REDE
ISSN:1985-5528
Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

A PROTOTIPAGEM DA PAISAGEM: A CRIAÇÃO DE GEOPRODUTOS COMO MAPAS FÍSICOS DE RELEVO 3D NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO PARA USO NA GESTÃO E EDUCAÇÃO

The landscape prototyping: the creation of geoproducts as physical 3D relief maps in conservation units for use in management and education

El prototipado del paisaje: la creación de geoproductos como mapas físicos en relieve 3D en unidades de conservación para uso en manejo y educación

João Henrique Quoos[1]
Adriano Severo Figueiró[2]

RESUMO

O objetivo deste trabalho é mostrar os resultados obtidos com a prototipagem e manufatura de mapas e maquetes de relevo 3D, assim como de locais de interesse patrimonial elencados para a prática de Geoturismo e Geoconservação nas Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca e no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, ambos no litoral sul de Santa Catarina. A metodologia apresenta o procedimento para criação do arquivo STL em softwares gratuitos utilizados no processo de impressão 3D e na usinagem em router CNC. Como resultados, foram criadas maquetes de relevo em diversos materiais e tamanhos para uso nas unidades de conservação assim como protótipos que servem como geoprodutos para aplicações no turismo e na educação. A prototipagem de paisagens por esses procedimentos fornece uma compreensão mais extensa das informações apresentadas e necessárias para compreender a paisagem representada dentro das unidades e na prática do geoturismo.
Palavras-Chave: Geoconservação. Geoturismo. Geomática. Impressão 3D. Router CNC.

ABSTRACT

The main objective of this work is to show the results obtained with a prototyping and manufacture of maps and 3D relief models, as well as of places of patrimonial interest listed for the practice of Geotourism and Geoconservation in the Conservation Units: Environmental Protection Area of the Right Whale and in the Serra do Tabuleiro State Park, both on the southern coast of Santa Catarina. The methodology presents the procedure for creating the STL file in free software used in the 3D printing process and in CNC router machining. As a result, there were relief models in different materials and sizes for use in the conservation units as well as prototypes that serve as geoproducts for applications in tourism and education. The prototyping of landscapes by these procedures required a more extensive understanding of information information and necessary to understand the landscape represented within the units and in the practice of geotourism.
Keywords: Geoconservation. Geotourism. Geomatics. 3D printing. CNC Router

[1] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); E-mail: jhquoos@gmail.com
[2] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); E-mail: adriano.figueiro@ufsm.br

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados obtenidos con la prototipado y fabricación de mapas y modelos de relieve 3D, así como sitios de interés patrimonial listados para la práctica del Geoturismo y Geoconservación en las Unidades de Conservación: Área de Protección Ambiental de Baleia. Franca y en el Parque Estatal Serra do Tabuleiro, ambos en la costa sur de Santa Catarina. La metodología presenta el procedimiento para la creación del archivo STL en software libre utilizado en el proceso de impresión 3D y en el mecanizado enrutador CNC. Como resultado, se crearon modelos de relieve en diferentes materiales y tamaños para su uso en áreas protegidas, así como prototipos que sirven como geoproductos para aplicaciones en turismo y educación. La creación de prototipos de paisajes mediante estos procedimientos proporciona una comprensión más amplia de la información presentada y necesaria para comprender el paisaje representado dentro de las unidades y en la práctica del geoturismo.
Palabras clave: Geoconservación. Geoturismo. Geomática. Impresión 3d. Router CNC.

1. INTRODUÇÃO

Perceber e interpretar a paisagem na Geografia e demais áreas ligadas às Geociências é de suma importância. Desde as modernas aplicações digitais de Realidade Aumentada e Realidade Virtual, passando pelos softwares de multimídia e mapas digitais, imagens em anáglifos, assim como o clássico globo terrestre ou os mapas impressos e infográficos, todas essas ferramentas para visualização se tornam um elemento chave para a comunicação científica dos pesquisadores, gestores, professores, como para o público em geral: turistas, políticos ou curiosos. E essa grande importância da interpretação visual tem tornado padrão nas aplicações tridimensionais nos trabalhos científicos hoje.

