

QUICKTIME VIRTUAL REALITY E ESTEREOFOTOGRAFIA: UTILIZANDO TÉCNICAS FOTOGRÁFICAS IMERSIVAS PARA A DIVULGAÇÃO DA ESPELEOLOGIA NO BRASIL

Leonardo MORATO - gepaleo@yahoo.com.br

Grupo de Extensão e Pesquisas Espeleológicas Guano Speleo – UFMG.

Abstract

QuickTime Virtual Reality (QTVR) and Stereophotography are two distinct approaches to produce immersive images, valuable as didactical material in web pages, multimedia presentations and lectures. The first is a modern technique, which creates, from a panoramic photograph, a virtual projection where one can interact, changing its point of view. The second is a classical practice, producing a pair of images in slightly different positions, what simulates the human vision through stereoscopy, permitting them to be viewed in 3D. Both are been used in caves, where they complement each other, as the former seems ideal to translate dimensions of salons and passages, creating the perception of the viewer being placed inside the cave, while the later adds depth to images, and is specially useful in showing speleothems and dynamic settings. The main difficulties in their employment in caves are related to special lighting control and achieving depth of field, which demands longer exposures. These approaches are serving as tools to divulgate Brazilian Speleology, bringing comprehensive impressions of places and subjects ordinarily inaccessible for most people, and hopefully diminishing the distance between them and the underground world.

Introdução

A Fotografia voltada à Espeleologia sempre teve duplo papel, pois além de ser uma importante ferramenta documental, continuamente permite a pessoas que não tem acesso às cavernas tomar consciência de um mundo virtualmente desconhecido, de raras belezas, mas também de extrema fragilidade. Essa percepção facilita valorizá-lo, e assim fazendo, a Fotografia não tem só um valor artístico, como também didático, educativo.

Mas as fotografias convencionais têm suas limitações ao traduzir as impressões que temos dentro de uma caverna, e mesmo do mundo de forma geral, particularmente por restringirem o campo de visão observado e o projetarem apenas em duas dimensões. Isso às vezes cria certa dificuldade ao se tentar compreender a verdadeira extensão e forma dos motivos retratados, seja em exposições informais ou mesmo durante palestras e cursos.

Para auxiliar na divulgação da Espeleologia, temos recorrido a duas técnicas que enriquecem as apresentações e minimizam o distanciamento dos espectadores com o tema. Uma delas é a *QuickTime Virtual Reality* (QTVR), que consiste no uso de projeções esféricas de imagens panorâmicas, montadas a partir de um mosaico de fotografias individuais, que podem ser navegadas pelo usuário no computador (Wallach, 2004). O observador assume virtualmente o ponto de vista situado no centro da esfera, e pode interagir mudando seu ângulo de visão ou aproximando e afastando a

imagem, investigando o cenário, desde que esse tenha tido uma cobertura fotográfica completa.

A QTVR é utilizada para dar a sensação de se estar dentro da cena fotografada, o que constitui seu principal atrativo, tanto para a Espeleologia como em outras áreas, onde já tem encontrado grande aplicabilidade, como no mercado imobiliário e no setor turístico, permitindo visitas virtuais a residências, instituições, monumentos e marcos de cidades. Embora não seja corriqueira sua utilização nas cavernas brasileiras, esse emprego potencial da QTVR já não é uma novidade (Wallach, 2004, por exemplo, relata seu uso em cavernas chinesas).

Talvez na contramão da modernidade e inovação da QTVR, a outra técnica que temos explorado é a Estereofotografia. Sua escolha vai além do proveito que ela trás para a divulgação da Espeleologia, pois também é intuito valorizar e promover essa arte clássica. De fato, segundo Howes (1997), a primeira fotografia tirada em cavernas empregou essa técnica. Ela consiste na obtenção de duas imagens fotográficas tiradas a uma certa distância uma da outra, que combinadas (através de práticas à vista desarmada ou com equipamentos especialmente desenvolvidos pra esse fim) dão a noção de profundidade à cena (*vide* Ferwerda, 2003). Essa técnica se baseia no mesmo princípio da visão humana para a percepção de cenas em três dimensões, pois efetivamente o que nossos olhos vêem são duas imagens independentes, ligeiramente diferentes em perspectiva, que nosso cérebro

combina para nos dar a percepção de distância entre objetos.

