



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
**Instituto de Física**  
**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física**  
**Mestrado Profissional em Ensino de Física**

## AS QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM 2011

José Christian Lopes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Marta Feijó Barroso

Rio de Janeiro  
02/2015

## AS QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM 2011

José Christian Lopes

Orientadora:  
Marta Feijó Barroso

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Dra. Marta Feijó Barroso (Presidente)

---

Dr. Maurício Urban Kleinke (UNICAMP - SP)

---

Dr. Marcelo Shoey de Oliveira Massunaga  
(UENF - RJ)

---

Dra. Penha Maria Cardozo Dias (UFRJ - BR)

Rio de Janeiro  
02/2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

L864q Lopes, José Christian  
As questões de Física do ENEM 2011 / José  
Christian Lopes. -- Rio de Janeiro, 2015.  
170 f.

Orientadora: Marta Feijó Barroso.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal  
do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa  
de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2015.

1. Ensino de Física. 2. Avaliações em larga  
escala. 3. ENEM. I. Barroso, Marta Feijó, orient.  
II. Título.

Dedico esta dissertação aos meus pais, José Edilson e Maria de Fátima, à minha esposa, Maria Clara, ao meu irmão Francisco Leonardo e a todos que acompanham a minha trajetória.

## **Agradecimentos**

À minha orientadora, Marta Feijó Barroso, a quem admiro pela competência e dedicação. Pela paciência, exigência e cuidado com que me orientou neste trabalho.

Aos professores Maurício Urban Kleinke, Marcelo Shoey de Oliveira Massunaga e Penha Maria Cardozo Dias que, gentilmente, aceitaram o convite para participar da banca deste trabalho.

Aos amigos do grupo de pesquisa: Marcelo e Gustavo. Pelo apoio, e discussões que tomavam conta dos nossos encontros, pois estes contribuíram significativamente para esta pesquisa.

Aos mestres do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em particular os que participam do PEF que, com suas aulas, contribuíram direta ou indiretamente para o meu crescimento profissional como professor.

Aos colegas e amigos da turma de 2012: Fernanda, Jonathas, José Carlos, Leonardo Mota, Leonardo Silva, Rodrigo, Vanderlan e Vitor. Pelas discussões enriquecedoras em sala de aula, parceria e pelo respeito mútuo. Foi um prazer ter convivido com vocês.

Aos colegas e amigos do Departamento de Física do Colégio Pedro II e, em particular, aos chefes Alfredo Sotto e Eduardo Gama e à equipe do Campus São Cristóvão III que, possibilitaram a minha licença para estudos.

Aos meus pais, pelo amor, dedicação, exemplo e os maiores incentivadores deste e de outros projetos relacionados à minha formação.

À minha esposa, Maria Clara, pelo amor, dedicação, as palavras de incentivo e força nos momentos que mais precisei. Pela compreensão e pela parceria ao longo desses anos.

Enfim, a todos os familiares e amigos que neste período contribuíram direta ou indiretamente para a mais esta conquista.

## **RESUMO**

### **AS QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM 2011**

José Christian Lopes

Orientadora:  
Marta Feijó Barroso

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho apresenta uma análise das questões de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011 realizada a partir dos dados disponibilizados pelo INEP. Esta análise contempla o desempenho de todos os estudantes participantes em todas as questões da prova de Ciências da Natureza e dos estudantes concluintes do ensino médio em 2011 nas questões de Física com a intenção de inferir, na concepção de aprendizagem em Física do ENEM, de que forma se dá esta aprendizagem no país. É apresentado também o desempenho dos estudantes concluintes do ensino médio em 2011, por dependência administrativa da escola, ou seja, por escolas federais, estaduais, municipais e privadas. Ao final, na intenção de auxiliar o professor de Física, apresenta-se um apêndice com a discussão detalhada das questões de Física do ENEM 2011, contendo o desempenho dos estudantes e as curvas características destas questões.

Palavras-chave: Ensino de Física, Avaliações em larga escala, ENEM.

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2015

# **ABSTRACT**

## THE PHYSICS ITEMS OF ENEM 2011

José Christian Lopes

Supervisor:  
Marta Feijó Barroso

Abstract of the master's thesis submitted to the Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this work, the items on Physics in the Test in Natural Science of Brazilian 2011 edition of ENEM (National High School Assessment) are presented and studied. The study is based on data provided by INEP, the institution in charge of preparing and applying the test. The performance in all questions of the Natural Sciences Test is evaluated for both the entirety of the participants and the participants finishing high school in 2011, so that it can be investigated how the learning of physics in the country is achieved, given the definition of physics learning by the institution that organizes the exam. It is clear from data that the performance of students graduated in federal high schools is consistently better than that of the students graduated in state, municipal and private schools; this difference is presented and analyzed. Finally, in an appendix directed to High School teachers of Physics the items of Physics in the 2011 exam are discussed in detail, as well the performance of the participants, and the characteristic curves are shown and discussed in what they reveal about physics learning.

