendo três riscos no braço direito. Os suportes são feitos de faiança e têm um formato semelhante, podendo destacar a barriga protuberante. No texto, o *shabti* do MAE-USP está quebrado na base, não sendo possível ler o nome do indivíduo. Entretanto, é possível ler o seu título, “administrador do tesouro” (*imy-r pr-ḥd*), que aparece nas duas estatuetas. O exemplar de Leiden tem o nome do proprietário: Pabes (*P3-b3-s3*), que foi administrador do faraó Merneptah da XIX Dinastia. Então, sustentamos que, dada a similaridade na forma desses artefatos, os dois foram feitos em moldes e o exemplar do MAE-USP está datado incorretamente.



Figura 86 - RTI - inv. 76/3.165

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 87 - inv. F 1971/10.1

Fonte: Museu de Antiguidades de Leiden. Disponível em: <https://www.rmo.nl/en/collection/search-collection/collection-piece/?object=947>

Em relação a modelagem manual, a figura 88 evidencia a ausência de molde. Com o RTI é possível ver que o artefato é poroso, além de ser menos uniforme e mais rústico que o *shabti* feito em molde, relatado acima.

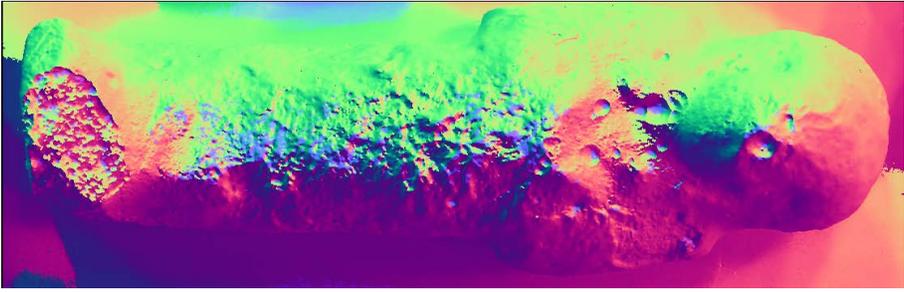


Figura 88 - RTI - inv. RGA 7152/ MP 012-15

Fonte: Arquivo pessoal

6.3.2 Quebra e restauro

O *shabti* da figura 89 está, evidentemente, danificado. Entretanto, ao visualizar as imagens realizadas com RTI, fica claro que toda a sua face anterior foi quebrada. Ao observar o rosto, a ponta da peruca, os braços e os pés da estatueta, vê-se que elas estão lascadas. Dessa forma, algo quebrou, igualmente, elementos em relevo do artefato. Todavia, não há hipóteses de quando e como isso ocorreu.



Figura 89 - RTI - inv. 76/3.164

Fonte: Arquivo pessoal

Os 3 *shabtis* provenientes das caches de Deir-el-Bahari estão em ótimo estado de conservação, como exposto acima. Dessa maneira, pouco foi extraído destes artefatos a partir do RTI. No *shabti* de Taudjatrê (fig. 90), no entanto, as fotos destacaram o restauro da peça. Assim, é possível visualizar duas linhas que se cruzam na região superior do objeto, que demarcam a junção da cabeça e do corpo, anteriormente, quebrados.

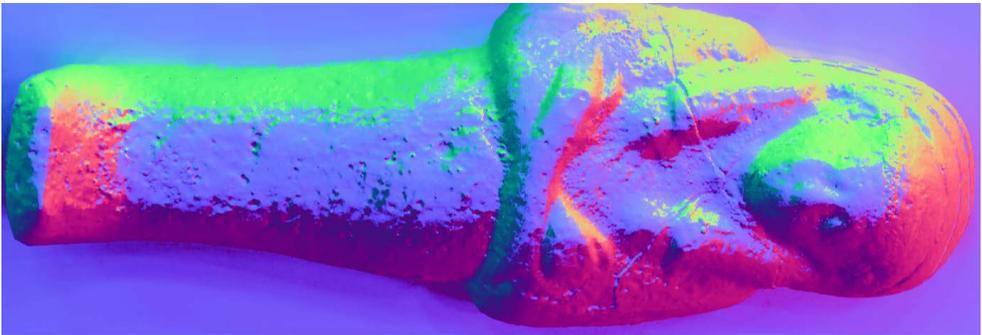


Figura 90 - RTI - inv. 76/3.167

Fonte: Arquivo pessoal

6.3.3 Iconografia

O *shabti* de terracota, supracitado, é um dos mais simples do conjunto de peças estudadas e possui poucas características visíveis a olho nu. O método foi aplicado na parte anterior e posterior do artefato e evidenciou elementos que podem contribuir para o estudo desse objeto. No catálogo realizado por Antonio Brancaglione Jr., o *shabti* é classificado como anepigráfico. Todavia, como vemos na figura 91, há uma marcação retangular que pode indicar a presença de um texto. Na face posterior, também há indícios de uma marca-

ção retangular. Entretanto, as fotos realizadas não a destacaram na face anterior. Esta marcação na parte posterior pode indicar a presença de texto, como na anterior, bem como pode ser um pilar dorsal, comum nas estatuetas da Baixa Época. Mesmo que o RTI confirme essa hipótese, é necessário outras formas de análise para confirmar o significado desta.



Figura 91 - RTI - inv. 83/5

Fonte: Arquivo pessoal

As fotografias desta peça, no entanto, possuem bastante luminosidade, o que pode interferir na análise do objeto. A presença de ruídos na imagem, ou seja, elementos granulados no artefato, indica que mais luz do que necessário incidiu sobre o assunto no momento em que as fotos foram tiradas. Esses ruídos podem interferir ao revelar texturas que não existem de fato no objeto. Dessa maneira, para comprovar nossas hipóteses, será necessário realizar uma nova aplicação, restabelecendo os níveis de luminosidade utilizados.

Considerações Finais

Como vimos, os *shabtis* são ótimas fontes de estudo para compreender a sociedade no Egito Antigo, visto que eram de suma importância para a sua cultura material. Estes tinham um papel fundamental para a religião e para a vivência do indivíduo no pós-morte. Os servidores funerários existiram durante um longo período, portanto, estiveram presentes em vários momentos de mudanças nessa civilização. Com o tempo, esses artefatos se transformaram juntamente com os egípcios, evidenciando suas crenças e expressando suas técnicas e tradições.

A XXI Dinastia é o momento em que os *shabtis* se tornam servos, em decorrência, principalmente, das mudanças religiosas do período, e têm suas características físicas também alteradas. Eles ficam mais simples, sendo assim menos detalhados, tanto na iconografia quanto no texto e no seu suporte. Além disso, são feitos em maior quantidade e têm seu nome alterado para *ushabti*.

A aplicação da técnica *Reflectance Transformation Imaging* se faz importante para o estudo desses objetos ao permitir visualizar elementos que não eram observáveis nas peças. A partir da descoberta de novas características, será possível analisar efetivamente a iconografia e as técnicas utilizadas para sua fabricação. Além disso, com mais informações, podemos conhecer outros objetos de mesmo proprietário. Portanto, a utilização do método foi frutífera e será de grande contribuição para o projeto de pesquisa referente. As imagens trouxeram novas informações relevantes para um melhor entendimento e análise das peças do MAE-USP. Com os novos dados, podemos conhecer melhor a história desses objetos, desde sua produção a outros processos que levaram a sua danificação e restauração. Assim, podem contribuir para pesquisas acerca dos *shabtis*, do período referido, assim como da formação das coleções.

Portanto, foi possível obter ótimos resultados a partir da aplicação do RTI. Todavia, ainda é necessário realizar mais fotos das peças, focando em regiões específicas e realizando ajustes levando em consideração a especularidade dos materiais dos artefatos. Além disso, é necessário aprofundar a pesquisa acerca de cada peça e, futuramente, utilizar outros tipos de tecnologia para confirmar algumas hipóteses.