Ambas as técnicas podem ser consideradas imersivas – embora esse adjetivo seja associado à percepção humana em ambientes de realidade virtual, ele pode meramente referir à qualidade de um sistema tecnológico em apresentar uma modalidade sensorial, preservando-a com certo grau de fidelidade em relação ao seu equivalente humano real (Slater, 2003). Não se tratam, portanto, de simulações gráficas complexas, inteiramente criadas em computador, e sim de técnicas simples, basicamente fotográficas, que em princípio podem ser efetuadas por qualquer pessoa, com um mínimo de equipamentos. O presente trabalho irá discorrer sobre os requisitos necessários para a aquisição das imagens panorâmicas e tridimensionais em cavernas, além das formas como as temos apresentado a diferentes audiências, ressaltando suas potencialidades educacionais.

Materiais

Alguns dos materiais utilizados já devem ser habituais ao fotógrafo de cavernas, embora outros, mais específicos, sejam úteis, tanto na aquisição de imagens panorâmicas como estereofotográficas. Os tipos de equipamentos empregados, com suas principais vantagens e desvantagens, serão comentados seguir.

Câmeras fotográficas

Em princípio, qualquer tipo de câmera que possa ser utilizada para Fotografia em cavernas pode ser empregada em ambas as técnicas, mas especialmente para QTVR, uma câmera digital é extremamente recomendável. O controle manual tanto da exposição quanto do foco são outras características desejáveis. Temos utilizado três modelos de câmeras para essas finalidades: uma Canon PowerShot S5 IS, uma David White Stereo Realist 3.5 modelo 1041 e uma Gosularstvennyi Optiko-Mekhanicheskii Zavod (GOMZ) Sputnik.

A PowerShot S5 IS é uma câmera digital recente, ainda que de curta produção, descontinuada pelo lançamento de modelos considerados mais avançados segundo as exigências de um mercado que se atualiza constantemente, embora alguns recursos tenham sido perdidos em suas sucessoras. Com 8,0Mp e uma objetiva não-intercambiável de distância focal variável (6,0-72,0mm/2,7-3,5), ela pode ser considerada uma câmera automática do

tipo “*point-and-shoot*” avançada, pois permite regulagens da abertura do diafragma e velocidade do obturador, com até 15 segundos de exposição, embora não possua modo *B* (*bulb*). Essa câmera também pôde ser utilizada para produzir estereofotografias, como será discutido na próxima seção, mas no presente trabalho, seu principal emprego foi na aquisição de fotografias para montagens de imagens panorâmicas. Para tanto, ela foi utilizada em conjunto com a lente de conversão WC-DC58A, permitindo diminuir a distância focal ao seu menor valor, 4,5mm (equivalente a 27mm em uma câmera de filme 135). Quanto menor a distância focal da objetiva disponível, maior a área da cena enquadrada em cada fotografia, e menor o número de imagens necessárias para cobrir todos os ângulos.

Embora fique explícito que não é essencial fazer uso de uma câmera específica para Estereofotografia, contar com esse recurso apresenta algumas vantagens, principalmente quando se requer longas exposições. Estereocâmeras são eficientes em campo, onde demandam menor tempo para aquisição das imagens, embora exijam maior tempo de revelação de filme e manuseio em escritório. Existem arranjos modernos para sincronizar um par de câmeras digitais, por exemplo, mas entusiastas da Estereofotografia ainda utilizam modelos antigos rotineiramente (Howes, 1997, Osborne, 2008), no geral mais robustos e baratos, para o uso em cavernas.

A Stereo Realist (Fig. 1) é um exemplo de estereocâmera manual fabricada nos Estados Unidos entre 1947 e 1972, muito popular na época em que surgiu, em parte por permitir a utilização de filmes 135 convencionais. O modelo utilizado possui duas objetivas de 35mm/3,5 sincronizadas, separadas por uma distância interocular de 70mm, que geram simultaneamente duas imagens de 23x25mm na emulsão fotográfica. Esse tamanho se tornou um padrão estereofotográfico americano, conhecido como “*formato Realist*”. A Realist utiliza o sistema imperial de medidas, o que requer algum costume no Brasil, e seu obturador possui velocidades de 1 a 1/150 s, diferentemente das frações hexadecimais que fotógrafos modernos estão mais habituados, além dos modos *B* e *T* (*time exposure*). Além disso, ela utiliza dois visores pequenos e pouco luminosos, um direto para enquadramento (*viewfinder*) e outro acoplado a telêmetro (*rangefinder*) para focalização.