Por meio delas, somos capazes de visualizar as relações espaciais extremamente complicadas em uma forma muito natural, algo que é um componente central de toda pesquisa científica, especialmente nas Geociências. Aplicações da mesma são feitas por visualização tridimensional física e real como o uso de maquetes e mapas de relevo, mas é bem comum ser minoria em relação às formas de visualização digital, fruto do advento da Geomática nas últimas décadas.

Mas paralelo a essa evolução do que hoje chamamos de geoprocessamento, nos últimos anos tornou-se popular e mais acessível as tecnologias que permitem projetar e criar objetos tridimensionais reais sem a necessidade de ser um escultor profissional, as tecnologias de prototipagem 3D. A gama de máquinas capazes de realizar a manufatura aditiva e subtrativa se estende desde dispositivos de baixo custo e produção simples, para uso doméstico até máquinas mais complexas utilizadas em processos de manufatura industrial (VOLPATO, 2017).

O principal objetivo deste trabalho é mostrar os resultados obtidos com a prototipagem e manufatura de mapas e maquetes de relevo 3D, assim como as LIPs, Locais de Interesse Patrimonial (CECCHIN, 2019) elencados para a prática de Geoturismo e Geoconservação em unidades de Conservação do litoral sul de Santa Catarina.

Entre as Unidades de Conservação utilizadas como referências para a prototipagem da paisagem em objetos tridimensionais estão a Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (APABF) e o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Ambos sofrem diversos tipos de ameaça

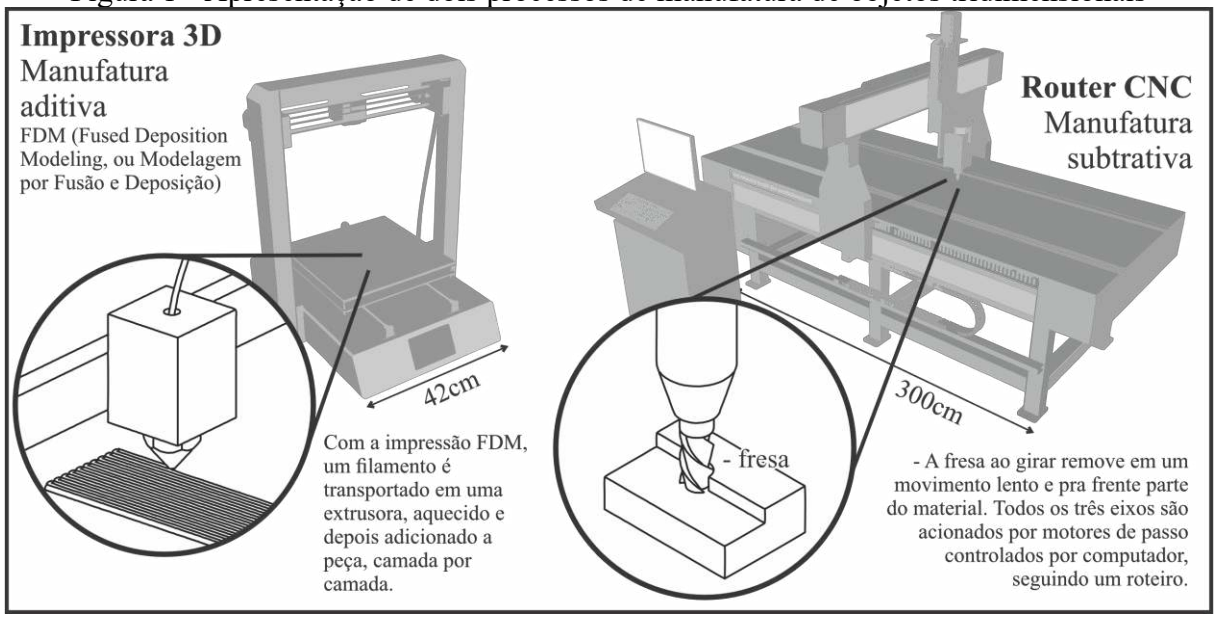
ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

que alteram a sua paisagem. Conforme Pimenta (2016) e Delfino (2017) a urbanização desordenada, as práticas do turismo de massa e degradação dos ecossistemas são as mais preocupantes.

