

CINEMA E ESTROBOSCÓPIO EM MEDIAÇÕES DE SALA DE AULA*

David Exel Occhioni
Tatiana Lança
Maria José P. M. de Almeida

Introdução

Esta narrativa tem a finalidade de descrever uma experiência educacional de formação de graduandos para o ensino, construindo um instrumento e fazendo-o funcionar numa intervenção escolar com estudantes adultos; trata-se de verificar as possibilidades do estroboscópio, como instrumento auxiliar em mediações de sala nas quais se procurou a compreensão de alguns fenômenos a partir das idéias prévias dos estudantes envolvidos no processo.

É fato que certos fenômenos, embora aparentemente simples, nem sempre têm explicações imediatas e, freqüentemente, comportam controvérsias a respeito dessas explicações.

Vejamos, por exemplo, a seguinte fala de Machado (1997) remetendo-nos para o fenômeno que possibilitou a existência do cinema:

Por muito tempo acreditou-se que o fenômeno fisiológico denominado persistência retiniana fosse responsável pela síntese do movimento. Mas o fenômeno da persistência da retina nada tem a ver com a sintetização do movimento: ele constitui, aliás, um obstáculo à formação das imagens animadas, pois tende a superpô-las na retina, misturando-as entre si. O que salvou o cinema como aparato técnico foi a existência de um intervalo negro entre a projeção de um fotograma e outro, intervalo esse que permitia atenuar a imagem persistente que ficava retida pelos olhos. O fenômeno da persistência da retina explica apenas uma coisa no cinema, que é o fato justamente de não vermos esse intervalo negro. A síntese do movimento se explica por um fenômeno psíquico (e não óptico ou fisiológico) descoberto em 1912 por Wertheimer e ao qual ele deu o nome de fenômeno *phi*: se dois estímulos são expostos aos olhos em diferentes posições, um após o outro e com pequenos intervalos de tempo, os observadores percebem um único estímulo que se move da posição primeira à segunda.

A fala de Machado relaciona-se ao fato de que se examinamos a fita de um filme cinematográfico, vemos que ela é formada por uma seqüência de fotografias (fotogramas) pouco diferentes umas das outras, e, sabemos que, se essa fita for passada rapidamente, a vista funde as imagens sucessivas numa seqüência contínua, dando a sensação de movimento. Essa retenção das imagens, por um tempo pouco superior a 1/20s, é que é usualmente chamada persistência retiniana e costuma ser relacionada ao princípio de funcionamento do cinema. Enquanto que o autor aqui citado ressalta que, o processo de sintetização de imagens não se deve a um fenômeno físico ou fisiológico, mas a um fenômeno psíquico, ou seja, algo que é interpretado por nossa mente, como no experimento feito por Wertheimer.

Esses comentários nos mostram que o fenômeno de sintetização de imagens não é tão simples. O que, entretanto, não impediu a criação do cinema e não impede o conhecimento básico de que na produção cinematográfica uma câmara tira 16 ou 24 fotografias independentes por segundo, e estas são exibidas em uma tela no mesmo ritmo.

Uma sensação que podemos considerar semelhante, pois deve-se certamente ao mesmo fenômeno, é a que temos quando percebemos um movimento, que se processa muito rapidamente, como estando parado. Essa percepção pode ser utilizada para se medir a freqüência de movimentos periódicos.

Assim, o período de rotação de um ventilador que gira em movimento periódico pode ser medido através de um disco estroboscópico. Este pode ser pensado basicamente como um disco, no qual fizemos uma pequena abertura (ranhura) no sentido do raio. Se olharmos o ventilador em movimento através do estroboscópio girando, o ventilador poderá parecer

