

Uso de fotogrametria digital na elaboração de modelos tridimensionais com aplicação em Geoconservação e educação

USE OF DIGITAL PHOTOGRAMMETRY IN THE ELABORATION OF THREE-DIMENSIONAL MODELS APPLIED IN GEOCONSERVATION AND EDUCATION

MATHEUS LISBOA NOBRE DA SILVA^{1*}, MARCOS ANTONIO LEITE DO NASCIMENTO², KÁTIA LEITE MANSUR³, GETSON LUÍS DANTAS DE MEDEIROS⁴

1 – MESTRE EM GEOCIÊNCIAS, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, MUSEU NACIONAL, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO, BRASIL

2 – DOUTOR EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA, DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, NATAL, RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

3 – DOUTORA EM GEOLOGIA, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO, BRASIL

4 – MESTRE EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE, REDE ESTADUAL DE ENSINO, CURRAIS NOVOS, RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL.

E-MAILS: NOBRE.MT@GMAIL.COM, MARCOS@GEOLOGIA.UFRN.BR, KATIA@GEOLOGIA.UFRJ.BR, GETSONLUIS@GMAIL.

Abstract: The use of new technologies is a ludic useful tool in educational actions in the geosciences, also collaborating with the geoconservation of places that have an important geoheritage. In this sense, this work uses digital photogrammetry, a practical and inexpensive method of generating three-dimensional models, to obtain a digital model of a geosite in the area of the Seridó Geopark Project, Northeast Brazil. It was used 229 photographs obtained with a Nikon P520 camera, in addition to aerial images of the geosite, captured with the use of Phantom 3 Professional drone. The digital files were processed in Agisoft PhotoScan 1.4.1 software, which uses similarity points between the photographs to make the images positioning and generate, from them, a three-dimensional model that was subsequently printed on a 3D printer. This model has several possibilities of application in the classroom or in actions of conservation of nature, as subsidy for environmental education.

Manuscrito:

Recebido: 28/05/2019

Corrigido: 16/08/2019

Aceito: 26/08/2019

Citação: Silva, M. L. N.; Nascimento, M. A. L.; Mansur, K. L.; & Medeiros, G. L. D. (2019). Uso de fotogrametria digital na elaboração de modelos tridimensionais com aplicação em geoconservação e educação. *Terræ Didática*, 15, 1-9, e190231. doi: 10.20396/td.v15i0.8655364

Palavras-chave: Fotogrametria, modelos tridimensionais, educação, geoconservação.

Introdução

O uso de tecnologias em ciência é algo almejado pela maioria dos pesquisadores, nas mais diversas áreas do conhecimento. Nas Geociências, a evolução do pensamento geológico e a criação de novas técnicas estão sempre correlacionadas. Uma vez que as ciências em geral possuem um caráter multidisciplinar, métodos desenvolvidos em diferentes áreas acabam sendo aplicados, com resultados compatíveis, em outras. A saber, a tomografia computadorizada, desenvolvida com finalidades médicas é utilizada na paleontologia desde a década de 1980, facilitando processos de criação de modelos e protótipos 3D (Azevedo & Carvalho, 2009).

De fato, a paleontologia é a geociência que mais se utilizou de métodos tridimensionais em diversos tipos de estudo. Lyons et al. (2000) utilizaram técnica de *Laser Scanning* para modelagem de seis ossos de caixa craniana de um *Tylosaurus sp.*, de

forma a proteger o espécime, oferecendo também subsídios para pesquisas científicas. Cunningham et al. (2014) revisaram diversos métodos tridimensionais utilizados em paleontologia, em diversas aplicações, mostrando a importância desse tipo de dado para os estudos.

Em geodiversidade e geoconservação, esta observação não é diferente, visto que tecnologias modernas e interativas são consideradas fundamentais na perpetuação do conhecimento geológico e fortes aliadas na divulgação e proteção dos elementos da natureza abiótica (Mansur & Ruchkys, 2012).

Exemplo disto é o trabalho de Ravel et al. (2014), que lança mão do *Laser Scanning* para o mapeamento de geomorfossítios na região dos Alpes, indicando que além de fornecerem informações científicas descritivas para o local imageado, metodologias tridimensionais também são úteis no desenvolvimento de documentos educativos, turísticos e de popularização das Geociências. Ape-

sar dos resultados de altíssima qualidade, a técnica de *Laser Scanning* possui alto custo, principalmente devido aos equipamentos necessários, como é observado no trabalho de Borges et al. (2018), que objetivaram a geração de um modelo digital em um afloramento do Parque Estadual da Guarita, na cidade gaúcha de Torres.