Experiências de sucesso como as produzidas pela empresa STM *Solid Terrain Modeling,* nos Estados Unidos, na elaboração de mapas de relevo físicos por meio de prototipagem com um maior número de detalhes possíveis para criar réplicas exatas de áreas geográficas e a prática da prototipagem da paisagem para colaborar na tomada de decisões, mostram como que o uso de protótipos que representam a paisagem aumenta a percepção sobre o espaço geográfico (FAULKNER, 2019).

Entre os processos mais conhecidos para a prototipagem de paisagem está a impressão 3D que é baseada no processo de manufatura com a aplicação de aditivos e a usinagem em *Router* CNC (Comando Numérico Computadorizado), que consiste em usinar em uma máquina, ou seja, realizar a remoção, subtração de material em um bloco rígido por meios de fresadores e brocas para criar as geoformas de uma maquete de relevo ou de um elemento da paisagem como um local de interesse patrimonial. A figura 1 apresenta os dois métodos.

Figura 1 - Apresentação de dois processos de manufatura de objetos tridimensionais



Fonte: João Henrique Quoos (2021).

Normalmente, um objeto 3D real que representa a paisagem como os mapas 3D, geralmente tem "exagero vertical" aplicado e isso ajuda a aumentar o reconhecimento visual de montanhas, edifícios ou outros recursos notáveis. Os modelos tridimensionais da paisagem são seções de paisagem esculturais em uma escala reduzida e tridimensionais. Consequentemente, bem diferente do uso de um mapa bidimensional, o usuário é capaz de perceber o solo e a cobertura do solo de forma próxima à forma como eles realmente parecem na natureza (QUOOS & FIGUEIRÓ, 2019).

E para dar maior abrangência na manufatura dos objetos tridimensionais, uma abordagem dada à prototipagem neste trabalho é a criação e reprodução de produtos para um artesanato

ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

inovador, como a de *suvenires* denominados de geoprodutos. De acordo com Ziemann et al. (2018) o geoproduto é capaz de agregar um valor ainda maior à experiência realizada no território.

2. METODOLOGIA

Para a prototipagem e manufatura dos objetos tridimensionais que representam elementos da Paisagem é necessário requerer a procedimentos oriundos da Geomática e assim obter arquivos digitais que posteriormente serão utilizados na manufatura. Para ambos os casos o formato de arquivo em 3D ideal e que permite a criação de um roteiro de impressão e/ou usinagem CNC é o formato de arquivo STL (*Standard Triangle Language*). Para facilitar e reduzir os custos na prototipagem, adotou-se *softwares* gratuitos e ferramentas *online* para a criação desse arquivo.

Entre os *softwares* podemos listar: o QGIS (https://qgis.org) reconhecido *software* livre de Sistema de Informações Geográficas, o MeshLab (https://www.meshlab.net) para conversão, limpeza e correção de malhas triangulares 3D, o PrusaSlicer (https://www.prusa3d.com/prusaslicer/) para ajustes no arquivo STL e o Autodesk® 123D Make (descontinuado pela empresa, mas ainda disponível para *download* em http://bit.ly/123dmake) para acabamento e fatiamento de modelo tridimensional.