parado. Isto ocorre porque, devido à ranhura no disco, só conseguimos captar um determinado número de imagens do ventilador em cada rotação. E no caso da frequência do ventilador ser múltipla da do estroboscópio, ou seja se o ventilador der duas, três, ou mais voltas completas enquanto o estroboscópio dá apenas uma, em cada imagem captada através da fenda do estroboscópio a posição do ventilador parecerá ser a mesma. E isto nos dará a impressão de que ele está parado. E no caso da frequência de rotação do ventilador ser um pouco maior que um múltiplo da frequência do disco, o ventilador dará um número inteiro de voltas, mais uma pequena fração de volta, ou seja, e teremos a impressão de que o ventilador está girando no mesmo sentido, mas com uma velocidade menor do que a verdadeira. Da mesma forma, se a frequência de rotação do ventilador for um pouco menor do que um múltiplo da frequência do disco, o ventilador dará um número inteiro de voltas, mais uma volta quase completa, ou seja, teremos a impressão de que o ventilador está girando com uma velocidade menor que a verdadeira, mas no sentido invertido de sua rotação.

Se pudermos controlar a velocidade do disco estroboscópico, poderemos inclusive medir a velocidade de rotação do ventilador. Para isto, devemos ir reduzindo a velocidade de rotação do disco lentamente e observar a última vez em que o ventilador permanece parado.

O mesmo efeito também pode ser observado variando-se a frequência de rotação do ventilador, através de um aparelho chamado *dimer*, com ele; ao invés de variarmos a frequência de rotação do disco estroboscópico variamos a do ventilador.

E podemos ainda, observar o mesmo efeito expondo o ventilador em rotação a uma luz estroboscópica; ou seja, variando a frequência da luz que o ilumina, podemos “parar” o movimento do ventilador.

Na experiência aqui descrita, como recurso didático, foi construído um protótipo de disco estroboscópico simples, de papelão, de diâmetro $D = 29\text{cm}$, com oito aberturas de 3cm (margem superior da

abertura) e 2cm (margem inferior da abertura) para testes. E, depois de feitos alguns testes, foi construído um disco estroboscópico de alumínio, por ser mais resistente.

Também foram utilizados um ventilador comum e uma vitrola antiga para se visualizar o efeito estroboscópico. Para variação da frequência de rotação do ventilador, foi utilizado um *dimer* comum, numa ligação apropriada. Finalmente, foi utilizada também uma luz estroboscópica, e mantendo -se a velocidade do ventilador constante para se observar o mesmo efeito e também para o efeito de movimento na projeção de um filme cinematográfico.

Com a luz estroboscópica e mantendo a frequência de rotação constante, foi colada uma seqüência simples de movimento, quatro fotografias, uma em cada uma das quatro hélices do ventilador. Alterando a frequência da luz, foi possível testar e observar o efeito estroboscópico, bem como o efeito cinematográfico de movimento a partir da projeção da seqüência de figuras.

A situação de ensino

Estudamos a temática exposta no item anterior com um grupo de 16 trabalhadores de uma empresa de produtos químicos, com idade entre 20 e 60 anos, a maioria entre 30 e 45 anos e pertencentes à produção, sendo que só alguns haviam concluído o ensino médio, e estes já haviam deixado de estudar há algum tempo, em torno de 15 anos. Talvez seja esse o motivo que faz com que grande parte deles não tenha interesse em estudar alguns assuntos. Foi escolhido esse grupo porque eles já participam de um treinamento com assuntos de física e demonstram dificuldades em relação aos temas propostos. Além disso, tínhamos fácil acesso ao grupo, o que possibilitaria um estudo mais cuidadoso. A idéia básica era fazer os estudantes perceberem o ventilador “parado” e se “movendo ao contrário”, e compreenderem qualitativamente essas ocorrências.

O estudo, também foi desenvolvido com algum suporte da teoria de Lev

Vygotsky, que nos levaram a acreditar que o papel do professor é o de dirigir o pensamento dos alunos para estágios ainda não incorporados por estes, tomando como ponto de partida, o que o aluno já conhece, ou seja, o tipo de tarefa que é capaz de realizar sozinho (desenvolvimento real).

