

A VISÃO DE UM FENÔMENO: COMO ALUNOS DE 11-18 ANOS INTERPRETAM A QUEIMA DE UMA FOLHA DE PAPEL COM O AUXÍLIO DE UMALENTE

Sonia Krapas TEIXEIRA *
Anna Maria Pessoa de CARVALHO **

RESUMO: Procuramos neste trabalho detectar alguns modelos espontâneos relativos à luz e às propriedades de uma lente. Realizamos o levantamento das noções intuitivas sobre a queima do papel e constatamos um processo evolutivo destes modelos. O artigo relata as entrevistas e categoriza e analisa as respostas dos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Conceito Espontâneo. Modelos Intuitivos. Pesquisas Piagetianas.

INTRODUÇÃO

Todo professor de Física de 2º grau já constatou as dificuldades que surgem no ensino de vários aspectos dessa disciplina. Antes de jogar a responsabilidade dos fracassos tanto sobre os professores como sobre os alunos, devemos nos deter na análise da concepção e prática tradicional do ensino científico. Estas, ainda que enraizadas na observação e na experimentação, se apóiam sobre a idéia de uma verdade absoluta e única da ciência e objetivam a transmissão dessa verdade ao aluno.

Nos últimos tempos, tem surgido um outro ponto de vista, que considera a ciência, e mais precisamente a Física, como constituídas de modelos teóricos relativos, limitados em seu domínio de validade e privilegia, no ensino, o desenvolvimento das atividades de construção e manuseio dos modelos.

Nesse sentido, as idéias de Piaget trazem contribuição muito significativa, uma vez que evidenciam os modelos rudimentares que a criança cria espontaneamente.

Essas formas primitivas de pensar, desenvolvidas pelos estudantes tácita ou explicitamente fora da classe, contribuem para

* Aluna do Curso de Pós-Graduação (Doutorado) da Faculdade de Educação da USP. Professora Efetiva da EEPSP Dona Escolástica Rosa Santos.

** Professora Assistente Doutora do Departamento de Metodologia e Educação Comparada. Faculdade de Educação. USP.

suas interpretações das palavras do professor, do parágrafo de um livro, dos resultados de um experimento. Por isso, a identificação de tais idéias não pode ser ignorada seja por professores, seja por aqueles que pretendem desenvolver novos currículos. Somente quando estamos cientes desses modelos rudimentares é que podemos tomar decisões acerca das condições mais favoráveis ao ensino: em que idade ou grau escolar deve-se introduzir determinado conceito, que aspectos de fenômenos concorrentes a esse conceito devem ser apresentados, a que nível de formulação e explicação é adequado chegar.

Na área de Física, há mais de 10 anos se vem desenvolvendo pesquisas com o objetivo de fazer um levantamento dessas idéias intuitivas dos estudantes sobre os conceitos de calor, temperatura, força, energia, movimento, estrutura da matéria, luz, mudanças de referencial etc.

Concentramos nosso estudo no conceito "luz" e enumeramos, inicialmente, alguns autores que já se detiveram a analisá-lo.

Em uma de suas obras, cuja primeira edição data de 1926, Piaget⁽⁵⁾ constata crenças espontâneas acerca de luz e visão de objetos, por ocasião de interrogatórios sobre sombras e sonhos. Em obra mais recente⁽⁶⁾, ele retoma esse conceito.

Guesne⁽²⁾ consegue, através de entrevistas com crianças, revelar suas crenças a respeito: (1) dos mecanismos da visão; (2) das propriedades intrínsecas à luz, tais como trajetória retilínea, propagação no espaço, potência etc.; (3) da interação da luz com objetos espelhados e não espelhados; e (4) da ação de uma lente sobre a luz.

Guesne, Tiberghien e Delacote⁽⁴⁾ estabelecem, de maneira mais ampla e inter-relacionada, os métodos e resultados concernentes à análise das concepções de alunos sobre calor e luz. Quanto a este último conceito, os autores limitam-se a investigar se os sujeitos reconhecem a luz como uma entidade existente no espaço entre a fonte e os efeitos que ela provoca.

