

# Análise crítica da qualidade das questões de Física na prova de Ciências da Natureza nas edições do ENEM de 2012 e 2013

Fernando Lang da Silveira - IF-UFRGS  
lang@if.ufrgs.br

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo destes comentários é analisar a qualidade das questões de Física na prova de Ciências da Natureza (edições do ENEM de 2012 e 2013) no que diz respeito à correção conceitual e teórica e à sua consistência com o conhecimento científico.

Como é por demais sabido o ENEM se transformou em um grande concurso vestibular à universidade, além de pretender avaliar conhecimentos, habilidades e competências de concluintes do ensino médio no Brasil e inclusive certificar o ensino médio para quem assim o desejar. O ENEM se converteu nos últimos anos, para grande parte das universidades brasileiras, no ÚNICO instrumento de acesso em um curso universitário, além de ser exigido como requisito para programas como Ciência sem Fronteiras.

**Em minha opinião o MÍNIMO<sup>1</sup> desejável para um exame com tais grandiosas e abrangentes pretensões é que contenha questões bem formuladas, consistentes com o conhecimento científico atual.**

Há muito tempo tenho sido procurado por alunos, ex-alunos e professores de ensino médio com dúvidas e queixas sobre algumas questões do ENEM que lhes parecem equivocadas, sem resposta ou até com enunciados absurdos, em conflito com o conhecimento científico. Entretanto nunca tinha inspecionado em detalhes as questões de Física e somente em julho do ano passado me detive em uma prova, especificamente nas quinze questões de Física da prova de Ciências da Natureza de 2012.

Fiquei estupefato, estupefato com que encontrei em seis questões das quinze, sendo que quatro questões deveriam ser anuladas ou por não terem resposta, ou por seus enunciados se constituírem em notórias violações do conhecimento físico, ou ainda por seus enunciados serem autocontraditórios.

Tentei contato com os responsáveis pelo ENEM em julho de 2013, enviando um documento em que detalhava os problemas encontrados na prova de 2012<sup>2</sup>. O máximo que consegui depois de quase um mês foi uma resposta automática.

Quando da edição de 2013 do ENEM, imediatamente à divulgação da Prova de Ciências de Natureza, passei à análise das questões e novamente fiquei estupefato com o

---

<sup>1</sup> - São muitos os requisitos que uma prova com objetivos de tal magnitude deve preencher. Meus comentários se detêm principalmente nos aspectos relativos à consistência do conteúdo de algumas questões no que diz respeito à Física envolvida.

<sup>2</sup> - O documento se encontra disponível em [http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Quest\\_Fisica.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Quest_Fisica.pdf) (acessado em 23/03/2014). As críticas a cada uma das seis questões estão postadas no setor *Pergunte! – Centro de Referência para o Ensino da Física do Instituto de Física da UFRGS* no seguinte endereço: <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=indice> (acessado em 23/03/2014). Há atualmente mais de sete mil acessos a estes comentários críticos.

que encontrei em cinco delas<sup>3</sup>. Novamente enviei aos responsáveis pelo ENEM um documento contendo as minhas críticas e mais uma vez recebi uma resposta evasiva que sequer tocava no mérito das críticas.

