



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

CARTA PATENTE Nº BR 102017017713-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** BR 102017017713-0

**(22) Data do Depósito:** 18/08/2017

**(43) Data da Publicação Nacional:** 19/03/2019

**(51) Classificação Internacional:** G03B 37/02; G03B 37/00; G03B 15/00; G06K 9/00; A61B 5/1172.

**(52) Classificação CPC:** G03B 37/02; G03B 37/00; G03B 15/00; G06K 9/00013; A61B 5/1172.

**(54) Título:** APARATO E MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS

**(73) Titular:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES. CGC/CPF: 32479123000143. Endereço: RUA FERNANDO FERRARI,514, ES, BRASIL(BR), 29075-910; MINISTERIO DA JUSTICA E SEGURANCA PUBLICA, Órgão Público. CGC/CPF: 00394494002503. Endereço: RUA VALE DO RIO DOCE, 01, ED. POLÍCIA FEDERAL, SÃO TORQUATO, VILA VELHA, ES, BRASIL(BR), 29114-915, Brasileira

**(72) Inventor:** FRANCISCO GUILHERME EMMERICH; CARLOS MAGNO ALVES GIRELLI; ALFREDO GONÇALVES CUNHA.

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 18/08/2017, observadas as condições legais

**Expedida em:** 24/12/2024

Assinado digitalmente por:

**Alexandre Dantas Rodrigues**

Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

## RELATÓRIO DESCRITIVO

### “APARATO E MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES

### DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS

### CILÍNDRICOS”

[001] Refere-se a presente patente de invenção a um aparato e método para fotografia de impressões digitais reveladas em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos.

[002] Atualmente, o levantamento de impressões digitais em locais de crime e em objetos correlatos visando à identificação de suspeitos requer o uso de técnicas específicas de revelação e fotografia. Um número significativo de produtos para este fim encontra-se disponível no mercado. Ainda assim, existem algumas superfícies consideradas complicadas para a recuperação de impressões digitais e para as quais não há consenso quanto ao melhor método a ser empregado. Os cartuchos de munição deflagrados, frequentemente encontrados em cenas de crime de homicídio, são exemplos de evidências cuja superfície oferece dificuldades adicionais aos peritos, tanto para revelação quanto para o registro fotográfico de eventuais impressões digitais presentes na superfície. Alguns problemas enfrentados na realização de fotografias de impressões digitais em cartuchos são:

- Dificuldade em se obter foco nítido sobre toda a superfície visível do cartucho, tendo em vista que a profundidade de campo é reduzida em macro fotografia.
- Distorção das linhas papilares na fotografia em decorrência da projeção de uma forma tridimensional (cilíndrica) no plano bidimensional da imagem.
- Impossibilidade de visualizar e fotografar toda a impressão digital em uma única foto caso ela esteja disposta ao longo de parcela considerável da circunferência do cartucho.
- Presença de brilhos e reflexos persistentes na superfície especular metálica do cartucho.

[003] Algumas propostas anteriores podem ser encontradas nas patentes: Pippin, L.T. “Apparatus for assisting camera in photographing cylindrical objects”, Patent No. US 5,289,218; Pfaf, W.A. “Flow camera”, Patent No.US 3,462,218; Ogawa, T. “Apparatus for taking a continuous photograph of the exterior of an article”, Patent No.US 4,372,659; Gebhart, J.R. & Ledoux, F.X. “360° view camera”, Patent No. US 4,457,603. Em geral, as montagens experimentais referidas acima eram relativamente engenhosas e limitadas aos poucos recursos da época. Com a popularização das modernas câmeras digitais e dos computadores com alto poder de processamento, surgiram novas soluções mais simples, modernas, dinâmicas e eficientes.

[004] Um método interessante para visualização de impressões digitais em cartuchos de munição consiste na construção da imagem da impressão digital com base em medidas pontuais de diferenças de potencial Volta entre a superfície do cartucho e uma microssonda Kelvin de varredura (cf. Williams, G. & McMurray, N. “Latent fingerprint visualisation using a scanning Kelvin probe”, *Forensic Science International*, pp. 102-109, vol. 167, 2007). A sonda percorre uma reta ao longo de toda a extensão longitudinal da superfície do cartucho, medindo pontualmente a diferença de potencial Volta em intervalos pré-definidos (por exemplo, a cada 0,05 mm). Em seguida, o cartucho é girado ligeiramente por meio de um motor de passo e a sonda faz outra varredura retilínea no sentido oposto. Cada ida ou vinda da sonda gera uma linha de valores da matriz que representa toda a superfície lateral do cartucho. A técnica baseia-se no fato de que regiões cobertas por resíduos de impressões digitais apresentam potenciais Volta diferentes das demais regiões da superfície metálica do cartucho. Assim, é possível atribuir uma cor ao valor medido na superfície livre de contaminantes e definir uma escala gradativa de cores para variações em relação a este valor. A imagem final da superfície lateral do cartucho contendo eventuais impressões digitais será obtida pela representação gráfica da matriz de valores medidos da diferença de potencial Volta ao longo de toda a varredura do cartucho após ser girado em 360 graus. A resolução da imagem pode ser ajustada conforme o passo de varredura, enquanto o contraste irá depender de uma escolha de cores adequadas. Apesar de inovadora e dotada de alta sensibilidade, a técnica requer instrumentação sofisticada com alto custo, necessita de operador especializado e o tempo de varredura é lento, de modo que os próprios autores consideram o método muito difícil para uso no cotidiano de laboratórios forenses.