Referências bibliográficas

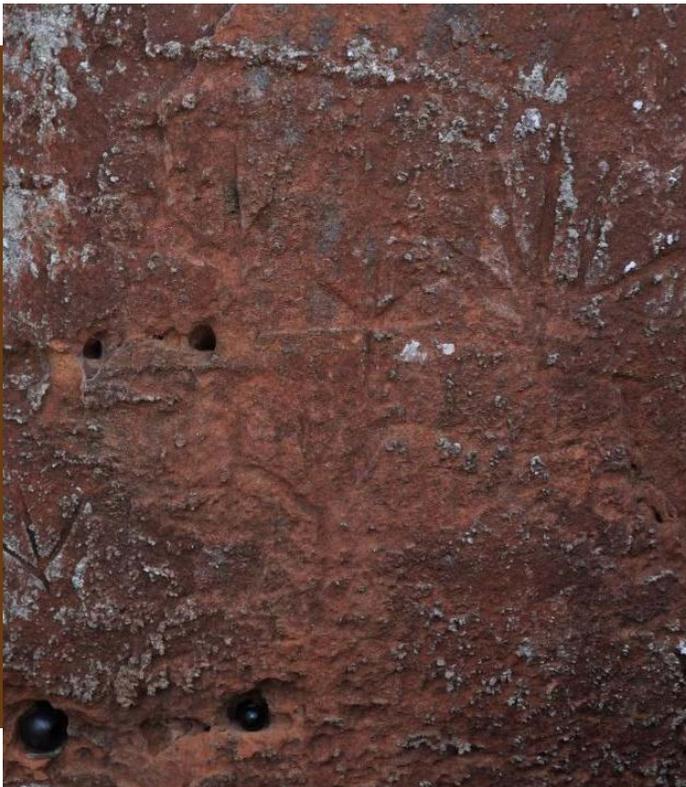
- ARAÚJO, L. M. *Estatuetas funerárias egípcias da XXI dinastia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003.
- AUBERT, J-F.; AUBERT. L. *Statuettes égyptiennes: chaouabtis, ouchebtis*. Paris: Librairie d'Amérique et d'Orient, 1974.
- BENNETT, James E. *The Archaeology of Egypt in the Third Intermediate Period*. Cambridge University Press, 2019.
- BRANCAGLION JR, A. *O acervo egípcio do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP*. São Paulo: 2017.
- CULTURAL HERITAGE IMAGING (CHI). *Reflectance Transformation Imaging Glossary of Photographic and Technical Terms*. São Francisco, 2014.
- GAMA, C. *Os Servidores funerários da coleção egípcia do Museu Nacional: catálogo e interpretação*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.
- HOWLEY, K. The Materiality of Shabtis: Figurines over Four Millennia. *Cambridge Archaeological Journal*, v. 30:1, 2019, p. 123–140.
- JANES, G. *Shabtis: a private view*. Paris: Librairie Cybele, 2002.
- LEMOS, R. *Foreign Objects in Local Contexts: Mortuary Objects in Late Colonial Nubia (16th–11th Centuries BC)*. 2021. Tese de Doutorado.
- MEFFRE, Raphaële. Les serviteurs funéraires thébaines de Troisième Période Intermédiaire. In: *Servir les dieux d'Égypte: Divines adoratrices, chanteuses et prêtés d'Amon à Thèbes* (p. 134-141). Paris: Somogy Éditions d'Art, 2018.
- NICHOLSON, Paul. Faience Technology. In: *UCLA Encyclopedia of Egyptology*. Los Angeles: 2009. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/9cs9x41z>.
- RODRIGUES, G. D., MENDES, J. S., MOURA, C. H. D., & RIGOLON, A. D. C. (2023). Digitalizando a arqueologia com Reflectance Transformation Imaging (RTI) no LARP. In: *10 anos de LARP: trajetórias e perspectivas*. São Paulo: 2023.

- SCHNEIDER, H. D. *Shabtis: an introduction to the history of ancient egyptian funerary statuettes with a catalogue of the collection of shabtis in the national museum of antiquities at Leiden*. v. 1,2 e 3, Leiden: Rijksmuseum van oudheden, 1977.
- TAYLOR, J. *Death and the afterlife in ancient Egypt*. Londres: British Museum Press, 2001.
- TOMORAD, M. Shabtis from the Museum and Private Collections in Croatia: Dating and Typological Study. In: *Egypt 2015: Perspectives of Research: Proceedings of the Seventh European Conference of Egyptologists (2nd-7th June, 2015, Zagreb-Croatia)*. Archaeopress Publishing Ltd, 2017. p. 219-239.
- WENDRICH, Willeke. Identity and personhood. In: *Egyptian Archaeology*, p. 200-219, 2010.
- WUETHRICH, A. *Étude critique des chapitres dits "supplémentaires" du Livre des Morts 162 a 167*. Tese apresentada na Universidade de Genebra, 2007.

7

- RTI para estudo e pesquisa de gravuras rupestres:

Um novo exame dos painéis gravados do sítio Portão do Inferno - Chapada dos Guimarães/MT, Brasil



Introdução

A riqueza da Arte Rupestre no Brasil Central é atestada pela presença de centenas de sítios em Mato Grosso, Goiás, Tocantins e Minas Gerais com temáticas, técnicas e composições muito diversas. No estado do Mato Grosso destacam-se as pesquisas realizadas nas regiões de Rondonópolis, da Serra das Araras e da Chapada dos Guimarães no âmbito de três Missões Arqueológicas Franco-Brasileiras que se dedicaram ao estudo dessas áreas desde a década de 1980 (conferir relatórios de pesquisa entre 1983 e 2013 SEI/IPHAN) até 2023 (Bachelet et al. 2017; 2018; 2019 e Paillet et al. 2021; 2022 e 2023).

Na região da Chapada dos Guimarães as pesquisas iniciaram-se em 2017 com uma equipe interdisciplinar franco-brasileira dirigida por C. Bachelet, V. Wesolowski e L. Figuti (Bachelet et al. 2017; 2018 e 2019), e continuaram a partir de 2020 com um novo projeto, também franco-brasileiro, coordenado por P. Paillet e V. Wesolowski¹. Essas foram as primeiras pesquisas arqueológicas realizadas na região do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães (PNCG) e seu entorno (área de amortização), revelando ocupações nos abrigos desde pelo menos 2.000 anos AP até 1.000 anos AP (Bachelet et al. 2018) e uma rica expressão rupestre em abrigos e paredes que se distribuem no espaço e organizam uma paisagem marcada por pinturas e gravuras (Paillet et al 2023).

No PNCG, assim como ocorre na Cidade de Pedra (Bacia do Rio Vermelho – Rondonópolis), a diversidade é a tônica do registro rupestre e o aprofundamento das pesquisas demonstrou uma aparente organização dos espaços ornados entre sítios pintados e sítios gravados,

1 Projeto “Archéologie de l’art rupestre au Mato Grosso (Brésil). La région du Parc national de la Chapada dos Guimarães (Cuiabá et Chapada dos Guimarães)”

sendo as gravuras claramente preponderantes sobre as pinturas (Paillet et al 2023). Entre os espaços gravados destacam-se os sítios Portão do Inferno, Fecho do Morro da Lagoinha e Salgadeira, todos demonstrando elementos gráficos que de certa forma advogam pela existência de uma semelhança em aspectos formais e gráficos compartilhados que sobressaem na diversidade (Paillet et al 2023).

De forma geral os sítios de gravura do PNCG apresentam elementos gráficos complexos, com repetição e reapropriação de entidades gráficas características, que por vezes são de difícil leitura em decorrência da ação de agentes tafonômicos tanto bióticos como abióticos. Em especial o abrigo Portão do Inferno tem paredes muito alteradas com grande impacto sobre a conservação das gravuras o que prejudica sobremaneira a análise de alguns painéis. Ao mesmo tempo, apresenta características de insolação que o tornam muito adequado à aplicação da técnica fotográfica de *Reflectance Transformation Imaging* (RTI) para registro dos painéis.

Neste artigo serão apresentados os resultados obtidos pela aplicação da técnica de RTI a alguns painéis gravados deste sítio, além das análises, por outras técnicas, realizadas sobre todos os painéis.

7.1

Um pouco de contexto – Arqueologia no PNCG e o Abrigo Portão do Inferno

Localizado entre os municípios de Cuiabá e Chapada dos Guimarães, o PNCG tem a extensão de 326,30 km² e está inteiramente inserido no bioma Cerrado, sendo a região delimitada ao norte pela bacia amazônica e ao sul pela bacia do Paraguai-Paraná (PM/PNCG, 2009, 3). Situado na bacia do rio Cuiabá, está marcado pela presença

de uma miríade de rios, córregos e nascentes, afloramentos do aquífero Guarani, que alimentam rios maiores como o rio Coxipó e o rio Manso (PM/PNCG, 2009, 16).