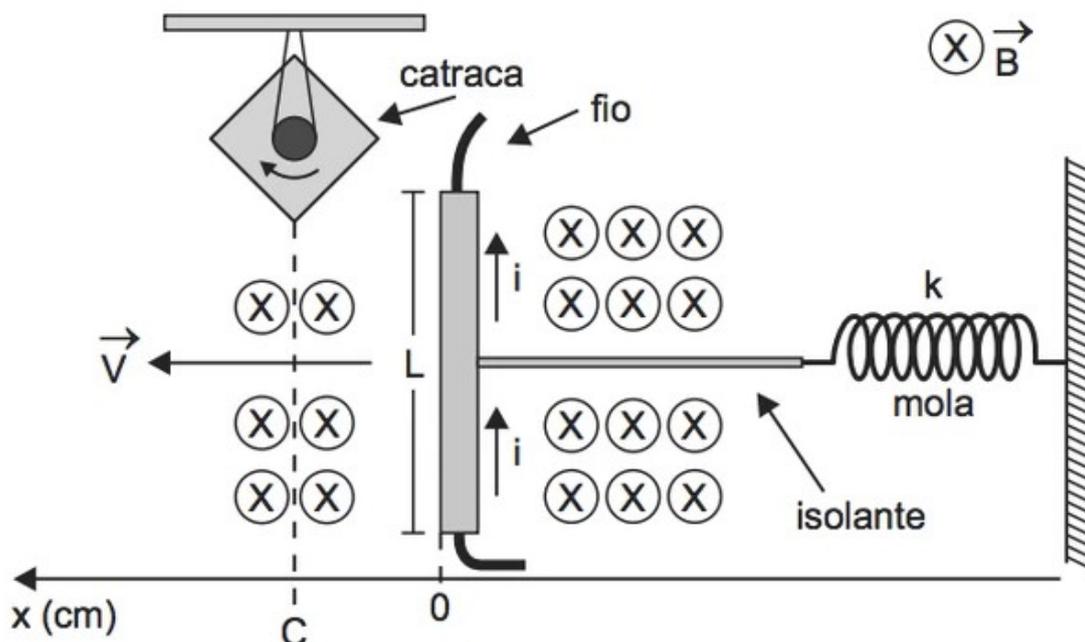
Graças à intensa repercussão de meus comentários críticos em diversas redes sociais, divulgados através do Centro de Referência para o Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS (<http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=apresentacao> – acessado em 23/03/2014), fui convidado para participar dos **Colóquios sobre o Enem e a reformulação do Ensino Médio** promovidos pelo INEP em 2014 para tratar especificamente **A Qualidade dos Itens de Física do Enem**.

A seguir demonstro a péssima qualidade de algumas questões (itens), deixando ao leitor interessado a íntegra de meus comentários críticos nos endereços já indicados.

## 2. A QUESTÃO 85 (PROVA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – 2013 – CADERNO AZUL) TEM ENUNCIADO INCOMPLETO E QUALQUER ALTERNATIVA PODERIA SER CORRETA!

O enunciado da questão 85 encontra-se a seguir em itálico.

*Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica  $i = 6A$  percorra uma barra condutora de comprimento  $L = 5cm$ , cujo ponto médio está preso a uma mola de constante elástica  $k = 5 \times 10^{-2}N/cm$ . O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de  $5m/s$  e atingirá a catraca em 6 milisegundos, abrindo a porta.*



<sup>3</sup> - A íntegra da análise das questões da Prova de Ciências da Natureza se encontra disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=610> (acessado em 23/03/2014). Os comentários individualizados sobre cada questão podem ser acessados em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=indice> (acessado em 23/03/2014). Há atualmente mais de 36 mil acessos aos comentários sobre as questões de 2013.

A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

A)  $5 \times 10^{-1} T$ .

B)  $5 \times 10^{-2} T$ .

C)  $5 \times 10^1 T$ .

D)  $2 \times 10^{-2} T$ .

E)  $2 \times 10^0 T$ .

**A questão 85 NÃO possui informações suficientes para que se chegue a uma ÚNICA resposta** pelas razões explicitadas a seguir:

- Os dados sobre a velocidade média e o intervalo de tempo de aceleração da barra até atingir a catraca permitem calcular a deformação sofrida pela mola até no momento do impacto:  $5,0\text{m/s} \times 0,006\text{s} = 0,030\text{m} = 3,0\text{cm}$ .

- A seguir podemos calcular a intensidade da força elástica na mola no momento do impacto pois conhecemos a deformação e a constante elástica:  $5 \times 10^{-2} \text{N/cm} \times 3,0\text{cm} = 0,15\text{N}$ .

- Um complicador adicional é que ao mover a barra através do campo magnético surge uma fem induzida que reduzirá a intensidade da corrente.

- Mesmo que admitamos constante a intensidade da corrente (desprezando os efeitos indutivos), **há que se fazer uma suposição sobre a intensidade da força magnética no momento do impacto** para bem de se resolver o problema. Se o enunciado da questão explicitasse o que se entende por "*dispositivo funcione corretamente*" talvez houvesse uma solução única para a questão.