Ao relatar sobre novas tecnologias que podem ser utilizadas no gerenciamento do patrimônio geológico, Cayla (2014) indica três técnicas principais para a produção de modelos tridimensionais: lasergragemetria, tomografia de raio-x e fotogrametria. Esta última é amplamente utilizada, em associação com a tomada de imagens aéreas por veículos aéreos não tripulados, ou drones, a exemplo do que foi feito no Estado do Rio de Janeiro por Rocha (2016) e no mapeamento de lugares de interesse geológico no norte de Portugal nos trabalhos de Santos (2017) e Santos et al. (2018).

A fotogrametria permite, por exemplo, a imersão do usuário em ambiente virtual, como mostram Diniz et al. (2018), que recriaram digitalmente os estromatólitos da Fazenda Arrecife, na Chapada Diamantina (BA). O método, de mais baixo custo comparativamente aos demais atualmente disponíveis, pode ser utilizado como subsídio para a implementação de museus virtuais, formas de conservação e divulgação do conhecimento. É possível ainda aplicar o modelo em aulas formais de cursos de Geologia ou outras disciplinas correlatas. Além das possibilidades educativas, o uso de modelos tridimensionais pode funcionar como ferramenta importante para a proteção do patrimônio geológico de um território ou região.

É indispensável o exercício de ações de proteção dos elementos abióticos da natureza, assim como de todo o meio ambiente, visto que há constante ameaça de esgotamento ou mesmo da perda irreparável de seus recursos e registros. A manutenção parcial ou integral dos recursos naturais é fundamental para o equilíbrio de todos os ecossistemas e, com esta finalidade, as tecnologias atuais em pesquisas podem ser aplicadas.

Geoconservação e Tridimensionalidade

Pela necessidade de proteção da geodiversidade e seus elementos surge a geoconservação, definida por Burek & Prosser (2008) como a tomada de ações com a intenção de conservar e aprimorar os elementos geológicos e geomorfológicos, processos, lugares e espécimes. Prosser (2013) entende a

geoconservação como um conjunto de ações que visam a conservação dos lugares, processos e elementos geológicos, pedológicos e geomorfológicos, por meio de atividades de divulgação, levantamento, resgate ou registro.

As atividades de geoconservação devem ser mais amplas do que simplesmente o ato de recuperar áreas degradadas, devem ter foco também no desenvolvimento sustentável das comunidades em que os elementos da geodiversidade estão presentes, se relacionando com o cotidiano da natureza e do ser humano. Para Brilha (2005), a geoconservação deve ser implementada por meio de metodologias que visem o aprimoramento e melhoria das ações de proteção do meio ambiente. Para isso, o autor define sete etapas que devem ser sequencialmente concluídas: inventariação, quantificação, enquadramento, conservação, valorização, divulgação e monitoramento. Dessa forma, é preciso dispor de amplo registro e caracterização dos locais de interesse geológico para construir um forte embasamento que sustente a necessidade de sua conservação. Contudo, é importante frisar que não é possível, nem necessário, fazer a conservação de todos os elementos da geodiversidade. Uma vez que as sociedades humanas e a própria natureza necessitam dos elementos abióticos do meio ambiente para seu estabelecimento e desenvolvimento, é irracional pensar que toda a geodiversidade possa ser conservada.

Assim, as ações de geoconservação devem ser voltadas para aqueles exemplares mais importantes, mais significativos, que tenham relação com a ciência ou com a cultura humana, ou ainda que sejam locais e elementos fundamentais para a estabilidade das condições naturais do ecossistema. Em suma, deve haver foco principal na conservação do patrimônio geológico.

No Brasil, o trabalho de Borba et al. (2015), realizado na cidade de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, apresenta uma abordagem de avaliação da compreensão sobre a geodiversidade. Os autores aplicaram questionários com professores das disciplinas de ciências, geografia e biologia da rede pública de ensino na cidade para avaliar o conhecimento dos docentes sobre a temática da geodiversidade, como também o entendimento deles sobre a diversidade abiótica local. Como resultado, os autores mostram que os professores não possuem muito conhecimento sobre a geodiversidade, mas que acreditam no potencial dos pontos de interesse geológico locais para propagar a educação e elabo-

ram considerações que podem nortear as ações de geoconservação futuras.

Portanto, pode-se ter o entendimento que a geoconservação vai muito além das ações físicas de conservação da natureza, integra também a propagação do conhecimento e consciência ambiental sobre o meio físico.

Em geoconservação, a fotogrametria já vem sendo utilizada em trabalhos de proteção da natureza abiótica, como ferramenta de auxílio no mapeamento ou como registro digital dos elementos da geodiversidade. Um exemplo disso é o trabalho de Fernández-Lozano & Gutiérrez-Alonso (2017), em que os autores realizam a fotogrametria em um afloramento da Floresta Carbonífera de Alejico (Espanha), desenvolvendo cenários virtuais de visitas e promovendo o geoturismo responsável.

