



Fotografando com câmara escura de orifício: a óptica e o processo fotográfico na sala de aula

A fotografia é uma atividade com cerca de 150 anos que evoluiu rapidamente nos últimos anos, principalmente com o advento da fotografia digital, mas os princípios físicos envolvidos no processo de formação de imagens permanecem os mesmos desde o início.

Embora sua descoberta tenha utilizado diversas outras descobertas científicas que ocorreram em momentos distintos, atualmente podemos entender como funciona o processo fotográfico utilizando apenas dois princípios: o princípio da câmara escura de orifício, relacionado ao processo de formação de imagens, e o princípio da fotoquímica, que nos permite compreender como as imagens podem ser registradas.

Uma câmara escura é uma caixa ou outro recipiente qualquer com um orifício em uma face e uma janela revestida de material translúcido, como o papel vegetal, na face oposta (veja a Fig. 1).

Quando se aponta o orifício da câmara escura para um objeto bem iluminado, como por exemplo uma vela acesa, observa-se no anteparo fosco a projeção da imagem desse objeto.

A imagem formada pela câmara escura é invertida, e isso ocorre devido a uma

importante propriedade da luz, que é a propriedade de se propagar em linha reta. Sendo assim, o raio de luz que é emitido pela parte superior da vela passa pelo orifício da câmara escura e é projetado na parte inferior do anteparo. A imagem do objeto no anteparo é formada por todos os raios que partem da vela e atingem o anteparo (Fig. 2).

A câmara escura é o instrumento óptico mais simples que existe, pois forma imagens somente selecionando os raios de luz. Mas para se chegar à fotografia não bastava apenas o princípio da câmara escura, também era preciso saber como registrar as imagens.

A solução inicial para esse problema foi dada no final do século 18 com a descoberta da heliografia (gravura com a luz solar) pelo oficial da marinha francesa Joseph Nicéphore Niépce (1765-1833), posteriormente aprimorada por Louis Daguerre (1787-1851), cujo método ficou conhecido como Daguerreotípia, que foi sendo aperfeiçoado com o tempo até se chegar aos filmes que conhecemos hoje em dia.

Para se construir uma máquina fotográfica utiliza-se basicamente uma câmara escura de orifício para a formação de

O funcionamento do processo fotográfico utiliza apenas dois princípios: o da câmara escura de orifício, relacionado ao processo de formação de imagens, e o da fotoquímica, que nos permite compreender como as imagens podem ser registradas

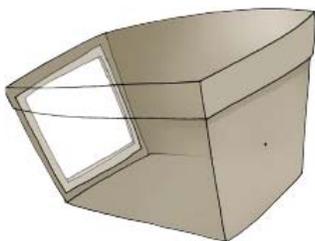


Figura 1. Câmara escura de orifício.

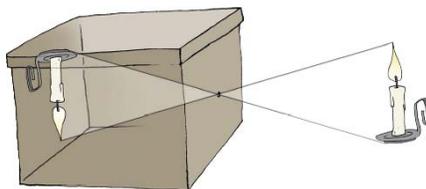


Figura 2. Imagem formada pela câmara escura.

.....
Carlos Eduardo Rossatti de Souza,
João Ricardo Neves e
Mikiya Muramatsu*

Laboratório de Óptica, Departamento de Física Geral, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

*E-mail: mmuramat@if.usp.br

.....

Nesse trabalho descrevemos de forma simples o procedimento adotado para montar um laboratório fotográfico de baixo custo utilizando princípios de óptica geométrica, em especial o princípio da câmara escura de orifício para formar e registrar imagens.

imagens, e o registro das imagens é feito através do processo fotoquímico, utilizando um filme ou um papel fotográfico. No nosso caso utilizamos papel fotográfico preto e branco.

O papel fotográfico preto e branco possui pequenos cristais de sais de prata (o mais utilizado é o brometo de prata), e eles são sensíveis à luz, ou seja, onde há incidência de luz ocorre uma reação de oxirredução, decompondo esse sal e fazendo com que a prata na forma iônica se transforme em prata metálica, que é escura, dando o contraste no papel fotográfico. Embora essa reação com a luz ocorra efetivamente, quando tiramos o papel fotográfico da câmara não se observa nenhuma imagem no papel, que é o que chamamos de imagem latente. Para que a imagem surja no papel fotográfico é necessário fazer a revelação, etapa na qual a imagem ficará evidenciada no papel formando o negativo fotográfico.