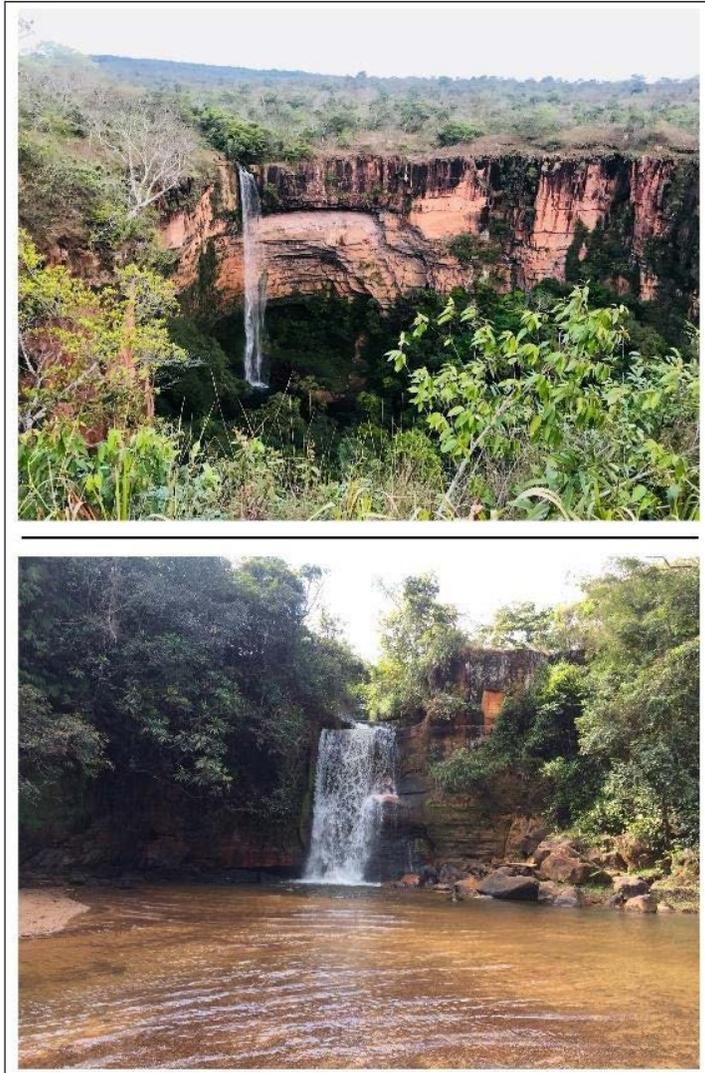


Figura 92 - Acima cachoeira Vêu de Noiva, abaixo, cachoeira dos Namorados.

Fotos. C. Guedes

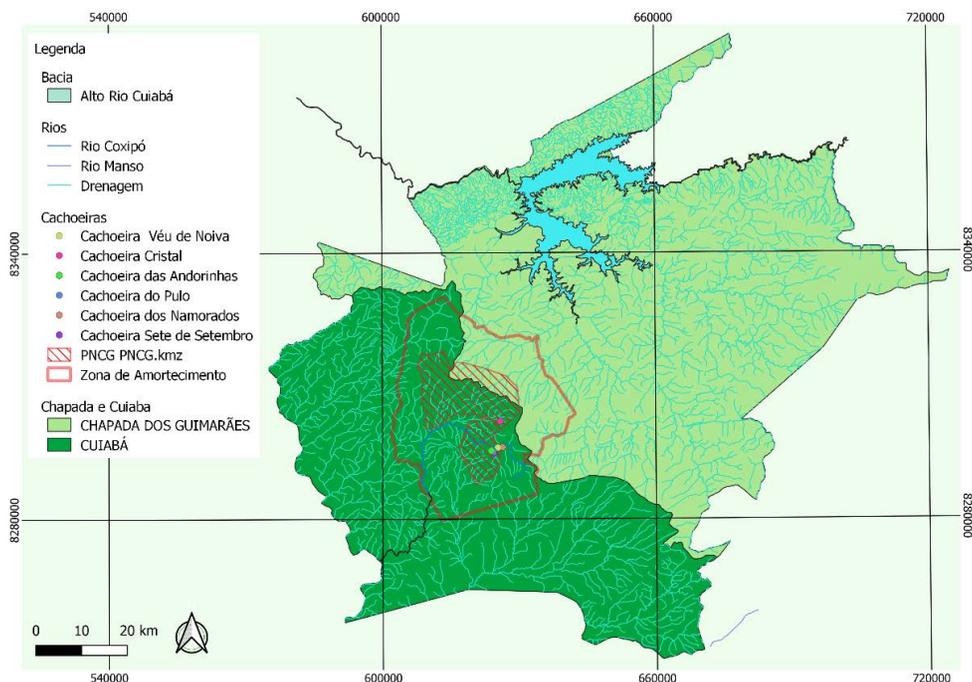


Figura 93 - Mapa 1. Principais cursos d'água e drenagem na região do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães.

Mapa: C. Guedes

A umidade da região também proporciona uma exuberância vegetal que para além do cerrado propriamente dito e do cerrado, contempla matas ciliares e de galeria e veredas (Brasil, 1982a e Alho et al., 2000).

Geomorfologicamente, a Chapada dos Guimarães apresenta relevos escarpados e frequentemente ruiniformes formados sobretudo em arenitos das formações Furnas e Botucatu, esta última apresentando rochas bastante intemperizadas, mas também em argilitos da formação Ponta Grossa. (Brasil, 2006 *apud* PM, 2009, 15). Suas escarpas e ressaltos contornam o pediplano da Depressão Cuiabana,

e a presença de morros de cristas ravinadas marca a transição entre a depressão e o planalto (PM 2009, 15)

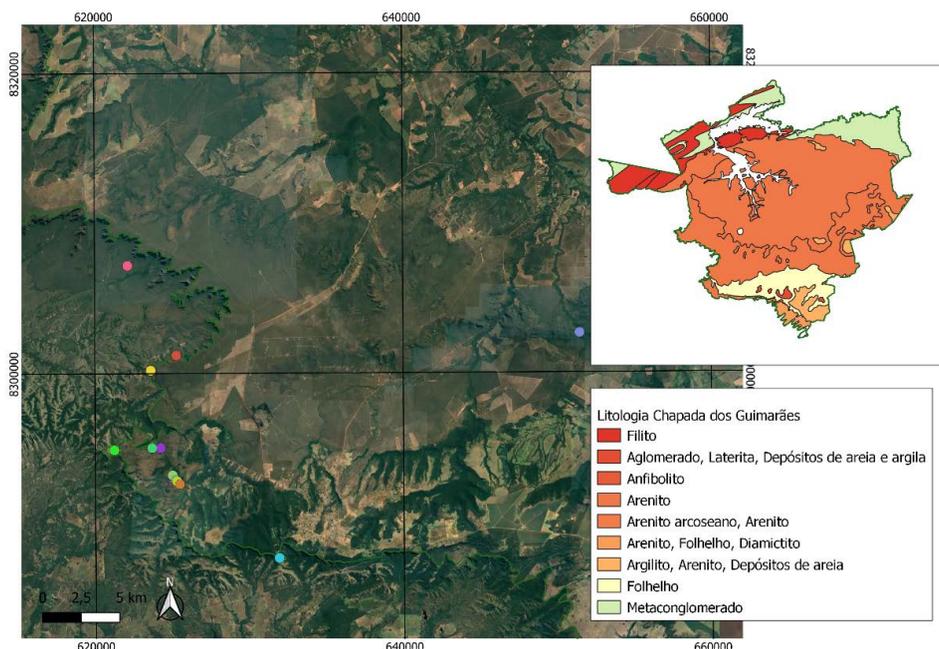


Figura 94 - Mapa 2. Litologia do município de Chapada dos Guimarães.

Mapa: C. Guedes

Relevo e hidrologia em conjunto conformam uma paisagem conspícua, um espaço facetado, concomitantemente, por áreas mais úmidas com vegetação exuberante e áreas mais secas onde o cerrado e os campos secos dominam, por afloramentos densamente esculpidos pelo tempo, lembrando em grande parte as formações rochosas da Cidade de Pedra, nas margens do rio Vermelho, a sudeste do PNCG, e pelas chapadas com paredões abruptos de grande altura e cume totalmente aplainado, rasgadas por vales profundos.



Figura 95 - Paisagem típica da região.

Fotos: C. Guedes

Localizados a meio caminho entre duas áreas arqueológicas cujas ocupações humanas remontam ao Pleistoceno (Abrigo Santa Elina - 23.120 ± 260 anos AP 27.402 anos cal. AP - Gif-A99177) (Vilhena Vialou, 2003, 2005, 2011) ou ao Holoceno Inicial (Aldeia Morro Solteiro - 9.535 ± 45 anos AP 10.737 cal. AP/ Gif-12848), (Fontugne, 2013), os sítios escavados na área do PNCG apresentam ocupações bem mais recentes, remontando a 2.000 anos AP.