Em 1955 surgia a soviética Sputnik (Fig. 1), produzida até 1973. Câmera relativamente desconhecida no Brasil, ela foi extremamente

popular em todo o leste europeu, região que é praticamente o berço dos estudos do carste, aonde vêm sendo ainda utilizada para fotografias que incluem temas relacionados a Espeleologia (e.g., Orborne, 2008). Ela é, diferentemente da Realist, uma câmera *reflex* de objetivas gêmeas que utiliza filme 120 (formato médio), mas sua construção simples a fez extremamente acessível. Ela conta com duas objetivas de 75mm/4,5 para a aquisição das fotografias, separadas por uma distância interocular de 63mm. Os primeiros modelos, como o utilizado, possuem velocidades entre 1/10 a 1/100 s, além de *B*, e posteriormente foram adotadas as frações modernas, já quando a fábrica passou a se denominar Leningradskoe Optiko Mekhanicheskoe Obedinenie (LOMO), ainda em atividade (Lomography, 2008). Embora seu visor seja bastante claro, com objetiva própria 75mm/2,8, a focalização se dá por vidro despolido, o que pode ser difícil em condições de baixa luminosidade. É possível, alternativamente, enquadrar a fotografia por um visor esportivo incluso, muitas vezes útil para cavernas, e fazer a focalização visualmente, através da escala de distâncias na objetiva, que utiliza o sistema métrico.

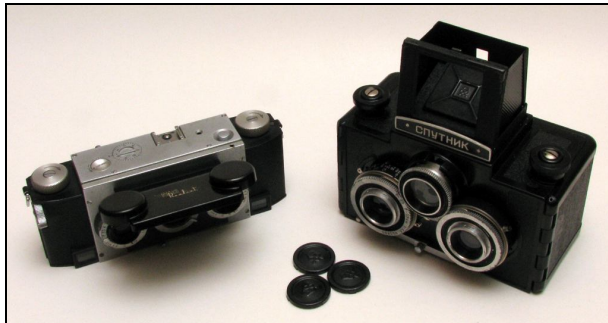


Fig. 1: Modelos de estereocâmeras utilizados: da esquerda para a direita, a Stereo Realist e a Sputnik.

Equipamentos acessórios

Para a aquisição de imagens QTVR, é recomendável a utilização de uma cabeça de tripé panorâmica, fixada sobre um tripé convencional (Frich, 2007). Ela é útil na elaboração de fotomosaicos, pois evita a paralaxe entre duas imagens tomadas em ângulos diferentes, ao permitir a rotação da câmera ao redor de seu ponto nodal. Esse ponto de paralaxe “zero” é localizado no plano do diafragma, como visto da frente da objetiva, e uma das formas em que pode ser determinado é empírica, ao se apoiar a câmera cada hora em um ponto diverso, na linha central da objetiva, e girá-la no plano horizontal ao redor desse ponto, em várias tentativas, até se encontrar um eixo de rotação em

que não seja percebida nenhuma mudança na posição relativa entre objetos presentes na imagem (Frich, 2007).

Existem diversos modelos disponíveis no mercado, mas geralmente são caros e precisam ser importados. Entretanto, uma cabeça de tripé panorâmica pode ser facilmente confeccionada, de modo econômico, utilizando-se materiais de fácil obtenção. Diversos tutoriais simples de como fazê-lo podem ser encontrados na *World Wide Web* (e.g., Arodrix, 2005; Parkin, 2006), que guiaram a construção do arranjo específico para a Canon S5 IS utilizado no presente trabalho (Fig. 2). No caso da Canon S5 IS, regulada na menor distância focal possível, o ponto nodal foi aproximadamente determinado no eixo da objetiva a 6,9cm da linha que corta o centro do soquete para tripé, que por sua vez está afastado 1,6cm à esquerda deste eixo, vendo-se a câmera por baixo. O centro da objetiva está ainda a 3,05cm de altura, em relação à base da câmera.