Keywords: Physics education, large-scale assessments, ENEM

Rio de Janeiro  
February 2015

# SUMÁRIO

Capítulo 1. Introdução	1
Capítulo 2. O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)	3
2.1. A estrutura do ENEM	3
2.2. A evolução do ENEM e sua importância	5
2.3. O ENEM como instrumento de avaliação de aprendizagem?	7
2.4. O ENEM como avaliação da aprendizagem em Física	10
Capítulo 3. A Metodologia de Trabalho	11
3.1. A Organização dos Dados	11
3.2. A Análise Quantitativa	13
3.2.1. Exploração dos Dados	14
3.2.2. Estudo dos itens usando a curva característica dos itens	15
3.2.3. A curva característica empírica dos itens	19
3.3. A Análise Qualitativa	19
3.4. A Combinação entre as Análises Qualitativa e Quantitativa	20
Capítulo 4. Resultados	22
4.1. O perfil dos concluintes no ENEM 2011	22
4.2. Desempenho dos estudantes na prova de Ciências da natureza do ENEM 2011	30
4.3. Análise dos itens de Física	35
4.4. Comentários Finais	69
Capítulo 5. Resultados por Dependência Administrativa	70
5.1. Dependência Administrativa - Brasil	70
5.2. Dependência Administrativa - Rio de Janeiro	71
5.3. O desempenho das escolas federais no RJ	72
Capítulo 6. Considerações Finais	74
Referências Bibliográficas	76
ANEXO A - Matriz de Referência ENEM	80
ANEXO B - Objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência	98
<b>Material Instrucional. Como trabalhar com os resultados do ENEM: exemplo com as questões de Física da prova de 2011</b>	



# CAPÍTULO 1

## Introdução

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é um exame realizado anualmente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão do Ministério da Educação e conta com a participação voluntária dos estudantes egressos do ensino médio.

O ENEM, como parte de uma política pública de ampliação de vagas e democratização do acesso ao ensino superior brasileiro, sofreu uma grande reformulação no ano de 2009. De um exame existente desde 1998, que visava a “autoavaliação dos estudantes ao final do ensino médio”, tornou-se um exame com múltiplas intencionalidades, dentre elas a autoavaliação do estudante, com notas (escores) utilizadas para o sistema de classificação em grande parte das instituições federais de ensino superior e para o sistema de classificação para acesso ao financiamento estudantil para instituições privadas. Essas mudanças tornaram o ENEM uma avaliação com características únicas na educação básica do país devido a sua amplitude de abrangência geográfica e seu quantitativo, mais de cinco milhões de participantes na edição de 2011.

Avaliar é um tema que, além de promover discussões nas mais diversas áreas do conhecimento, suscita um misto de sensações nos indivíduos que participam deste processo, tanto os avaliados quanto os avaliadores. Na dimensão educacional, não poderia ser diferente! O ENEM protagoniza histórias de amor e ódio em todo território nacional.

Neste trabalho, a partir das categorias propostas por Gonçalves Jr (2012, p. 175), são estudadas as questões de Física, também denominados itens de Física, da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011, e a partir dos dados disponíveis na página do INEP é estudado o desempenho dos estudantes nestas questões. Os objetivos deste trabalho são verificar se é possível utilizar o ENEM como instrumento de avaliação da aprendizagem no ensino médio, além de compreender, na concepção de aprendizagem em Física do ENEM, apresentada no capítulo 2, de que forma se dá esta

aprendizagem no país.

No capítulo 3, apresenta-se como os dados foram explorados e os resultados foram obtidos.

No capítulo 4, são apresentados os resultados referentes aos quarenta e cinco itens da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011, assim como uma avaliação qualitativa e quantitativa dos itens de Física dessa mesma prova.

No capítulo 5, são apresentados os resultados, separadamente, em função do tipo de dependência administrativa da escola, isto é, se a escola é pública (federal, estadual ou municipal) ou privada.

No capítulo 6, são feitas as considerações finais deste trabalho na expectativa que esse tipo de estudo forneça informações relevantes sobre as perspectivas de atuação para mudanças efetivas na qualidade do ensino e aprendizagem em Física.

Ao final, na intenção de auxiliar o professor de Física, apresenta-se um apêndice com a discussão detalhada dos itens de Física do ENEM 2011, contendo o desempenho dos estudantes e as curvas características dos itens foco deste trabalho. Complementarmente, apresentam-se a Matriz de Referência das diversas áreas do ENEM no Anexo A e os Objetos de Conhecimento associados a esta Matriz no Anexo B ambos elaborados pelo INEP.

## CAPÍTULO 2

### O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)

O ENEM é um exame realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão do Ministério da Educação. O exame, que possui aplicação anual, conta com a participação voluntária dos estudantes egressos do ensino médio.

Neste capítulo são apresentadas a estrutura do ENEM, sua evolução histórica e sua importância como política pública. Em seguida, apresenta-se uma breve discussão sobre a utilização do ENEM como uma avaliação tanto dos estudantes quanto do sistema educacional. Argumenta-se pela possibilidade do uso dos seus resultados como indicadores para o estudo da aprendizagem em Física no ensino médio no país.