Tiberghien e outros⁽³⁾, tratando do conceito luz, analisam: (a) as relações luz-fonte; (2) luz-iluminação; (3) de que maneiras são percebidos o dia e as sombras.

Andersson e Kärqvist⁽¹⁾ estabelecem um paralelo entre o desenvolvimento das idéias sobre luz que se têm empregado na ciência ao longo de sua história, desde a Grécia e a antiga cultura Árabe até Kepler, e a gênese dessas idéias desde seus estágios mais primitivos até os mais avançados, em alunos de 12-15 anos. Os autores ressaltam os seguintes itens: (1) existência e propagação da luz no espaço; (2) mecanismos da visão; (3) refração da luz; (4) decomposição da luz branca.

Teixeira ⁽⁷⁾ retoma alguns aspectos relacionados ao estudo da luz — mecanismo da visão, interação da luz com objetos espelhados e não espelhados, ação de uma lente sobre a luz — e faz um levantamento das noções desenvolvidas por alunos para explicar a formação de imagens num espelho e numa tela de cinema.

Neste trabalho, vamos nos resumir a estudar as explicações dadas pelos alunos sobre um fato muito corriqueiro, que é a queima de uma folha de papel com a utilização de uma lente. Para o físico, a explicação se resume no seguinte: quando um feixe de luz muito intensa, cujos raios têm direções paralelas, atinge diferentes regiões da superfície de uma lente convergente, seus raios têm suas direções alteradas, alguns mais outros menos, de tal forma que todos converjam para uma região que se denomina foco da lente. A luz, que atingia toda a superfície da lente, agora se concentra numa região bem menor, tendo sua intensidade multiplicada, a ponto de colocar fogo numa folha de papel. A distância entre o foco e a lente é chamada de distância focal.

No entanto, as idéias desenvolvidas por nossos alunos, antes de qualquer ensino, ou apesar dele, podem estar muito distantes daquela formulada pelos físicos. É, pois, importante fazer um levantamento dessas intuições, para que possamos melhor adequar o ensino de ótica às necessidades de nossos alunos.

PROCEDIMENTO

Foram entrevistados três grupos de dez alunos de uma escola pública, com idades de aproximadamente 11 anos, 15 anos e 18 anos, pertencentes a duas classes de 5ª série, duas classes de 8ª série e uma classe de 3ª série do 2º grau, respectivamente. As entrevistas foram individuais, do tipo diretivo. A situação experimental proposta ao sujeito é totalmente hipotética, não exigindo nenhum material concreto. Inicia-se a entrevista, perguntando ao aluno se ele sabe como se põe fogo numa folha de papel utilizando uma lente. No caso de o Sol ser identificado como participante da queima, prossegue-se a entrevista, pedindo ao sujeito que desenhe o Sol, a lente e o papel. A vantagem do desenho é deixar clara a localização da lente em relação ao Sol e ao papel, além de permitir que a trajetória da luz seja espontaneamente desenhada. A questão central do protocolo — Por que a lente faz o papel pegar fogo? — refere-se à função que a lente exerce sobre a luz, tornando possível a queima do papel. Trata-se de uma questão de interpretação que dá oportunidade ao sujeito de criar seu próprio modelo para explicar o funcionamento de uma lente. Colocam-se, ainda, algumas questões sobre uma possível posição privilegiada da lente (distância focal) que possibilita a queima do papel. O protocolo das entrevistas encontra-se anexo a este trabalho.

RESULTADOS

Descobrimos as seguintes categorias de resposta sobre a queima do papel com o auxílio da lente:

A. *Ignorância do fenômeno.* Alguns alunos afirmaram desconhecer o fato da queima do papel com a lente, mesmo quando lhes foi sugerido que isso costuma aparecer em filmes. Não conseguiram identificar o Sol como participante do fenômeno.