Fig. 2: Cabeça de tripé panorâmica, confeccionada em madeira e cortiça (baseada principalmente no modelo de Arodrix, 2005) para a Canon PowerShot S5 IS. A câmera é posicionada na orientação de “retrato”, quando no plano horizontal.

Imagens estereofotográficas satisfatórias podem ser efetuadas com uma só câmera à mão, com uso de

flashes nas situações de luz naturalmente fracas. Entretanto, se a imagem desejada requer o uso de longa exposição e tripé, existem braços especiais (que igualmente podem ser confeccionados ou comprados prontos) que permitem deslocar a câmera apenas lateralmente, sem necessitar de deslocamento do tripé.

Como tanto os métodos para QTVR e para Estereofotografia requerem a aquisição de múltiplas fotografias com sobreposições, é importante que as condições de iluminação se mantenham constantes durante *todas* as tomadas, o que em cavernas pode ser mais fácil em teoria, uma vez que as condições de luz são geralmente controladas pelo fotógrafo, mas isso irá exigir maior cuidado na organização das fontes de luz. *Flashes* eletrônicos, cabos de sincronismo e fotocélulas podem se provar extremamente úteis nessa tarefa, e outras fontes de luz artificiais podem ser consideradas (*vide* Wallach, 2004). Uma alternativa que também pode ser empregada, até mesmo próximo à câmera, inclui a chama de velas à base de cera.

Pós-produção

Em particular na conclusão de imagens para QTVR, são necessários programas de computador para realizar algumas tarefas. As fotografias individuais necessárias para cobrir inteiramente um cenário são reunidas em programas dedicados à junção de imagens. Alguns desses, como o PTGui (New House Internet Services, 2008) e o Hugin (d'Angelo, 2008) tem sido utilizados, e podem ser obtidos com licenças temporárias ou até mesmo gratuitamente na *World Wide Web*.

Parte da edição final das fotografias pode ser executada em manipuladores convencionais de imagens. No presente caso, o programa empregado tem sido o Photoshop (Adobe Systems Incorporated, 2002). Esse programa pode ser útil também no arranjo para apresentação de estereofotografias.

Princípios da aquisição de imagens e sua exibição final

Detalhes da aquisição de imagens panorâmicas podem ser encontrados em diversos livros (*e.g.*, Jacobs, 2004; Frich, 2007). Aqui vamos discutir apenas aspectos gerais e detalhar os problemas em potencial que podem ser encontrados ao aplicar tais princípios em cavernas.

Os trabalhos começam na escolha do local a ser fotografado, definindo o posicionamento da câmera. Uma sugestão é buscar o centro de salões não muito amplos. O uso da cabeça de tripé panorâmica irá prevenir a paralaxe, mas não impede que objetos a diferentes distâncias exijam mudanças de focalização da câmera, o que pode criar um pouco de dificuldade em algumas montagens. Uma posição aproximadamente equidistante das paredes e objetos mais notáveis facilita as operações, mas o fotógrafo deve almejar o máximo de profundidade de campo em todas as imagens, para conseguir ao final um panorama completamente nítido.

Assim, a regulagem de abertura da câmera deve priorizar valores altos, ou seja, diafragmas bem fechados, para maximizar a profundidade de campo, levando provavelmente a exposições longas (Howes, 1997), de forma a assegurar que fontes de luz difusas, como a chama de acetileno, sejam corretamente expostas. O posicionamento de *flashes* eletrônicos deve ser em parte governado pela abertura pré-determinada, sendo recomendável contar com *flashes* de potência regulável, pois nem sempre é possível aproximá-los ou afastá-los o suficiente do objeto que devem iluminar.

Procure nichos para esconder as fontes de luz, uma vez que a câmera irá capturar imagens em todas as direções. Nenhuma luz, a princípio, deve ser voltada diretamente para a câmera, ao menos não sem um obstáculo à frente, o que já requer um planejamento cuidadoso. Aqui, a questão do uso da cabeça de tripé panorâmica se faz mais importante. O erro de paralaxe entre duas imagens integrantes de um mosaico não se restringe a ser um problema de perspectiva, apenas para a montagem do panorama, quando as imagens são tomadas em cavernas: ele pode se tornar também um problema de exposição e de formação de *flares*. Assim, enquanto que em uma primeira imagem uma fonte de luz não apareceria, bloqueada da linha de visão inicial da câmera, na seguinte a mudança na perspectiva poderia fazer com que ela se tornasse aparente, criando um clarão superexposto na imagem, que deixaria ainda um rastro de marcas translúcidas.