[005] A partir dos resultados obtidos no trabalho de Williams & McMurray citado acima, um físico inglês chamado John Bond desenvolveu uma nova técnica para revelação de impressões latentes em superfícies metálicas (cf. Bond, J.W. “Visualization of latent fingerprint corrosion of metallic surfaces”, *Journal of Forensic Sciences*, pp. 812-822, vol. 53, No. 4, Julho de 2008; e também Bond, J.W. “Visualization of latent fingerprint corrosion of brass”, *Journal of Forensic Sciences*, pp. 1034-1041, vol. 54, No. 5, Setembro de 2009). A técnica explora o fato de que regiões cobertas por resíduos de impressões digitais possuem condutividade elétrica diferente das demais regiões da superfície metálica do cartucho, especialmente em virtude da presença dos subprodutos de corrosão do latão causada por sais inorgânicos (e.g., cloreto de sódio) contidos no suor. A técnica de revelação consiste na aplicação de uma alta diferença de potencial (~ 2,5 kV) e exposição a um pó condutor (cf. patentes Bond, J.W. “Fingerprint detection”, Patent No. US 8,142,834; e Bond, J.W. “Fingerprint detection”, PCT/GB09/02540). Segundo o inventor, o pó tende a aderir preferencialmente nas regiões correspondentes às cristas papilares, gerando contraste suficiente para revelar a impressão latente. A amostra (cartucho) deve ser posteriormente aquecida (~ 150 °C) para aumentar a adesão do pó à superfície, tendo em vista ser facilmente removível quando da cessação da diferença de potencial aplicada. Bond desenvolveu também um aparato para realização de revelações com uso do método proposto, disponibilizado ao mercado sob a denominação de CERA™ – Cartridge Electrostatic Recovery and Analysis (cf. <https://www.consolite.co.uk/Forensics/downloads/CERA%20Datasheet.pdf>. Acesso em 07.05.2017), fabricado pela empresa Consolite® Forensics Ltd. De acordo com o material de divulgação comercial do produto, o cartucho é fixado em um sistema que o faz girar, sendo que as imagens de impressões digitais reveladas através do método de deposição eletrostático são capturadas por uma câmera integrada ao sistema, que dispõe ainda de um software específico para gerar a imagem composta da superfície lateral do cartucho em uma tela de computador que é parte integrante do pacote do produto. Apesar de também ser uma técnica inovadora e aparentemente dotada de alta sensibilidade, o equipamento possui custo relativamente alto e sua eficiência tem sido questionada. Além disso, como se baseia no nível de corrosão da superfície metálica, impressões latentes recentemente depositadas ou com baixos teores de sais inorgânicos provavelmente não produzirão marcas suficientes para detecção satisfatória.

[006] As técnicas de revelação e aquisição de imagens de impressões digitais em cartuchos de munição desenvolvidas por Williams & McMurray e por Bond possuem mérito pela originalidade, mas possuem aplicabilidade limitada, seja pelo custo, pela necessidade de equipamentos e pessoal especializado, pelo longo tempo de resposta ou pela eficiência discutível. Diversas outras técnicas de revelação têm sido reportadas pela literatura, merecendo destaque o recente trabalho de Girelli et al. (cf. Girelli, C.M.A.; Lobo, B.J.M.; Cunha, A.G.; Freitas, J.C.C. & Emmerich, F.G. "Comparison of practical techniques to develop latent fingerprints on fired and unfired cartridge cases", *Forensic Science International*, pp. 17-26, vol. 250, 2015). De acordo com estes autores, dentre as diversas técnicas convencionais de revelação que foram testadas e comparadas, a melhor opção para revelar impressões digitais em cartuchos de munição constituídos de latão é através da aplicação sequencial dos seguintes reagentes: cianoacrilato → gun blue → corante fluorescente. De acordo com a pesquisa, diante da dificuldade em se prever a condição de superfície do latão e conseqüentemente qual dos três reveladores funcionará melhor, recomenda-se a aplicação de toda a seqüência indicada, devendo-se fotografar a amostra após a aplicação de cada um dos reagentes. A iluminação apropriada para se obter o melhor contraste entre as linhas papilares e o plano de fundo é diferente para cada um dos reveladores citados. Impressões reveladas com cianoacrilato ficam em alto relevo e cor branca, de modo que uma iluminação com luz rasante normalmente produz bons resultados. O gun blue é uma solução ácida que ataca o latão, tornando-o escuro, enquanto as linhas papilares contendo gordura e outros compostos sebáceos insolúveis em água permanecem protegidos contra a ação do ácido. O resultado da revelação com gun blue é uma impressão digital cujas linhas apresentam a cor amarelo-dourada do latão em contraste com um fundo preto-azulado ou marrom escuro. Amostras reveladas com gun blue são bem visíveis em ambiente com iluminação natural. Os corantes fluorescentes necessitam de iluminação com comprimento de onda específico como, por exemplo, radiação ultravioleta para que o material revelador seja corretamente excitado e reemita fótons com energia ligeiramente inferior na faixa de luz visível. A fotografia é em geral realizada em ambiente escuro e com uso de filtros, proporcionando boa visibilidade das linhas papilares brilhantes em um fundo escuro. Portanto, para se fotografar impressões digitais em cartuchos reveladas por meio da seqüência de reveladores sugerida no trabalho de Girelli et al., é necessário um aparato

que ofereça ao perito liberdade para utilizar as diversas fontes de iluminação recomendadas.

[007] Um produto sucessor do CERA™, comercializado pela mesma empresa com o nome de CERA™ LT, é apresentado como sendo um sistema óptico para visualização de impressões digitais em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos(cf. <http://consoliteforensics.com/downloads/CF-13%20Datasheet%20Iss%2010.pdf>.

Acesso em 07.05.2017). De acordo com o material de divulgação do produto, o CERA™ LT não mais utiliza o método de deposição eletrostático presente no CERA™. Sua funcionalidade é permitir a geração da imagem do cartucho por meio da aplicação de diferentes iluminações e filtros. Assim, cartuchos revelados com uso de outras técnicas podem, em tese, ser iluminados e fotografados com o CERA™ LT, que também possui câmera, computador, monitor de vídeo e software para composição de imagens (Consolite® Forensics Imaging Software) integrados. Este equipamento possui a vantagem de não estar restrito a uma técnica de revelação específica, mas ainda assim apresenta custo relativamente alto e, de certa forma, o usuário fica refém de acessórios e manutenção exclusivos daquele fabricante.

[008] Além dos dispositivos e métodos relativamente sofisticados apresentados acima, há também outras propostas mais simples e menos custosas reportadas na literatura, algumas delas descritas a seguir.

