

---

# QUAL É O “CAMPO DE VISÃO” DA OBJETIVA DE UMA CÂMARA FOTOGRÁFICA?<sup>+</sup>\*

---

*Francisco Catelli*

Universidade de Caxias do Sul

*Pedro Antônio Ourique*

Bolsista PIBIC – Universidade de Caxias do Sul

Escola Municipal de Ensino Fundamental Érico Cavinato

*Fernando Siqueira da Silva*

Bolsista PIBIC – CNPq – Universidade de Caxias do Sul

Instituto Elizabeth Randon – Programa Florescer

Caxias do Sul – RS

## **Resumo**

*Qual o campo de visão da objetiva de uma câmara fotográfica? A resposta a esta questão pode ser dada a partir de princípios bastante simples da óptica geométrica. Tudo gira em torno do tamanho da imagem, ou seja, as dimensões do CCD ou filme fotográfico. Como dividendo adicional, é possível “descobrir” o que significa o “3 X” presente nos dispositivos ópticos das câmaras fotográficas digitais mais populares.*

**Palavras-chave:** *Campo de visão; óptica geométrica; câmara fotográfica.*

## **Abstract**

*What is the field of vision of the objective of a photographic camera? The answer to this question can be given from very simple principles of geometric optics; everything turns around the*

---

<sup>+</sup> What is the “Field of vision” of the lens of a photograph camera?

\* *Recebido: novembro de 2008.  
Aceito: março de 2009.*

*maximum image size, that is, the dimensions of the CCD or photographic film. As an added bonus, it is possible “to discover” the meaning of the “3 X” in these optical devices (“zoom”) of more popular photographic digital cameras.*

**Keywords:** *Field of vision; geometrical optics; photographic camera.*

## **I. Introdução**

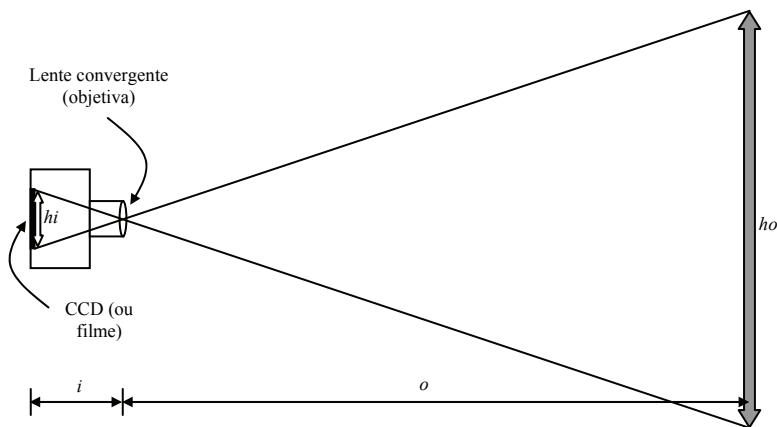
A câmara digital popularizou enormemente a fotografia. E, por acréscimo, a gama de recursos que mesmo as câmaras mais simples oferecem é muito grande. Um desses recursos consiste na presença, em quase todos os modelos, de dispositivos de foco variável, os chamados “zoom”. O zoom óptico “aproxima” a imagem; melhor dito, partes cada vez menores desta são apresentadas de modo a preencher por completo a tela de visualização<sup>i</sup>. Esse “cenário” leva a várias questões. Começemos com a que nos parece mais fundamental: o que determina – numa lente (objetiva) de câmara fotográfica – o campo de visão capturado na foto? Entende-se por “campo de visão” aquela parcela de um cenário que é reproduzida na tela de visualização da câmara digital (ou no negativo das câmaras que utilizam filme fotográfico).