Agora vamos ver como é possível tirar uma foto utilizando uma câmara escura. A idéia é bem simples, já que temos um instrumento óptico que projeta imagens e temos meios de registrar essa imagem, seja com filme ou papel fotográfico.

Em uma máquina fotográfica convencional colocamos o filme para que a imagem seja registrada, enquanto a lente, que fica na frente do corpo da máquina, serve para projetar as imagens diretamente no filme. Com a câmara escura a idéia é a mesma, ou seja, ao invés de colocarmos um papel vegetal para a visualização da imagem, colocamos um papel fotográfico, e quando a imagem é projetada no papel fotográfico ela é registrada. Para entender como funciona o papel fotográfico, vamos imaginar que estamos tirando uma foto da zebra, como mostrado na Fig. 3a.

Em primeiro lugar, como o papel fotográfico é sensível à luz, o objeto a ser fotografado deve ser bem iluminado, e como a zebra da figura é bicolor, a parte clara refletirá muita luz, ou seja, sensibilizará o papel fotográfico. Já as partes escuras da zebra refletirão pouca luz, conforme mostra a figura. Após fotografarmos a zebra a foto ainda não está pronta, pois o filme deve ser revelado em um laboratório, e a imagem obtida no nosso caso é mostrada na Fig. 3b.

Essa imagem pode parecer estranha devido a inversão das cores e da posição da imagem, mas isso ocorre porque na primeira etapa do processo fotográfico o que obtemos é o negativo fotográfico. A imagem fica invertida, pois a imagem formada pela câmara escura é invertida, e a inversão das cores ocorre porque as regiões do papel fotográfico que são sensi-

bilizadas pela luz ficam escuras ao entrarem em contato com o revelador, enquanto as regiões que não foram sensibilizadas pela luz ficam claras. Por isso temos que fazer o positivo, ou seja, inverter a imagem obtida no negativo para voltarmos na imagem original do objeto que fotografamos (Fig. 3c).

Agora que temos o conhecimento teórico necessário, vamos montar o nosso laboratório.

Construindo a máquina fotográfica

Você vai precisar de:

- 1 lata qualquer, que pode ser de tinta ou de achocolatado
- fita isolante
- tesoura
- papel cartão ou offset preto
- 1 pedaço de lata de alumínio
- 1 alfinete
- cola

Instruções

1. Faça um furo grande, situado na meia altura da lata e entre as alças da mesma (Fig. 4a).
2. Encape-a internamente com papel

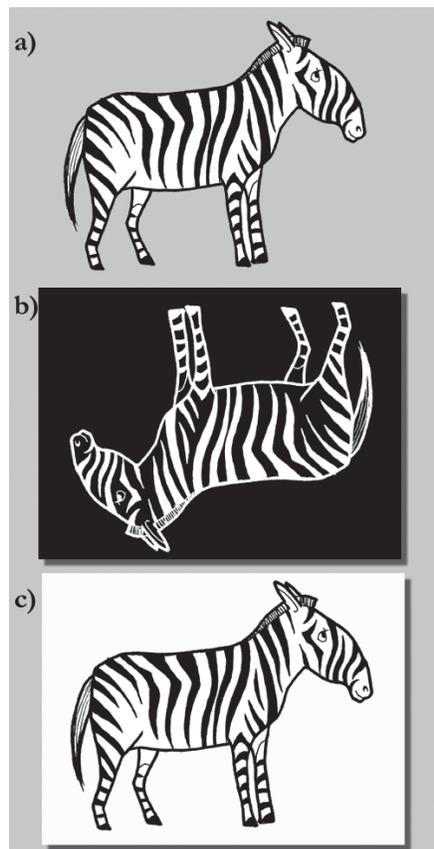


Figura 3. a) Objeto fotografado. b) Negativo do objeto fotografado. c) Positivo do objeto fotografado.

cartão preto, inclusive a parte interna da tampa (Fig. 4b).