[009] Uma solução prática e que demanda poucos recursos baseia-se na composição de imagem da impressão digital a partir de diversas fotografias do cartucho após ser girado entre uma foto e outra (cf. Gabbay, Y.; Chaikovsky, A.; Chattah, N.L.-T.; Cohen, Y. "Improved multiple exposure and panoramic photography of latent fingerprints", Journal of Forensic Identification, pp. 22-28, vol. 63 (1), Junho de 2012). O procedimento foi realizado na busca de solução para um caso real e o fizeram de forma bem rudimentar, colocando o cartucho contendo a impressão digital sobre uma xícara que repousava de cabeça para baixo sobre uma mesa, girando-a manualmente entre uma foto e outra em ângulos aproximados de 10 graus. A montagem fotográfica para se chegar à imagem final necessitou de conhecimentos relativamente avançados em software de edição de imagens, tendo em vista que o encaixe das fotos foi feito de forma manual, trabalhando com a opacidade e transparência das camadas de fotografias enquanto eram movidas em relação às outras até se obter uma sobreposição satisfatória.

[0010] Uma evolução do método anterior apresentado na literatura científica forense utiliza um sistema giratório e um software para composição de imagens panorâmicas já prontos disponíveis no mercado (cf. Porter, G.; Ebeyan, R.; Crumlish, C.; Renshaw, A. "A novel method for the photographic recovery of fingerprint impressions from ammunition cases using digital imaging", *Journal of Forensic Sciences*, pp. 418-421, vol. 60 (2), Março de 2015). O sistema giratório é a cabeça de um tripé fotográfico Manfrotto®, que oferece configurações pré-definidas de ângulos para giros sucessivos. O modelo utilizado por aqueles autores possuía as seguintes opções de ângulos: 10, 15, 20, 24, 30, 36, 45, 60 e 90°, que correspondem, respectivamente, aos seguintes divisores inteiros de 360°: 36, 24, 18, 15, 12, 10, 8, 6 e 4. O cartucho contendo impressão digital era fixado na base giratória do tripé Manfrotto®, enquanto a máquina fotográfica ficava montada em outro tripé convencional independente. Entre uma foto e outra, o cartucho era girado manualmente em intervalos angulares conhecidos. Os autores aproveitaram de cada imagem do cartucho apenas a porção central cuja largura correspondia a 40% do diâmetro do cartucho, visando remover as distorções mais acentuadas das projeções das bordas do cartucho. A montagem da imagem final foi obtida fazendo uso da ferramenta Photomerge disponível no software Adobe PHOTOSHOP™. Para que o Photomerge funcione bem, é necessário que as imagens consecutivas contendo regiões coincidentes e detalhes nítidos, de modo a permitir que o software identifique a posição exata com que as imagens deverão ser parcialmente sobrepostas. As impressões digitais utilizadas na pesquisa foram depositadas de forma controlada ao longo de toda a superfície lateral dos cartuchos e foram reveladas mediante uso de pó fluorescente. Uma fonte de luz forense modelo Polilight™ foi utilizada para gerar fluorescência desejada e as fotografias foram realizadas com uso de lente macro e filtro para barrar outros comprimentos de onda diferentes daquele emitido pelo pó fluorescente. O resultado foi uma imagem com alta resolução e nitidez da impressão digital revelada no cartucho. No caso de impressões digitais reveladas em cartuchos calibre 9 mm, foram necessárias pelo menos 15 fotografias para compor uma imagem final em 360° que apresentasse condições satisfatórias de acordo com a avaliação dos autores. Esse sistema proposto por Porter et al. é relativamente barato, fácil de ser aplicado e produz resultados satisfatórios. No entanto, alguns aspectos ainda podem ser melhorados.

[0011] Com o intuito de oferecer uma alternativa para superar as dificuldades listadas acima no parágrafo [002], foram desenvolvidos um aparato e um método para fotografia de impressões digitais reveladas em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos, que permitirão a aquisição de imagens panorâmicas fazendo uso de uma montagem própria e uma abordagem diferente para realizar a composição de imagem. Algumas vantagens oferecidas pelo método proposto em relação ao trabalho de Porter et al. são:

- Requer menor quantidade de fotografias para obtenção da imagem final composta de 360° da superfície cilíndrica, sem comprometimento da qualidade das impressões digitais eventualmente presentes na superfície;
- Realiza o perfeito encaixe das fotografias sem necessidade de sobreposição parcial das imagens, de modo a não depender da acurácia de software ou da habilidade do operador para realizar as referidas sobreposições. Isso é devesas importante ao se processar cartuchos de munição provenientes de casos criminais reais, onde as impressões digitais remanescentes em geral apresentam qualidade baixíssima, muito diferente daquelas utilizadas na pesquisa de Porter *et al.*. Em tais situações, é possível que o Photomerge ou outros aplicativos similares apresentem dificuldades em reconhecer a posição correta para encaixe das imagens.
- Reduz o risco de haver movimento relativo entre câmera e objeto durante a sequência fotográfica, tendo em vista que ambos são fixados em uma mesma plataforma. Esse cuidado para que não haja qualquer variação na distância entre câmera e objeto, milimétrico que seja, é importante ao se fotografar impressões digitais, tendo em vista que, em média, uma linha papilar possui espessura inferior a 0,5 mm (cf. Carvalho, C.E.P.; Amaral, M.O.; Valdes, R.C.C. & Alecrim, M.M.V. “Contagem com estatística para o NID”, Revista Impressões, pp. 20-29, vol. 7 (1), 2007). Assim, um ligeiro deslocamento tão pequeno quanto 0,5 mm provocado na câmera ou no objeto pode ser suficiente para fazer com que uma linha papilar seja unida a outra distinta durante o encaixe das fotos, modificando a estrutura original da impressão digital.
- As opções de ângulos de giro não estão limitadas àquelas oferecidas com o tripé Manfrotto®.