Mas, será que esta não é uma questão excessivamente técnica? Seriam necessários conhecimentos aprofundados de óptica para respondê-la? Foi a primeira coisa que nos ocorreu, logo após esta questão ter sido formulada por um de nossos alunos<sup>ii</sup>. Qual o caminho a tomar? Consultar livros, manuais, internet? Com certeza, são opções interessantes. Mas há outras, complementares. Vamos tentar utilizar o que sabemos da óptica ensinada no nível médio? Será que ela é suficiente para produzir boas respostas? Essa foi a proposta feita a um grupo de alunos; o que se segue é um relato o mais fiel possível dos passos que trilhamos até encontrar (boas) respostas a essas e outras questões.

## **II. Determinação do campo de visão de uma lente objetiva: teoria**

A conjectura inicial foi a seguinte: o que procuramos é a relação entre uma das dimensões do objeto fotografado, a dimensão equivalente no CCD<sup>iii</sup> (ou filme) da câmara e a lente (objetiva) que produziu esta imagem. A primeira pista veio da observação de um dos alunos: *mas isso* [a dimensão do “objeto” *versus* a dimensão

de sua imagem] *não tem a ver com o aumento da lente?* Esta observação nos levou ao diagrama de raios reproduzido na Fig. 1. Para entendê-lo melhor, lembre que a formação das imagens numa câmara fotográfica se dá através da “objetiva”, um conjunto de lentes que se comporta como uma única lente convergente. A imagem do cenário é formada por esta lente sobre o elemento sensor da câmara, em geral o CCD (câmaras digitais) ou o filme (câmaras analógicas).



*Fig. 1 - A lente convergente (objetiva) forma uma imagem de dimensão lateral  $h_i$  de um objeto, cuja dimensão lateral é  $h_o$ . A distância do objeto à lente é “ $o$ ”; a distância da lente à imagem (sobre o CCD ou filme) é  $i$ . Note que a imagem preenche completamente o CCD (ou filme).*

A próxima pergunta foi imediata: “*onde entra a distância focal da lente?*” Nas câmaras mais antigas, onde o registro da imagem é feito em filme, este é um dado muito fácil de obter, já que ele vem impresso na própria borda do corpo da objetiva. Nas câmaras digitais populares, esse dado frequentemente não aparece, nem mesmo no manual. Esta nos pareceu uma boa ocasião para “resgatar” os conteúdos de óptica geométrica que havíamos estudado não faz muito tempo.

A Fig. 2 é a retomada de parte destes conteúdos, tal como costumam aparecer nos livros-texto: raios provêm de um objeto de dimensão lateral (ou altura, tanto faz)  $h_o$ , situado a uma distância “ $o$ ” de uma lente convergente de distância focal  $f$ ; a parcela destes raios que passa pela lente converge do outro lado desta para formar uma imagem real de dimensão  $h_i$  e a uma distância “ $i$ ” desta mesma lente.

Observe os dois triângulos retângulos formados pelos catetos  $ho$ ,  $o$  e  $hi$ ,  $i$ : o primeiro possui o cateto maior igual a  $o$  e o cateto menor igual a  $ho$ . O segundo possui o cateto maior igual a  $i$  e altura igual a  $hi$ . Como os dois triângulos são semelhantes, pode-se escrever:

$$\frac{ho}{o} = \frac{hi}{i} \quad (1)$$

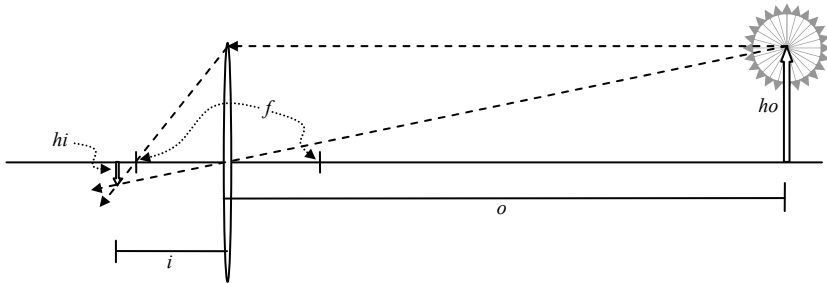


Fig. 2 - Um objeto, de altura  $ho$ , a uma distância  $o$  de uma lente cuja distância focal é  $f$ , produz no lado oposto uma imagem real de altura  $hi$ , a uma distância  $i$  desta mesma lente.