- Se supusermos que a intensidade da força magnética é 10 vezes a intensidade força elástica (ou talvez igual à intensidade força elástica, ou talvez ... sabe-se lá qual valor), então poderemos encontrar a intensidade do campo magnético (na verdade intensidade da INDUÇÃO MAGNÉTICA). Fazendo o cálculo com o fator resulta

$$10 \times 0,15\text{N} = 6,0\text{A} \times 0,05\text{m} \times B,$$

$$B = 5,0\text{T}.$$

Admitida outra hipótese, por exemplo, que a intensidade da força magnética seja igual à da força elástica, resultaria  $B = 0,5\text{T}$ .

Se a intensidade da força magnética fosse igual a um décimo da intensidade da força elástica, resultaria  $B = 0,05\text{T}$ .

E assim por diante ...

As três possibilidades acima foram arbitrariamente calculadas. Tendo-se em conta que o dispositivo deve produzir uma indução magnética uniforme sobre no mínimo uma região com área de  $3,0\text{cm} \times 5,0\text{cm} = 15 \text{ cm}^2$  e dado que uma característica inelutável das questões do ENEM é a "*contextualização a qualquer custo*", a terceira possibilidade ( $B = 0,05\text{T}$ ) é a mais realista! A produção de campos magnéticos com intensidade de 0,5 T, cobrindo uma região com no mínimo  $15 \text{ cm}^2$  não é trivial de ser realizada. Campos com tal intensidade SOMENTE são encontrados no centro da face de super ímãs de neodímio!

**De qualquer forma há MUITAS respostas possíveis (virtualmente infinitas) para esta questão!**

**3. A “CONTEXTUALIZAÇÃO A QUALQUER CUSTO” NA QUESTÃO 77 (PROVA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – 2012 – CADERNO AZUL) LEVA A UM ENUNCIADO IRREAL E OS DADOS CONTRADITÓRIOS IMPLICAM NA AUSÊNCIA DE RESPOSTA**

A questão 77<sup>4</sup> trata da Estática de Fluidos e o seu enunciado segue em itálico.

*Um consumidor desconfia que a balança do supermercado não está aferindo corretamente a massa dos produtos. Ao chegar a casa resolve conferir se a balança estava descalibrada. Para isso, utiliza um recipiente provido de escala volumétrica, contendo 1,0 litro d'água. Ele coloca uma porção dos legumes que comprou dentro do recipiente e observa que a água atinge a marca de 1,5 litro e também que a porção não ficara totalmente submersa, com 1/3 de seu volume fora d'água. Para concluir o teste, o consumidor, com ajuda da internet, verifica que a densidade dos legumes, em questão, é a metade da densidade da água, onde,  $\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$ . No supermercado a balança registrou a massa da porção de legumes igual a 0,500 kg (meio quilograma).*

*Considerando que o método adotado tenha boa precisão, o consumidor concluiu que a balança estava descalibrada e deveria ter registrado a massa da porção de legumes igual a*

- A) 0,073 kg.
- B) 0,167 kg.
- C) 0,250 kg.
- D) 0,375 kg.
- E) 0,750 kg.

Esta questão é uma verdadeira “pérola”, explicitando de maneira magistral a ideologia que permeia TODAS as questões do ENEM, qual seja a da “contextualização a qualquer custo”.

Como o ENEM exacerba a necessidade de contextualização, há que se encontrar uma maneira de “contextualizar de qualquer forma” para passar pelo crivo dos ideólogos do exame.

Um colega, defensor do ENEM, assim comentou sobre o fato de eu ter colocado entre aspas a palavra contextualização:

*“Por que usas sempre a palavra contextualização entre aspas? Entendo que colocar entre aspas significa uma crítica, ou ironia, ou alguma coisa que não capto. Contextualização no ensino é trazer para a sala de aula o contexto do momento em que vivemos. Nós, professores, estamos sempre contextualizando. Quando tu falas nas fases da Lua e nascimento de bebês, estás contextualizando o conhecimento cotidiano com o científico. Contextualização não me parece uma impropriedade, uma invencionice, um disparate.”*

---

<sup>4</sup> -

A minha resposta foi a seguinte:

*“De fato ÀS VEZES conseguimos contextualizar mas isto é mais a exceção do que a regra.*