Há sítios tanto em abrigos como em áreas a céu aberto, ambos caracterizados pela presença de pisos arqueológicos em estratigrafia, e também ocorrências de materiais líticos e cerâmicos isolados

tanto em estratigrafia como em superfície. Os cinco sítios escavados (Capoeira do Monjolo 1, 2 e 3; Fecho do Morro da Lagoinha e Portão do Inferno), revelaram uma baixa densidade de materiais e poucas estruturas de queima organizadas (fogueiras) (Bachelet et al 2019; Paillet et al 2023)

Ainda que os vestígios cerâmicos sejam muito poucos, sua presença ocorre em todos os sítios, não sendo no momento possível definir com certeza a existência de ocupações pré-ceramistas. Trata-se de uma cerâmica de paredes grossas e acabamento alisado. Na indústria lítica percebe-se a utilização de seixos de arenito, algum sílex em pouca quantidade e em sítios de um setor específico do PNCG (Setor Monjolo, mapa 3 abaixo) uma aparente preferência pelo quartzo em alguns momentos da ocupação (Bachelet et al 2018; Paillet et al 2023).

Quanto aos sítios ornados, ao longo dos anos de pesquisa (2017 a 2023) foram realizados estudos sistemáticos em 15 sítios: Capoeira do Monjolo I, Capoeira do Monjolo II, Lírio, Cavalo de Tróia, Afro, Ponta do Monjolo (Guedes, 2020), Abrigo Caído, Toca dos Malucos, Salgadeira, Portão do Inferno, Solzinho, Lapa do Frei Canuto, Pata da Onça, Bicho Morto e Ponta e Fecho do Morro da Lagoinha.

Em termos de escolha de compartimento topográfico, a maioria se encontra inserido em fundo de vale (nove sítios). Os demais se distribuem quase igualmente entre topo de morro (quatro) e média encosta (cinco).

Quanto ao uso do espaço parietal, alguns abrigos rupestres podem ser considerados de pequena a média dimensão, caso dos abrigos Toca dos Malucos, Pata da Onça, Bicho Morto, Ponta do Monjolo, Capoeira do Monjolo II, Lírio, Abrigo Caído, Cavalo de Tróia e o sítio Afro, já os demais podem ser definidos como sítios de grandes dimensões, como os abrigos Capoeira do Monjolo I, Salgadeira, Portão do

Inferno, Fecho do Morro da Lagoinha e o monumental Lapa do Frei Canuto além do paredão Ponta do Rio Claro.

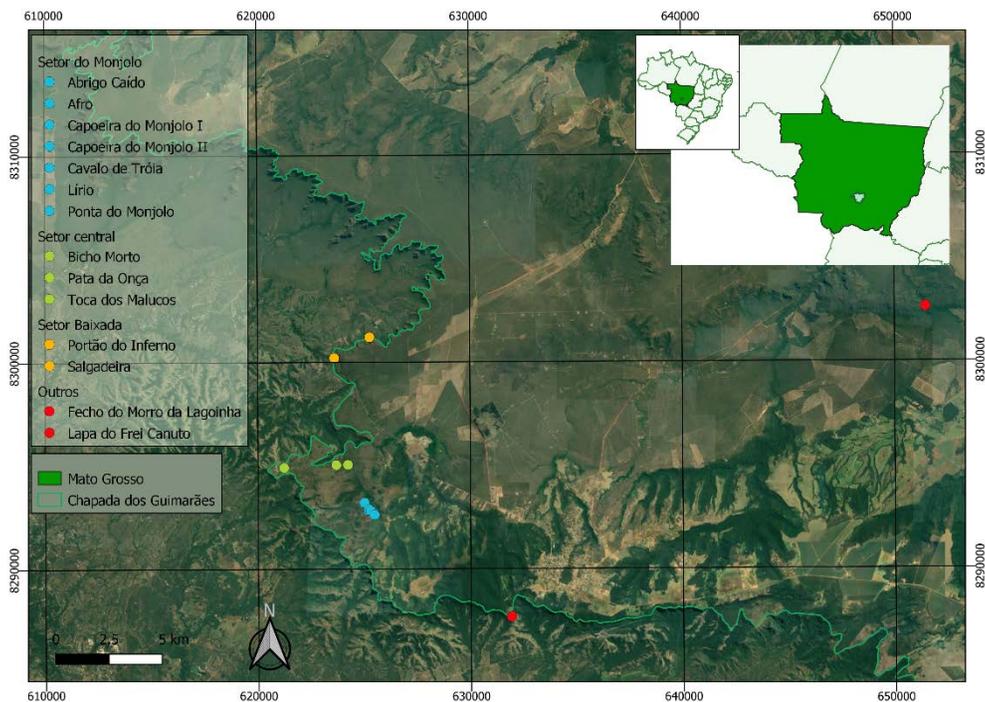


Figura 96 - Mapa 3. Distribuição espacial dos sítios ornados em setores no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães.

Mapa: C. Guedes

As representações geométricas são a temática dominante na quase totalidade dos sítios, podendo-se, em alguns, identificar representações de animais como temática secundária. Nesse conjunto de sítio o abrigo rupestre monumental Lapa do Frei Canuto destaca-se como uma exceção dado o grande número de representações de animais presentes.



Figura 97 - Abrigo rupestre Lapa do Frei Canuto (superior); Abrigo rupestre Salgadeira (inferior).

Fotos: C. Guedes



Figura 98 - Superior: Abrigo rupestre Fecho do Morro da Lagoinha; inferior: Abrigo rupestre Capoeira do Monjolo I.

Fotos: C. Guedes

Entre os sítios com gravuras destacam-se Salgadeira, Fecho do Morro da Lagoinha e Portão do Inferno. Neles a gravura é a técnica quase exclusiva para a produção dos grafismos e apenas em Portão do Inferno há um pequeno painel pintado, que inclui um padrão elaborado, localizado no teto de um pequeno recesso abaixo de um dos principais painéis gravados (Paillet et al. 2023). Todos os sítios apresentam elementos em comum em termos técnicos e temáticos, no entanto também apresentam particularidades que os individualizam.

Esses três abrigos são particularmente interessantes para essa aplicação de método, pois possibilita uma análise mais detalhada da técnica de gravura, proporcionando maior compreensão sobre a morfologia dos traços gravados. Para isso, seguimos os processos já estabelecidos em diferentes contextos de abrigos e grutas rupestres no contexto brasileiro (Guedes, 2016) e no contexto paleolítico da Europa Ocidental (Robert et al., 2016).

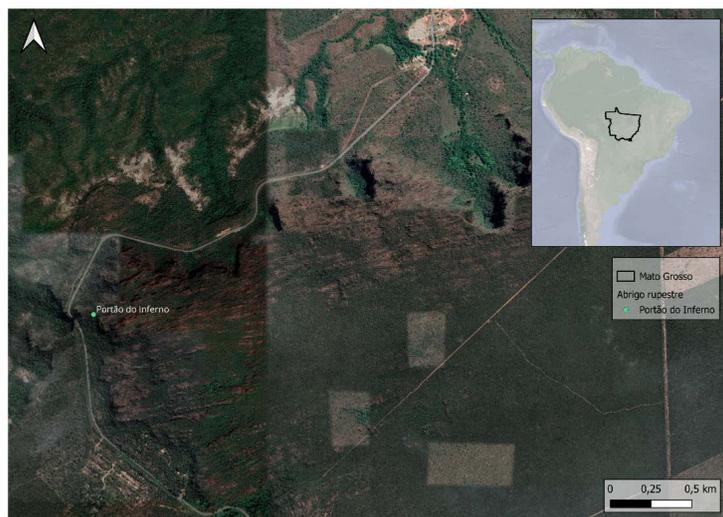


Figura 99 - Mapa 4. O sítio Portão do Inferno está inserido em baixa vertente, nas proximidades da estrada, na baixada que liga Chapada dos Guimarães com a capital do estado, Cuiabá

7.2

Métodos

Para o estudo do abrigo Portão do Inferno foi utilizada a mesma abordagem metodológica aplicada nos estudos realizados na região da Cidade de Pedra (Rondonópolis) (conferir relatórios de pesquisa op. cit.). Foram realizadas as leituras dos painéis com grafismos através dos planos diretores detalhados, relacionando cada entidade gráfica, diferenciando-as tecnicamente, no caso do Portão do Inferno segundo técnicas de gravura (linha ou picoteamento) e os inserindo dentro do contexto geral dos painéis e no contexto local do sítio (através de coordenadas GPS e orientação cardeal).

Além do registro fotográfico sistemático das unidades gráficas isoladas, dos conjuntos dos painéis e do contexto geral do sítio, foram realizadas também coberturas fotogramétricas para a geração e modelos 3D. Essa ferramenta possibilita variadas observações sobre as técnicas dos grafismos bem como permite a análise sobre a morfologia dos suportes rochosos em maior detalhe.

Foram realizadas medidas detalhadas das unidades gráficas, as quais podem ser refeitas posteriormente a partir dos modelos 3D.