A partir da contínua necessidade de elaboração de materiais educativos e de promoção do Projeto Geoparque Seridó, no Rio Grande do Norte, esse trabalho foi realizado com o objetivo principal de analisar a aplicabilidade de métodos tridimensionais em estudos de geoconservação, como também o seu uso na educação em Geociências.

Área de Estudo e Aspectos Geológicos

O estudo foi desenvolvido na área do Projeto Geoparque Seridó, localizado no interior do Rio Grande do Norte, extremo nordeste do Brasil, em uma área de 2.802 km², distante 180 km da capital potiguar, Natal, percorridos ao longo das rodovias federal BR-304 e estadual RN-226. Cortando o território estão ainda as rodovias BR-104, BR-427, RN-041 e RN-086. O primeiro município acessado pela estrada, a partir de Natal, é Currais Novos. A norte ficam as cidades de Lagoa Nova e Cerro Corá e ao sul Acari, Carnaúba dos Dantas e Parelhas (Fig. 1). A distância entre os municípios extremos da área não ultrapassa 100 km. Segundo estimativa do IBGE, em 1 de julho de 2017, a população total da área era de 113.352 habitantes (IBGE, 2017).

O Projeto Geoparque Seridó compreende atualmente 17 geossítios (Silva, 2018), espalhados num território cuja história geológica teve início no paleoproterozoico, no Período Riáciano (cerca de 2,2 Ga), com rochas ortoderivadas do Complexo Caicó (ortognaisses e *augen* gnaisses). Sobre o embasamento foram depositados sedimentos que hoje compõem as rochas metassedimentares neoproterozoicas, do Período Criogeniano (em torno de 640 Ma), associadas ao Grupo Seridó,

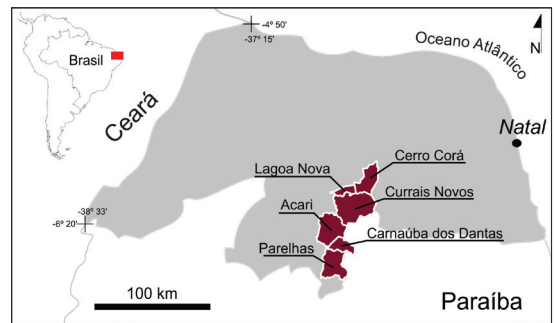


Figura 1. Localização do Projeto Geoparque Seridó (área em vermelho) e seus municípios

com paragnaisses, mármores e calcissilicáticas da Formação Jucurutu; quartzitos e metaconglomerados da Formação Equador e micaxistos da Formação Seridó.

Afetando de forma discordante todas essas rochas metamórficas são encontradas rochas ígneas neoproterozoicas, do Período Ediacarano (de 590 a 530 Ma), com destaque para granitos de granulação fina a porfirítica e dioritos subordinados. Inúmeros diques de pegmatitos cortam todas as unidades, com rochas do Período Cambriano.

Magmatismos mais recentes ocorrem sob a forma de diques de diabásio, do Cretáceo (com 130 Ma) e derrames de basalto, do Oligoceno (com 25 Ma). Capeando todas as unidades estão rochas sedimentares do Mioceno, como conglomerados e arenitos grossos da Formação Serra do Martins e sedimentos diversos (cascalhos, areias e argilas) de idade quaternária. A partir das unidades litológicas observadas em cada geossítio do Projeto Geoparque Seridó é possível estabelecer uma coluna estratigráfica para a geologia da região, reproduzida na Figura 2.

Os pegmatitos encontrados em dois geossítios específicos, Morro do Cruzeiro, na cidade de Currais Novos, e Monte do Galo, em Carnaúba dos Dantas, estão datados em 520 Ma (Baumgartner et al., 2006) e representam, neste contexto, o início do Cambriano no Seridó potiguar. Estão, preferencialmente, encaixados nos micaxistos da Formação Seridó, se restringindo-se em geral, à região de ocorrência da unidade. São classificados em homogêneos, heterogêneos e mistos. São feições de destaque na topografia local, mas possuem dimensões reduzidas, sendo rochas compostas de megacrístais de microclina, plagioclásio, quartzo, muscovita e biotita, esta última sendo menos frequente (Angelim et al., 2006). Por se tratar de locais cuja tipologia pode ser tratada cartograficamente como ponto, devido à restrita dimensão areal, tornam-se ideais para a produção de modelos tridimensionais.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO GEOPARQUE SERIDÓ