[0012] O aparato desenvolvido para fotografia de impressões digitais reveladas em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos poderá ser melhor compreendido

através da descrição detalhada em consonância com as seguintes figuras em anexo, onde:

FIGURA 01 Apresenta uma vista em perspectiva do aparato para fotografia de impressões digitais reveladas em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos.

FIGURA 02 Apresenta uma vista lateral do aparato para fotografia de impressões digitais reveladas em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos.

FIGURA 03 Apresenta uma vista superior do aparato para fotografia de impressões digitais reveladas em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos.

FIGURA 04 Apresenta uma vista em perspectiva dos componentes de encaixe do cartucho no aparato para fotografia de impressões digitais reveladas em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos.

FIGURA 05 Apresenta uma vista superior do conjunto giratório do aparato para fotografia de impressões digitais reveladas em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos.

FIGURA 06 Apresenta uma vista superior de uma representação esquemática do cartucho (1) sendo fotografado.

FIGURA 07 Apresenta um exemplo de aplicação do método proposto, onde a imagem completa da impressão digital foi gerada a partir da junção das fatias centrais de nove fotografias tiradas do cartucho à medida que o mesmo era girado em ângulos de 40 graus entre uma foto e outra.

[0013] Conforme ilustrado nas Figuras 01, 02 e 03 descritas acima, o aparato para fotografia de impressões digitais em cartuchos de munição e outros objetos cilíndricos consiste em uma montagem experimental, cuja finalidade é permitir a realização de diversas fotografias do cartucho (1), girando-o em intervalos angulares bem definidos entre uma foto e outra, mantendo a distância entre câmera e objeto, as condições de iluminação e todo o restante inalterado.

[0014] O dispositivo consiste basicamente em uma plataforma (2) contendo dois pontos de fixação arbitrariamente definidos como P1 e P2, conforme indicado na Figura 02, sendo P1 para o objeto cilíndrico que se deseja fotografar e P2 para a câmera fotográfica.

[0015] O ponto de fixação P1 para o cartucho (1) consiste em um conjunto giratório contendo um porta-amostra cilíndrico (3), mostrado em detalhes na Figura 04. Este possui um furo raso na parte superior, cilíndrico, com diâmetro correspondente ao diâmetro da base do cartucho. O cartucho (1) é encaixado em pé no referido furo, com a

base do cartucho (1) (parte onde se encontra a espoleta) voltada para baixo. Assim, é possível encaixar no porta amostra (3) tanto cartuchos novos quanto cartuchos deflagrados de mesmo calibre. O fato de o furo ser raso faz com que apenas a base e a culatra do cartucho fiquem inseridas no porta amostra (3), restando exposta a superfície lateral do mesmo onde são usualmente encontradas impressões digitais resultantes de sua manipulação.

[0016] O porta-amostra (3) é fixado na base giratória (4) por meio do encaixe de sua parte inferior, também cilíndrica e concêntrica com o restante do conjunto, a um furo com bitola equivalente na base giratória (4). Além desse encaixe central, o porta-amostra (3) possui ainda em sua parte inferior um pequeno furo estreito fora de centro, mas paralelo ao eixo de simetria do conjunto, que serve de encaixe para o pino guia (4.1) que se encontra na base giratória (4) (Figura 04). Sua finalidade é impedir eventual movimento de rotação relativo entre o porta-amostra (3) e a base giratória (4). Isso vai assegurar que o porta-amostra (3) irá girar sempre a mesma quantidade que o restante do conjunto. É importante que todos os ajustes apresentem o mínimo de folga possível.

[0017] A base giratória (4) que sustenta o porta-amostra (3) está ligada a uma engrenagem (5) com 36 dentes acoplada à plataforma (2) por meio de um eixo com rolamento (não mostrado). O único movimento possível para a engrenagem (5) é o de rotação em torno de seu eixo.

[0018] Um pequeno dispositivo (6) é usado como dosador de giro da engrenagem (5) e também como fixador da posição da mesma, evitando que fique solta para girar quando não solicitado. Conforme indicado na Figura 03 e detalhado na Figura 05, tal dispositivo dosador de giro (6) consiste em pequeno recipiente contendo uma esfera (6.1) presa a uma mola (6.2) comprimida e se encontra fixado na plataforma (2) próximo ao contorno periférico da engrenagem (5), de modo que a esfera (6.1) seja empurrada pela mola (6.2) na direção radial para dentro do centro de giro da engrenagem (5).

[0019] Quando o sistema se encontra em repouso, a esfera (6.1) fica alojada no espaço entre dois dentes consecutivos da engrenagem (5), exercendo pressão suficiente para que a engrenagem (5) e todo o conjunto giratório permaneçam fixos naquela posição (Figura 05). Quando a engrenagem (5) é manualmente forçada a girar, o dente da engrenagem (5) empurrado contra a esfera (6.1) faz com que esta se mova radialmente para fora enquanto comprime ainda mais a mola à medida que o dente vai passando

pela esfera (6.1). O movimento de rotação da engrenagem (5) prossegue até que o dente passe por completo pela esfera (6.1) e esta venha a ocupar o espaço seguinte entre dois dentes da engrenagem (5), ocasião em que se ouve um “clique” característico da esfera (6.1) batendo contra o fundo do compartimento entre dentes. Como a engrenagem (5) utilizada nessa montagem possui 36 dentes, a cada clique corresponde um giro da amostra de 10 graus. Assim, o presente dispositivo dosador de giro (6) permite girar a amostra em ângulos bem definidos múltiplos de 10 graus. Caso se utilize engrenagem (5) com diferente número de dentes, o valor do ângulo girado a cada clique poderá ser facilmente calculado dividindo-se 360 graus pelo número de dentes da engrenagem (5). Novamente, destaca-se a extrema importância de se evitar folgas nos mecanismos do aparato para garantir que a incerteza na medida dos ângulos girados seja desprezível.

[0020] O ponto de fixação P2 destinado à máquina fotográfica (7) não requer uma geometria exclusiva. Pode ser constituído tanto por parafuso de fixação universal quanto por base de fixação utilizada para fixar máquinas fotográficas em tripés. A escolha do mecanismo de fixação é livre e pode ser feita conforme modelo e disponibilidade da máquina. Independente do mecanismo adotado, a máquina será fixada em uma pequena plataforma (9) que pode se mover em um trilho na direção do objeto, aproximando-se ou afastando-se do mesmo.