Pensando nisso, desenvolvemos um questionário para identificarmos idéias prévias que os alunos tinham sobre os conceitos envolvidos. E, além disso, ainda pautados em Vygotsky, admitimos a importância da intervenção do outro na aprendizagem das pessoas. Supusemos assim, que num grupo heterogêneo quanto ao conhecimento, além da mediação do professor um aluno pode contribuir para o desenvolvimento de outros. Inspirados nessa idéia, além de responderem ao questionário os alunos, foram estimulados a discutirem as respostas, possibilitando sua integração.

Na primeira reunião, os alunos responderam às perguntas por escrito. Ao entregarem a resposta de uma, recebiam a questão seguinte. E apesar de o treinamento na empresa já ser feito há mais de um ano, os alunos, no início da reunião, não se mostraram motivados a responder à primeira questão: *Você gosta de cinema? Costuma ir muito ao cinema?*

Quando receberam essa questão, os estudantes a princípio não se motivaram a discutir sobre ela. Muitos demoraram algum tempo para começar a responder. Percebendo isso, motivamos uma discussão. Perguntamos qual foi a última vez que foram ao cinema, que filme assistiram, qual o tipo de filme que mais gostam (romance, policial, aventura, suspense). Isso fez com que o grupo ficasse mais à vontade, explicitando suas opiniões. O aluno André¹ disse:

Perdi um pouco o interesse por cinema nos últimos tempos porque os filmes não são interessantes e também porque depois de casado, as “coisas” ficam mais difíceis.

Depois de alguns minutos falando sobre filmes, pedimos para que os alunos respondessem a pergunta feita. Ocorreu uma nítida divisão de respostas, o que já

era de se esperar, pelos comentários feitos durante a discussão anterior. Metade do grupo disse que não gostava e não costuma frequentar cinema, e os outros disseram que frequentavam com certa regularidade, porque cinema era algo que os agradava.

Entregamos então uma pergunta sobre fórmula 1: *Na fórmula 1 as rodas têm algo escrito. Algumas vezes temos a impressão de que o que está escrito gira ao contrário, em alguns faroestes antigos as rodas também parecem girar ao contrário. Você saberia dar mais algum exemplo em que isso ocorre?*

Novamente os estudantes ficaram em silêncio, e então estimulamos uma discussão antes de pedir que respondessem.. Nesse momento o aluno Cláudio falou:

Quando tomamos “umas” a mais, as coisas parecem rodar.

Quando pedimos para que pensassem se não lembravam de algo que pudesse ter a ver com o efeito visto na fórmula 1, um aluno respondeu que o que acontece com a hélice de helicóptero poderia ser um exemplo. Bastou esse aluno dar essa resposta para que outras surgissem. Foi citado o ventilador, além do exemplo do beija-flor:

bate a asa tão rapidamente que dá a impressão da asa estar parada.

Uma outra resposta interessante foi “eixo de bomba”. Então pedimos para que o aluno que deu esse exemplo, explicasse o que quis dizer, e ele disse que era um exemplo que fazia parte do seu trabalho na empresa, contando que o eixo da bomba gira de tal maneira que dá a impressão de estar parado, e uma vez um trabalhador para comprovar se estava parado mesmo, colocou o dedo.

Desse tipo de respostas supusemos que talvez os trabalhadores não soubessem explicar o efeito que queríamos estudar mas podiam identificar os casos em que ele acontecia, e também notamos que uma discussão sobre o movimento e a impressão que dele se tem poderia ser bastante útil para a sua segurança no

trabalho.

Um outro exemplo interessante que ainda surgiu dessa mesma questão, foi balanceamento de rodas. Pedimos para que o aluno explicasse, e ele disse que, em um balanceamento de rodas, as rodas giravam. Quando o trabalhador disse isso, ficou claro que ele conseguiu relacionar um caso que aconteceu em seu dia a dia, com a questão elaborada. É interessante ressaltar que nesse momento, praticamente todo o grupo já estava fazendo parte da discussão, cada um tentando dar sua opinião a respeito, mesmo que fosse com os exemplos dados por seus colegas. Então surgiram palavras-chaves como *velocidade*, *movimento*, *imagem*, ainda que não organizadas ou seguindo uma linha para o raciocínio; pudemos notar entretanto que os trabalhadores notaram uma relação entre essas palavras.