3. Faça um furo no papel cartão que coincida com o feito anteriormente na lata. Com o alfinete, faça um furo bem pequeno no pedaço de alumínio. Você pode recortar um pequeno quadrado (1 cm²) de uma lata de refrigerante. O ideal mesmo é que esse furo seja feito com uma broca de 0,5 mm.

4. Cole o pequeno orifício sobre o furo da lata (Fig. 4c).

5. Fixe com fita isolante um pedaço de papel cartão sobre o pequeno orifício (Fig. 4d).

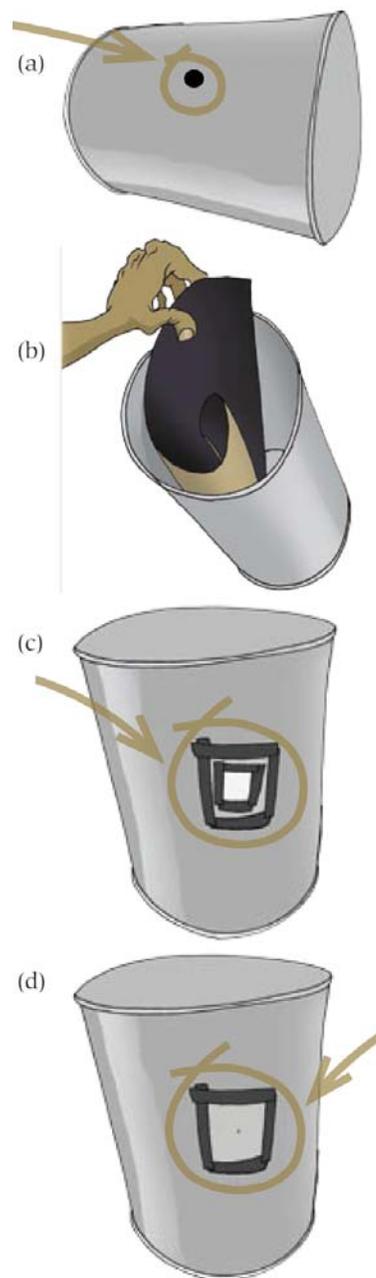


Figura 4. Instruções da construção da máquina fotográfica de lata.

6. Cole um pedaço de fita isolante na outra borda do papel cartão, dobrando a ponta da fita.

Extra: repita o processo com outra lata, mas faça um furo com prego em sua base e substitua a tampa por um papel vegetal. Está pronta uma câmara escura que pode ser utilizada para ver as imagens antes de fotografá-las.

Montando o laboratório

Você vai precisar de:

- 4 cubas para processamento (bacias)
- 4 pinças
- Revelador
- Fixador
- Papel fotográfico preto e branco
- Recipientes escuros
- Lâmpada vermelha de baixa intensidade (25 W ou menos) e de boa qualidade

Para fazer o revelador e o fixador deve-se seguir as instruções no verso das embalagens. É importante guardar esses líquidos em recipientes escuros, pois isso propicia a eles uma durabilidade maior.

Como preparar a máquina fotográfica

1. Em uma sala escura, utilizando apenas lâmpadas vermelhas, corte o papel em um tamanho adequado para a sua máquina.

2. Pegue um desses papéis e cole-o com fita adesiva na parede oposta ao orifício e tampe a lata.

É importante ressaltar que:

1. Qualquer manipulação com o papel fotográfico deverá ser feita no laboratório com somente com a lâmpada vermelha acesa.

2. A face brilhante do papel deve estar exposta dentro da lata, pois esta é a parte sensível à luz.

Fotografando

1. Escolha a paisagem a ser fotografada.

2. Mire a lata para o local a ser foto-

grafado.

3. Fixe bem a lata, para que a foto não fique tremida.

4. Abra o cartão, tomando cuidado para não mexer mais a lata, e deixe-o aberto pelo tempo necessário.

5. Feche o cartão para finalizar sua foto.

Vamos enumerar aqui alguns cuidados que você deve tomar ao tirar sua foto.

- Sempre tire uma foto para testar qual é o tempo de exposição ideal. Este tempo pode variar de segundos a minutos, e caso isso não seja feito você corre o risco de perder muitas fotos.