Complementarmente foi aplicado o método fotográfico RTI, para possibilitar a análise da técnica empregada nas gravuras e incisões. Essa abordagem tinha sido tentada pela primeira vez em 2018, mas os testes realizados naquele momento não tiveram sucesso (Bachelet et al 2018). As restrições impostas pelo contexto externo, a luminosidade e a necessidade de ter marcadores (esferas que refletem o flash) que fiquem visíveis em toda a bateria de fotos, dificultaram a abordagem naquela ocasião muito em função do painel selecionado para teste e, por esse motivo em 2022 o método foi novamente aplicado em outros painéis.

Reflectance Transformation Imaging (RTI) é um método fotográfico computacional que captura a forma e a cor da superfície de um elemento e, em seguida, a re-ilumina interativamente a partir de diversas direções. O RTI também permite melhorar matematicamente a forma da superfície e os atributos de cor do elemento registrado. Este método permite e facilita a observação cuidadosa dos menores detalhes da superfície, a partir de ângulos que as observações tradicionais não permitem². Foi desenvolvido há cerca de quinze anos para estudos dedicados à arte pré-histórica, principalmente arte mobiliária, mas também arte rupestre (Mudge et al., 2006).

Este método geralmente se aplica a objetos, em museus ou laboratórios, e requer uma cúpula fechada posicionada acima do objeto, dentro da qual são instaladas luzes do tipo LED em toda a superfície para produzir a iluminação sucessiva registrada pela câmera que permanece fixa durante todo o tempo do processo fotográfico. Também pode ser implementado em paredes gravadas, o que apresenta maior dificuldade por não ser possível utilizar cúpula. Condições especiais de gravação e adaptação do protocolo são então necessárias, aplicações recentes foram implementadas, nomeadamente em sítios de arte rupestre na Europa Ocidental (Cassen & Robin, 2010, Masson-Mourey, 2019). O seu processo complementa muitas vezes outros métodos de registo, nomeadamente a fotogrametria para modelação 3D, e também tem sido objeto de abordagens comparativas sobre os respectivos pontos fortes e limitações dos dois métodos, sobretudo em objetos de arte de mobiliário (Thi-Porter et al., 2016).

Entretanto, esse método pode ser adaptado a distintas realidades de pesquisa, e no caso do estudo do abrigo Portão do Inferno os processos de RTI foram aplicados no painel no. 3 e no painel no. 4, e alguns ajustes se fizeram necessários.

2 Conferir <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>

Considerando as especificidades do sítio, o método do RTI precisou ser adaptado para um contexto externo, sem a utilização da cúpula, seguindo as recomendações dos criadores do software utilizado (CHI). Aplicamos este método a dois painéis do abrigo Portão do Inferno, que ofereciam condições homogêneas de iluminação exterior (sem luz solar na parede, sem raios de luz exteriores, graças à sua orientação e às árvores que protegem o local).

Posicionamos a câmera sobre um tripé, a uma distância correspondente a um espaço entre 2 e 4 vezes o campo do segmento do painel estudado (55 cm na diagonal, posição do tripé a aproximadamente 1,30 m da parede) (figuras 100 e 101). Um flash cobra, acionado pelo flash central da câmera (cuja iluminação foi então interrompida por um filtro colocado a menos de 10 cm do flash), foi movimentado ao longo de linhas ortogonais em relação ao suporte rochoso e ao redor da câmera, mantendo uma mesma distância da parede, em ângulos entre 15° e 65° da parede decorada. Os parâmetros de disparo não foram alterados, sendo trabalhado no modo manual para evitar qualquer modificação nos mesmos.

Foram testados dois segmentos de parede, com morfologias diferentes. Os dados processados e o resultado desta abordagem estão apresentados abaixo.

A partir das imagens obtidas com o uso do flash cobra móvel e o controle do movimento da iluminação através de esferas pretas e vermelhas, foi possível obter, de maneira bem-sucedida, os dados necessários para o processamento das imagens e sua posterior aplicação analítica.

As imagens fotográficas foram realizadas em enquadramento com as esferas reflexivas (figuras 102 e 103) obtidas a partir do controle da distância e reposicionamento do flash, tendo como forma de controle localizado no ponto central do painel alvo do levantamento e foco de nossa abordagem.

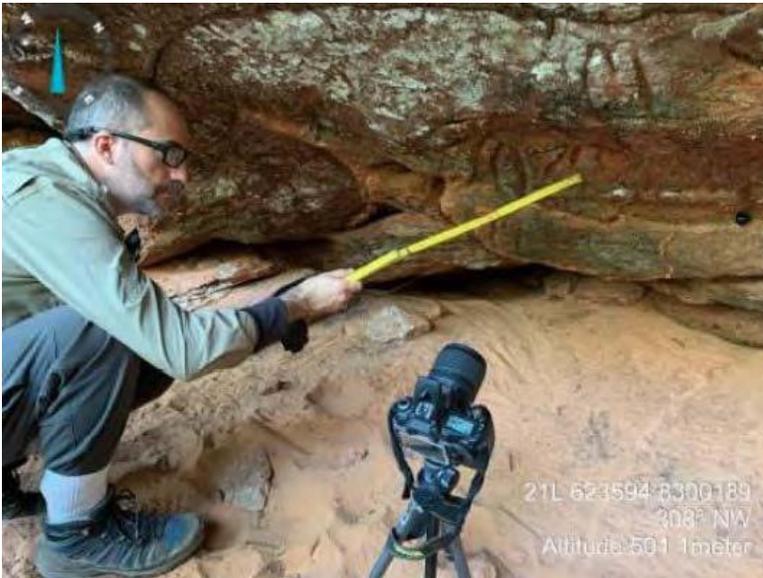


Figura 100 - Controle da distância para posicionamento do flash.

Foto: C. Guedes



Figura 101 - Posicionamento do flash para o levantamento fotográfico.

Foto: C. Guedes



Figura 102 - Delimitação do espaço do painel e posicionamento das esferas reflexivas.

Foto: C. Guedes



Figura 103 - Pano inserido na saída do flash para difusão da luminosidade.

Foto: C. Guedes

As imagens foram processadas no software disponibilizado pelo CHI denominado “RTI Builder”. Trata-se de um processamento semi-automatizado e, para um resultado positivo da abordagem fotográfica, dois elementos foram fundamentais: 1) O foco foi mantido fixo durante todo o procedimento e 2) As esferas refletiram claramente os movimentos do flash, e registrados na imagem fotográfica.

7.3

O conjunto gráfico do Portão do Inferno e os primeiros resultados do RTI

O abrigo rupestre Portão do Inferno, objeto central desse artigo, foi inicialmente estudado em 2018, e teve as pesquisas retomadas em 2022. Localizado próximo a estrada entre Cuiabá e Chapada dos Guimarães, está inserido no coração de um grande afloramento que se prolonga ao longo do vale do Rio Claro. Mascarado e protegido pela vegetação, com paredes muito intemperizadas, com muitos deslocamentos e sulcadas por rachaduras, apresenta um conjunto de 5 painéis compostos majoritariamente por gravuras profundas.

As escavações realizadas no abrigo revelaram três pequenas estruturas de queima localizadas em um recesso da parede, e alguns vestígios líticos em pequena quantidade sugerindo que as passagens humanas pelo sítio foram breves e que este espaço à exemplo de outros abrigos da região foi usado para permanências rápidas de grupos pequenos.

Dos 5 painéis, três estão próximos ao ponto de chegada ao sítio a partir da estrada e seguindo-se o paredão, protegidos pela inclinação do abrigo. Os outros dois estão mais adiante na parede, no final do dispositivo e não estão protegidos pela inclinação do abrigo. A parede destes dois últimos painéis apresenta também um aspecto diferente das

anteriores, muito alterada, e as gravuras aparecem com aspecto “corroído” sendo bem menos legíveis. É exatamente a análise desses dois painéis que pode ser melhorada com a aplicação da técnica de RTI.

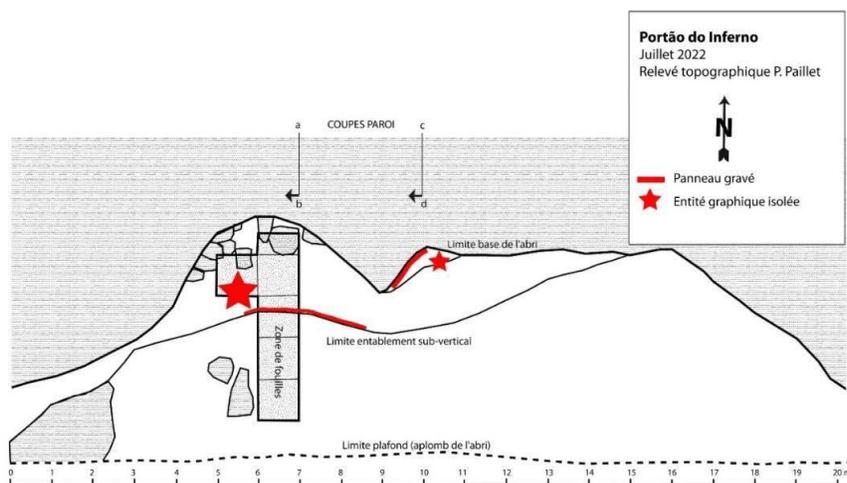


Figura 104 - Topografia da parte principal do abrigo Portão do Inferno.