#### 2.1. A estrutura do ENEM

O ENEM foi instituído pela Portaria MEC nº 438 de 28 de maio de 1998 (BRASIL, 1998), como procedimento de avaliação do desempenho dos estudantes ao final da educação básica. Conforme descrito nesta portaria, o ENEM tinha como objetivos:

- I. conferir ao cidadão parâmetro para autoavaliação, com vistas à continuidade de sua formação e à sua inserção no mercado de trabalho;*
- II. criar referência nacional para os egressos de qualquer das modalidades do ensino médio;*
- III. fornecer subsídios às diferentes modalidades de acesso à educação superior;*
- IV. constituir-se em modalidade de acesso a cursos profissionalizantes pós-médio.*

O ENEM era constituído de uma prova de múltipla escolha e uma redação nas quais eram avaliadas as competências e habilidades essenciais à vida acadêmica, ao ingresso no mercado de trabalho e ao exercício da cidadania. O conjunto das cinco competências e vinte e uma habilidades avaliadas na prova de

múltipla escolha somadas às cinco competências avaliadas na redação constituíam a Matriz de Competências do ENEM.

A prova de múltipla escolha, que continha, até 2008, 63 (sessenta e três) questões, usualmente denominadas de **itens**, e a redação eram aplicadas em um único dia. O desempenho dos estudantes era medido de acordo com a Teoria Clássica de Testes (TCT), ou seja, correspondia ao total de acertos na prova.

Em 2009, a Portaria MEC nº 109 (BRASIL, 2009a) de 27 de maio reformulou profundamente a estrutura do ENEM, que passou a ter os seguintes objetivos:

- I. oferecer uma referência para que cada cidadão possa proceder à sua autoavaliação com vistas às suas escolhas futuras, tanto em relação ao mundo do trabalho quanto em relação à continuidade de estudos;*
- II. estruturar uma avaliação ao final da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho;*
- III. estruturar uma avaliação ao final da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos exames de acesso aos cursos profissionalizantes, pós-médios e à Educação Superior;*
- IV. possibilitar a participação e criar condições de acesso a programas governamentais;*
- V. promover a certificação de jovens e adultos no nível de conclusão do ensino médio nos termos do artigo 38, §§ 1º e 2º da Lei nº 9.394/96 - Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB);*
- VI. promover avaliação do desempenho acadêmico das escolas de ensino médio, de forma que cada unidade escolar receba o resultado global;*
- VII. promover avaliação do desempenho acadêmico dos estudantes ingressantes nas Instituições de Educação Superior;*

O ENEM passou a ser constituído por quatro provas objetivas de múltipla escolha além da elaboração de uma redação nas quais são avaliadas as competências e habilidades descritas na Matriz de Referência para o ENEM 2009; esta Matriz de Referência está apresentada no Anexo A (BRASIL, 2009a). Desde então, cada prova é constituída por quarenta e cinco questões objetivas de múltipla escolha abrangendo uma das seguintes áreas do conhecimento:

- Prova I - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Redação;
- Prova II - Matemática e suas Tecnologias;
- Prova III - Ciências Humanas e suas Tecnologias;
- Prova IV - Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Neste novo formato, o ENEM é aplicado em dois dias, e o candidato dispõe de quatro horas e meia, em um dia, para resolver as provas de Ciências da Natureza

e Ciências Humanas e, no outro, de cinco horas e meia para resolver as provas de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Matemática e escrever a Redação.

O desempenho dos candidatos passou a ser medido não pela soma dos acertos em cada questão da prova, e sim utilizando a Teoria da Resposta ao Item – TRI (HAMBLETON; SWAMINATHAN; ROGERS, 1991). A TRI fornece um escore, ou nota normalizada, para cada candidato em cada uma das provas. Em 2009, foi feita a normalização, entre os candidatos concluintes do ensino médio, com média igual a 500 pontos e desvio padrão 100.

A Matriz de Referência para o ENEM passou a conter cinco **eixos cognitivos** comuns a todas as áreas do conhecimento e uma matriz de **competências e habilidades**, com **objetos de conhecimento** para cada uma das áreas do conhecimento. Os objetos de conhecimento estão apresentados no Anexo B. No caso específico da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a Matriz de Referência é composta de trinta habilidades distribuídas por oito competências de área; os objetos de conhecimento constituem-se de uma lista tradicional de conteúdos.

## **2.2. A evolução do ENEM e sua importância**

O ENEM teve, em sua primeira edição em 1998, 157.221 inscritos. Nas edições seguintes o número de inscritos veio aumentando; na sua sexta edição, em 2004, atingiu a marca de 1,5 milhões.

Em 2005, com a Medida Provisória nº 213 (BRASIL, 2004), que criou o Programa Universidade para Todos (PROUNI) e foi convertida na Lei Nº 11.096 (BRASIL, 2005a), o número de inscrições no ENEM pulou para cerca de 3,0 milhões, pois a única via de acesso à obtenção das bolsas passou a ser o resultado do ENEM.

A partir desta época, constituem-se no país um conjunto de políticas públicas para a democratização do acesso ao ensino superior (BUCCI; MELLO, 2013). Essas políticas manifestaram-se na criação da modalidade de Educação à Distância - EAD (BRASIL, 2005b), do Sistema Universidade Aberta do Brasil - UAB (BRASIL, 2006) e do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais - REUNI (BRASIL, 2007).

A ampliação do número de instituições públicas de ensino superior e das vagas nessas instituições gerou uma dificuldade: a criação de mecanismos de acesso menos dispersos. Em 2009, os reitores solicitam ao MEC a definição de um sistema unificado de acesso ao ensino superior público, e o MEC, juntamente com a Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições, definiram as mudanças no ENEM para que ele pudesse servir como exame de acesso (BRASIL, 2009b), e as formas de adesão das instituições ao ENEM (fase única; primeira fase; fase única para as vagas ociosas, após o vestibular; combinado ao atual vestibular da instituição).