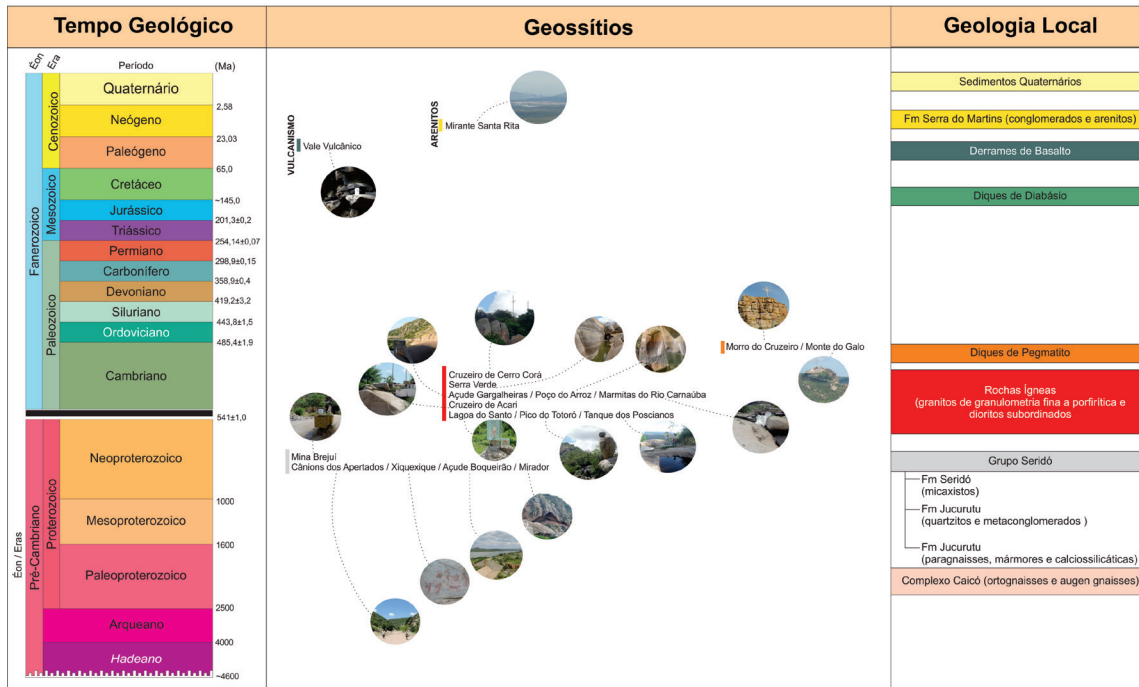


Figura 2. Coluna estratigráfica com os geossítios do Projeto Geoparque Seridó

Esses pegmatitos da Faixa Seridó também são conhecidos como componentes da Província Pegmatítica do Seridó e possuem mineralizações de água marinha, turmalina, berilo e tantalita, por exemplo, e alguns corpos possuem exploração ativa, como mostra o trabalho de Santos et al. (2016).

Para a produção de modelo tridimensional, foi selecionado o Geossítio Morro do Cruzeiro, localizado na cidade de Currais Novos. Trata-se de um corpo de pegmatito inequigranular, com direção aproximada N-S, correlato aos diques pegmatíticos da Província Borborema e intruído em micaxisto da Formação Seridó. É composto essencialmente por K-feldspato, quartzo, plagioclásio, além de biotita, muscovita e titanita. Encontra-se encaixado em um micaxisto da Formação Seridó, rico em biotita e granada. O xisto encontra-se dobrado e o plano axial dessa dobra guiou a intrusão do corpo pegmatítico.

Sobre o corpo pegmatítico está posicionado um cruzeiro (Fig. 3), sendo local de peregrinações religiosas ao longo do ano e propiciando visão panorâmica

para a cidade de Currais Novos, dessa forma, o geossítio possui um significado cultural para a comunidade local.

Materiais e Métodos

A fotogrametria surgiu, como técnica de produção de informação, na segunda metade do século XIX, experimentando avanços em paralelo com a melhoria da qualidade dos sensores e câmeras fotográficas, até chegar ao ambiente computacional



Figura 3. Fotografia do corpo de pegmatito localizado no Geossítio Morro do Cruzeiro, na cidade de Currais Novos

dos dias atuais, da fotogrametria digital (Coelho & Brito, 2007).

Pelas suas características, a fotogrametria pode ser considerada uma técnica de sensoriamento remoto, visto que se baseia no registro da interação da energia eletromagnética com o objeto imageado em um espaço bidimensional, que é a fotografia. A partir da informação em duas dimensões contidas nos pixels das imagens, o espaço tridimensional é reconstruído. Assim, a quantidade de informações obtidas é diretamente proporcional à resolução, qualidade e nitidez das imagens.

É um método de fácil aplicação, baixo custo, devido à necessidade apenas de câmera fotográfica e programa de computador específico e, por possuir diversas aplicações possíveis, foi utilizado como técnica para imageamento tridimensional neste trabalho.

Na execução do método foram obtidas 229 fotografias com o uso de uma câmera fotográfica compacta superzoom Nikon P520. As fotos foram capturadas com resolução média de 8 megapixels e em diferentes posições e ângulos ao redor do afloramento (Fig. 4). Também foram utilizadas 12 imagens aéreas capturadas com o uso de drone Phantom 3 Professional equipado com câmera 4k.