Relevé: P. Paillet

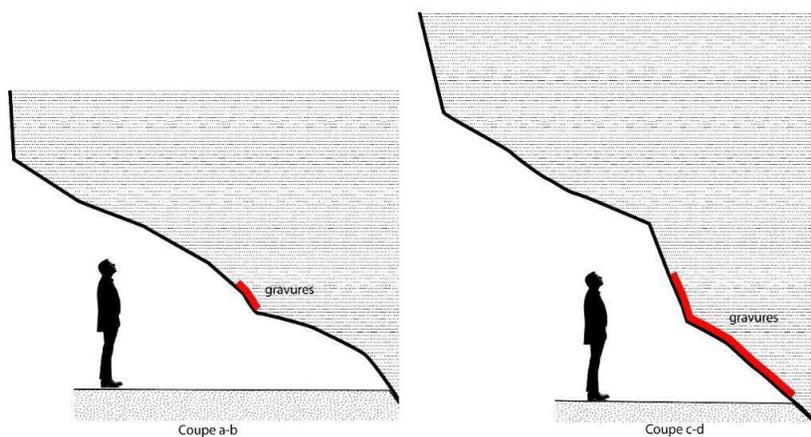


Figura 105 - Cortes da parede principal do abrigo (L-O).

Relevé: P. Paillet



Figura 106 - Vista geral do sítio.

Foto: P. Paillet

O espaço parietal é composto principalmente por gravuras profundas. Os únicos indícios de pintura, ou melhor, de desenho, são de um padrão reticulado muito elaborado traçado a preto e vestígios de desenho também em preto (figura 107) implantados sobre o teto de uma pequena alcova. Esse desenho está localizado sob um dos principais painéis gravados do local.

O dispositivo parietal está organizado em cinco painéis principais, três localizados na parte mais profunda e mais bem protegida do abrigo e outros dois a nascente do abrigo principal, dispostos em paredes verticais. O estado de conservação destes dois últimos painéis desprotegidos é baixo. Alterações superficiais tornaram as leituras das gravuras muito difíceis.

Os padrões geométricos são onipresentes e não identificamos nenhuma forma figurativa característica. A releitura dos painéis e a verificação dos planos diretores revelaram a presença frequente de padrões tridígitos. Todas as gravuras que compõem o painel principal (figura 109) demonstram uma integração densa num espaço bastante restrito, utilizando as bordas da faixa natural da parede como suporte para os padrões geométricos. Além disso, diversos furos naturais são utilizados para compor alguns dos padrões, como um cruciforme localizado na parte esquerda. Encontramos sobretudo sulcos dispersos, algumas placas apontadas para cima e dois motivos quadrangulares compartimentados no seu interior (figura 110), tipologicamente próximos de alguns motivos de outro sítio da região.



Figura 109 - Friso principal com os registros gravados.

Foto: E. Robert

Para fins de comprovação da eficácia do método de RTI neste sítio específico, apresentaremos aqui alguns breves apontamentos baseados nas leituras preliminares realizadas sobre dois painéis gravados do sítio rupestre Porão do Inferno.

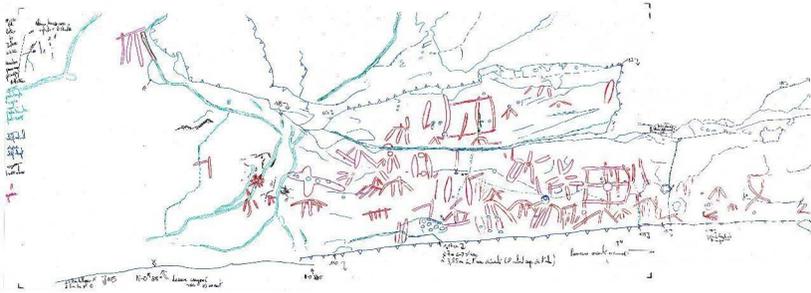


Figura 110 - Leitura (Relevé) do painel principal.

Relevé. E. Robert

O primeiro painel trabalhado, de número 3, apresentado na figura 111, é composto por 7 unidades gráficas e o painel 4 (figura 112), é composto por 5 unidades gráficas. Enquanto neste último podemos observar claramente uma temática figurativa representada pelos grafismos tridigitos, o painel 3 traz como temática principal elementos não-figurativos, representado por formas geométricas.

Foram realizadas novas leituras sobre três unidades gráficas do painel 3 e uma unidade gráfica do painel 4.



Figura 111 - Painel 3 contendo padrões geométricos. Observa-se a esfera vermelha apoiada sobre o suporte rochoso para a captura das imagens

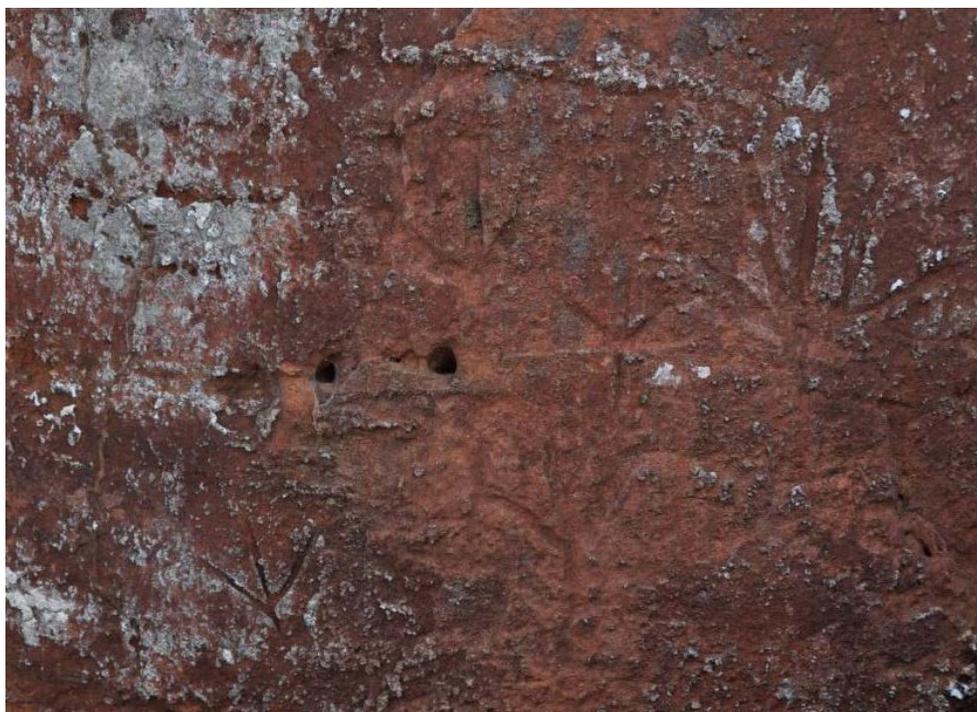


Figura 112 - Painel 4 localizado no final do abrigo, padrões de tridígitos.

Foto: E. Robert

A organização de ambos os painéis, ainda que aparentemente simples, demonstra a complexidade dos traços, mantendo certa coerência na organização do esquema iconográfico deste sítio.

As duas figuras abaixo apresentam as análises preliminares realizadas sobre os painéis 3 e 4, a partir das imagens geradas em campo e visualizadas com o RTI Viewer.

Antes de prosseguirmos, é importante notar aqui que aquilo que chamamos de Plano Diretor é uma ferramenta metodológica utilizada em campo para o registro e estudo dos sítios ornados. Trata-se, portanto, de uma leitura, uma compreensão atenta sobre os traços gra-

vados e pintados existentes no dispositivo parietal do sítio, realizada sobre cada uma das entidades gráficas, separadamente, e depois compreendidas em conjunto.

É a partir da conjugação entre os diversos dados criados em campo (plano diretor, fotografia, fotogrametria e RTI) que o processo efetivo de leitura analítica ocorrerá em laboratório.