É interessante notarmos que, escolhemos o tema cinema por fazer parte do cotidiano da maioria das pessoas, e, por isso, julgamos que iria despertar o interesse dos trabalhadores, e verificamos que para esse grupo o interesse foi crescendo com questões ainda mais próximas da sua cotidianidade.

Em continuidade, antes de lhes entregarmos uma questão que tratava de movimento na tela, o aluno Bruno comentou:

Já que estamos falando de cinema, o efeito do cinema nada mais é do que uma seqüência de fotos, com certa velocidade.

Podemos dizer que ele provavelmente encontrou uma relação entre o que estava sendo discutido e a pergunta inicial sobre cinema. Entretanto, não o motivamos para que continuasse emitindo sua opinião, pois queríamos a resposta individual de todos para a questão: *Em uma foto você não tem movimento. O cinema existe há pouco mais de 100 anos. Você sabe dizer como é possível conseguir os movimentos na tela?*, que entregamos a seguir.

A questão continha um pouco do comentário do Bruno, e esse comentário provavelmente contribuiu para a reflexão de outros alunos. Notamos também que nesse

momento, diferentemente do que ocorrera com as perguntas anteriores, os alunos, no momento em que receberam a questão, começaram conversar a respeito do assunto, sem que "pedíssemos" para que discutissem. Isso pode ter sido devido ao "empurrão" do Bruno ou, talvez, porque depois de algumas perguntas, já se haviam familiarizado com o tema e com a discussão. André comentou:

Essa pergunta está relacionada com o comentário feito pelo aluno Bruno.

E Cláudio falou sobre movimento contínuo, e lhe pedimos para que desse um exemplo, tendo ele então comentado sobre o movimento de rotação da Terra e explicado que era contínuo, por não parar nunca.

Quando entregamos a questão: *Quando olhamos alguma coisa que se move, a imagem na nossa retina demora 0,05 segundos, ou seja, o mesmo que dividir 1 por 20. Mesmo sendo um tempo muito pequeno, você acha que esse fato pode ter alguma coisa a ver com o funcionamento do cinema? Explique suas idéias*, praticamente todos os alunos disseram que o fato da imagem ficar na retina por um certo tempo, tem a ver com o funcionamento do cinema. Um aluno disse:

Não consigo expor meu pensamento, mas entendo o assunto. A velocidade da imagem influencia no cinema.

Um outro comentário interessante foi:

A velocidade não pode ser alta, porque se a velocidade for alta, não dá tempo de decifrar a imagem.

Entretanto não chegaram a utilizar o termo frequência. Depois dessa discussão, numa nova reunião, os alunos, aparentemente muito à vontade, falaram mais sobre o tema. E então lhes entregamos um texto sobre estroboscópio e como conseguir os movimentos na tela (Anexo I).

A primeira pergunta que os trabalhadores fizeram foi o que é estroboscópio? Ao que respondemos que usaríamos um disco com aberturas, e esse

seria nosso exemplo de estroboscópio. Nesse momento, o aluno Sérgio disse que a descrição que demos era parecida com a turbina (relacionada a seu trabalho), então pedimos que explicasse o que era essa turbina. Ele disse que precisava controlar a *freqüência* da turbina, para que tivesse 60Hz no gerador, que deveria ser sempre constante. Foi interessante notarmos, que agora, já estavam falando de freqüência, o que não tinha acontecido na reunião anterior. Perguntamos se todos os alunos já tinham trabalhado com algo semelhante ao exemplo dado da turbina, eles disseram que apenas aqueles que trabalhavam na seção de geração de energia é que conheciam aquele exemplo. Enquanto discutíamos sobre freqüência, o aluno Sérgio falou também em RPM, e explicou que eram rotações por minuto. Provavelmente por ouvir esse comentário, o aluno Cláudio falou:

Eu não sei o que é freqüência, só sei que já rodei várias vezes.