### III. Determinação do campo de visão de uma lente objetiva: medida

Para nossa sorte, tínhamos acesso a uma dessas câmaras em que é possível intercambiar lentes, e algumas lentes de diferentes distâncias focais. Ocorreu-nos, então, a seguinte “experiência”: a câmara foi posicionada a 20 m de uma parede, sobre a qual foi colada uma faixa comprida de papel, graduada em metros. De acordo com a Fig. 1, chamemos  $hi$  a largura da imagem que será visualizada no visor da câmara. Foram tomadas quatro fotos, cada uma com uma lente de distância focal diferente; os dados obtidos estão reunidos na tabela 1. Foram acrescentados os dados de uma quinta foto, feita com câmara digital. Note que, caso você queira repetir a experiência, não há necessidade de “bater” a foto. Basta conferir no visor da câmara o comprimento da tira de papel que aparece no campo de visão. As lentes discriminadas na tabela 1, exceto a câmara digital, possuem distâncias focais fixas. A foto da câmara digital foi feita sem atuar no dispositivo de zoom; mais adiante neste trabalho voltaremos a esta questão.

A imagem apresentada na Fig. 3 exemplifica o processo. Outras três imagens foram obtidas com lentes de distâncias focais diferentes. Veja os valores das distâncias focais e dos respectivos  $h_o$  na tabela 1.



*Fig. 3 - Foto obtida com uma teleobjetiva de distância focal igual a 135 mm, a 20 m de distância de uma escala, graduada em metros, e com divisões menores de 10 em 10 cm. Note que a dimensão da imagem  $i$ , que corresponde à largura total do quadro, pode ser lida diretamente na fita graduada é, aproximadamente, 5,15 m.*

#### **IV. Resultados obtidos**

Nesta altura do trabalho, chegamos a uma pequena descoberta, bem curiosa. Use a expressão (1) e os dados das quatro primeiras linhas da tabela 1 para calcular as respectivas larguras  $h_i$  das imagens. Lembre que todas as imagens foram obtidas com a câmara a uma distância  $o$  do objeto (a parede do prédio) igual a 20 m, e faça  $i$  igual à distância focal  $f$  especificada na tabela 1.

*Espere um pouco* (protestou um aluno mais atento), *que história é essa de fazer  $i$  igual a  $f$ ?* Vamos explicar: trata-se de uma aproximação. Mas é uma exce-

lente aproximação. Veja, se você usar  $f = 135$  mm,  $o = 20\ 000$  mm e calcular a distância  $i$  através da conhecida<sup>iv</sup> fórmula:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i}, \quad (2)$$

o resultado será igual a 135,9 mm, o que resulta em menos de 1% de diferença entre as dimensões de  $i$  e  $f$ ! As outras distâncias focais levam a diferenças ainda menores<sup>v</sup>.

Tabela 1 - Valores das distâncias focais das lentes empregadas e os respectivos  $ho$ . (Lembre que  $ho$  é a largura do “objeto”, dada pela fita graduada, como na Fig. 3). A distância focal da objetiva da câmara digital, não fornecida na lente, será discutida mais adiante<sup>vi</sup>.

Distância focal $f$ , mm	$ho$ , metros
35	20,7
55	13,2
58	12,1
135	5,15
Câmara digital	19,7

E então? Dá para “adivinhar” o que as larguras destas imagens significam? Veja a tabela 2.

Tabela 2 - Larguras  $ho$  e as respectivas  $hi$  (larguras das imagens), calculadas pela expressão 1 e arredondadas para mm.