Em alguns casos, para uma produção de arquivos STL onde o usuário não possui conhecimentos da prática da Geomática ou mesmo tempo para isso, recomenda-se o uso da ferramenta online Terrain2STL (https://jthatch.com/Terrain2STL). Neste caso, o passo a passo deste procedimento mais simples foi gravado em um tutorial e publicado no Youtube na seguinte URL: https://youtu.be/Z5JKlFvnGFI.

Metodologicamente, no QGIS, dentro de um projeto onde os dados estejam todos em projeção UTM, o usuário importa o arquivo que contenha dados de elevação (DEM - *Digital Elevation Model*) no formato *raster*. A origem mais comum de dados DEM na Geomática é o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), mas conforme a aplicação e a escala do produto gerado, a origem dos dados pode ser um mapeamento tridimensional gerado por um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado). Para a prototipagem de áreas que não serão retangulares deve-se recortar o raster DEM usando uma camada vetorial com o formato desejado. E, se necessário, para apresentar dados de relevo que não estão presentes no DEM, é preciso extrair do *raster* por uma camada de máscara das ruas, rios e prédios adicionando os valores de elevação e mesclando com o *raster* original. Na maioria dos casos o modelo gerado não foi retangular e não houve a necessidade do recorte. Mas recomenda-se a criação de uma camada vetorial tipo área com um retângulo que se deseja. Em seguida, utilizando o complemento para QGIS DEMto3D é realizada a conversão.

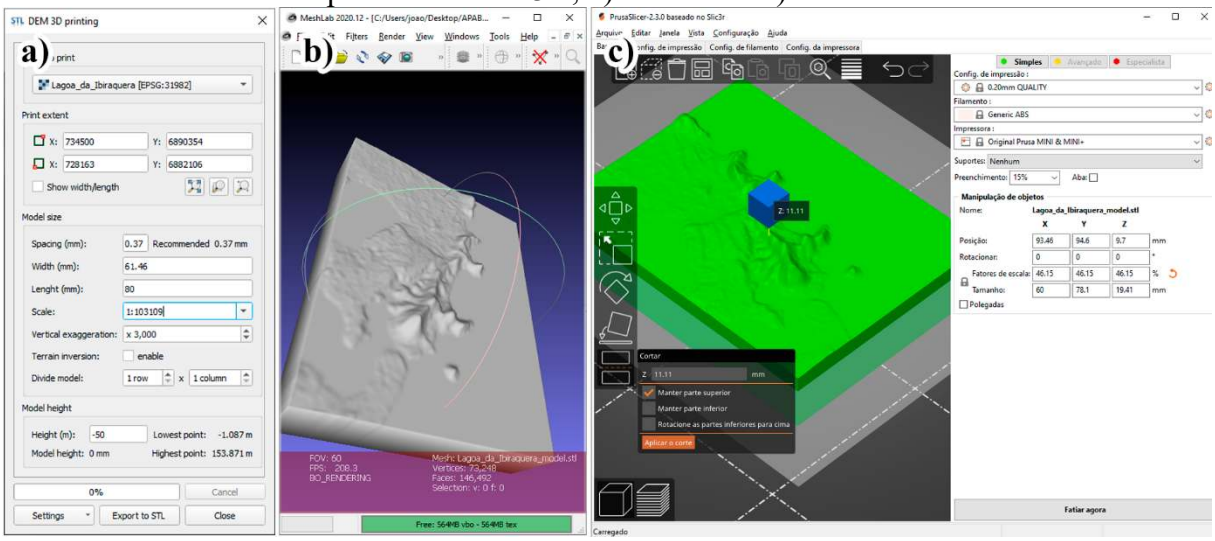
Entre os parâmetros informados para a conversão (figura 2) estão em ordem de melhor configuração: a) *Layer to print*: camada *raster* a ser usada, b) *Print extent*: extensão da área de impressão no qual pode ser indicado o *layer* da área retangular, c) *Width e Lenght*: largura e comprimento em milímetros do objeto que será produzido, d) *Vertical exaggeration*: exagero vertical que precisa ser maior que 1 em caso de escalas pequenas ou corre o risco do relevo não se destacar, e) *Spacing*: espaçamento que corresponde à separação da malha 3D, quanto maior