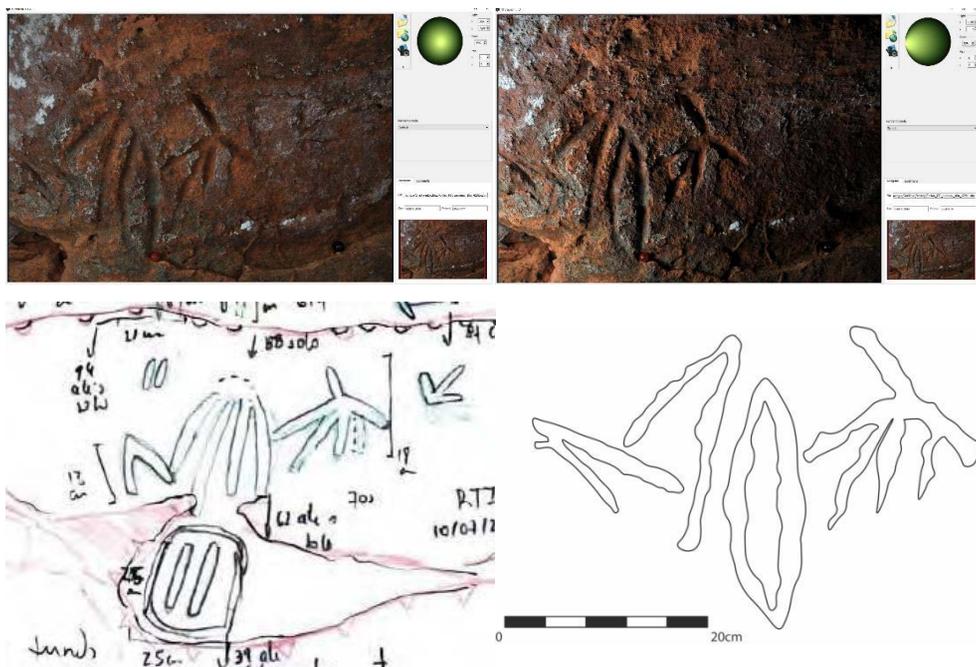


Figura 113 - Painel 3 – elementos geométricos. As duas imagens acima apresentam um printscreen do RTI Viewer e o contraste gerado a partir da manipulação virtual do foco de luz. Abaixo, à esquerda pode-se observar o plano diretor elaborado em campo, e à direita o novo relevé realizado a partir da visualização do RTI. A área circulada indica o elemento sobre o qual foi realizada a releitura.

No caso do painel 3 foi possível responder às questões levantadas em campo, indicadas pelo pontilhamento no plano diretor. O elemento central, indicado na figura 109, diferentemente do que foi sugerido em campo, é constituído por duas unidades gráficas.

No painel 4, que se pode observar na figura 105, foi possível aprimorar as leituras sobre o grafismo maior (localizado à direita do conjunto gráfico). Nota-se que este elemento não é integral como sugerido pela leitura em campo, mas foi organizado em duas etapas distintas.

O método RTI aplicado ao abrigo rupestre Portão do Inferno foi utilizado para que pudéssemos testar a sua capacidade de elucidar maiores questões sobre elementos da construção das entidades gráficas. A localização dos painéis bem como o estado de conservação dos mesmos tornou menos clara a visualização desses elementos gráficos a olho nu.

Em função da profundidade dos traços gravados, foi possível a construção de elementos contrastantes entre luz e sombra, que facilitaram o registro fotográfico para a aplicação do método RTI sobre as unidades gráficas. Em alguns casos foi possível melhorar nossa leitura sobre detalhes afetados pelo estado de conservação de determinados elementos gravados. Em outros casos percebemos que a utilização da ferramenta serviu para corroborar as leituras realizadas em campo, abordagem essa de grande relevância para o estudo de sítios rupestres.

Os levantamentos realizados na missão de 2022 geraram dados de alta qualidade proporcionando importante auxílio sobre a leitura dos elementos gravados. Através deles foi possível realizar um primeiro refinamento sobre as leituras tecno-morfológicas das unidades gráficas gravadas.

Esses dados precisam ainda ser avaliados a partir de um método comparativo entre os demais atributos relacionados aos sítios

em busca de informações sobre possíveis padrões de ocupação do espaço e a construção de uma paisagem cultural antiga.

Agradecimentos:

Agradecemos à toda equipe do ICMBio pelo acolhimento e colaboração com nosso projeto. Agradecemos também à todas e todos os trabalhadoras e trabalhadores do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães. Nosso agradecimento também aos professores Águeda Vilhena Vialou e Denis Vialou. Por fim nosso agradecimento ao IPHAN-MT e ao *Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères*.

Referências bibliográficas:

- AUBRY, Thierry (2006). Geologia. In: VIALOU, Águeda Vilhena, *Pré-história do Mato Grosso*, vol. 2 Cidade de Pedra. São Paulo. EDUSP, pp. 21-26.
- FONTUGNE, Michel (2013). “Cronologia dos Acampamentos”. In: VIALOU, Águeda Vilhena; FIGUTI, Levy (orgs.). *Cidade de Pedra: passado no presente*. Casa Editorial Maluhy & Co., São Paulo, pp. 47-50.
- GUEDES, Carolina (2016). Tecnologias de processamento fotogramétrico e restauro digital como ferramentas de preservação e conservação do patrimônio arqueológico: Um estudo de caso do contexto brasileiro. *IV Seminário de Preservação do Patrimônio Arqueológico*, vol.11, n.2, pp. 253-267.
- GUEDES, Carolina, ROBERT, Eric, and BACHELET Caroline. “New rock-art data from the state of Mato Grosso, Brazil: A graphical analysis of rock-art shelters between the Vermelho and Gavião rivers.” *Quaternary International* 510 (2019): 133-147.
- GUEDES, Carolina (2020). Tecnologias digitais em arte rupestre: um estudo do espaço ornado do sítio Ponta do Monjolo, Chapada dos Guimarães / MT - Brasil. In: PAILLET, Elena; PAILLET, Patrick; ROBERT, Eric (orgs.). *Voyages dans une forêt de symboles: mélanges offerts au Professeur Denis Vialou*. Treignes, Éditions du Cedarc, pp. 105-114.
- ISNARDIS, Andrei (2009). Entre as Pedras As ocupações pré-históricas recentes e os grafismos rupestres da região de Diamantina, Minas Gerais. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*. Suplemento, pp. 5-194.
- PAILLET, Patrick (1995). Étude préliminaire de nouveaux abris ornés découverts au Brésil: les abrigos Vermelhos (Rondonópolis, Mato Grosso). *L'Anthropologie* 99, pp. 444-458.
- PAILLET, Patrick (1998). Diversité de l'art rupestre du Rio Vermelho. Le site Gleba da Cerca (Rondonópolis, Mato Grosso, Brésil). *L'anthropologie* 102, n.2, pp. 177-196.

- PAILLET Patrick (2006): Nouvelles découvertes d'art rupestre au Mato Grosso (Cidade de Pedra, Rondonópolis, Brésil). *L' Anthropologie* 110, n.4, pp. 547–579.
- PEREIRA, Edithe (2004). *Arte rupestre na Amazônia: Pará*. São Paulo, Unesp.
- PESSIS, Anne-Marie (2003). *Imagens da pré-história: Parque Nacional Serra da Capivara*. São Raimundo Nonato, FUNDHAM.
- RIZZUTTO, Márcia de Almeida; ADDED, Nemitala; TABACNIKS, Manfredo Harri; CURADO, Jéssica Fleury e PASCHOLATI, Paulo Reginaldo (2009). Métodos analíticos não destrutivos para análise de obras de arte. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia. Suplemento*, (supl. 8), pp. 177-188.
- ROBERT, Eric; PETROGNANI, Stephane et LESVIGNES, Emile (2016). Applications of digital photography in the study of Paleolithic cave art. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10, pp. 847-858.
- TOLEDO, Eduardo Vilhena de (2006). Prospecção. In: VIALOU, Águeda Vilhena (org.). *Pré-história do Mato Grosso, vol. 2 Cidade de Pedra*. São Paulo, EDUSP, pp. 27-32.
- VIALOU, Denis (2006). A Arte Rupestre e a Paisagem da Cidade de Pedra. In: VIALOU, Águeda Vilhena (org.). *Pré-história do Mato Grosso, vol. 2 Cidade de Pedra*. São Paulo, EDUSP, pp. 51-70
- VIALOU, Águeda Vilhena (2006). *Pré-história do Mato Grosso, vol. 2 Cidade de Pedra*. São Paulo, EDUSP
- VIALOU, Águeda Vilhena e VIALOU, Denis (1988-1989). Art rupestre dans des abris-habitats préhistoriques du Mato Grosso, Brésil. *Ars Praehistorica*. Ediciones Auja, Barcelona, pp. 347–356.