Se todas as fontes de luz são protegidas, as chances de que a área onde a câmera está posicionada acabe sob penumbra são grandes. Não é desejável em uma fotografia para QTVR que haja áreas grandes não iluminadas, uma vez que elas representarão apenas descontinuidades na projeção, potencialmente fazendo com que o observador perca por um momento a noção de distribuição espacial do

ambiente. O desafio então é aumentar a iluminação ao redor da câmera, mas de forma regular, congruente. Uma luz direcional, como um *flash* ou mesmo a chama de acetileno em um *éclairage*, não pode ser utilizada próximo à câmera, ou uma hora será enquadrada na fotografia, e se for movimentada para evitar isso, serão criadas sombras distintas nas imagens subseqüentes, criando empecilhos a uma montagem perfeita. O recurso de se utilizar velas pode solucionar o problema em salões pequenos, exatamente por se tratar de uma fonte quase pontual e isotrópica. Além disso, se ela estiver posicionada entre a câmera e uma parede plana ou mesmo o teto, na maior parte da aquisição de imagens, ela pode ser deslocada levemente de sua posição, no momento que seria enquadrada, e por não ser uma fonte de grande intensidade, pouco afetaria a exposição.

A aquisição efetiva das imagens ainda será dispendiosa em tempo, para proceder a uma varredura completa do cenário. No caso da câmera utilizada, orientada na vertical (em posição de “retrato”) com objetiva regulada à distância focal de 4,5mm, apenas para o plano horizontal é necessária uma rotação de 30° após cada imagem, determinada empiricamente para permitir uma boa área de recobrimento. Isso gera 12 fotografias nesse plano para cobrir uma volta completa. Um deslocamento de 45° é possível para a rotação na vertical, uma vez que a largura maior das imagens está alinhada nessa direção e permite, assim, maior sobreposição entre as fotografias. São geradas então mais 12 imagens com a câmera voltada 45° para cima e outras 12 com ela voltada 45° para baixo do plano horizontal.

Para finalizar, uma fotografia é tirada para o teto, com a câmera ortogonal ao plano horizontal, que corresponde ao zênite da projeção. No sentido diametralmente oposto, no nadir, está talvez a imagem mais difícil de ser obtida de todo o conjunto, uma vez que requer que o tripé seja reposicionado e pode haver uma falha na cobertura do cenário. Mas desde que o substrato seja razoavelmente plano, sem objetos que possam criar grandes variações de perspectiva, isso pode não ser um problema para a imagem ser reconhecida e alinhada com as demais, no processamento em laboratório.

É necessário, assim, obter 38 fotografias individuais para a cobertura total do cenário, com o conjunto câmera-objetiva disponível. Se levamos em conta um tempo de exposição de 10s para cada imagem, com um intervalo de ao menos 3s entre cada fotografia para rotação do arranjo e

acionamento do temporizador (para evitar vibrações na câmera), é fácil chegar à conclusão que uma única fotografia panorâmica não levará menos que 10min para ser obtida nessas condições, isso sem contar o tempo de preparação. Se o fotógrafo puder contar com uma objetiva olho-de-peixe, já com um ângulo de visão em torno de 180°, o trabalho se torna mais rápido e fácil. O número de imagens registradas poderia se reduzir a apenas seis, levando-se em conta a área de sobreposição, sendo quatro horizontais, uma de zênite e outra de nadir. Por outro lado, se a objetiva disponível tiver maior distância focal, o número de fotografias necessárias e o tempo de aquisição serão cada vez maiores.