Esse tipo de comentário é interessante, pois provavelmente Cláudio não conhecia o termo que Sérgio utilizou, mas conseguiu relacionar sua fala ao que ele havia dito. Então Juliano disse:

Se temos um Fusca e um caminhão saindo do mesmo lugar, qual chegará antes?

Pedimos para ele comentar mais detalhadamente o que havia perguntado, e ele falou na diferença de tamanho das rodas. Aí toda a turma resolveu emitir sua opinião. Cláudio disse que a roda do caminhão, por ser maior, girava “mais devagar”, enquanto que a roda do Fusca, girava “mais rapidamente” por ser menor. Todos os alunos concordaram que o que contribuía para a roda girar mais rápido ou mais devagar era o seu tamanho, ou seja, o raio. Mas que só poderíamos dizer tudo isso se ambos tiverem a mesma velocidade linear.

Depois dessa discussão utilizamos um disco com oito ranhuras para ilustrar o efeito estroboscópico e comparar a freqüência do disco com a de uma vitrola. Fizemos uma marca no disco da vitrola para que,

enquanto o disco estroboscópico girasse, os alunos pudessem acertar a freqüência deste e observar o disco da vitrola parado. Alguns alunos fizeram essa “experiência” e encontraram dificuldade para perceber o efeito, pois não conseguiram, inicialmente, girar o estroboscópio com a velocidade adequada para percebê-lo.

Conclusões e Perspectivas

Quando descrevemos o grupo com o qual realizaríamos o estudo, relatamos que era um grupo de trabalhadores de uma empresa química que regularmente fazia treinamento sobre assuntos relacionados à física, e que não tinha muito interesse nesse tipo de treinamento, pois alegava que não utilizaria mais “isso” para nada. Conforme as reuniões foram sendo realizadas, o comportamento do grupo foi mudando. Os alunos demonstraram mais interesse em participar das discussões e expor suas opiniões. Na última reunião, em especial, a participação foi total. Todos os alunos tiveram interesse em “testar” o disco e encontrar a freqüência para observar o efeito. Concluímos, assim, que em certos casos, discussões sobre temas de interesse dos alunos, seguidas de uma aula prática com instrumentos relacionados a temas que fazem parte do seu dia a dia, podem contribuir para o aprendizado, pois das trocas com os outros colegas, podem surgir idéias nos alunos, que sozinhos não teriam, ou demorariam mais tempo para chegar a elas. Além disso, uma aula com assuntos de física, abordados com temas da sua cotidianidade, faz com que os alunos se interessem por explicações possíveis através da física. Dessa forma, essa disciplina não aparece apenas como composta “daquelas contas e fórmulas que ninguém entende”. Com uma abordagem adequada, um disco de papelão e uma vitrola, conseguimos tornar o tema mais acessível para esses alunos trabalhadores.

Acreditamos que seria de grande interesse realizar o estudo com outros grupos e também projetar instrumentos de análise mais quantitativa, como, por exemplo, um estroboscópio que tenha a velocidade regulada e conhecida. E, além

disso, seria relevante estudar mais profundamente o fenômeno *phi*, buscando mais dados sobre o processo de sintetização de imagens.

NOTA

*Trabalho inicialmente realizado na disciplina *Instrumentação para o Ensino* do IFGW da UNICAMP por David Occhioni (davidexel@lei.ifi.unicamp.br) e Tatiana Lança (tlanca@lei.ifi.unicamp.br) com orientação de Maria José P. M. de Almeida (mjpma@unicamp.br) da FE UNICAMP. Agradecimentos ao Prof. Dr. Maurício U. Kleinke pela assessoria no desenvolvimento do protótipo do instrumento construído e ao Sr Pedro Miguel R. Santos pela ajuda na construção do disco estroboscópico.