- As fotos devem ser tiradas com o objeto sendo iluminado pelo sol. Evite tirar fotografias com o orifício voltado para o sol.

- Jamais trema ou mexa a lata enquanto estiver tirando a foto.

- Após tirar sua foto, não abra a lata em hipótese alguma. Ela deve ser levada para o laboratório para ser processada.

Obs: Em um dia ensolarado, o tempo de exposição é de cerca de 20 segundos; em um dia nublado, esse tempo pode variar entre 2 e 3 minutos ou mais, para uma câmara escura construída com uma lata de 3,6 l e com o orifício de 0,5 mm.

Revelando a foto

Monte o laboratório colocando as bacias em uma ordem adequada (revelador, água, fixador). Use somente uma pinça para cada bacia, pois a mistura de fixador no revelador pode inutilizá-lo.

Para revelar a sua foto siga os seguintes procedimentos:

1. Utilizando somente a lâmpada vermelha, abra a lata e retire o papel fotográfico.

2. Coloque o papel primeiro no revelador.

3. Deixe o papel no revelador durante 2 minutos, passando-o em seguida para a água, onde ele deve ficar por 1 minuto.

4. Passe o negativo para o fixador e



Figura 6. Papel fotográfico colado na parte interna da lata, oposto ao pequeno orifício. Deve ser colocado na escuridão ou com luz ambiente vermelha, pois o papel só pode ser manipulado sob essa iluminação.

deixe-o por aproximadamente 2 minutos.

5. Lave o negativo, se possível em água corrente, para eliminar todos os resíduos químicos.

6. Seque a foto e ela estará pronta.

O que você obteve foi o negativo fotográfico, que é a primeira etapa do processo fotográfico. Para se obter o positivo, deve-se proceder conforme as instruções a seguir.

Fazendo o positivo

1. Dentro do laboratório, utilizando somente a lâmpada vermelha, pegue um papel que ainda não foi exposto à luz e coloque-o sobre a mesa com a face sensível à luz voltada para cima.

2. Coloque o negativo seco, com a face virada para baixo, por cima do papel que ainda não foi exposto à luz e cubra-os com uma placa de vidro ou de plástico transparente.

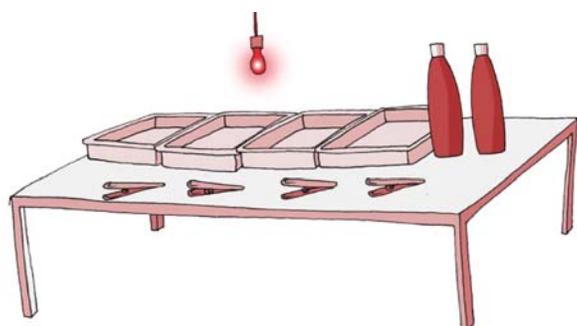


Figura 5. Montagem do laboratório.



Figura 7. Escolha da paisagem e fixação da máquina fotográfica.

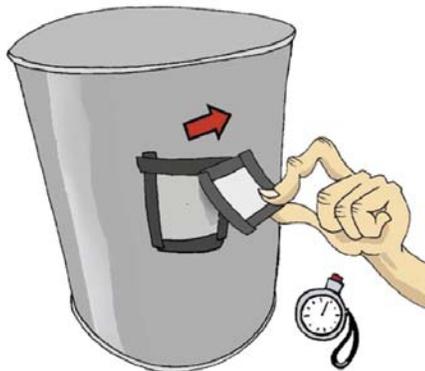


Figura 8. Abra o cartão para que o papel seja exposto à luz. Feche o cartão para finalizar a foto e evitar exposição excessiva.

3. Cubra a placa com papel vegetal.
4. Jogue um *flash* de luz incandescente sobre o aparato. Você pode utilizar um soquete e uma lâmpada incandescente de baixa potência (40 W). O tempo que a lâmpada deve permanecer acesa é, geralmente, menor que 1 segundo, por isso tome muito cuidado.
5. Retire o papel debaixo do negativo e revele-o da mesma forma que o negativo foi revelado para obter a foto da cena fotografada.

Uma outra forma de se obter o positivo é escanear o negativo e, através de um programa adequado, inverter as cores e a posição da imagem, obtendo dessa for-

ma a imagem do objeto fotografado.