*Fazer ciência é, antes de tudo, se afastar da realidade, tratar de um modelo extremamente idealizado para bem de tornar a situação abordável, teorizável e tratável. A exigência de SEMPRE contextualizar é absurda e perniciososa.*

*Tu tocas em um aspecto crucial para os pedagogos do MEC e do ENEM e no qual eles estão equivocados quando radicalizam o ideal da contextualização, exigindo SEMPRE questões contextualizadas.*

*Eu talvez consiga contextualizar mas tenho a consciência de que isso é difícilíssimo e muitos outros professores não conseguem. NÃO se pode exigir isso deles e NÃO é assim que faz e se ensina ciência de fato.*

***Colocar a contextualização como ideal a ser perseguido, eu concordo. Tentar fazer SEMPRE é impossível, indesejável, equivocado e pernicioso.”***

A QUESTÃO 67 “contextualiza” descontextualizando absurdamente pois ninguém de sã consciência utilizaria o procedimento sugerido no enunciado para verificar se uma balança está calibrada. Darei algumas razões singelas para tal:

1 - Como se mede a porção do volume de legumes que não ficou submersa? Ou, como se mede o volume total dos legumes?

2 - Quem de sã consciência acredita que uma especial classe de legumes possua densidade universalmente válida para todos os elementos dessa classe? A densidade de qualquer legume é afetada, por exemplo, pelo seu grau de hidratação.

Deixando de lado a ridícula “contextualização a qualquer custo”, destaco agora que esta questão tem enunciado contraditório. Se sabemos que o legume flutuante em água apresenta “1/3 de seu volume fora d’água” então “a densidade dos legumes, em questão, NÃO é a metade da densidade da água” mas é 2/3 da densidade da água.

Se acreditarmos na correção parcial do enunciado, isto é, “Para isso, utiliza um recipiente provido de escala volumétrica, contendo 1,0 litro d’água. Ele coloca uma porção dos legumes que comprou dentro do recipiente e observa que a água atinge a marca de 1,5 litro.”, **então a balança do supermercado está correta pois tal informação é suficiente para afirmar que a massa dos legumes é aproximadamente 0,5 kg.**

Portanto a questão 77, além de possuir um enunciado ridiculamente “contextualizado a qualquer custo”, apresenta um enunciado com informações contraditórias e rigorosamente não possui resposta.

#### **4. A “CONTEXTUALIZAÇÃO A QUALQUER CUSTO” NA QUESTÃO 88 (PROVA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – 2012 – CADERNO AZUL) LEVA A UM ENUNCIADO IRREAL E SEM RESPOSTA POSSÍVEL**

O enunciado da questão 88 segue em itálico.

*Nossa pele possui células que reagem à incidência de luz ultravioleta e produzem uma substância chamada melanina, responsável pela pigmentação da pele. Pensando em se bronzear, uma garota vestiu um biquíni, acendeu a luz de seu quarto e deitou-se*

*exatamente abaixo da lâmpada incandescente. Após várias horas ela percebeu que não conseguiu resultado algum.*

*O bronzeamento não ocorreu porque a luz emitida pela lâmpada incandescente é de*

*A) baixa intensidade.*

*B) baixa frequência.*

*C) um espectro contínuo.*

*D) amplitude inadequada.*

*E) curto comprimento de onda.*

Mais uma vez encontramos uma “contextualização a qualquer custo” absurda e ridícula. Quem de fato já pensou em se bronzear no seu quarto embaixo de uma lâmpada incandescente? E de biquíni?

Adjetivar algo como baixo (alto), curto (longo) tem como suposto uma referência. Adicionalmente, no contexto específico das ondas eletromagnéticas chamam-se de alta frequência (HF - high frequency) ondas com frequência muitíssimo MENOR do que a frequência da radiação visível (luz). Portanto, nesta classificação extremamente utilizada a luz emitida pela lâmpada incandescente é de ALTÍSSIMA frequência e NÃO de baixa frequência como o gabarito oficial da prova indica (o gabarito indica a alternativa B).

Esta questão, além de conter uma “contextualização a qualquer custo” irreal, por não dar qualquer referência em relação aos quais os adjetivos *alta*, *baixa*, *curto* estão sendo usados torna as alternativas sem sentido, não tendo resposta ou, dependendo da referência escolhida arbitrariamente, admitindo mais de uma resposta.