B. *A luz é refletida pela lente.* No desenho, o Sol, o papel e a lente são não colineares: a luz, para atingir o papel, não atravessa a lente; ela bate e volta, como se esta fosse um espelho.

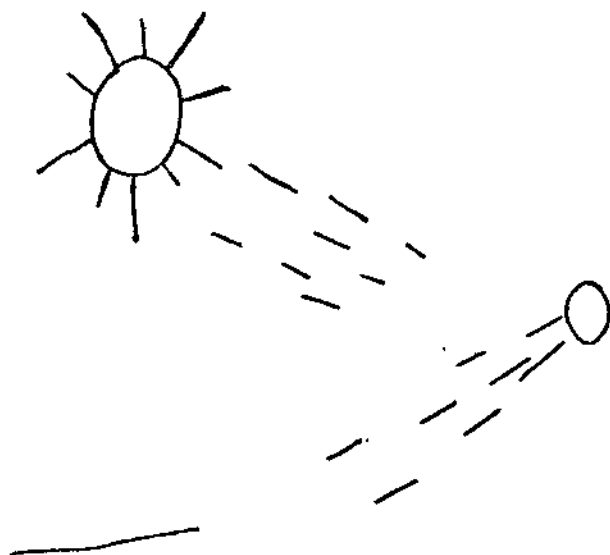


Figura 1 — Desenho de Rogério (11a, 7m). Representa a reflexão da luz do Sol por uma lente, de maneira que os raios refletidos atinjam a folha de papel.

C. *A luz pára na lente.* A luz atinge a lente, mas não passa através dela (ver figura 2).

— Rosemary (17a,9m): “(...) o calor da lente é que vai passar para o papel”.

— Hércio (11a,2m): “(...) o Sol bate na lente e aos poucos ela vai ficando mais quente. Daí, ela passa o reflexo para o papel”.

Para esse grupo de sujeitos, é o reflexo que vai para o papel, e não a luz, uma vez terem admitido que a luz ficava na lente.

D. *A luz atravessa a lente.* Dentro desta categoria de resposta, existe uma série de subcategorias:

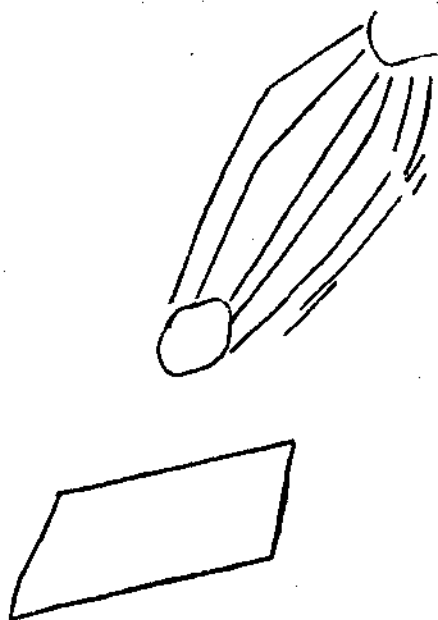


Figura 2 — Desenho de Rosemary (17a, 9m). Representa a absorção da luz do Sol por uma lente. Na folha de papel não chega luz.

D₁ A luz fica mais forte ao atravessar a lente

— Maria do Carmo (17a,9m): “(...) a lente aumenta a força dos raios (...) aumenta a potencialidade dos raios”.

— Roberto (11a,5m): “(...) a luz atravessa a lente e fica mais forte”.

— Ricardo (15a,9m): “(...) a tendência dela, da luz, é ficar mais forte ainda. Ela vai sair do outro lado com uma (...) força, como se estivesse mais próximo ainda da fonte, do Sol”.

D₂ A luz fica mais quente ao atravessar a lente

— Reinaldo (18a): “Eu acho que essa lente vai aumentar ainda mais o calor”.

— Marlidarci (17a,9m): “Acho que os raios ficam mais quentes”.