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

o valor maior será a generalização do modelo e menos detalhes serão representados e f) *Height*: altura em metros de onde vai partir o modelo. Em caso de grandes altitudes, pode-se colocar um valor para qual será a altitude de onde vai surgir o modelo, ou em caso de áreas de planícies, coloque valores negativos, para que o modelo não inicie na altitude 0 e assim não fique sem uma base. Realizado as configurações no complemento clique em *Export STL*. O mesmo já se encontra pronto para ser enviado ao processo de impressão 3D ou usinagem, mas procuramos destacar aqui mais alguns procedimentos que podem ajudar na qualidade do produto.

Para conferir e realizar uma possível compactação do arquivo STL, procedimento esse que irá ajudar nas aplicações de manufatura do arquivo STL pode-se usar o *Software MeshLab*. Importa-se o arquivo e depois aplique a compactação do arquivo por meio do menu: *filters/Remeshing, Simplification and Reconstruction/Simplification: Quadric Edge Collapse Decimation*. Após o procedimento é realizada a exportação e o arquivo está em um tamanho menor. Já para suavizar o formato do relevo, tornando a superfície mais tátil e com menos elementos, é possível aplicar o efeito *shrinkwrap* que dá um acabamento no estilo embalado a vácuo sobre a superfície. Esse efeito é aplicado dentro do software Autodesk 123D Make. No mesmo é possível fazer o fatiamento do STL para preparar o arquivo para recorte em uma *Router* CNC, usando materiais como madeira, MDF, PVC, acrílico, EVA ou até mesmo em papel. Outro procedimento recomendado é abrir o arquivo STL dentro do *Software PrusaSlicer* onde ajustes nas medidas do protótipo final como orientação de impressão (vertical ou horizontal) escalar e recortar parte da base podem ser feitos.

Figura 2 - Capturas de tela de procedimentos adotados para criação e edição de STL. a) Componente DEMto3D, b) Meshlab e c) PrusaSlicer.



Fonte: João Henrique Quoos (2021).

Com o arquivo STL criado, o mesmo pode ser impresso em impressora 3D ou usinado em *Router* CNC. Neste trabalho, devido a Pandemia da Covid-19 no ano de 2020 e 2021, foi optado por utilizar serviços de terceiros e empresas locais. Mas, em geral, as impressoras 3D e as máquinas de usinagem CNC são equipamentos frequentemente encontrados dentro de Universidades e dos Institutos Federais em laboratórios de prototipagem. O material adotado

ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

para a impressão 3D é o ABS por apresentar maior resistência e na usinagem optou-se por usinagem em PVC expandido e em MDF.

As peças menores, impressas em 3D foram copiadas em molde utilizando borracha de silicone PS azul e/ou verde, conforme disponibilidade. Com o molde pronto, são realizadas cópias em dois tipos de materiais (Figura 3). O primeiro é uma mistura de resina de poliéster (60%), massa plástica (10%) e calcita (30%). Essa mistura precisa ficar com baixa viscosidade e foi denominada de resina de artesanato, pois muitos produtos de artesanato em resina são feitos com misturas similares a essa. Depois de misturada ao catalisador é colocada no molde, onde fica até endurecer, no tempo total de 20 a 40 minutos, conforme a quantidade de catalisador aplicado. Outra mistura utilizada para realizar as cópias dos objetos é a de gesso, rejunte branco (ou cimento) e água. Essa mistura, por apresentar uma fragilidade maior na peça, precisa ser acrescida de arames dentro da forma do molde, para evitar que a peça quebre com a fragilidade. Mesmo que a retirada do molde seja realizada uma hora depois de ser adicionada ao mesmo, a peça só fica pronta para pintura em 5 dias. Ambas as misturas (resina ou gesso) podem ser acrescidas de pigmento para colorir as peças.