$ho$ , m	$hi$ , mm
20,7	36
13,2	36
12,1	35
5,15	35

Se você pensou na largura de um filme, 35 mm, acertou! Medimos cuidadosamente a largura dos filmes e chegamos ao valor de ... 35 mm!

Temos, então, nossa resposta. Repare na tabela 1: quanto maior a distância focal, menor a dimensão  $ho$ , quer dizer, menor o campo de visão, e vice-versa. Aqui, dá para re-encontrar uma “fórmula” bem conhecida: dividindo a dimensão  $hi$

pela dimensão  $ho$ , temos a ampliação  $m$  da lente. Podemos, então, reescrever a expressão (1):

$$m = \frac{hi}{ho} = \frac{i}{o}. \quad (3)$$

Ou seja, para um  $hi$  fixo - lembre que ele corresponde à dimensão do CCD ou do filme - quanto menor o  $ho$ , maior será a ampliação  $m$ . E, de fato, a lente de 135 mm é a que os fotógrafos chamam de “teleobjetiva”, e é a que amplia mais (Fig. 3). Já a lente de distância focal igual a 35 mm é chamada (por razões agora óbvias) de “grande angular”.

Quanto à câmara digital: pelo valor de  $ho$  (19,7 m, ver tabela 1), podemos perceber que a objetiva do modelo que foi aqui testado possui uma largura de campo parecida à lente de distância focal igual a 35 mm (cujo  $ho$  correspondeu a 20,7 m). Nessas condições, a câmara digital funciona como “grande angular”, o que é ótimo para fotografar grupos de pessoas em festas, por exemplo. Mas, não esqueçamos de um detalhe muito importante: o zoom da câmara digital, ao ser tomada a foto que gerou os dados da última linha da tabela 1, estava regulado para a posição “wide”, aquela que a máquina ajusta de forma automática, imediatamente após ser ligada. (A posição “wide” da regulagem do zoom dá a maior largura de campo, e a posição “tele”, a menor).

Se a câmara digital for de um telefone celular, o mesmo procedimento pode ser adotado. Num teste efetuado de maneira similar ao acima descrito<sup>vii</sup>, foi encontrada uma largura de campo próxima à de uma lente de 50 mm de distância focal.

## V. Questões Adicionais

*Faltou explicar o zoom!* (Certamente alguém protestará!) Nestas alturas, é bastante simples “decifrar” um pouco mais este objeto tecnológico. Primeiro, quando falamos de “distância focal da lente objetiva” de uma câmara, lembremos que estamos falando da distância focal que teria uma lente imaginária, perfeita e bem pouco espessa, que produzisse imagens exatamente iguais às da lente objetiva. Ocorre que esta última é constituída por várias lentes (elementos); o conjunto todo, em geral bastante “espesso”, funciona como uma única lente de distância focal  $f$ . Entretanto, através de um mecanismo sofisticado que não discutiremos aqui, as posições relativas das lentes que compõem objetivas dotadas do mecanismo de zoom podem ser alteradas, de modo que a distância focal seja modificada. Então, uma lente zoom é uma lente cuja distância focal pode ser ajustada, dentro de certos

limites. Poderíamos, por exemplo, ter uma única lente que pudesse apresentar todas as distâncias focais listadas nas quatro primeiras linhas da tabela 1. Melhor, essa lente permitiria o ajuste contínuo de todas as distâncias focais possíveis, começando com 35 mm e terminando com 135 mm.

*E o que significa o “3X” que aparece escrito na câmara digital?* Agora já podemos tentar uma resposta: não seria o quanto pode ser variada a distância focal da objetiva? Dessa forma, “3X” significa que a distância focal da lente pode ser ajustada para qualquer valor entre  $f$  e  $3f$ . Para verificar esta “conjectura”, encontramos uma câmara digital no corpo da qual aparecem as distâncias focais inferior e superior – 28 mm e 504 mm – bem como o fator X, neste caso, 18 X (Fig. 4). De fato,

$$\frac{504}{28} = 18.$$

A câmara digital com a qual foram produzidos os dados da última linha da tabela 1 possui um zoom de 3X. Como a posição “wide” desta câmara propicia um campo de visão semelhante ao da lente de 35 mm de distância focal, podemos prever que, na posição “tele” (menor campo e maior ampliação), o campo de visão será próximo ao da lente de 135 mm, já que  $3 \times 35 \text{ mm} = 105 \text{ mm}$ , um pouco menor que 135 mm. Esse fato é facilmente comprovado na prática.