Em 2010, foi instituído pela Portaria Normativa MEC Nº 2, de 26 de janeiro, o Sistema de Seleção Unificada (SiSU) através do qual os participantes do ENEM 2009, concluintes ou egressos do ensino médio, adquiriram o direito de concorrer às vagas em cursos de graduação disponibilizadas pelas instituições de ensino superior participantes (BRASIL, 2010a). Ainda em 2010, a Portaria MEC Nº 807 de 18 de junho (BRASIL, 2010b) além de instituir que o objetivo do ENEM "*é aferir se o participante do Exame, ao final do ensino médio, demonstra domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna e conhecimento das formas contemporâneas de linguagem*" também possibilitava "*a sua utilização como mecanismo único, alternativo ou complementar aos exames de acesso à Educação Superior ou processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho*".

Em 2011, ocorreu a última reforma do Fundo de Financiamento ao Estudante de Ensino Superior (FIES) que, na prática, tornou-o mais acessível aos estudantes que ingressavam no ensino superior não público.

A confluência destes e outros fatores contribuíram para o aumento significativo do número de inscritos no ENEM ano após ano. Em 2011, após várias adesões por parte das instituições federais de ensino superior, a participação no ENEM ultrapassou a marca dos 5,0 milhões de inscritos dentre os quais 1.268.791 declararam-se concluintes do Ensino Médio.

A diversidade de programas que utilizavam o ENEM como via de acesso provocou esta imensa procura por parte dos estudantes que, de forma voluntária, o realizaram com seriedade uma vez que almejavam conseguir desde a certificação do ensino médio até uma vaga nas Instituições de Ensino Superior. Isto tornou o ENEM um importante instrumento de avaliação, fornecendo relevantes indicadores para a avaliação da educação brasileira.

### 2.3. O ENEM como instrumento de avaliação de aprendizagem?

Avaliação, na dimensão da educação, é um tema que dá origem a muitas discussões além de suscitar um misto de sensações tanto nos professores quanto nos estudantes. As discussões teóricas sobre o que é avaliar são muitas; pode-se mencionar Perrenoud (1999, p. 9)

*Avaliar é – cedo ou tarde – criar hierarquias de excelência, em função das quais se decidirão a progressão no curso seguido, a seleção no início do secundário, a orientação para diversos tipos de estudos, a certificação antes da entrada no mercado de trabalho e, frequentemente, a contratação. Avaliar é também privilegiar um modo de estar em aula e no mundo, valorizar formas e normas de excelência, definir um estudante modelo, aplicado, dócil para uns, imaginativo e autônomo para outros (...)*

ou também mencionar Black (1998, p. 5), para quem avaliação é

*(...) um termo genérico que engloba todos os métodos usualmente utilizados para avaliar o desempenho de um estudante ou grupo. Quando se fala de avaliar, pode-se considerar uma avaliação ampla que inclui muitas fontes de evidências e muitos aspectos do conhecimento, das habilidades e das atitudes do estudante, ou então, se o objetivo é avaliação de um aspecto do estudante em particular, a avaliação pode ser entendida como qualquer método ou procedimento, formal ou informal, para a produção de informações sobre esses estudantes.<sup>1</sup>*

Percebe-se nas duas citações que é determinante, para definir o processo, a intencionalidade da avaliação. Black (1998, p. 24) afirma que:

*É importante que a seleção do processo de avaliação e sua utilização correspondam ao fim específico que se destina sendo que, desde o início desse processo, já se deve fazer a distinção entre os objetivos e os instrumentos e procedimentos que podem ser utilizados. Por exemplo, as questões de um mesmo teste podem ser utilizadas para finalidades completamente diferentes, e, em sentido contrário, uma determinada finalidade pode ser obtida através da combinação dos resultados de uma gama de tipos de avaliações diferentes. Além disso, as avaliações podem ser realizadas por diferentes agentes, desde o professor até um comitê internacional de pesquisa.<sup>2</sup>*

O ENEM propunha-se originalmente a avaliar os estudantes ao final do ensino médio. Após a reformulação em 2009, o exame passou a ter outras intencionalidades, tais como classificar estudantes para ingresso ou financiamento

---

<sup>1</sup> versão do autor.

<sup>2</sup> versão do autor.

do ensino superior, autoavaliar os estudantes ao final do ensino médio e avaliar o desempenho acadêmico das escolas (BRASIL, 2009a). Também, segundo o INEP, órgão do Ministério da Educação responsável pelo ENEM, esse exame passa a proporcionar uma visão do sistema educacional ao final do ensino médio, possibilitando a indução de mudanças curriculares:

*[...] foram implementadas mudanças no Exame que contribuem para a democratização das oportunidades de acesso às vagas oferecidas por Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), para a mobilidade acadêmica e para induzir a reestruturação dos currículos do ensino médio. (BRASIL, 2014)*

Com este novo cenário, entende-se que o ENEM adquiriu, também, a intenção de avaliar o sistema de Educação Básica do Brasil.