Após a aquisição em campo, as imagens foram importadas para o *software* Agisoft Photoscan 1.4.1. A primeira etapa do processamento consistiu do alinhamento das imagens (Fig. 5A) a partir da correlação dos pixels analisando-os par a par. Foi obtido, com sucesso, o alinhamento de 233 das 241 imagens utilizadas. Com isso, foi gerado um modelo de nuvem de pontos esparsa (Fig. 5B), consistindo de 228.034 pontos.

Em etapa seguinte foi gerada uma nuvem de pontos mais densa, que tem a função de comprimir e fornecer mais informações para o modelo. Com isso, foram criados 7.752.269 pontos, que são responsáveis por fechamentos de poligonais e melhor definição do modelo.

A criação de uma malha triangular a partir da união dos pontos da nuvem densa foi a quarta etapa realizada para a produção do modelo tridimensional. O processamento

computacional gerou 366.581 polígonos que tem como objetivo reproduzir a forma aproximada do objeto imageado, no caso o Geossítio Morro do Cruzeiro. A figura 6 mostra em detalhe a triangulação do modelo.

Por fim, foi criada a textura, cuja finalidade é gerar um modelo mais semelhante com a realidade do objeto imageado. Isso é possível pelo uso das informações fotográficas das imagens alinhadas. Assim, o modelo torna-se bastante realístico e pode ser aplicado com diferentes funções.

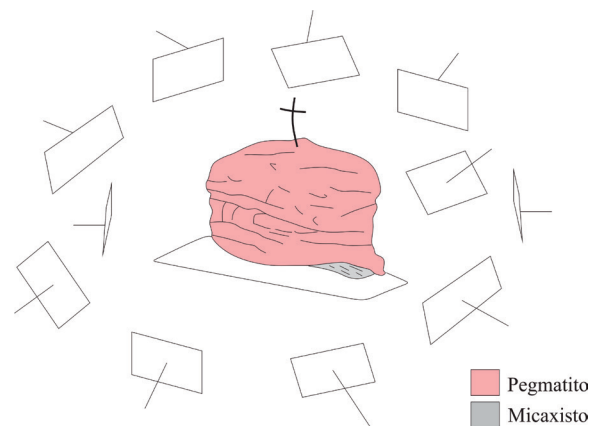


Figura 4. Esquema de posicionamento das imagens ao redor do Geossítio Morro do Cruzeiro e geologia simplificada

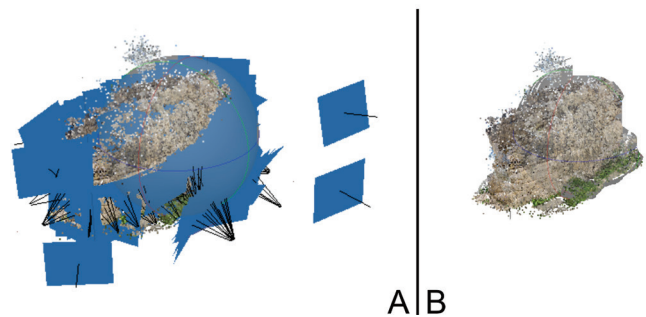


Figura 5. A) Alinhamento das imagens utilizadas no modelo; B) Nuvem de pontos esparsa

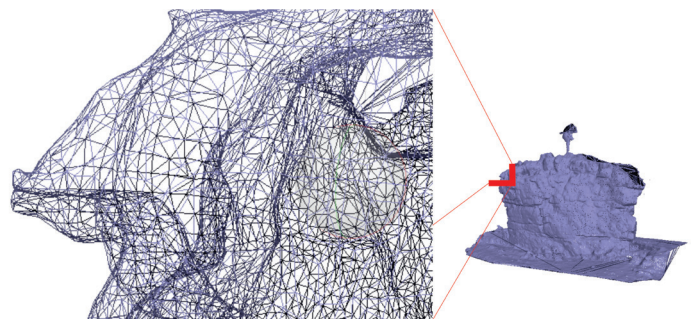


Figura 6. Detalhe da malha triangular gerada no processamento do modelo 3D



Figura 7. Parte frontal (a esquerda) e traseira (a direita) do modelo 3D gerado

O modelo gerado foi salvo em diversos formatos para visualização, como as extensões *.pdf*, *.obj* e *.stl*, estes últimos compatíveis com a maioria das impressoras 3D existentes no mercado, o que possibilita a criação de um protótipo em resina líquida ou gesso, abrindo um grande leque de aplicações para o método em projetos de divulgação e educação geocientífica, por exemplo. Neste trabalho, foi impresso um modelo em impressora Nagano A8, com o uso de filamento ABS (acrilonitrila butadieno estireno) de cor branca.