Resultados

A seguir estão alguns dos resultados obtidos (negativo e positivo) utilizando essa técnica. As fotos foram feitas utilizando um galão de tinta de 3,6 l e com um orifício de 0,5 mm. Lembramos também que o papel fotográfico pode ser de qualquer marca e, ao ser comprado, o vendedor deve indicar qual o revelador e o fixador adequados.

Agradecimento

Os autores agradecem Paulo Ito pelas ilustrações do artigo.

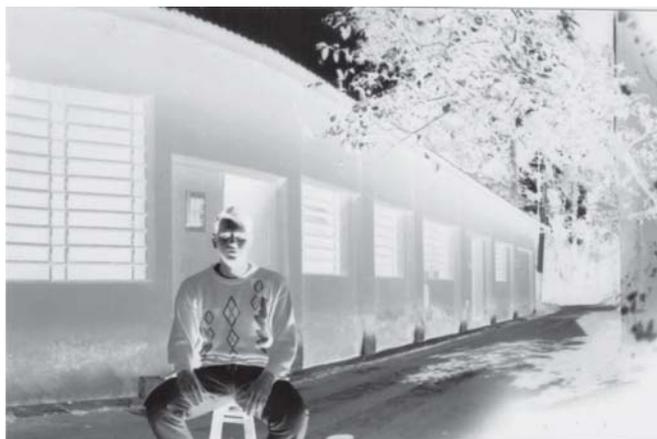


Foto tirada por João Ricardo Neves. Quem aparece na foto é um dos autores do artigo, Carlos Eduardo Rossatti de Souza.

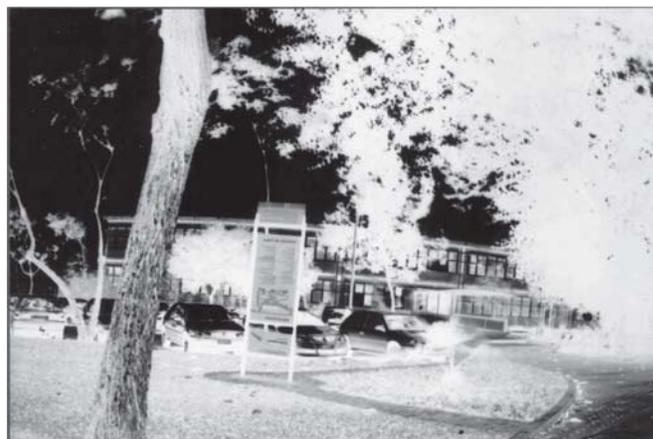


Foto da Ala I do IF-USP feita por Carlos Eduardo Rossatti de Souza.

Para saber mais

- <http://www.cotianet.com.br/photo/>
http://en.wikipedia.org/wiki/Pinhole_camera
 M.A.V. Mazzini, Revista de Ensino de Ciências **5**, 35 (1982).
 R. Meineck e S.D. Arribas, Cad. Cat. Ens. Fis. **3**, 46 (1986).
 E. Hecht e A. Zajac, *Óptica* (Editora Calouste

- Gulbenkian, Lisboa, 2002), 2ª ed.
 P.G. Hewitt, *Física Conceitual* (Editora Bookman, Porto Alegre, 2002), 9ª ed.
 A. Gaspar, *Física 2: Ondas, Óptica, Termodinâmica* (Editora Ática, São Paulo, 2000), 1ª ed.
 M. Chiquetto, B. Valentim e E. Pagliari, *Aprendendo Física v. 2* (Editora Scipione, São Paulo, 1996), 1ª ed.
 F.M. Peruzo e E.L. do Canto, *Química na Abor-*

- dagem do Cotidiano v. 3* (Editora Moderna, São Paulo, 1998), 2ª ed.
 A.M. Salles, *Química Inorgânica 1* (Editora Sol, Coleção Objetivo, 1996), Livro 13.
 D.N. da Silva, *Física para o Ensino Médio* (Editora Ática, São Paulo, 1999).
 C.E.R. Souza e J.R. Neves, *Manual de Fotografia com Latas* (Cientec/USP, São Paulo, 2003), disponível em www.cientec.usp.br.