Quais os objetivos e características de uma avaliação educacional? Segundo Klein e Fontanive (1995, p. 29):

*A avaliação educacional é um sistema de informações que tem como objetivos fornecer diagnóstico e subsídios para a implementação ou manutenção de políticas educacionais. Ela deve ser concebida também para prover um contínuo monitoramento do sistema educacional com vistas a detectar os efeitos positivos ou negativos de políticas adotadas.*

Entende-se, portanto, que qualquer sistema de avaliação educacional deve possibilitar a organização e a comparação dos diferentes aspectos educacionais ao longo do tempo.

Como é possível avaliar um sistema educacional? Segundo Britton e Schneider (2007, p. 1007), são utilizadas avaliações em larga escala:

*Historicamente, as avaliações em larga escala são utilizadas para fazer comparações internacionais, políticas de responsabilização ("accountability"), reportar resultados para fora da sala de aula, promover a qualificação para entrada nas instituições de ensino e para avaliar programas. Portanto essa denominação engloba uma grande variedade de finalidades, formatos e outras características. Tem-se, então, que ao se discutir uma avaliação de larga escala é importante se considerar as especificidades dessas avaliações para não se cometer generalizações inapropriadas.<sup>3</sup>*

---

<sup>3</sup> versão do autor.



As avaliações em larga escala são assim chamadas devido ao grande número de testes realizados (universal) ou à utilização de uma amostragem estatística (amostral).

As avaliações em larga escala para avaliar o Ensino de Ciências iniciaram-se na segunda metade do século XX (BRITTON; SCHNEIDER, 2007; GONÇALVES JR, 2012). O PISA – Programa de Avaliação Internacional de Estudantes – é um exemplo do uso deste tipo de avaliação de sistema. Entretanto, uma avaliação em larga escala, segundo Klein e Fontanive (1995, p. 30) *"não possui como objetivo fornecer informações sobre estudantes ou escolas individuais"*.

Desde o ano 2000 verifica-se, na área de ciências, um aumento no número de comparações da educação básica entre vários países. Isto reflete a maior adesão por parte dos países a este tipo de avaliação. (BRITTON; SCHNEIDER, 2007; GONÇALVES JR, 2012).

Essas avaliações tornaram-se mais frequentes devido ao desenvolvimento dos computadores, possibilitando a utilização da Teoria da Resposta ao Item - TRI (HAMBLETON; SWAMINATHAN; ROGERS, 1991), que permite comparar longitudinalmente os resultados obtidos. A TRI vem sendo usada no SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica - desde 1995, é utilizada no PISA e passou a ser usada no ENEM em 2009.

Todas essas informações associadas possibilitam afirmar que o ENEM, em sua essência, apesar de sua estrutura atual em que o estudante ao final do ensino médio não é obrigado a prestar o exame, revela-se uma avaliação que fornece indicadores para uma avaliação do sistema educacional brasileiro, em particular do ensino médio.

O uso do resultado do ENEM como via de acesso a diversos programas governamentais, já mencionados, o torna muito valioso para os estudantes. Portanto, as provas são realizadas com grande seriedade por parte dos estudantes, independente de estímulos da escola, dos professores ou outros (como é o caso das demais avaliações de sistema realizadas no país). Isso torna o desempenho dos estudantes nas diversas provas e questões do ENEM um dado relevante para a avaliação do que de fato é aprendido nas diversas disciplinas em todo o país.

## 2.4. O ENEM como avaliação da aprendizagem em Física

A aprendizagem também é um tema que demanda discussão, pois é necessário definir o que se entende por aprendizagem em Física. E faz-se necessário saber como avaliar esta aprendizagem, ou seja, como operacionalizar este conceito de aprendizagem para que se possa medi-lo.

A operacionalização de conceitos segundo Babbie (2003, p. 182) "*é o processo pelo qual os pesquisadores especificam observações empíricas que podem ser tomadas como indicadores dos atributos contidos em algum conceito*".

O foco deste trabalho é avaliar a aprendizagem em Física por meio do estudo do desempenho dos estudantes nos itens de Física do ENEM 2011. Neste contexto, "*aprender Física significa que o estudante adquiriu ou desenvolveu um conjunto de habilidades pré-determinadas que, em conjunto, representam a aquisição e o desenvolvimento de algumas competências (aptidões) elencadas na Matriz de Referência desse exame*." (GONÇALVES JR, 2012, p. 42)

Talvez operacionalizar o conceito de aprendizagem em Física através do ENEM não seja o ideal, mas considera-se que o ENEM apresenta-se como uma avaliação que fornece indicadores bastante relevantes para tal objetivo. Esta intenção é corroborada por Babbie (2003, p. 37), que afirma que "*(...) a pesquisa científica é um compromisso entre o ideal e o possível (...)*".

O ENEM, com suas múltiplas intencionalidades e dada a sua importância no cenário nacional, possibilita um olhar mais aprofundado sobre o que os estudantes do país aprendem em Física por meio da análise dos itens de Física constantes na prova de Ciências da Natureza.

## CAPÍTULO 3

### A Metodologia de Trabalho

Neste capítulo, apresenta-se em detalhes como os resultados foram obtidos. O processo se inicia através do *download*, na página eletrônica do INEP<sup>1</sup>, dos arquivos contendo os dados do ENEM do ano considerado, no caso o ano de 2011; é seguido pela abertura desses arquivos, filtragem segundo condições escolhidas, adaptações, correções e inclusões de informações adicionais que estão descritas a seguir.