*Qual é o tamanho de um CCD?* Vamos precisar um pouco melhor o exemplo da câmara com zoom de 18X. Note que 28 mm e 504 mm não são as verdadeiras distâncias focais dessa lente, tanto que o fabricante afixa no corpo da lente a expressão “35 mm equiv. 28-504” (veja a Fig. 4). O intervalo de distâncias focais, de 28 mm a 504 mm, “seria verdadeiro” apenas se o CCD dessa câmara tivesse as mesmas dimensões do filme fotográfico (35 mm para sua dimensão maior), o que não é o caso. Mas os campos de visão, como explicado anteriormente, são rigorosamente os mesmos. Note que, sejam quais forem os valores (equivalentes ou não) das distâncias focais, a maior delas dividida pela menor resultará no número 18. Este é o significado da expressão “equivalente”<sup>viii</sup>. Então, para responder à pergunta, precisaríamos de mais um dado: a distância focal real da lente. Com ela, e a distância focal equivalente à das câmaras de filme, é possível prever o tamanho do CCD.

Para compreender melhor esta equivalência, vamos a um exemplo. Considere a Fig. 5-a, na qual é representada uma lente de distância focal  $f_l$  e um CCD, de dimensão maior igual a  $h_l$ , colocado sobre o plano focal desta lente. Na Fig. 5-a, a imagem nítida de um objeto distante (seta de duas pontas) ocupa toda a largura do CCD. Os raios, oriundos das extremidades do objeto, que passam pelo centro da



lente (não sofrendo, portanto, desvio) e atingem as bordas do CCD, são representados na figura e definem o ângulo  $\alpha$ , relacionado à largura do campo de visão da lente.

Agora, imaginemos que, em vez do CCD, seja utilizado um filme fotográfico, cuja dimensão maior é  $h_2$ , ou seja, 35 mm (novamente, a imagem de um objeto distante – seta de duas pontas – aparece nítida sobre o CCD e ocupa toda a largura deste). Este é o ponto: para que a largura de campo seja a mesma nos dois casos, o ângulo  $\alpha$  deverá ser o mesmo (veja a Fig. 5-b). Dado que o triângulo de base  $h_1$  e altura  $f_1$  é semelhante ao triângulo de base  $h_2$  e altura  $f_2$ , pode-se dizer que o tamanho  $h_1$  do CCD é dado por:

$$h_1 = \frac{f_1}{f_2} h_2. \quad (4)$$



Fig. 4 - O zoom de uma câmara digital. As distâncias focais vão de 28 mm (dado equivalente ao de uma câmara 35 mm) até 504 mm (*idem*).

Exemplificando com números<sup>ix</sup>: uma determinada câmara digital possui uma objetiva com distância focal  $f_1$  igual a 11,7 mm. Esta objetiva propicia uma

largura de campo igual à de uma objetiva de distância focal  $f_2 = 50$  mm, que utiliza filmes convencionais (estes, de dimensão maior igual a 35 mm; veja  $h_2$  na Fig. 5-b). Qual é então a dimensão maior do CCD? Pela expressão (4), obtemos para  $h_1$  o valor de 8,19 mm (a referência 9 fornece um valor de 8,1 mm).