Figura 3 - Da esquerda para direita: Impressões em 3D, moldes de borracha silicone e cópias em resina de artesanato e mistura de gesso com rejunte.



Fonte: João Henrique Quoos.(2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 4 apresenta um protótipo já impresso em 3D da APABF, produzido pelos autores e o mesmo é usado pela unidade gestora como um kit didático além de servir para uso nas reuniões do conselho da APA. A mesma é acompanhada de uma imagem com o nome das localidades. Por ser de grande formato, não foi produzido molde da mesma.

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

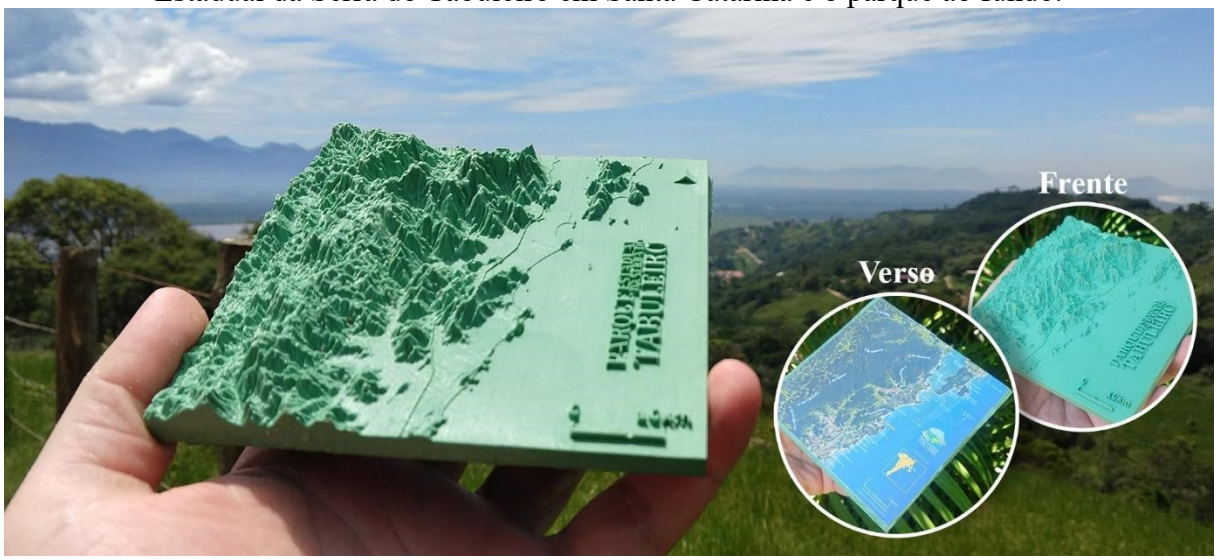
Figura 4 - Prototipagem em impressora 3D dividida em 4 partes do mapa de relevo do território da Área de Proteção da Baleia Franca e imagem de satélite Sentinel 2 na mesma área e escala.



Fonte: João Henrique Quoos. (2021)

Já para o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, o protótipo desenvolvido foi uma maquete de mão (Figura 5) que após ser impressa em 3D foi copiada em borracha de silicone. Conforme Figueiró et al. (2018) esse procedimento acaba sendo uma estratégia interpretativa que ao mesmo tempo em que é aplicada para o fortalecimento do geoturismo permite a ampla reprodução de uma visualização do relevo do território o que colabora com a divulgação da área de abrangência do parque nos diversos municípios envolvidos, assim como servirá de geoproduto para fabricação por artesãs locais. Nas cópias em resina e em gesso é adicionado um mapa com o limite do parque e a nomenclatura das principais geoformas do território.

Figura 5 - Cópia de prototipagem em resina de artesanato como geoproduto do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro em Santa Catarina e o parque ao fundo.



Fonte: João Henrique Quoos. (2021).