References à ajouter

- CASSEN, S., ROBIN, G., 2010, Recording Art on Neolithic Stelae and Passage Tombs from Digital Photographs, *J Archaeol Method Theory* (2010) 17:1–14, DOI 10.1007/s10816-009-9075-y
- MASSON MOUREY, J., 2019, First application of Reflectance Transformation Imaging

(RTI) on Prehistoric Rock Engravings of the Monte Bego Region (Tende, Alpes-Maritimes, France), International Newsletter On Rock Art - INORA, 2019, nº84, pp. 25-30

MUDGE, M., MALZBENDER, T., SCHROER, C., LUM, M., 2006, New Reflection Transformation Imaging Methods for Rock Art and Multiple-Viewpoint Display, in The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST (2006), M. Ioannides, D. Arnold, F. Niccolucci, K. Mania (Editors).

THI-PORTER, S., HUBER, N., HOYER, C., FLOSS, H., 2016, Portable and low-cost solutions to the imaging of Paleolithic art objects: A comparison of photogrammetry and reflectance transformation imaging, in Journal of Archaeological Science: Reports, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.07.013>

Relatórios:

PLANO DE MANEJO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS GUIMARÃES, 2009. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/parna_chapada-dos-guimaraes.pdf. Acesso em: 19 jul. 2019.

RELATÓRIOS DE MISSÃO “Pré-História e paleoambientes na região do Pantanal (Mato Grosso / Brasil)” 2017; 2018; 2021 e 2022.

RELATÓRIOS DE MISSÃO “Archéologie de l’art rupestre au Mato Grosso (Brésil). La région du Parc national de la Chapada dos Guimarães (Cuiabá et Chapada dos Guimarães)” 2021, 2022 e 2023

RELATÓRIOS DE MISSÃO “O homem fóssil e seus paleoambientes na bacia do Paraná – *Brasil*” 1983 - 2013

Biografia dos autores

Carolina Machado Guedes possui graduação em História pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2004), mestrado em Arqueologia pelo Museu de Arqueologia e Etnologia - MAE/USP (2009) doutorado e pós-doutorado em Arqueologia pelo Museu de Arqueologia e Etnologia - MAE/USP (2014). Experiência em pesquisas de campo em Arqueologia Pré-Colonial, Arte Rupestre, Paleolítica e Mediterrânea. Experiência em arqueologia preventiva. Desenvolve pesquisas com o uso da fotogrametria, modelados 3D, reconstrução e restauro virtual, ilustração arqueológica e métodos de registro de campo. Docente na Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES), no curso bacharelado em Arqueologia e coordenadora do Laboratório de Arqueologia Digital LADIG/UNIMES.

Cleberon Henrique de Moura é mestre em Museologia e licenciado em Pedagogia pela Universidade de São Paulo (USP). Técnico em Mecatrônica pelo SENAI. Atualmente trabalha na Seção Técnica de Conservação e Laboratórios do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, onde é responsável pelo desenvolvimento de projetos de ensino, pesquisa e extensão com ênfase na produção de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação na fronteira entre Patrimônio e Educação. Contato: cleberon.moura@usp.br.

Eric Robert é professor e pesquisador do Museu Nacional de História Natural (Paris/França). Suas atividades de investigação estão integradas nos atuais programas da UMR 7194 HNHP - NOMADE aplicados às representações pré-históricas e comportamentos simbólicos.

É co-responsável pelo curso do Quaternário/Pré-História do mestrado no museu. Suas pesquisas são dedicadas as especialidades de arte pré-histórica e comportamentos simbólicos e elementos de topografia e fotogrametria.

Guilherme Rodrigues é Fotógrafo, professor de fotografia há cerca de 10 anos e mestrando em Arqueologia pelo Programa de Pós-Graduação em Arqueologia (PPGARq) do MAE-USP. É bacharel em História pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Realizou dois estágios de pesquisa no exterior (BEPE-IC) e (BEPE-ME) na École Française d'Athènes (Escola Francesa de Atenas) e nas ilhas de Paros e Tasos. É membro pesquisador do Laboratório de Estudos sobre a Cidade Antiga (LABECA; <http://labeca.mae.usp.br>) e do Grupos de Pesquisas CNPq intitulado Numismática Antiga e Labeca.

Jessica Silva Mendes é mestre em Arqueologia no Programa de Pós-Graduação em Arqueologia do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (PPGARq-MAE/USP) com ênfase em egiptologia e coleções. Também é bacharel em História pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da USP e técnica em Museologia pela Escola Técnica Estadual Parque da Juventude (ETEC-PJ).

Juliana Figueira da Hora é Doutora em Arqueologia (Universidade de São Paulo – USP). Pós-doutora em Arqueologia com ênfase em acervos museológicos e patrimônio cultural pelo Museu

de Arqueologia e Etnologia (MAE-USP). Realizou pesquisa na École Française D'athènes (EFA) e no Museu de Tasos, na Grécia. Participou das escavações arqueológicas na Ilha de Despotiko, Grécia, em 2017. Foi pesquisadora convidada do Institute of Classics Karl-Franzens Universitat Graz, na Áustria, onde iniciou pesquisa com bolsa Coimbra Group Scholarship Program for Young Professor and Researcher from Latin American. É pesquisadora associada do Laboratório de Estudos sobre Cidade Antiga (Labeca/MAE-USP). É Docente Colaboradora do PPGArq-MAE-USP. É membro associada da European Association of Archaeologists (EAA), República Tcheca. Bolsista Produtividade CNPq, Nível 2.

Maria Cristina Nicolau Kormikiari possui graduação em História pela Universidade de São Paulo (1989), mestrado em Arqueologia pelo Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (1995), trabalhando com numismática púnica, e doutorado em Arqueologia pelo Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (2001), trabalhando com numismática berbere (norte-africana, núnida e moura). Realizou seu pós-doutoramento, na área de Arqueologia Espacial (pesquisa de organização social núnida norte-africana), entre 2002 e 2006, pelo Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, com estágio no Centre Camille Julian, da Université de Provence, em Aix-en-Provence, França. Trabalhou na equipe de escavação da Joukowsky Institute for Archaeology & the Ancient World, Brown University em Corfu, Grécia, entre 1996 e 1999 e foi supervisora de campo nas escavações do sítio romano-castrejo de Tongobriga, em Portugal, entre 2004 e 2005, igualmente organizados pela Brown University. Atualmente é docente do curso de pós-graduação em Arqueologia do MAE-USP e coordenadora do

Laboratório de estudos sobre a cidade antiga (Labeca-MAE/USP) junto à Professora Beatriz Florenzano. É editora chefe da Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo. Presidente da Comissão de Graduação do MAE-USP. Vice-presidente da Comissão de Cultura e Extensão do MAE-USP. Membro titular da Comissão de Pós-Graduação do MAE-USP. Bolsista Produtividade CNPq - Nível 2. Líder do Grupo de Pesquisa CNPq Numismática Antiga.

Patrick Paillet é professor e pesquisador do Museu Nacional de História Natural (Paris/França). Suas atividades de investigação estão integradas nos atuais programas da UMR 7194 (USM 103 e 204) aplicados às artes da pré-história do Homo sapiens e, portanto, aos seus comportamentos simbólicos. Suas pesquisas são dedicadas à arte parietal e mobiliária paleolítica das grutas da França e Espanha e aos problemas complexos e abertos de datação direta e atribuições cronoculturais de conjuntos de arte parietal e mobiliária.

Thaisy Nogueira Palmuti é graduanda em História pela Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Atualmente, desenvolve o projeto de Iniciação Científica “Servidores funerários/shabtis da XXI Dinastia (1069-945 a.C.) do acervo do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP: atualização e análise” sob orientação do Prof. Dr. Vagner Carneiro Porto (MAE-USP) e financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), processo n 23/02061-9. É membro do Laboratório de Arqueologia Romana Provincial do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP (LARP-MAE-USP).

Vagner Carvalho Porto é Professor de Arqueologia Mediterrânea do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP. Coordenador do Laboratório de Arqueologia Romana Provincial (LARP-MAE-USP: www.larp.mae.usp.br). Líder dos Grupos de Pesquisa CNPq *ARISE – Arqueologia Interativa e Simulações Eletrônicas*: www.arise.mae.usp.br, e *Numismática Antiga*. Desenvolve, atualmente, pesquisas arqueológicas no sítio arqueológico de Tel Dor, Israel.

Veronica Wesolowski de Aguiar e Santos é bacharel em Arqueologia pela Universidade Estácio de Sá (1992), mestre em Ciência Social (Antropologia Social) pela Universidade de São Paulo (1999) e Doutora em Ciência (Saúde Pública) pela Fundação Oswaldo Cruz (2007). Atualmente é Professora Doutora do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, onde orienta no Programa de Pós-graduação em Arqueologia e atua nas áreas de Bioarqueologia e Arqueologia pré-colonial brasileira, com ênfase em Paleopatologia, Paleoepidemiologia e Arqueologia funerária.