Resultados e Discussões

Utilizou-se a fotogrametria como exemplo de metodologia tridimensional que pode ser aplicada em estudos de geodiversidade e geoconservação. A partir de 229 fotografias obtidas com câmera de mão e 12 com o uso de drone foi gerado o modelo tridimensional reproduzido nas figuras 7 e 8.

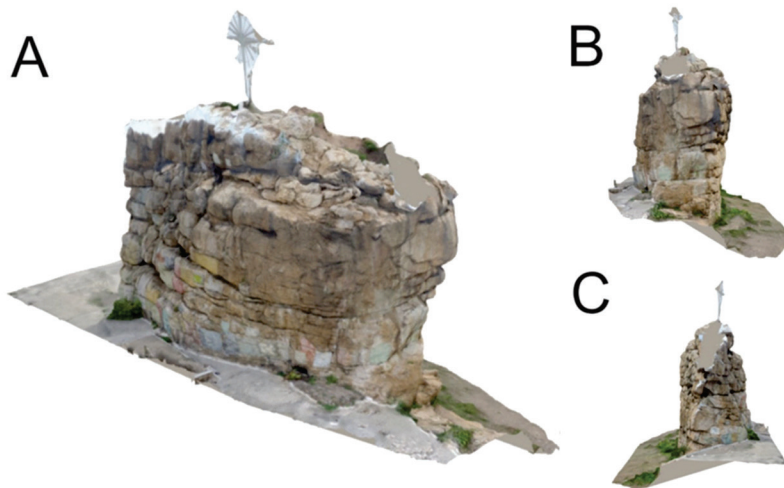


Figura 8. Modelo 3D gerado por fotogrametria do Geossítio Morro do Cruzeiro. A – Vista frontal; B – Vista lateral direita; C – Vista lateral esquerda

As imprecisões no modelo se dão pela necessidade de uma maior quantidade de imagens que cobrissem o topo do geossítio, o que não foi possível neste trabalho. Dessa forma, foi feita a extrapolação para fechamento da estrutura trigonal do modelo. Ainda, o cruzeiro posto sobre o pegmatito, devido à impossibilidade de se obter fotos de detalhes na altura do monumento, também não foi bem imageado.

A partir do modelo tridimensional digital foi realizada a impressão de um protótipo com altura de 10 cm em impressora 3D. A impressão foi feita em processo que durou 15h e resultou no modelo mostrado na Figura 10, no qual não foi impressa o cruzeiro do geossítio devido à modelagem falha deste detalhe.

A geração do modelo tridimensional do Geossítio Morro do Cruzeiro atingiu um resultado bastante satisfatório. Apesar da existência de algumas inconsistências no modelo, devido à falta de informação fotográfica aérea, pode-se criar uma representação digital detalhada deste local de interesse geológico, que também está integrado ao cotidiano cultural e religioso da cidade de Currais Novos.

A representação digital possibilita diversas aplicações como uso em sala de aula para conteúdos de geologia e geografia, uso em centro interpretativo ou em outros locais para divulgação do geossítio no Projeto Geoparque Seridó. É possível, por exemplo, explicar a relação do pegmatito com as dobras do micaxisto,

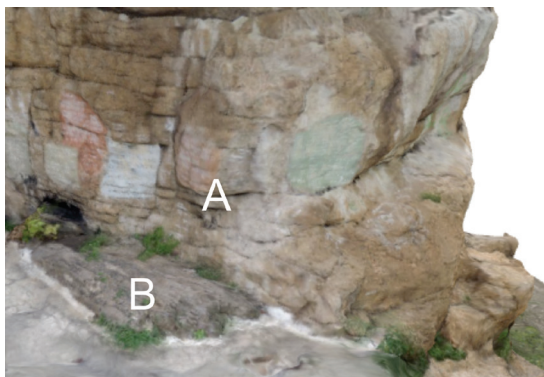


Figura 9. Destaque para os detalhes observáveis no modelo 3D gerado, em que é possível distinguir os dois tipos de rocha presentes no geossítio: pegmatito (A) e micaxisto (B)

cuja foliação S_2 facilitou a intrusão pegmatítica. Pode-se, portanto, ser utilizado em aula básica de Geologia Estrutural. Além disso, conteúdos sobre intemperismo, erosão diferenciada, forma de relevo, entre outros, também podem ser repassados aos alunos com a utilização do modelo produzido.

A impressão 3D do modelo também pode permitir a inclusão de alunos com deficiência visual ao passo que pelo toque os estudantes podem compreender melhor alguns dos assuntos passados em sala. Os modelos podem ser personalizados com pinturas feitas por artistas da região, agregando valor socioeconômico ao produto e ajudando no desenvolvimento sustentável das comunidades, o que é um dos objetivos do geoparque.