## **5. O ENUNCIADO DA QUESTÃO 57 (PROVA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – 2013 – CADERNO AZUL) É INCONSISTENTE COM A MECÂNICA DE FLUIDOS E FATUALMENTE FALSO**

A seguir encontra-se em itálico a questão 57.

*Para realizar um experimento com uma garrafa PET cheia d'água, perfurou-se a lateral da garrafa em três posições a diferentes alturas. Com a garrafa tampada, a água não vazou por nenhum dos orifícios, e, com a garrafa destampada, observou-se o escoamento da água conforme ilustrado na figura.*



*Como a pressão atmosférica interfere no escoamento da água, nas situações com a garrafa tampada e destampada, respectivamente?*

*A) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.*

*B) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.*

*C) Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.*

*D) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; regula a velocidade de escoamento, que só depende da pressão atmosférica.*

*E) Impede a saída de água, por ser menor que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.*

O enunciado desta questão contém duas proposições em flagrante conflito com a Mecânica de Fluidos.

A figura ilustrando as trajetórias da água que é lançada pelos três orifícios com a garrafa aberta É INCONSISTENTE TANTO COM A TEORIA SOBRE TAL PROCESSO, QUANTO COM A EXPERIÊNCIA QUE FACILMENTE PODE SER REALIZADA. Há vídeos e fotos<sup>5</sup> na internet documentando o que de fato ocorre quando de três orifícios vaza água em uma garrafa pet.

**É fácil se demonstrar teoricamente que o alcance do jato é máximo na metade da altura da coluna de água interna à garrafa.** Se a garrafa na figura da questão 57 estiver cheia próxima ao gargalo, o alcance máximo acontece aproximadamente para a água que sai do orifício superior. A figura 1 ilustra a expectativa teórica sobre as trajetórias de jatos de água que partem de três orifícios situados em diferentes alturas na parede da garrafa.

---

<sup>5</sup> - Vide por exemplo as fotos ilustrando o vazamento da água em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=603> (acessado em 24/03/2014).

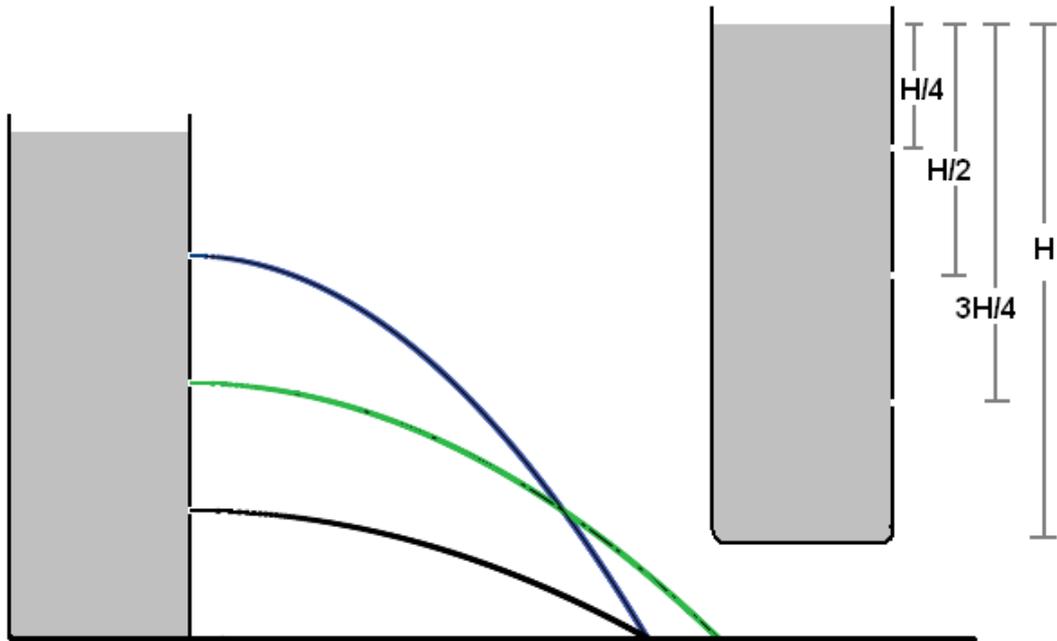


Figura 1 – Expectativa teórica, consistente com a Mecânica de Fluidos, para as trajetórias da água que vaza em três orifícios na parede da garrafa.