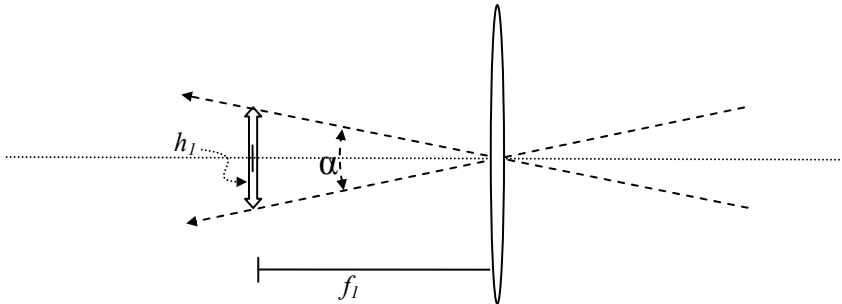


Fig. 5-a

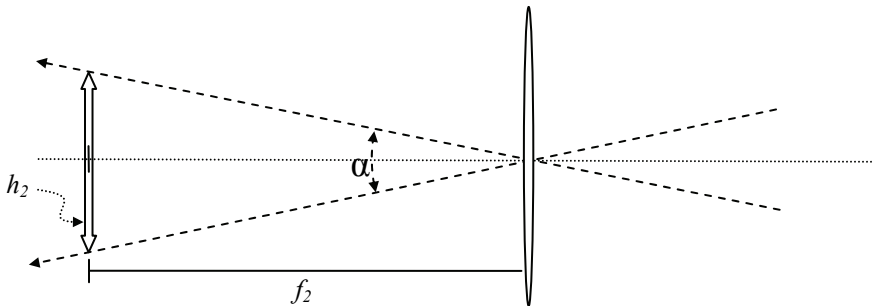


Fig. 5-b

Fig. 5 - (a) Uma lente (simulando uma objetiva) de distância focal  $f_1$ , e um CCD, de dimensão maior igual a  $h_1$ . O ângulo  $\alpha$  dá a largura de campo desta lente. (b) Outra lente, de distância focal  $f_2$ , mas com mesma largura de campo ( $\alpha$ ). A distância focal  $f_2$  é necessariamente maior.

*E o olho, qual é o campo de visão dele?* (As perguntas começam a se multiplicar!) Uma consulta a livros de Biologia (e mesmo a alguns livros de Física<sup>x</sup>) dá conta de que os sensores de luz do olho, os cones e bastonetes, não estão distribuídos de maneira uniforme, como seria o caso dos sensores (“pixels”) de um CCD. No olho, há uma concentração, de tal modo que a visão frontal dos objetos é

bastante nítida, ao passo que a visão lateral, periférica, que é menos nítida (mas não menos importante). Então, apesar de tudo o que foi dito acima continuar válido, não é possível delimitar rigorosamente uma região onde a formação de imagens pela córnea e pelo cristalino resulte em mensagens (“imagens”) enviadas ao cérebro. Nas câmaras, sim: a região delimitada é a do CCD ou filme, e então é possível quantificar sem ambiguidade o “campo de visão” destas. Seja como for, o “campo de visão” do olho humano é, apropriando-se da expressão de um aluno, *“espetacularmente grande angular”*.

*O olho tem zoom?* Não. Mas há uma analogia possível. O “sistema óptico” do olho consiste basicamente de dois elementos, a córnea e o cristalino. Sem entrar em detalhes, a córnea é uma lente de distância focal fixa. Já o cristalino é uma lente cuja distância focal pode ser variada por um mecanismo biológico de acomodação, o qual faz com que esta “lente” fique mais espessa em seu centro (distância focal menor) ou mais delgada (distância focal maior). O conjunto dessas duas lentes, em condições normais, focaliza sempre a imagem no fundo do olho, onde estão os elementos sensíveis à luz. (Quando o olho focaliza um objeto distante, o cristalino assume sua menor espessura; diz-se que “o olho está relaxado”. Inversamente, ao olhar objetos próximos, “forçamos” o olho, ou seja, o cristalino assume uma espessura maior em sua região central). Mas a analogia termina aqui: nas objetivas das câmaras não há nada parecido. Como foi mencionado acima, o zoom é obtido por meio da variação das distâncias relativas de um grupo de lentes, mas cada lente (elemento) tem sua própria distância focal, sempre a mesma.