Os procedimentos em escritório, após a aquisição das imagens, são relativamente simples, e comuns a qualquer panorama que se planeje apresentar em QTVR. As imagens são carregadas em um programa de junção e alinhadas (o que pode ser feito automaticamente pelo programa ou através da inserção manual de pontos de controle comuns a cada duas imagens) para gerar um panorama em projeção esférica (Jacobs, 2004) equirretangular de 360x180 graus (Fig. 3). O arquivo final deve ser aberto em um visualizador específico para QTVR, para poder ser manipulado interativamente. Esse visualizador pode ser independente, como o FSPViewer (Senore, 2007), ou funcionar como uma adição a um programa navegador, para acesso remoto via Internet, como o DevalVR (Phoscode, 2008). As vantagens do primeiro tipo se encontram na possibilidade de exibição de imagens em tela cheia, o que o torna mais adequado em palestras e para distribuição de pacotes multimídia entre grupos e empresas. Já o segundo permite a publicação das imagens na *World Wide Web*, ampliando a experiência de páginas de hipertexto.

Como as simulações produzidas para QTVR se prezam a apresentar fotografias panorâmicas, sua utilidade maior no presente caso está no registro de salões e condutos de cavernas, criando a sensação do observador estar localizado dentro do ambiente. Imagens de QTVR podem ainda ser conectadas umas às outras, através da inclusão de “*hot spots*” nos panoramas, aumentando assim a imersão e o potencial educativo (Barnes, 2000). Com isso há a possibilidade de se criar visitas virtuais, completas ou parciais a uma caverna, o que permite explorar variações nas características morfológicas e na distribuição de espeleotemas.



Fig. 3: Exemplo de uma fotografia panorâmica com cobertura total (projeção esférica equirretangular com 360x180 graus), efetuada em um pequeno salão na Lapa Claudina, Montes Claros (MG). Nessa projeção, teto e chão se encontram bastante distorcidos.

Mas os detalhes de objetos podem só ser apreciáveis ao se aproximar deles. Meios complementares podem, assim, se fazer necessários, e entre eles está a Estereofotografia. O uso dessa técnica permite dar uma noção de profundidade aos objetos, e pode destacar espeleotemas complexos, por exemplo, que em uma fotografia bidimensional seriam confusos. Mas essa técnica tem importância também em registros de salões e outras áreas amplas. Fussell (1982) enfatiza sua utilidade em registros de paredes com arte rupestre, em adição às abordagens usuais da Arqueologia por esboços, transferência ou moldes, uma vez que esses métodos nem sempre são capazes de traduzir com exatidão as relações espaciais das figuras entre si e à superfície da rocha em que se encontram.

Técnicas em Estereofotografia podem ser encontradas em Ferwerda (2003) e outros, e mesmo em sua aplicação a cavernas, há referências para procedimentos específicos (*vide* Howes, 1997). Podemos destacar algumas recomendações básicas, tiradas desses trabalhos. Primeiramente, a câmera deve ser sempre mantida alinhada ao horizonte. A composição da imagem deve contar com elementos a distâncias variadas da câmera, enfatizando o efeito de tridimensionalidade e, para tanto, a profundidade de campo deve ser maximizada. Enquanto que em uma fotografia bidimensional é comum preferir desfocar o fundo para que esse não se confunda aos objetos em destaque, isso normalmente não é um

problema para uma estereofotografia, uma vez que os elementos do primeiro plano ressaltam aos olhos.

A distância interocular das estereocâmeras é fixa, o que não dá margem a experimentos e limita o efeito de profundidade registrado. Quanto mais afastadas as objetivas, mais exagerado esse efeito. Uma regra geral é que se deve manter as objetivas afastadas entre si cerca de 1/30 da distância do objeto mais próximo em cena, para a registrar com uma profundidade natural (Howes, 1997). Assim, se utilizarmos uma câmera convencional, de objetiva única, podemos variar a distância em que ela é deslocada, entre as fotografias tiradas. É possível, com uma menor separação, registrar com profundidade aceitável um objeto mais próximo, por exemplo, em fotografias *close-up*.

Mas a utilização de câmeras simples trás limitações. Elas não devem ser empregadas para registrar objetos que estejam em movimento, e se houver uma pessoa na cena, ela terá que manter a pose nas duas fotografias tiradas, mesmo que cada uma delas seja por si só uma longa exposição. Outra dificuldade é que, assim como nas fotografias panorâmicas, a iluminação também deve ser idêntica no par de fotografias. Um *flash* incorporado à câmera tem que ser, portanto, evitado, uma vez que ele criará sombras ligeiramente distintas nas duas imagens, prevenindo uma correta visualização.