O uso contínuo de técnicas tridimensionais como a fotogrametria pode também ser uma excelente forma de monitoramento das condições físicas dos geossítios, observando ano a ano as mudanças nas modelagens realizadas, permitindo um melhor planejamento das ações de conservação de geossítios no geoparque. É possível afirmar a plausibilidade do uso de uma metodologia tridimensional de baixo custo em geodiversidade e geoconservação, principalmente em uma área extensa como são as definidas por projetos de geoparques, permitindo ainda uma visita virtual ao território e colaborando com o ensino das Geociências.

Considerações Finais

A principal forma de proteção da diversidade natural do planeta é, sem dúvida, a educação, uma vez que a falta de conhecimento é, certamente, a maior ameaça à natureza. Em relação aos elementos abióticos, que enfrentam também ameaças à

sua integridade, por ações antrópicas ou naturais, há também uma clara necessidade de tomada de atitude em relação à sua conservação, que se dá por meio da geoconservação.

A divulgação e ensino de conteúdos relativos às Geociências é parte integrante do processo de geoconservação, seja de uma localidade específica ou de todo o conjunto natural de processos e elementos da natureza. Com esta finalidade, pode ser empregado como ferramenta útil o uso de geotecnologias que transformem a linguagem das Geociências em uma forma mais lúdica, a exemplo do que foi feito neste trabalho com o Geossítio Morro do Cruzeiro, no qual a aplicação da técnica da fotogrametria permitiu a geração de modelos tridimensionais digitais e físicos de qualidade, que possuem vasta gama de usos, seja na educação formal, informal ou na criação de novos produtos de divulgação do Projeto Geoparque Seridó.

Sob esta ótica, entende-se no trabalho aqui apresentado que a produção de modelos tridimensionais pode ser englobada como ação de divulgação do patrimônio geológico, possibilitando a educação formal e informal das Geociências e corroborando com as ações de divulgação e proteção da geodiversidade. Dessa forma, o uso de objetos 3D constitui-se numa forma lúdica de ensino, sendo ferramenta de grande valia em ações de geoconservação, a exemplo de Vanderlei et al. (2013) e Mansur & Vanderlei (2014).

Na condição de metodologia, a fotogrametria é uma opção de baixo custo, passível de ser utilizada em diversos ambientes. Como equipamentos são



Figura 10. Modelo impresso em material ABS com 10 cm de altura

necessários apenas uma boa câmera fotográfica, podendo ser empregados até mesmo os *smartphones*, e um computador com *software* específico para gerar o modelo digital. O que permite o seu uso em ações de divulgação e ensino das Geociências, colaborando também com a geoconservação do patrimônio geológico.

O uso da técnica no geossítio Morro do Cruzeiro, do Projeto Geoparque Seridó, mostrou-se satisfatória e atingiu os objetivos propostos, sobretudo em áreas com dimensões restritas, e possibilita diversas possibilidades de aplicação em estudos geológicos, divulgação das Geociências, da cultural local e de conceitos relativos à proteção do meio ambiente.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 1696250. Os autores agradecem a toda equipe do Museu Nacional, em especial àqueles que compõem o Departamento de Geologia e Paleontologia e a Pós-Graduação em Geociências pelo apoio sempre dispensado, mesmo nos momentos mais difíceis pelos quais a instituição vem passando.