Com esses arquivos, consolidou-se um banco de dados próprio, a partir do qual, utilizando-se de softwares estatísticos, foram feitos estudos a respeito dos dados, obtendo-se os resultados quantitativos sobre o desempenho dos estudantes.

As questões foram analisadas uma a uma, do ponto de vista de um conjunto de categorias descritas.

A seguir, especificam-se todos os passos do procedimento metodológico usado para a obtenção dos resultados apresentados no capítulo 4.

#### 3.1. A Organização dos Dados

Na página do INEP, os dados detalhados do ENEM são disponibilizados no formato de arquivos do tipo *.txt*. Esses arquivos foram obtidos, e o grupo de avaliações educacionais do IF-UFRJ (do qual o autor faz parte) preparou esses dados para uso de todos os participantes.

Neste processo, foram realizadas as seguintes etapas:

- escolha das provas da principal aplicação do exame, em suas quatro cores;

---

<sup>1</sup> BRASIL. Portal INEP. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar>>. Acesso em: 08 abr. 2014

- exclusão dos estudantes que não compareceram ou foram eliminados na prova de Ciências da Natureza;
- reordenação das respostas das provas de todas as cores segundo a ordenação da prova azul;
- dicotomização das respostas, isto é, a criação de uma nova variável com valores 0 ou 1 (errado ou certo) para todas as respostas das provas de Ciências da Natureza;
- obtenção do total de acertos de cada um dos candidatos;
- criação de duas bases de dados: uma, *participantes*, com todos os participantes (a amostra geral) e outra, *concluintes*, apenas com os candidatos que declararam estar concluindo o ensino médio no ano em que o ENEM foi realizado.

A base de dados utilizada neste trabalho refere-se ao exame do ENEM realizado no ano de 2011. A referência ao número da questão da prova de Ciências da Natureza é feita para a prova de cor *azul*.

Na Tabela 3.1, estão apresentados os dados referentes à preparação das bases de dados utilizada no trabalho.

**Tabela 3.1.** Números relativos à avaliação dos dados do ENEM 2011

Inscrições	5.380.856
Participantes no primeiro dia (Ciências da Natureza e Ciências Humanas)	3.993.671
Participantes no segundo dia (Linguagens e Matemática)	3.855.166
Candidatos mantidos no banco de dados de Ciências da Natureza e Ciências Humanas	3.982.656
Candidatos mantidos no banco de dados de Linguagens e Matemática	3.853.314
Concluintes de Ciências da Natureza e Ciências Humanas	1.268.791
Concluintes de Linguagens e Matemática	1.239.581

As duas bases de dados, assim consolidadas, foram: a de *concluintes*, com 1.268.791 estudantes, e a de *participantes*, com 3.982.656 registros.

As análises realizadas neste trabalho foram feitas a partir destas duas bases de dados.

### 3.2. A Análise Quantitativa

Os dados apresentados pelo INEP fornecem, para cada estudante (não identificado), um escore na Teoria de Resposta ao Item (TRI) bem como as respostas marcadas para cada item.

Foram utilizados dois programas estatísticos para a análise dos dados: o SPSS<sup>2</sup> e o R<sup>3</sup>.

As bases de dados foram preparadas no SPSS, e a partir delas foram obtidas as informações estatísticas básicas.

O perfil dos candidatos no ENEM 2011 foi elaborado a partir da estatística descritiva das variáveis, disponíveis nas bases de dados, sobre as informações pessoais: idade, sexo, estado civil, escola em que estudou, cidade de residência, entre outras. A consolidação dos dados foi feita com a utilização do programa estatístico.

O desempenho dos estudantes em cada uma das questões, tanto no que se refere ao percentual de acertos quanto à escolha das diferentes alternativas (a correta e os denominados *distratores*, as respostas incorretas), e a distribuição dos escores dos estudantes, foi objeto de interesse, e a forma de apresentá-los está a seguir, na seção 3.2.1..

O desempenho dos estudantes em cada questão do exame pode, adicionalmente, ser analisado de forma mais aprofundada a partir dos conceitos propostos pela Teoria da Resposta ao Item (HAMBLETON; SWAMINATHAN; ROGERS, 1991). Em particular, a construção das curvas características dos itens e os parâmetros dessas curvas obtidas da TRI são discutidas na seção 3.2.2..

---

<sup>2</sup> SPSS - Statistical Package for the Social Sciences, programa disponibilizado atualmente pela IBM.

<sup>3</sup> R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 08 abr. 2014

### 3.2.1. A Exploração dos Dados

O resultado global de um exame pode ser estudado por meio da obtenção dos valores de tendência central (média, moda e mediana) e dos valores de dispersão em torno da média (variância e desvio padrão). O histograma das notas também fornece uma importante visualização dos resultados dos estudantes.

São utilizadas as definições convencionais de estatística para os valores de tendência central:

- Média ( $\langle X \rangle$ ):

$$\langle X \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

- Variância ( $\sigma^2$ ):

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \langle X \rangle)^2$$

- Desvio Padrão ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \langle X \rangle)^2}$$

Para o exame de Ciências da Natureza, foram obtidos, com uso do programa SPSS, a média e o desvio padrão dos escores dos estudantes, e traçado o histograma de distribuição desses escores.

Para cada uma das questões ou itens, obteve-se, de forma direta, a partir do programa SPSS, o percentual de acertos. Para as questões de Física, foram obtidos os percentuais de escolha do gabarito e de cada distrator, ou alternativa incorreta.