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

Da mesma forma, foram produzidos pela comunidade local da APABF moldes menores, como imã de geladeira e até para chocolates comercializados em pousadas (Figura 6).

Figura 6 - Sequência de imagens de geoproduto como souvenir da Lagoa da Ibiraquera e da Praia do Rosa em Imbituba, SC na APABF e produção de formas de chocolate pelo método de prototipagem em máquina caseira de *vacuum forming*.



Fonte: João Henrique Quoos. (2021).

Outros protótipos que serviram como modelo de geoprodutos, foi o caso do LIP Cabeça de Pedra, pareidolia (aparência humana em formações da paisagem) muito famosa na APABF e visitada por turistas o ano inteiro. Para a mesma foi feito protótipo da trilha de acesso ao local e da própria pareidolia (Figura 7). Assim como um protótipo produzido em uma *router* CNC para o Centro de Atendimento ao Turista de Garopaba, SC (Figura 8).

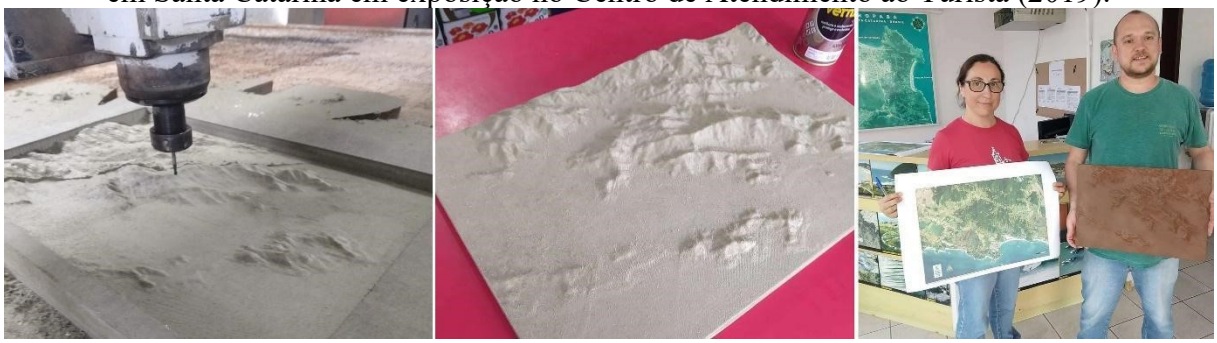
Figura 7 - Geoprodutos produzidos por prototipagem e cartaz impresso para apresentar local de interesse patrimonial com pareidolia dentro da Unidade de Conservação APABF em Garopaba, SC.



Fonte: João Henrique Quoos. (2021).

ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

Figura 8 - Prototipagem em router CNC do município de Garopaba que abrange parte do território da Área de Proteção da Baleia Franca e do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro em Santa Catarina em exposição no Centro de Atendimento ao Turista (2019).



Fonte: João Henrique Quoos. (2021).

Trazer à vida a paisagem, o local ou o terreno por meio da prototipagem de mapas físicos em 3D e de elementos da paisagem inspira quem contempla a natureza e deseja perceber o mundo à sua volta. Ajudando a dar vida aos locais favoritos das pessoas que convivem com as unidades de conservação e seus visitantes. Esses geoprodutos vão além de ser uma peça de arte decorativa e cativante, tornando-se uma ferramenta informativa para mapeamento das unidades de conservação, para a análise geoespacial e para ampliar o sentimento de pertencimento ao território colaborando com a geoconservação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prototipagem de paisagens, seja por meio de mapas de relevo e/ou de locais de interesse patrimonial em modelos físicos tridimensionais é capaz de permitir com que as pessoas possam ver de qualquer ângulo, tocar ou simplesmente se reunir em volta do objeto tridimensional e com isso fornecer uma compreensão mais extensa das informações apresentadas e necessárias para compreender a paisagem representada.