Referências

- Angelim, L. A. A.; Nesi, J. R.; Torres, H. H. F.; Medeiros, V. C.; Santos, C. A.; Veiga Jr, J. P.; & Mendes, V. A. (2006). *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte, Escala 1:500.000*. Recife: CPRM, Serviço Geológico do Brasil. 119p.
- Azevedo, S. A. K. & Carvalho, L. B. (2009). O Uso da Tomografia Computadorizada no Estudo de Vertebrados Fósseis no Museu Nacional/UFRJ. In: Werner Jr., H.; & Lopes, J. (Eds.). (2009). *Tecnologias 3D*. Rio de Janeiro: Revinter. p. 1-32
- Baumgartner, R.; Romer, R. L.; Moritz, R.; Sallet, R.; & Chiaradia, M. (2006). Columbite-Tantalite-Bearing Granitic Pegmatites from the Seridó Belt, Northeastern Brazil: Genetic Constraints from U-Pb Dating and Pb Isotopes. *The Canadian Mineralogist*, 44, 69-86.
- Briha, J. (2005). *Patrimônio Geológico e Geoconservação*. Braga: Palimage. 190 p.
- Borba, A. W.; Teixeira, K. M.; Ferreira, P. F. & Ferreira, P. F. (2015). Concepções de professores de ciências naturais de Caçapava do Sul (RS, Brasil) sobre geologia local: subsídios à educação geopatrimonial. *Terræ Didática*, 11(2), 117-124.
- Borges, A. M.; Waichel, L. B. & Del Mouro, L. (2018). *Modelagem em Três Dimensões e o Seu Uso na Geologia: Exemplo Agulha da Guarita, Parque Estadual da Guarita, Torres, RS*. Anais do 49º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro: SBG. Recuperado de: <http://cbg2018anais.siteoficial.ws/resumos/4930.pdf>. Acesso: 25.01.2019.
- Burek, C. V. & Prosser, C. D. (2008). The history of geoconservation: an introduction. In: Burek, C.V.; & Prosser, C. D. (Eds.). (2008). *The history of Geoconservation*. London: The Geological Society. p. 1-5.
- Cayla, N. (2014). An Overview of New Technologies Applied to the Management of Geoheritage. *Geoheritage*, 6(2), 91-102.
- Coelho, L.; & Brito, J. N. (2007). *Fotogrametria Digital*. Rio de Janeiro: EDUERJ, Ed. Universidade Estadual do Rio de Janeiro. 196 p.
- Cunningham, J. A.; Rahman, I. A.; Lautenschlager, S.; Rayfield, E. J.; & Donoghue, P. C. J. (2014). A virtual world of paleontology. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(6), 347-357.
- Diniz, J. L.; Souza, L. V.; Tognoli, F. M. W.; Veronez, M. R.; Gonzaga Jr., L.; Kannenberg, G. L.; Inocêncio, L. C.; Santana, L. G.; Fraga, J. L.; Horota, R. K.; Bonato, J.; & Alves, D. N. (2018). *Caracterização e Interpretação de Estromatólitos Neoproterozoicos da Fazenda Arrecife – BA em Ambiente de Realidade Virtual Imersiva*. Anais do 49º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro: SBG. Recuperado de: <http://cbg2018anais.siteoficial.ws/resumos/8237.pdf>. Acesso: 12.12.2018.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Brasil em Síntese*. Recuperado de: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso: 19.07.2018.
- Fernández-Lozano, J.; & Gutiérrez-Alonso, G. (2017). The Alejico Carboniferous Forest: a 3D-Terrestrial and UAV-Assisted Photogrammetric Model for Geologic Heritage Preservation. *Geoheritage*, 9(2), 163-173.
- Lyons, P. D.; Rioux, M.; & Patterson, R.T. (2000). Application of a Three-Dimensional Color Laser Scanner to Paleontology: an Interactive Model of a Juvenile Tylosaurus Sp. Basisphenoid-Basioccipital. *Palaeontologia Electronica*, 3(2), 1-16.
- Mansur, K. L.; & Ruchkys, U. (2012). *Contribuição das Geotecnologias para a Conservação da Geodiversidade e do Patrimônio Geológico: Potencialidades de Uso no Brasil*. Anais do 46º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro: SBG.
- Mansur, K. L.; & Vanderlei, V. A. (2014). *Bonecos dos Super Feras: projeto para produção industrial e artesanal como forma de geração de emprego no território do Geoparque Costões e Lagunas do Rio de Janeiro*. Anais do 11º Congresso de Extensão da UFRJ, Rio de Janeiro: UFRJ. Recuperado de: <http://congresso.pr5.ufrj.br/>. Acesso: 02.02.2019.
- Prosser, C. D. (2013). Our rich and varied geoconser-

-
- vation portfolio: the foundation for the future. *Proceedings of the Geologists' Association*, 124(4), 568-580.
- Ravel, R.; Bodin, X.; & Deline, P. (2014). Using Terrestrial Laser Scanning for the Recognition and Promotion of High-Alpine Geomorphosites. *Geoheritage*, 6(2), 129-140
- Rocha, E. N. (2016). *Geotecnologia aplicada ao inventário de sítios da geodiversidade do rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 134 p.
- Santos, L. C. M. L.; Vicira, F. F.; Moura, E. N.; Genuíno, V. A.; & Sales, E. D. G. (2016). Síntese das Principais Ocorrências Minerais de Pegmatitos no Seridó (PB-RN). In: CETEM, *Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste*, 4, Anais.
- Santos, I. O. (2017). *Novas Metodologias para Representação Geoespacial e Valorização dos Elementos da Geodiversidade: Integração de Geotecnologias, Recursos Online e Realidade Aumentada*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. 268 p.
- Santos, I. O.; Henriques, R.; Mariano, G.; & Pereira, D. I. (2018). Methodologies to Represent and Promote the Geoheritage Using Unmanned Aerial Vehicles, Multimedia Technologies, and Augmented Reality. *Geoheritage*, 10(2), 143-155.
- Silva, M. L. N. (2018). *Serviços Ecológicos e Índices de Geodiversidade como Suporte da Geoconservação no Geoparque Seridó*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 186 p.
- Vanderlei, V. A.; Monçores, L.; Mansur, K. L.; Vasconcelos, G. F.; & Azevedo, S. A. K. (2013). Os "Super Feras" do Geoparque Costões e Lagunas do Rio de Janeiro: super-heróis em ação para a educação ambiental e patrimonial. In: UFOP, *Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico*, 2, Anais.