D₃ A luz é atraída pela lente

— Rosilda (18a): “(...) a lente atrai uma energia”.

— Francisco (18a) considerou a lente: “(...) como se fosse um ímã”.

— Denize (17a,7m) também considerou a lente uma espécie de imã: “(...) a lente atrai calor para o papel (...), puxa a luz (...) como se fosse papel de gordura (...)”.

D₄ A luz é multiplicada pela lente

— Ricardo (15a,9m) e Reinaldo (18a) acreditavam que a lente funcionava como “multiplicadora de raios”.

D₅ A luz é filtrada pela lente

— Francisco (18a): “Ela (a lente) reorganiza a luz (...). Que nem o organismo que pega o que presta e joga o que não presta fora (...). Tipo de um filtro”.

D₆ A luz é concentrada num ponto do papel. Nessa categoria estão incluídas tanto as respostas mais explícitas, nas quais consta o termo concentração, como aquelas mais primitivas, com essa idéia aparecendo sob a forma de um simples desenho.

— Mário (17a,11m): “(...) a lente (...) estaria concentrando toda força num só ponto”.

— Roberto (15a,6m): “(...) (a lente) faz uma espécie de concentração da luz num certo ponto (...)”.

— Myrna (15a,9m): “(...) eles (os raios de luz) se concentram (...) só num lugar, no meio da lente (...)”.

— Ricardo (15a,10m): “(...) (a lente) vai concentrar toda força do raio solar naquela parte (...)”.

Por trás da idéia de que a luz é capaz de se concentrar num só ponto, encontramos duas variantes:

(a) *A luz se concentra num raio só.* Ver figura 3.

— Myrna (15a,9m): “Ele (o raio de luz) se concentra aqui e desce um raio só, mas bem forte”.

— Ricardo (15a,10m): “(...) todos aqueles raios solares vão-se concentrar num só, bem fino (...)”.

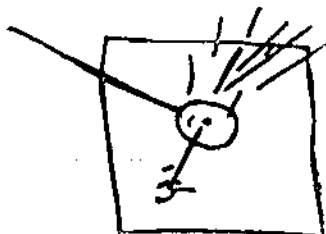


Figura 3. — Desenho de Myrna (15a, 9m). Representa a concentração, num único raio, da luz do Sol, ao atravessar a lente.

(b) *A luz se concentra em forma de cone.* Ver figura 4.