Os experimentos corroboram que o alcance da água que sai do orifício na região mediana da coluna de água é MAIOR do que próximo à base da garrafa. Vide por exemplo

[http://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2013\\_Geraldo\\_Plauska/dissertacao\\_Geraldo\\_Plauska.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2013_Geraldo_Plauska/dissertacao_Geraldo_Plauska.pdf) (acessado em 24/03/2014).

Portanto a figura da questão 57 está equivocada mas este não é o único erro no enunciado da questão. O enunciado da questão afirma que “*com a garrafa tampada, a água não vazou por nenhum dos orifícios*” e esta afirmação é **falsa tanto teoricamente como factualmente**.

Vou demonstrar teoricamente que a suposição de, havendo mais de um orifício aberto, não ocorrer o vazamento de água conduz a um ABSURDO.

1 – Como a pressão interna a cada orifício deve ser igual à externa, internamente à garrafa dever-se-ia ter a mesma pressão junto aos orifícios.

2 – A Lei de Stevin garante que dois pontos em níveis diferentes dentro da garrafa estão a pressões diferentes.

3 – **Portanto é impossível se obter a situação estática com mais de um orifício aberto.**

Ou seja, acontece o que de fato é que o ar entra na garrafa pelo orifício superior enquanto nos orifícios inferiores a água vaza.

Há vídeos demonstrando experimentalmente o necessário vazamento da água quando a garrafa possui três orifícios. Vale ver especialmente o vídeo UMA GARRAFA COM TRÊS FUROS: UM FURO DO ENEM 2013 - <https://www.youtube.com/watch?v=utIaOm1UseM> (acessado em 24/03/2014).

## 6. CONCLUSÃO

Não tenho dúvidas que a Prova de Ciências da Natureza padecesse em 2012 e 2013 de sérios equívocos conceituais em diversas de suas questões. Alguns exemplos foram dados e outros mais aconteceram nas duas edições do ENEM que analisei.

Recentemente o INEP teve um novo diretor indicado. O Prof. José Francisco Soares manifestou em entrevista à Folha de São Paulo (17/03/2014) a intenção “*de explicitar de forma organizada, em algum tipo de portal, quais são as demandas cognitivas e pedagógicas das diferentes questões das provas (...) organizar esse material com a lógica da instrução e dizer para o professor: está aqui algo que você pode utilizar*”.

Como me foi solicitado fazer críticas construtivas ao ENEM acho indispensável que TODAS as questões de edições anteriores do ENEM sejam escrutinadas por uma equipe de revisores com notório domínio do conhecimento em Física.

Algumas das questões defeituosas poderão ser usadas de maneira positiva a exemplo do que se observou após o ENEM de 2013 com a “questão da garrafa pet”. Alguns professores incentivaram a aprendizagem de seus alunos solicitando a demonstração experimental dos equívocos na formulação da questão. Alunos realizaram e postaram vídeos na internet demonstrando que o alcance dos jatos de água está em conflito com os alcances indicados na figura da questão 57. Outros vídeos demonstraram a falácia de se admitir a possibilidade de não vazar água da garrafa com três orifícios. Em breve será publicado no Caderno Brasileiro de Ensino Física um artigo detalhando a Física correta da “garrafa pet”. O INEP poderá se valer dos vídeos, dos comentários em variados endereços da web, do artigo publicado no CBEF, para nesta questão “*dizer para o professor: está aqui algo que você pode utilizar.*”

Pior do que a INCOMPETÊNCIA na formulação de questões é a IRRESPONSABILIDADE INTELLECTUAL E PEDAGÓGICA em não reconhecer a posteriori os evidentes equívocos. Qual *lógica de instrução* é possível de ser indicada aos professores para as questões mal formuladas se o INEP não reconhecer os erros? Que Física se pode ensinar utilizando-se questões com graves erros conceituais se estes não forem identificados?

Sugiro também colocar TODO o banco de questões já existente sob suspeição, submetendo-o ao escrutínio de revisores com notório domínio do conhecimento em Física.