A apresentação das estereofotografias pode se dar de diversas formas. Se há uma platéia pequena e

for possível obter um estereoscópio, o par de imagens pode ser impresso (sendo indicado, no caso de películas fotográficas, trabalhar com negativos). Há também visores para se inserir o estereopar em transparências (filme positivo ou *slide*), que precisam de razoável luminosidade no ambiente, mas podem ser igualmente uma solução satisfatória e econômica. Entretanto, esses meios impedem a utilização dessas imagens para grandes audiências, pois elas não podem ser projetadas em grandes telas. Projetores de estereopares a partir de *slides* e até mesmo a partir de arquivos digitais existem, mas não são facilmente encontrados, e são usualmente mais dispendiosos.

Mas há uma última alternativa de apresentação. Se as estereofotografias podem ser convertidas em arquivos digitais, o par de imagens pode ser transformado por sua vez em um anaglifo (Fig. 4), com a utilização de programas simples de manipulação de imagens (instruções para tanto podem ser encontradas em Purnell, 2003, e em diversas páginas na Internet). Este tipo de imagem composta, geralmente em tons de azul e vermelho, pode ser projetada, e em qualquer escala. Basta que a platéia seja munida de óculos com lentes nos mesmos dois tons, que podem até mesmo ser confeccionados com cartolina e acetatos.

Considerações finais

A obtenção de imagens para visualização em QTVR, embora dispendiosa em tempo e um pouco mais elaborada em organização, é perfeitamente factível em cavernas, com possibilidades de se estender à criação de visitas virtuais. Tais imagens, aliadas às estereofotografias, têm adicionado ferramentas didáticas para a divulgação de temas espeleológicos, que permitem levar impressões mais detalhadas e completas das cavernas para as pessoas, e em particular àquelas que, por quaisquer motivos, não tem tido acesso ao mundo subterrâneo.

Agradecimentos

Fotografia em cavernas é quase sempre uma atividade coletiva. Agradecemos a todos os colegas que já tiveram a paciência de passar por nossas lentes, tantos que seria impossível enunciá-los

individualmente. Em conjunto, destacamos os companheiros do grupo Guano Speleo, que nos acompanham já a longa data, mas em particular gostaríamos de agradecer a colaboração de membros do Espeleogrupo Peter Lund (EPL) e da Rede Universitária de Estudos Científicos e Espeleológicos (GRUCAV), nas figuras de Matheus Simões Santos, Sérgio Xavier Silva, Alex Alves Pinto Lima e Marcelo Soares Oliveira, que auxiliaram diretamente em nossa primeira fotografia panorâmica, assim como Ronaldo Lucrecio Sarmiento, Cristiane Gonçalves Rodrigues Sarmiento e Taciana Antunes Sarmiento.

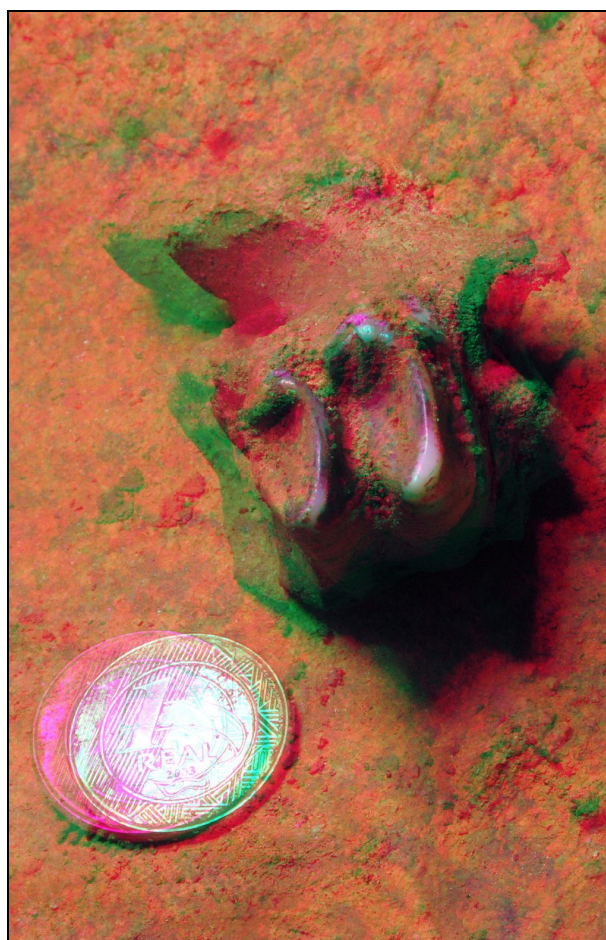


Fig. 4: Exemplo de anaglifo produzido por manipulação de um estereopar. A fotografia apresenta um dente molar superior de Tapiridae.