[0021] Além disso, a plataforma (9) é também acoplada a um eixo vertical (8) que permite aumentar ou diminuir a altura da máquina fotográfica (7) em relação ao objeto. Essa liberdade de movimento da máquina fotográfica (7) em relação ao objeto deve ser suficiente para permitir: a) enquadramento de todo o objeto (área de interesse) dentro da tela de imagem; b) centralização horizontal e vertical do objeto dentro da tela de imagem, facilitada pela presença de papel milimetrado em anteparo (10) posicionado ao fundo da imagem, atrás do cartucho (1); c) estabelecimento de foco nítido conforme distância focal do conjunto óptico disponível. Uma vez atingidas essas três condições citadas acima, a plataforma móvel (9) onde a máquina fotográfica (7) se encontra fixada é então travada e assim permanece ao longo de toda a sequência fotográfica.

[0022] Para o procedimento de aquisição e edição de imagens, o foco da máquina fotográfica (7) deverá ser ajustado para a região central do cartucho (1) (mais próxima da lente), onde a superfície é aproximadamente plana e paralela ao plano focal da máquina fotográfica (7). Assim, é possível obter foco nítido sobre uma região maior e

menos afetada pelas distorções acentuadas causadas pela projeção das bordas do cartucho (1). A ideia é aproveitar apenas a porção central de cada fotografia. A largura  $L$  com que a fatia central será cortada em todas as fotos dependerá do ângulo de giro  $\theta$  do cartucho entre uma foto e outra. Será aproveitada em cada foto apenas e exatamente a porção central renovada a cada giro. Assim, ângulos de giro do cartucho (1) maiores entre uma foto e outra implicarão em larguras maiores da fatia central a ser aproveitada. Se, por um lado, ângulos maiores significam menos fotografias para compor os  $360^\circ$  da superfície lateral do cartucho, por outro abrangem áreas afastadas do centro e conseqüentemente mais distorcidas. É preciso então explorar quais os maiores valores de ângulos possíveis para os quais as distorções não afetam o processo de comparação e identificação das impressões digitais.

[0023] A Figura 06 traz uma representação esquemática da vista superior do cartucho (1) sendo fotografado, onde o círculo de diâmetro  $D$  representa o cartucho (1), fora de escala (maior) em relação à máquina fotográfica (7). De acordo com a Figura 06, a largura  $L$  da fatia equivalente a um ângulo  $\theta$  de giro do cartucho (1) pode ser obtida através da equação:  $L = D \cdot \text{sen}(\theta/2)$ , onde o diâmetro  $D$  do cartucho (1) deverá ser obtido diretamente a partir da imagem com uso do mesmo software que será usado para a composição da imagem final. O rigor quanto ao ângulo (sem folgas) de rotação do cartucho (1) durante o processo fotográfico e quanto à largura com que as fatias centrais de cada fotografia serão cortadas durante o processo de edição de imagens é recompensado pela extrema facilidade na realização da montagem final da imagem. Bastará mover cada fatia até tocar a anterior que o encaixe será imediato, sem a necessidade de qualquer sobreposição ou uso de ferramentas computacionais mais complexas.

[0024] O conjunto de ações que devem ser executadas pelo usuário para realizar todo o procedimento de aquisição e edição de imagens fazendo uso do aparato e método desenvolvidos é resumido abaixo:

- 1- Fixação e posicionamento de câmera e objeto: Fixar o cartucho (1) no porta-amostra; fixar a máquina fotográfica (7) na plataforma (9) e ajustar a posição da máquina fotográfica (7) de modo que o cartucho (1) fique centralizado horizontalmente e verticalmente na imagem; ajustar o foco da câmera para a região central do cartucho (1).

2- Sequência fotográfica: Realizar uma fotografia, girar manualmente a engrenagem (5) para que o cartucho (1) seja igualmente girado pelo ângulo  $\theta$  desejado, realizar nova fotografia e assim por diante até completar uma volta completa do cartucho (1).

3- Composição fotográfica: Abrir uma das fotografias utilizando um software de edição de imagens (e.g., Adobe PHOTOSHOP™) e medir o diâmetro  $D$  do cartucho. A partir deste valor do diâmetro  $D$  e do valor já conhecido do ângulo  $\theta$ , calcular a largura  $L$  através da equação descrita no parágrafo anterior [023]. Recortar em cada fotografia a fatia central contendo largura igual a este valor  $L$  e salvar as respectivas imagens no computador. Criar uma nova tela de imagem em branco com altura igual à altura das fatias e largura igual à largura  $L$  de uma

única fatia multiplicada pelo número total de fatias que serão utilizadas na composição. Essa tela em branco servirá de plano de fundo para colagem das fatias e montagem da imagem final composta. Abrir a primeira fatia da sequência, selecionar tudo (toda a imagem da fatia), copiar e colar essa fatia central na tela em branco e então movê-la até uma das extremidades da tela em branco. Se a sequência das fotos foi obtida girando-se o cartucho (1) no sentido horário, então a primeira fatia (11) deve ser movida até a extremidade esquerda da tela em branco e as demais movidas até encostar sua aresta esquerda na aresta direita da fatia anterior. Se o cartucho (1) foi girado no sentido anti-horário durante as fotos, o procedimento será o inverso. Após repetir o procedimento para todas as fatias (11), ao final a tela criada inicialmente em branco restará totalmente preenchida, exibindo a imagem composta correspondente à superfície lateral do cartucho.

[0025] Como a sequência de comandos realizados no computador referentes à edição de imagens após a obtenção da medida do diâmetro  $D$  é simples e repetitiva, é possível utilizar uma macro computacional para execução automatizada do procedimento. Assim, basta informar o ângulo  $\theta$  de giro do cartucho, o diâmetro  $D$  do cartucho medido a partir da imagem e selecionar as fotos que serão utilizadas na composição, que todo o restante poderá ser calculado e executado sem necessidade de intervenção do operador.