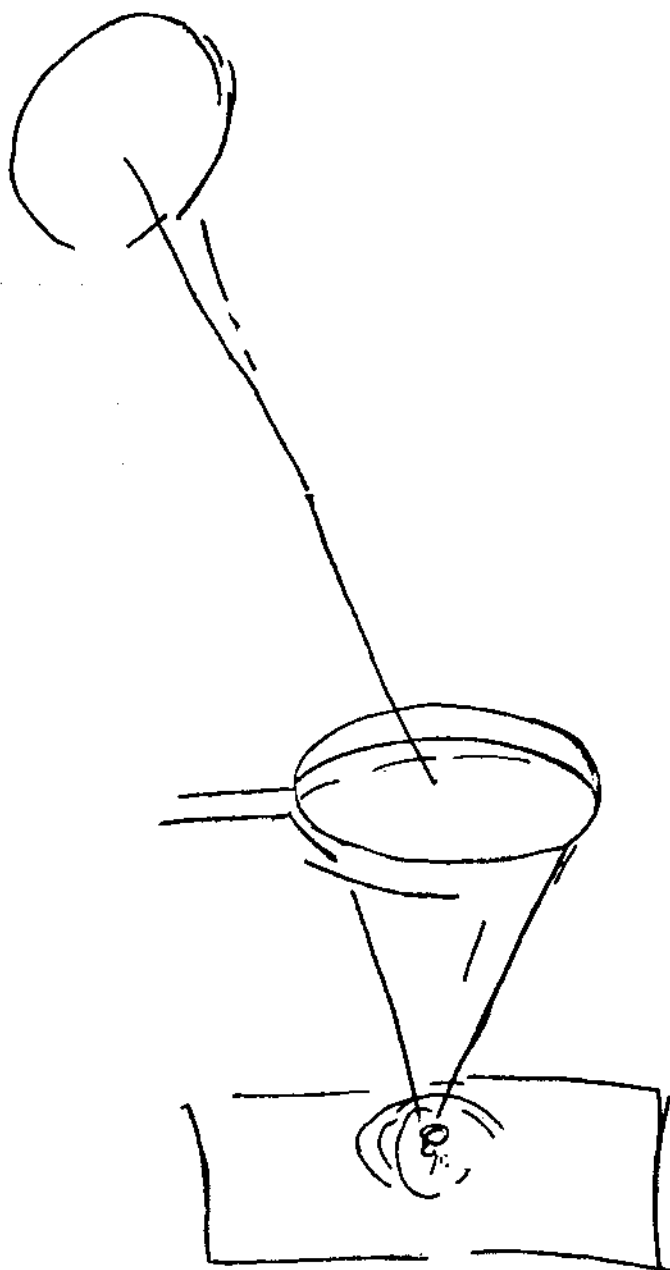


Figura 4 — Desenho de Mário (17a, 11m). Representa a concentração em forma de cone da luz do Sol, ao atravessar uma lente.

A TABELA 1 sintetiza os dados que acabamos de expor. É interessante observar que a soma dos números das linhas nem sempre resulta no número total de sujeitos naquela determinada série. Isso ocorre porque nem todas as categorias são mutuamente exclusivas, podendo ocorrer que um mesmo aluno tenha dado respostas que se incluam em mais de uma categoria.

TABELA 1 — Distribuição, por categoria, das respostas referentes à explicação para a queima do papel com uma lente.

Séries	Categorias									
	A	B	C	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆ (a) (b)	
5ª série do 1º grau	2	2	2	3	0	0	0	0	0	1*
8ª série do 1º grau	2	0	0	5	1	0	1	1	2	1
3ª série do 2º grau	1	0	1	2	3	3	1	1	0	1
TOTAL	5	2	4	10	4	3	2	2	2	3

* Esse aluno, apesar de ter feito um desenho que sugere a concentração da luz através de um cone, não conseguiu justificar o porquê da convergência dos raios de luz para um só ponto.

Quanto à questão sobre distância focal, encontramos as seguintes categorias de respostas:

A. *Ignorância da distância focal.* Não conseguimos detectar respostas dos alunos nenhuma distância preferencial da lente em relação ao papel.

B. *Estabelecimento de um limite superior para a distância.*

— Reinaldo (18a): “Acho que não deve passar dos 10 cm, mais ou menos”.

— Ricardo (15a,9m): “Não muito longe”.

— Reinaldo (11a,1m): “Mais ou menos perto”.

Surgiram dois tipos de justificativas para essas respostas:

(a) *Referente ao calor*

— Rosemary (17a,9m) achava que se a lente “(...) estiver muito longe, ela não vai ter quentura suficiente para queimar”.

— Denize (17a,7m): “Quanto mais perto do papel, mais calor”.

— Sônia (15a,9m) disse que perto do papel: “(...) o calor é mais forte. Aí, se ficar um pouco mais longe, (...) a luz não fica quente”.

(b) *Referente ao tempo*

— Reder (15a,5m): “(...) se colocar na distância certa, perto, vai queimar mais rápido”.

— Myrna (15a,9m): “(...) acho que mais perto o papel queima mais rápido (...). Mais longe, pode ser (...) só que até o raio de sol chegar aqui assim, vai demorar para queimar”.

C. Estabelecimento da distância focal. Ainda que de forma rudimentar e vacilante, os alunos conseguem impor um limite superior e também inferior para a distância entre o papel e a lente.