Em busca de uma melhor compreensão destes resultados também foram traçadas as curvas características dos itens de Física.

### 3.2.2. Estudo dos itens usando a curva característica dos itens

Para uma melhor análise do desempenho dos estudantes foram traçadas as curvas características dos itens<sup>4</sup>, para cada item, através da utilização do programa R.

A curva característica do item (CCI) relaciona a probabilidade de acerto do item com a aptidão ou habilidade do estudante, que se supõe descrita pelo escore.

Um postulado da TRI (Teoria da Resposta ao Item) é que cada item pode ser ajustado por uma curva característica monótona crescente (HAMBLETON; SWAMINATHAN; ROGERS, 1991). Essa curva indica a dependência da probabilidade que o estudante acerte a questão em função de seu escore ou nota. Ela deve ter o formato de um S bem alargado: quanto menor a nota do estudante na prova, menor a probabilidade que ele acerte o item considerado; quanto maior a nota, maior a probabilidade de acerto daquele item.

A nota apresentada na horizontal não costuma ser dada como usualmente o é, um valor entre 0 e 1000 (ou 10 ou 100). É dada como uma medida do chamado “desvio estatístico”: calcula-se a média das notas, e a essa média é atribuído o valor zero. Calcula-se o desvio padrão das notas, e esse desvio padrão tem valor 1. Então, um valor -1 significa que o estudante obteve uma nota igual a menos um desvio padrão em relação à média (se a média fosse 500 e o desvio padrão 100, 0 corresponderia a 500, -1 corresponderia a 400, +2 corresponderia a 600 e assim por diante).

Em termos do escore  $X$  normalizado em 500 pontos e com desvio padrão 100 pontos, como utilizado no ENEM em 2009, pode-se fazer a substituição a seguir:

$$\theta = \frac{X - 500}{100} = 0.01X - 5$$

---

<sup>4</sup> Curva Característica do Item, do inglês Item Characteristic Curve (ICC)

De forma mais geral, esta correspondência deve ser feita segundo a equação:

$$\theta = \frac{X - \langle X \rangle}{\sigma}, \text{ onde}$$

- $\theta$  → escore normalizado ou desvio estatístico
- $X$  → escore do estudante
- $\langle X \rangle$  → escore médio
- $\sigma$  → desvio padrão

No ENEM 2011, a média dos concluintes foi 461,3 e o desvio padrão 86,9, reduzindo esta expressão à  $\theta = (X - 461,3)/86,9$ .

A CCI é considerada como bem ajustada pelo modelo logístico. Segundo Hambleton, Swaminathan e Rogers (1991), o modelo logístico de três parâmetros, o mesmo utilizado na análise dos dados do ENEM, tem a curva característica do item dada por:

$$P_i(\theta) = c_i + (1 - c_i) \frac{\exp[Da_i^*(\theta - b_i)]}{1 + \exp[Da_i^*(\theta - b_i)]} = c_i + (1 - c_i) \frac{1}{1 + \exp[-Da_i^*(\theta - b_i)]}, \quad i = 1, \dots, n$$

com os parâmetros:

- $P_i(\theta)$  é a probabilidade que um candidato escolhido ao acaso com aptidão  $\theta$  responda corretamente ao item  $i$  (uma curva em formato de S com valores entre 0 e 1 na escala de aptidões);
- $b_i$  é o parâmetro de dificuldade do item;
- $n$  é o número de itens em um teste;
- $a_i^*$  é o parâmetro de discriminação do item – proporcional à inclinação da curva no ponto  $b_i$  da escala de aptidão;
- o fator  $D$  é introduzido como um fator de escala, para que a função logística seja a mais próxima possível da função ogiva normal (quando  $D=1.7$ , valores de  $P_i(\theta)$  para a ogiva normal de



dois parâmetros e para os modelos logísticos de dois parâmetros diferem em valor absoluto por menos que 0.01 para todos os valores de  $\theta$ );

- o parâmetro adicional no modelo,  $c_i$ , é chamado de parâmetro de nível de pseudo-azar, fornecendo a assíntota inferior (possivelmente) não nula para a curva característica do item, representando a possibilidade que os estudantes com baixa aptidão respondam ao item corretamente; é incorporado para levar em conta o azar (“chute”) que surge em itens de múltipla escolha, e tipicamente deve assumir valores menores do que a probabilidade de acerto aleatório.

O ajuste feito pelo programa R, com a utilização do pacote ltm<sup>5</sup>, fornece os valores de  $a_i = Da_i^*$  (discriminação normalizada),  $b_i$  e  $c_i$ .