1. Os nomes são fictícios

Referências Bibliográficas

- CARVALHO, Anna. Maria Pessoa de. *Pró-Posições* 7 (1). 1996, 5-13
- MACHADO, Arlindo.(1997) *Pré-cinemas e pós-cinemas*, Campinas, Papirus Editora. Capítulo 1.
- OLIVEIRA, Marta. Kohl. *Vygotsky. Aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico*. São Paulo: Editora Scipione. 1993, Capítulo 4.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE *Física PSSC*, Parte 1, Capítulo 2. São Paulo: Edart. 9ª edição. 1981.

Anexo

Nossos sentidos são os instrumentos de medida primordiais. Nossos olhos nos trazem a maior parte das informações sobre o mundo. Nossos ouvidos trazem-nos sons diversos. O tato nos permite avaliar texturas, pressão e sensações de quente e frio. Através dos nossos sentidos é que primeiramente extraímos as informações sobre o mundo onde vivemos. Às vezes, necessitamos de instrumentos (que podem ser dos mais simples até os mais complexos) para auxiliar em medidas, como distâncias muito pequenas ou muito grandes e intervalos de tempo muito pequenos.

Como por exemplo, observando o movimento de um ventilador, notamos que sua hélice move-se tão rapidamente que não podemos dizer onde ela se encontra em determinado instante. Nossa vista funde as imagens sucessivas numa seqüência contínua, que nos dá a sensação de movimento, porque as imagens que chegam nos nossos olhos a cada instante permanecem durante um certo tempo na nossa retina. Quando a freqüência de imagens captadas por nossos olhos é grande o suficiente para que o intervalo de tempo entre a chegada de uma imagem e outra em nossa retina seja igual ao tempo de permanência não conseguimos distinguir imagens separadas, tendo a impressão de um contínuo.

Mas o fato de não conseguirmos distinguir imagens neste intervalo de tempo nem sempre é indesejável. Por exemplo, no caso do cinema. Se nos perguntarmos: por que vemos uma seqüência de movimentos projetados na tela do cinema? Ao observarmos a fita do filme projetado, notamos que esta é composta por uma seqüência de fotos. Como conseguimos, então, ver os movimentos na tela? Ao projetarmos estas imagens numa dada freqüência, de forma que o tempo entre as imagens projetadas seja igual ao tempo de permanência na retina, nossos olhos não conseguirão distinguir as fotos, unindo-as e compondo a ilusão de movimento.

Para ilustrar este efeito cinematográfico, utilizaremos o estroboscópio, instrumento usado para medir intervalos de tempo muito pequenos, de movimentos periodicamente idênticos, como, por exemplo, as lâminas de um ventilador elétrico. Consideremos um disco com uma ranhura (nosso estroboscópio). Podemos utilizá-lo para medir o tempo de rotação de um objeto. Para isto, fazemos uma marca bem visível na extremidade do nosso objeto de freqüência de rotação desconhecida. Girando o estroboscópio e olhando através da fenda, toda a vez que a ranhura passa diante dos nossos olhos, podemos observar o objeto. Se girarmos o estroboscópio de maneira que a abertura descreva uma volta no mesmo tempo de rotação do objeto, cada vez que virmos

através da fenda, a marca estará na mesma posição, parecendo imóvel.

Mas se o estroboscópio girar um pouco mais rápido ou um pouco mais devagar que a rotação do objeto, a marca percorrerá mais ou menos de uma rotação, parecendo mover-se no sentido horário ou anti-horário, respectivamente (embora mais lentamente do que se observada sem o estroboscópio).

Conseguiremos medir a velocidade de rotação do objeto ajustando a velocidade do

estroboscópio, que podemos controlar. O estroboscópio pode ser utilizado para medir o tempo de rotação de um objeto que gira rápido demais para permitir a medida direta deste tempo.

Se fizermos mais ranhuras no estroboscópio, teremos o mesmo efeito, mas conseguiremos captar mais imagens por rotação, podendo medir um intervalo de tempo muito menor do que o tempo de rotação do disco.