## VI. Conclusões

Bem, um especialista poderia nos ter contado tudo isso. Todavia, especialistas em Física (Óptica) não são assim tão fáceis de encontrar. Especialistas em fotografia, que dominam os detalhes deste trabalho, também não. O que dizer então de especialistas que dominam simultaneamente estes dois campos, a Física e a fotografia?

Tentemos então outra saída: pesquisar na literatura e encontrar a resposta. É uma possibilidade interessante, devemos sempre estimular os alunos a fazerem isso, mas não esqueçamos que nem sempre saberemos “ler” as informações, tal como elas se nos apresentam.

Ou podemos “construir” uma resposta convincente, como fizemos aqui. E, ao fazê-lo, vários dividendos aparecem. Um deles: melhoramos a compreensão de alguns termos que empregamos seguidamente, tais como “campo de visão”, dis-

tância focal, zoom, e outros. (“Só conhecemos o que construímos por nós mesmos”, diz um conhecido adágio).

Passamos a compreender melhor os objetos que nos cercam, e fizemos isto com o concurso de elementos aprendidos na escola de ensino médio. *Puxa, e não é que isto serve para alguma coisa?* (exclamou um dos participantes do trabalho, ao analisar um diagrama de raios similar ao da Fig. 2).

Nesta linha, Angotti, Bastos e Mion<sup>xi</sup> elaboraram uma “[...] proposta processual que vem sendo construída via investigações e ações no ensino formal de Física, que busca a mutação de equipamentos tecnológicos “resolvidos” em equipamentos geradores de reflexão, indagação e conscientização”. Comentamos no início deste trabalho a enorme popularização da imagem digital: essa “democratização” do uso da imagem pode perfeitamente ser incluída no ambiente da sala de aula. Mesmo sem mencionar os ramos específicos ligados à imagem (fotografia, arte, cinema, e outros), podemos pensar nas incontáveis aplicações não convencionais da fotografia, na Física, por exemplo. É claro que esta reflexão, indagação e conscientização referidas por Angotti, Bastos e Mion voltam-se não apenas aos aspectos tecnológicos do “objeto” aqui analisado (a câmara fotográfica), mas também às suas relações com outros elementos de nosso cotidiano (o olho, por exemplo) e às implicações sociais de seu uso (por exemplo, problemas com o uso indevido de imagens e a consequente perda de privacidade). Todos estes aspectos (e outros que podem surgir neste tipo de ambiente de aprendizagem mais aberto) merecem em nossa opinião o status de “matéria de aula”. *Vejo com mais clareza e procuro entender as coisas, por que acontecem. Hoje, não fico no que vejo, mas procuro entender isso que vejo.* Esta fala de um aluno (ver nota XI) sintetiza de maneira feliz este ponto de vista.

Em suma, este resgate do(s) significado(s) no cotidiano dos alunos de conteúdos estudados, de Física ou outros é urgente.

*A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (PCN+ Física<sup>xii</sup>, p. 2, grifos nossos).*

De fato, aumentar a compreensão do mundo em que vivemos talvez seja uma das missões mais nobres e urgentes da Escola.

## Agradecimento

Os autores agradecem as sugestões dadas pelos revisores do CBEF.  
Apoio: UCS (Universidade de Caxias do Sul), CNPq e FINEP.

---

<sup>i</sup> Não é o caso aqui de aprofundar as diferenças técnicas entre câmaras analógicas, em geral mais antigas, e as modernas e populares câmaras digitais. Se os estudantes entrarem nesta questão, convém lembrar que os modelos profissionais, analógicos ou digitais, possuem características diferenciadas (qualidade das lentes, distorção pequena ou praticamente inexistente nas bordas da imagem, baixíssima aberração cromática, focalização manual, etc.). Estes recursos estarão presentes em menor grau (ou inexistirão) nas câmaras populares, sejam analógicas ou digitais. Entretanto, tudo o que é tratado neste trabalho vale para todos os tipos de câmaras, profissionais ou não, analógicas ou digitais.