A manufatura desses elementos por meio da impressão 3D e usinagem CNC está cada vez mais acessível e mostra que podemos aplicar a prototipagem de paisagens em qualquer tamanho, forma ou escala, desde uma maquete de mão, de parede, de mesa, ou até mesmo em um grande formato para um ambiente de exposição. Assim amplia a compreensão muitas vezes não encontrado em fotografias, modelos tridimensionais exibidos na tela do computador ou até mesmo em um mapa plano. O uso de objetos reais para espacializar os territórios das Unidades de Conservação vão além da percepção cartográfica tridimensional e cria um encantamento dos moradores locais pelas suas paisagens que devem ser conservadas.

A cópia dos modelos em dimensões reduzidas por meio de moldes de borracha de silicone torna a reprodução imediatamente disponível a comunidades locais para o comércio de *suvenir* e para aplicações didáticas. Essa prática vai além do território e atinge um maior envolvimento de turistas e do público em geral, onde por meio do objeto representado é criado uma experiência mais significativa com o lugar e a paisagem.

ISSN: 1982-5528
DOI: 1022411/rede2021.1501.03

REFERÊNCIAS

CECCHIN, Dilson Nicoloso. **Integração do patrimônio cultural ao natural como recurso geoturístico na implantação do projeto do Geoparque Quarta Colônia, RS, Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) – Santa Maria: UFSM. 2019.

DELFINO, Deisiane dos Santos. **Os valores da Paisagem como instrumento de gestão territorial na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca – Santa Catarina, Brasil.** Tese (Doutorado em Geografia) – Florianópolis: UFSC. 2017.

FAULKNER, Lawrence. **Physical Terrain Modeling in a Digital Age.** 2019. Disponível em: https://www.solidterrainmodeling.com/pdf_brochures/Physical_Terrain_Modeling_in_a_Digital_Age.pdf Acesso em: 01 de fev. de 2021.

FIGUEIRÓ, Adriano Severo; QUOOS, João Henrique; ZIEMANN, Djulia Regina. Estratégias interpretativas aplicadas ao geoturismo. In: VIEIRA, António; FIGUEIRÓ, Adriano Severo; Lúcio Cunha; STEINKE, Valdir Adilson. **GEOPATRIMÓNIO.** Geoconhecimento, Geoconservação e Geoturismo: experiências em Portugal e na América Latina. Guimarães, Portugal: CEGOT-UMinho, 2018.p.161-176.

PIMENTA, Luiz Henrique Fragoas. **Estudo da geodiversidade e do geopatrimônio da Mata Atlântica do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e do mosaico das Terras do Massiambu com base em Sistema de Informação Geográfica (SIG)**. Tese (Doutorado em Geografia) – Florianópolis: UFSC. 2016.

QUOOS, João Henrique; FIGUEIRÓ, Adriano Severo. **Criação de maquetes de relevo em 3D por meio de prototipagem em CNC para aplicação em Geoturismo e Gestão Ambiental.** Encontro Sul Americano de Geodesign. Risk Management, Urban Growth and Environment Protection, 2., 2019. Anais. Florianópolis, p81-82.

VOLPATO, Neri. **Manufatura Aditiva:** Tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo (SP): Edgard Blücher, 2017.

ZIEMANN, Djulia Regina; DEGRANDI, Simone Marafiga; CECCHIN, Dilson Nicoloso; FIGUEIRÓ, Adriano Severo. Geoprodutos: Estratégia para valorização e promoção da Geodiversidade. SINAGEO, 12., 2018. **Anais eletrônicos**. Fortaleza. Disponível em: https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/5-424-2204.html. Acesso em: 1 fev. 2021.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho se tornou possível graças ao apoio das mulheres artesãs das comunidades da Ibiraquera em Imbituba, de Garopaba e do Campeche em Florianópolis. Agradecemos também ao ICMBio gestor da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca e ao IMA – Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina gestor do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.