[0026] Com o intuito de avaliar os resultados obtidos pela utilização do aparato e método desenvolvidos, foi realizado um experimento com oito cartuchos de munição cal. 9 mm novos. Em cada cartucho foi colado um papel branco contendo uma impressão digital impressa em tinta preta. Foram utilizadas quatro impressões digitais diferentes, duas de

homem e duas de mulher, sendo que cada uma foi posicionada de duas formas distintas nos cartuchos: uma com orientação paralela e outra perpendicular ao eixo longitudinal do cartucho. Cada um dos oito cartuchos foi fotografado em intervalos de 10 graus até perfazer um giro completo de 360°, gerando assim 36 fotos por amostra. Para cada cartucho, foram utilizadas combinações de suas 36 fotos, para gerar imagens panorâmicas de sua superfície lateral considerando ângulos de giro do cartucho múltiplos de 10°, iniciando em 10° e terminando em 180°. Assim, foram geradas 18 imagens panorâmicas por cartucho, totalizando 144 imagens para todos os oito cartuchos. Essas 144 imagens de impressões digitais montadas foram então codificadas e submetidas a exames de confronto no AFIS – Sistema Automatizado de Identificação de Impressões Digitais da Polícia Federal do Brasil, onde as quatro impressões digitais originais utilizadas na pesquisa já se encontravam armazenadas. Cada imagem composta foi codificada e processada três vezes no sistema AFIS, visando obter resultados médios mais seguros.

[0027] O placar apresentado pelo sistema AFIS pode ser interpretado como uma medida da similaridade entre as impressões digitais comparadas. Lembrando que ângulos maiores de giro do cartucho implicam em largura maior da fatia central da imagem a ser considerada e, conseqüentemente, abrangência de regiões mais distorcidas, era de se esperar que os placares apresentados pelo sistema diminuíssem com o aumento do ângulo, afinal quanto mais distorcida é a imagem, mais ela se torna diferente da impressão digital original plana e sem emendas que se encontra armazenada no sistema. De fato, foi observado esse comportamento nos resultados em geral. Mesmo assim, considerando-se a relação de custo benefício envolvida no processo, parece bastante razoável utilizar nove fotografias tiradas a cada giro de 40° do cartucho para obter a imagem panorâmica completa referente aos 360°, tendo em vista que os placares apresentados para este valor de ângulo ainda foram bastante altos. Para melhor ilustrar esse fato, a Figura 07 mostra o resultado da composição fotográfica realizada para um dos cartuchos utilizados no experimento, considerando-se as fatias centrais das nove fotografias tiradas a cada giro de 40° do cartucho.

## REIVINDICAÇÕES

1. APARATO E MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS, compreendendo uma montagem experimental em que objetos cilíndricos são fotografados, girando-os em intervalos angulares constantes pré-definidos e sem alterar iluminação e distância entre câmera e objeto entre uma foto e outra; consistindo em uma plataforma (2) caracterizados por conter dois pontos de fixação arbitrariamente definidos como P1 e P2, sendo P1 para o encaixe do objeto cilíndrico que se deseja fotografar (e.g., cartucho) e P2 para a acomodação e ajuste da câmera fotográfica (7);

2. APARATO E MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelo fato de o ponto P1 para fixação do cartucho (1) consistir em um conjunto giratório contendo um porta-amostra cilíndrico (3), que possui um furo raso na parte superior, cilíndrico, com diâmetro correspondente ao diâmetro da base do cartucho (1), onde este é encaixado em pé no referido furo, com sua base voltada para baixo; o porta-amostra (3), por sua vez, é fixado na base giratória (4) por meio do encaixe de sua parte inferior, também cilíndrica e concêntrica com o restante do conjunto, a um furo com bitola equivalente na base giratória (4), e além desse encaixe central, o porta-amostra (3) possui ainda um pequeno furo estreito fora de centro, mas paralelo ao eixo de simetria do conjunto, que serve de encaixe para o pino guia (4.1) que se encontra na base giratória (4); já a base giratória (4), que sustenta o porta-amostra (3), é constituída por uma engrenagem (5) com 36 dentes acoplada à plataforma (2) por meio de um eixo com rolamento;

3. APARATO E MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados por conter um dispositivo (6) dosador de giro da engrenagem (5) e também como fixador da posição da mesma, evitando que fique solta para girar quando não solicitado; tal dispositivo consiste em pequeno recipiente contendo uma esfera (6.1) presa a uma mola (6.2) comprimida e se encontra

fixado na plataforma (2) próximo ao contorno periférico da engrenagem (5), de modo que a esfera (6.1) seja empurrada pela mola (6.2) na direção radial para dentro do centro de giro da engrenagem (5), de modo a permitir que a amostra seja girada em ângulos bem definidos múltiplos de 10 graus; entretanto, caso se utilize engrenagem (5) com diferente número de dentes, o valor do ângulo girado a cada clique pode ser facilmente calculado dividindo-se 360 graus pelo número de dentes da engrenagem (5);

4. APARATO E MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelo fato de que o ponto P2 destinado fixação da máquina fotográfica (7) na plataforma (9) pode ser constituído tanto por parafuso de fixação universal quanto por placa utilizada para fixação de máquinas fotográficas em tripés convencionais;

5. APARATO E MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelo fato de que a plataforma (9) onde a máquina (7) é fixada pode se mover em um trilho na direção do objeto, aproximando-se ou afastando-se do mesmo, bem como pode ser elevada verticalmente através de um eixo vertical (8), sendo que essa liberdade de movimentos conferida à máquina (7) tem como objetivo permitir: 1- enquadramento de todo o objeto (área de interesse) dentro da tela de imagem; 2- centralização horizontal e vertical do objeto dentro da tela de imagem, facilitada pela presença de papel milimetrado em anteparo (10) posicionado ao fundo da imagem, atrás do cartucho (1); e 3- estabelecimento de foco nítido conforme distância focal do conjunto óptico disponível; sendo que, uma vez atingidas essas três condições citadas acima, a plataforma móvel (9) onde a máquina fotográfica (7) se encontra fixada é então travada e assim permanece ao longo de toda a sequência fotográfica;

6. MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que para o procedimento de aquisição e edição de imagens, o foco da máquina fotográfica (7) deverá ser ajustado para a região central

do cartucho (1) (mais próxima da lente), onde a superfície é plana e paralela ao plano focal da máquina fotográfica (7).

7. MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS, de acordo com as reivindicações 1 e 6, caracterizado pelo fato de que a largura L com a qual a fatia central (11) de cada fotografia será cortada dependerá do ângulo de giro  $\theta$  do cartucho entre uma foto e outra, de modo a se aproveitar em cada foto apenas e exatamente a porção central renovada a cada giro; sendo que essa largura L pode ser obtida pela equação  $L=D \cdot \text{sen}(\theta/2)$ , onde o diâmetro D do cartucho (1) deverá ser medido diretamente a partir de sua imagem na fotografia com uso do mesmo software que será usado para a composição da imagem final;

8. MÉTODO PARA FOTOGRAFIA DE IMPRESSÕES DIGITAIS REVELADAS EM CARTUCHOS DE MUNIÇÃO E OUTROS OBJETOS CILÍNDRICOS, de acordo com as reivindicações 1, 6 e 7, caracterizado pelo fato de que, uma vez cortadas as fatias centrais de cada fotografia exatamente conforme descrito na reivindicação 7, a imagem final panorâmica da superfície lateral do cartucho é obtida pela simples junção sequencial das fatias de imagens, sem a necessidade de qualquer sobreposição;

FIGURA 01

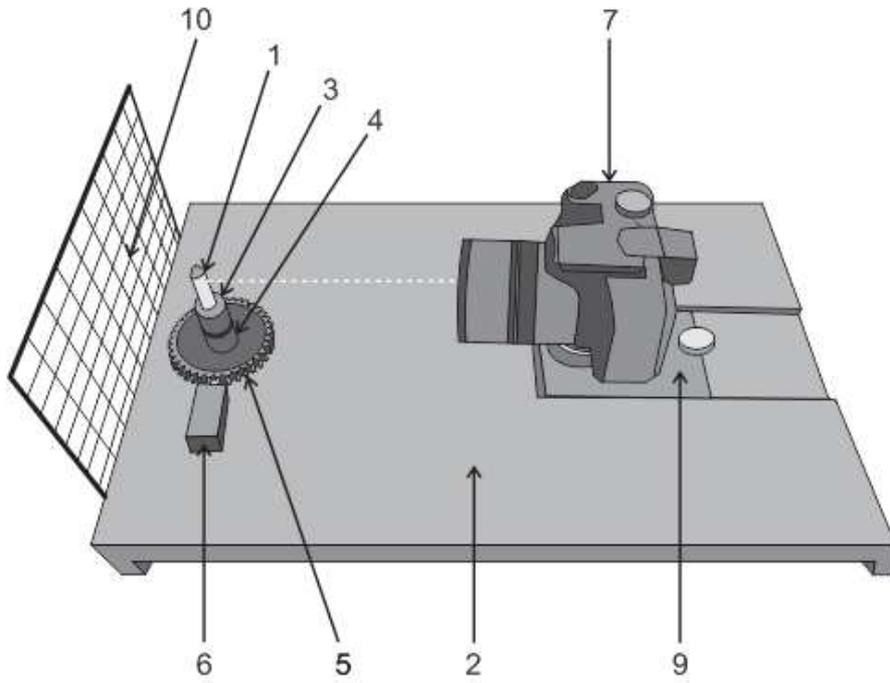


FIGURA 02

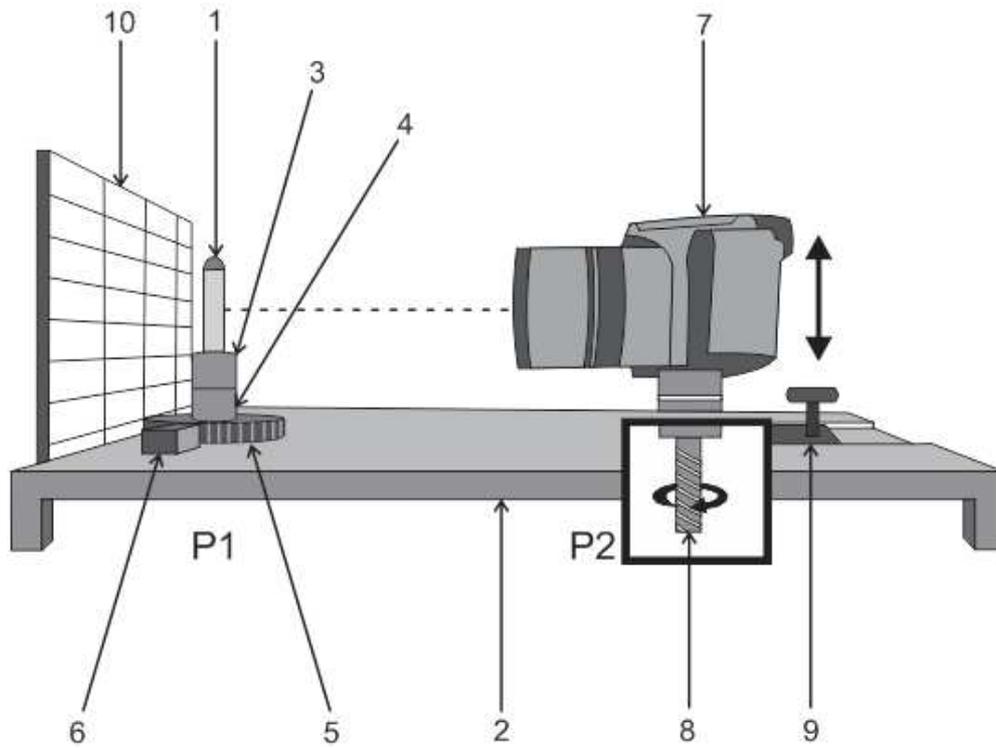


FIGURA 03

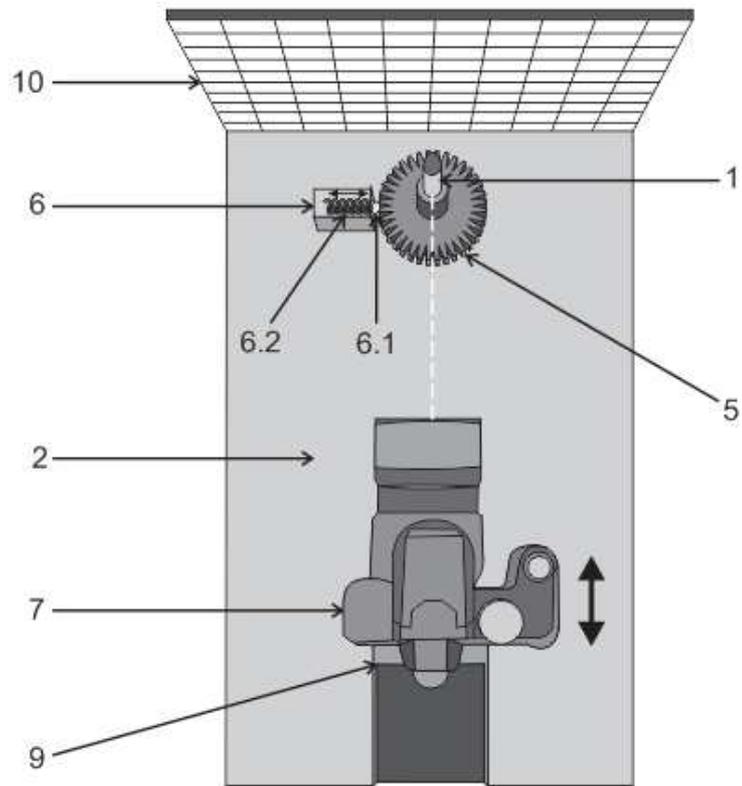


FIGURA 04

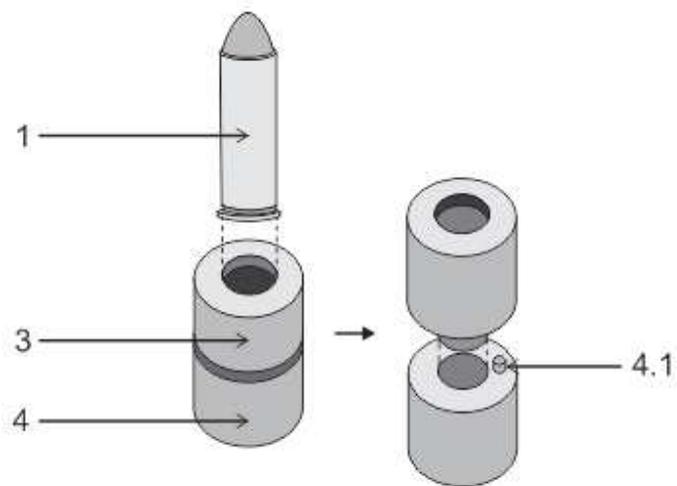


FIGURA 05

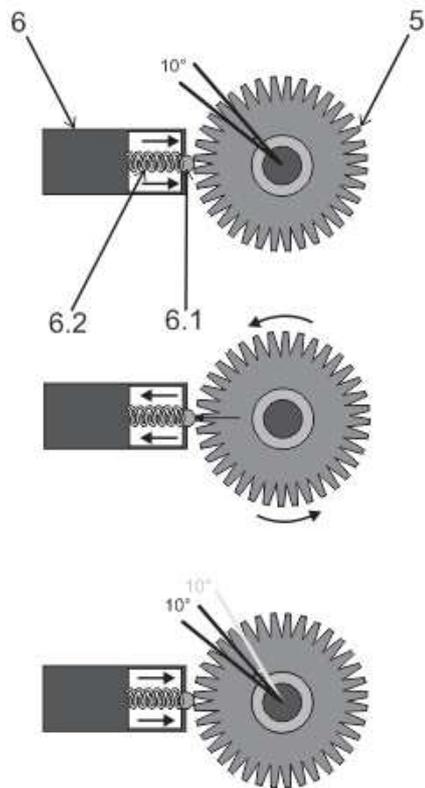


FIGURA 06

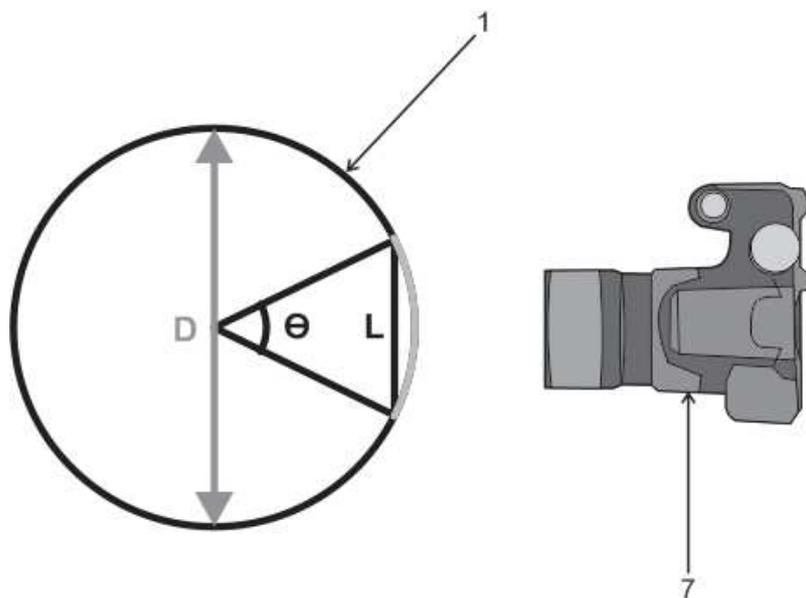


FIGURA 07