<sup>ii</sup> Os diálogos (em *itálico*) relatados neste trabalho ocorreram em momentos diversos. A primeira vez que a questão do campo de visão de uma objetiva de câmara digital surgiu foi no decorrer de uma observação da lua com telescópio (dentro das atividades da disciplina de Física IV, para alunos de licenciatura em Física e Matemática da Universidade de Caxias do Sul). Nesta ocasião, foi feita uma foto da lua diretamente da ocular do telescópio (ver esta foto em:

CATELLI, F.; ANDREAZA, M.; GIOVANNINI, O.; SILVA, F. S. Capturando imagens de microscópio e telescópio com uma câmara digital. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 16-19, 2008. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num2/>>).

A questão do campo de visão de uma lente e outras questões correlatas (algumas referidas no texto) foram retomadas dentro das atividades da disciplina “Instrumentação para o ensino de Física”, dessa vez provocadas pelo professor. As falas dos alunos que aparecem no texto em *itálico* foram transcritas o mais fielmente possível, mas não são literais, uma vez que não foi feito registro gravado: a idéia de escrever este trabalho surgiu depois, por sugestão de um dos autores.

<sup>iii</sup> O CCD ou, em alguns casos, o CMOS, consiste num arranjo de dispositivos sensíveis à luz, ou “pixels”. Um arranjo típico pode ser constituído de 7 000 000 destes condutores. Em linguagem corrente, diz-se que se trata de uma “câmara digital de 7 Mega”. Ver, por exemplo, <[pt.wikipedia.org/wiki/Brasil](http://pt.wikipedia.org/wiki/Brasil)> e procurar na busca por “câmara digital”, “CMOS” e “CCD”.

<sup>iv</sup> MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2000. cap. 15. v. 2.

<sup>v</sup> Na medida em que  $o$  cresce, quando comparado com  $f$ , o termo  $1/o$  na expressão (2) tende a zero, o que faz com que  $i$  se aproxime cada vez mais de  $f$ . Adicionalmente, para um mesmo valor de  $o$ , a aproximação  $f \rightarrow i$  é tanto melhor quanto menor for o valor de  $f$ , comparado com o valor de  $o$ .

---

<sup>vi</sup> A câmara analógica empregada foi um modelo Minolta SLRT 101 S<sup>®</sup>, com as lentes do mesmo fabricante. A câmara digital foi uma Sony P200<sup>®</sup>, com o zoom regulado para a posição “wide”, que é o que fornece o maior campo de visão.

<sup>vii</sup> O teste foi realizado com um telefone LG Vibe Cam<sup>®</sup>, modelo MG 105.

<sup>viii</sup> Outro exemplo: a câmara digital Fuji Fine Pix<sup>®</sup> apresenta no corpo da lente as distâncias focais reais: 6,3 mm (wide) e 63 mm (tele). Trata-se, então, de um zoom de 10 X.

<sup>ix</sup> Os dados numéricos apresentados no texto foram retirados do endereço disponível em: <[www.panoramafactory.com/equiv35/equiv35.html](http://www.panoramafactory.com/equiv35/equiv35.html)>, na seção “What about digital câmeras?”.

<sup>x</sup> Ver, por exemplo, o apêndice 3 do GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. São Paulo: Editora da USP, 1991. p. 327 e seguintes.

<sup>xi</sup> ANGOTTI, J. P.; BASTOS, F. P.; MION, R. A. Educação em Física: discutindo ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 183-197, 2001. Disponível em: <eletrônico <http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewissue.php?id=22>>.

<sup>xii</sup> Disponível em: <[www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)>.