— Andréa (15a,8m): “Não precisa ser tão longe (...), mas não tão perto também”.

— Roberto (15a,6m) negou que quanto mais próximo melhor: “Tem que ser uma distância razoável”.

— Sérgio (15a,7m): “Nem muito perto, nem muito longe”.

— Francisco (18a) “Nem muito longe, nem muito perto. Tem que ser uma distância mais ou menos do papel”.

— Ricardo (15a,10m): “Ela (a mancha luminosa sobre o papel) vai diminuindo (...) cada vez que a senhora vai afastando (a lente do papel), até chegar um ponto que ela (luz) fique bem concentrada na folha de papel (...) então ela queimará (...). Ah! não! Desculpe! É tudo ao contrário. Muito perto não queima (...), levantando (a lente) (...) o raio vai ficar mais forte, mais concentrado (...)”.

A TABELA 2 mostra a distribuição das diferentes categorias de respostas que acabamos de descrever. Desta tabela estão excluídos os cinco alunos que, de início, afirmaram não saber como uma lente queima um papel.

TABELA 2 — Distribuição, por categoria, das respostas referentes à distância focal.

Séries	Categorias		
	A	B	C
5ª série do 1º grau	5	3	0
8ª série do 1º grau	0	4	4
3ª série do 2º grau	3	5	1
TOTAL	8	12	5

DISCUSSÃO

Podemos depreender das explicações dos alunos sobre a queima de uma folha de papel com o auxílio de uma lente, alguns modelos relativos à luz e ao funcionamento de uma lente.

Aqueles que acreditam que a luz bate na lente e volta, ao atingi-la, concebem-na como um espelho, sem contudo deixar claro como, a partir dessa reflexão, a luz torna-se capaz de colocar fogo no papel.

Outros, não conseguindo perceber na luz propriedades que possibilitem a queima de uma folha de papel, lançam mão de uma outra entidade — calor, reflexo —, como responsável por tal queima. Cabe, então, à lente o papel de transformar a luz nessa outra entidade.

Entre aqueles que admitem que a luz atravessa a lente, alguns atribuem à primeira a propriedade de possuir calor ou força e à segunda, a função de aumentar esse calor ou essa força. Outros já imaginam a lente como uma espécie de ímã que atrai a luz: sendo assim, a queima se explicaria pelo fato de existir mais luz atravessando a lente e, conseqüentemente, atingindo o papel. Outra função atribuída à lente é a de multiplicadora de raios. Esse modelo é o único a transgredir, explicitamente, a idéia de conservação da luz. Um outro modelo que surgiu interpreta a luz como constituída de diversos componentes e confere à lente a função de selecionar aqueles capazes de queimar o papel.

Os alunos, cujo modelo apresentado se aproxima da maneira de pensar do físico, focam sua atenção sobre o aspecto fundamental do experimento: a luz, dispersa sobre a superfície da lente, concentra-se num só ponto na folha de papel. À lente eles atribuem a função de concentrar os raios de luz. Esse modelo se atém em dois momentos: ao atingir a lente e ao atingir o papel. O que acontece com a luz, entre o papel e a lente, não fica explícito na idéia de concentração: a luz pode vir num raio só, bem forte, ou ter sua direção mudada de maneira a formar um cone de luz sob a lente.

É evidente que a compreensão dos fenômenos da queima foi prejudicada, em parte, porque ao aluno não foi dada a oportunidade de manusear a lente na presença da luz do Sol. De início, essa limitação experimental descartou cinco dos trinta alunos, por não conhecerem o fenômeno. A própria distância focal se resumiria numa simples questão de constatação experimental que, seguramente, impeliria o aluno a elaborar um modelo para a queima mais longe da fantasia, tal como aquele em que a lente funciona como um espelho.