Referências Bibliográficas

ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. 2002. Photoshop version 7.0. [S.l.], c. 1990-2002.

ARODRIX. 2005. How to build a panoramic tripod head for \$10. Disponível em: <http://www.worth1000.com/tutorial.asp?sid=161123>. Acessado em: 1 de maio de 2009.

- BARNES, C. 2000. Building immersive environments using QuickTime VR: lessons from the real world and virtual realities. In: HARPER, B. & OLIVER, R. (Eds.) APPLE UNIVERSITY CONSORTIUM ACADEMIC AND DEVELOPER'S CONFERENCE 2000, Wollongong. *Proceedings...* Wollongong: Apple Computer Australia, p.3.1-3.7.
- D'ANGELO, P. 2008. Hugin version 0.7.0. [S.l.], c. 2008. Disponível em: <http://hugin.sourceforge.net>. Acessado em: 1 de maio de 2009.
- FERWERDA, J. G. 2003. *The world of 3-D: a practical guide to stereo photography*. Amsterdam: 3-D Book Productions, 4th printing, 300p.
- FRICH, A. 2007. *Panoramic photography: from composition and exposure to final exhibition*. Burlington: Focal Press, 184p. Tr. Alan Greene (original francês).
- FUSSELL, A. 1982. Terrestrial photogrammetry in Archaeology. *World Archaeology*, **14**(2): 157-172.
- HOWES, C. 1997. *Images below: a manual of underground and flash photography*. Cardiff: Wild Places, 268p.
- JACOBS, C. 2004. *Interactive panoramas: techniques for digital panoramic photography*. Berlin: Springer-Verlag, 248p.
- LOMOGRAPHY. 2008. Born from the ashes. Disponível em: <http://www.lomography.com/lubitell66+/history>. Acessado em: 1 de maio de 2009.
- NEW HOUSE INTERNET SERVICES. 2008. PTGui Pro version 8.0.2. Amsterdam, c. 2008.
- OSBORNE, R. A. L. 2008. Detailed morphological studies in Netopirjev Rov, Predjama cave: a hypogene segment of a slovenian cave. *Acta Carsologica*, **37**(2/3): 255-272.
- PARKIN, S. 2006. Homemade panoramic head. Disponível em: <http://www.chem.uky.edu/xray/people/Parkin/panohead/panohead.html>. Acessado em: 1 de maio de 2009.
- PHOSCODE. 2008. DevalVR 3D plugin version 0.7.6.4. [S.l.], c. 2008. Disponível em: <http://www.devalvr.com/install>. Acessado em: 1 de maio de 2009.
- PURNELL, M. A. 2003. Casting, replication, and anaglyph stereo imaging of microscopic detail in fossils, with examples from conodonts and other jawless vertebrates. *Palaeontologia Electronica*, **6**(2): 11p. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2003_2/rubber/iss_ue2_03.htm. Acessado em: 1 de maio de 2009.
- SENORE, F. 2007. FSPViewer version 1.51. Itália, c. 2003-2007. Disponível em: <http://www.fsoft.it/panorama/fspviewer.htm>. Acessado em: 1 de maio de 2009.
- SLATER, M. 2003. A note on presence terminology. *Presence connect*, **3**: 5p.
- WALLACH, H. 2004. Shooting the caves: a review and history of the techniques developed by Northwestern University, and the Dunhuang Research Academy for the Mellon International Dunhuang Archive for documenting the Mogao cave shrines. In: INTERNATIONAL CULTURAL HERITAGE INFORMATICS MEETING, 04, Berlin. *Proceedings...* Berlin: Archives & Museum Informatics Europe, 13p. Disponível em: http://206.191.60.140/publishing/ichim04/4339_Wallach.pdf. Acessado em: 1 de maio de 2009.