Mas nem tudo pode ser resolvido pela experiência. Isso fica evidente pela verificação de que alguns entrevistados conhecia o fenômeno o suficiente para afirmar que "quanto menor a 'bolinha', mais fácil de pegar fogo no papel", ou, ainda, que a 'bolinha' variava de tamanho, conforme a lente se aproximava ou se afastava do papel. Essas observações são próprias de quem sabe manipular uma lente, de quem conhece seus efeitos sobre a luz do Sol. No entanto, ainda que bem realizadas, não capacitam o sujeito a sugerir o mecanismo correto pelo qual se forma essa 'bolinha' de luz intensa. Isso nos leva a acreditar que um entendimento mais profundo do fenômeno está muito além de uma simples percepção imediata. Admitir que sob a lente forma-se um cone de luz invisível não deixa de ser uma abstração, abstração esta que nem todos são capazes de realizar.

Justamente por isso é que, ao procedermos ao levantamento das noções intuitivas sobre a queima do papel, esperávamos detectar um processo evolutivo. De fato, ainda que de forma bastante tênue, constatamos que os modelos mais primitivos, como aqueles que consideram a lente como um espelho, são mais frequentes entre os alunos de 5ª série, enquanto que os modelos que utilizam a expressão "concentração da luz" não foram encontrados nesse grupo de alunos (ver TABELA 1). Talvez uma amostra mais significativa de alunos possa revelar com maior nitidez esse processo evolutivo.

Fica ainda, como sugestão, o enriquecimento dessa situação experimental pelo acréscimo de uma lente divergente que, juntamente com a convergente, seria manipulada pelo aluno, permitindo-lhe comparar os efeitos de ambas sobre a luz do Sol.

ABSTRACT: We tried in this work, to detect some spontaneous patterns according to light and the property of a lens. We have done explanatory data about the paper's turning intuitive notions and an evolutive process on these patterns was perceived. This article presents the clinical interviews, classifies and analyses the student's responses.

KEY-WORDS: Spontaneous concept. Intuitive "Patterns". Piagetean Research.

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSSON, B. e KARRQVIST, C. — How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 1979.
2. GUESNE, E. — Lumière et Vision des Objets: un Exemple de Representations de Phénomènes Physiques Préexistant à L'Enseignement. In: DELACOTE, G. (org.) — *Physics Teaching in School*. London, Taylor & Francis, 1978.

3. GUESNE, E. — Perceptions of Children Concerning Light. In: KENNEDY, P. J. e LORIA, A. (org.) — *Proceedings of the International Conference on Education for Physics Teaching*. Trieste, 1980.
4. GUESNE, E.; TIBERGHIEU, A. e DELACOTE, G. — "Methodes et Resultats Concernant L'Analyse des Conceptions des Elèves dans Différents Domaines de la Physique". *Revue Française de Pédagogie*, nº 45, 1978.
5. PIAGET, J. — *La representación del Mundo en el Niño*. Madrid, Ediciones Morata, 1973.
6. PIAGET, J. — *Understanding Causality*. Nova York, Norton & Co. 1974.
7. TEIXEIRA, S. K. — *Estudo das noções espontâneas acerca de fenômenos relativos à luz em alunos de 11-18 anos*. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1982.
8. TIBERGHIEU, A.; DELACOTE, G.; GHIGLIONE, R. e MATABON, B. — "Conception de la Lumière chez l'Enfant de 10-12 Ans". *Revue Française de Pédagogie*, nº 50, 1980.

ANEXO

Como uma folha de papel branca pode pegar fogo com a utilização de uma lente

PROCEDIMENTOS	INSTRUÇÕES VERBAIS
<p>— Perguntar:</p> <p>— Se o sujeito responder negativamente, encerrar a entrevista.</p> <p>— Depois que o sujeito apontar o Sol, como participante do fenômeno, perguntar:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Você sabe como se põe fogo em uma folha de papel com uma lente? 2. Dá para você desenhar a lente, o papel e o Sol? 3. Por que a lente faz o papel pegar fogo? 4. A distância entre o papel e a lente é importante? 5. Onde a lente precisa ser colocada? Por quê?