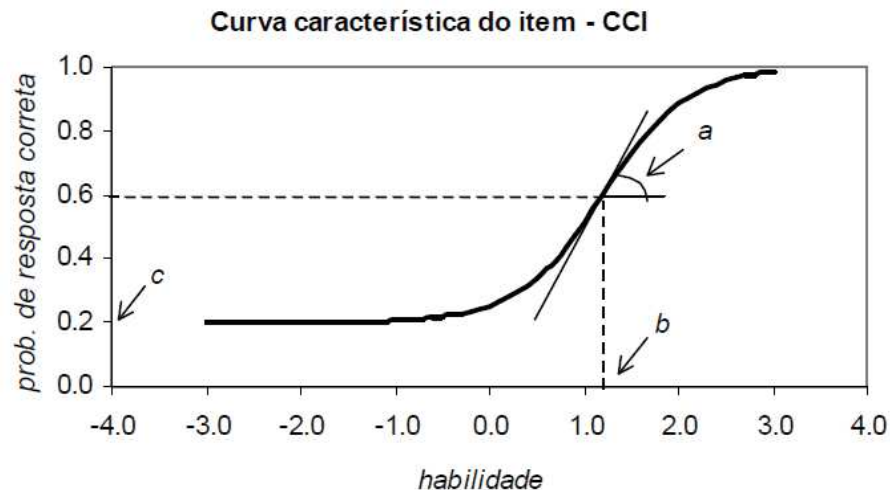
A equação do ajuste a partir dos parâmetros  $a_i$  normalizado,  $b_i$  e  $c_i$  pode ser escrita como:

$$P_i(\theta) = c_i + (1 - c_i) \frac{\exp[a_i(\theta - b_i)]}{1 + \exp[a_i(\theta - b_i)]} = c_i + (1 - c_i) \frac{1}{1 + \exp[-a_i(\theta - b_i)]}, \quad i = 1, \dots, n$$

A Figura 3.1 indica esses parâmetros: dificuldade  $b$ , discriminação  $a$  e de nível de pseudo-azar, popularmente conhecido como “chute” ou “acerto casual”  $c$  de um item. A habilidade (ou aptidão) está apresentada em função do desvio estatístico.

---

<sup>5</sup> Dimitris Rizopoulos (2006). ltm: An R package for Latent Variable Modelling and Item Response Theory Analyses, *Journal of Statistical Software*, 17 (5), 1-25. Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/v17/i05/>>. Acesso em: 08 abr. 2014



**Figura 3.1.** Parâmetros de dificuldade ( $b$ ), discriminação ( $a$ ) e nível de pseudo-azar ( $c$ ) dos itens (ANDRADE, 2000, p. 11).

Esse desvio estatístico fornece o escore dos estudantes com valores entre -4 (quatro desvios padrão abaixo da média 0) e +4 (quatro desvios padrão acima da média 0).

O parâmetro  $c$ , de nível de pseudo-azar, representa a probabilidade de acerto por um estudante cuja aptidão é muito baixa. Este parâmetro é dado pela assíntota inferior da CCI. Observe que para o item apresentado na Figura 3.1 este parâmetro vale 0,20 (20%).

O parâmetro dificuldade  $b$  para determinado item é obtido através da abscissa que corresponde à probabilidade de acerto igual a  $(1+c)/2$ . No exemplo apresentado,  $b \cong 1,2$ . É importante frisar que quanto maior o valor de  $b$ , maior a dificuldade do item. Quando o parâmetro  $c$  vale zero, o parâmetro de dificuldade corresponde à nota para a qual o estudante tem 50% de probabilidade de acertar o item.

O parâmetro de discriminação  $a$  é determinado pela inclinação da reta tangente à CCI no ponto em que a probabilidade de acerto for igual a  $(1+c)/2$ . Baixos valores de  $a$  indicam que a CCI possui baixa inclinação, ou seja, o item possui baixa capacidade de discriminação: estudantes com habilidades bem distintas acabam por possuir probabilidades bem próximas de responder corretamente ao item. Neste modelo, não é esperado um valor negativo para a discriminação  $a$ .

De posse dos parâmetros obtidos com a realização do ajuste, foram traçadas as curvas características dos itens de Física do ENEM 2011.

### **3.2.3. A curva característica empírica dos itens**

O processo descrito acima é um processo de construção de modelos de ajuste numérico aos dados. No entanto, é interessante obter a curva com os dados empíricos.

Para isso, é necessário dividir os estudantes em grupos por faixas de nota ou escore. Por exemplo, com a normalização do ENEM 2009, pode-se dividir a faixa de estudantes que obtiveram escore entre 490 e 510, e desses estudantes, verificar quantos acertaram a questão 5 do exame. Fazendo isso para várias faixas, pode-se recuperar uma curva empírica para este item, em que na horizontal coloca-se o ponto que representa a faixa de escore (ou habilidade) e na vertical o percentual de acertos.

No caso da curva característica empírica de um item os eixos representam o percentual de acertos do item e a faixa de escore (habilidade) dos estudantes. Ou seja, a CCI empírica representa o percentual total de estudantes (neste trabalho, os concluintes) que acertaram o item por faixa de escores (representadas pelo ponto médio da respectiva faixa).

### **3.3. A Análise Qualitativa**

A partir das provas e gabaritos disponibilizados pelo INEP, foi feita a classificação disciplinar dos itens da prova de Ciências da Natureza; isto é, as questões foram classificadas como de Física, de Química ou de Biologia. Em seguida, foram feitas classificações quanto às competências e habilidades envolvidas nos mesmos.

A prova de Ciências da Natureza foi lida, e suas questões foram classificadas por mais de uma pessoa, componentes do grupo de Avaliações Educacionais do IF-UFRJ, de forma separada. Quando havia divergência em

classificações, havia discussões até obtenção de uma classificação única.

Há várias possibilidades de classificação, em particular as descritas em Gonçalves Jr (2012). Entretanto, a prioritária usada neste trabalho foi a classificação disciplinar já citada anteriormente.

### **3.4. Considerações sobre a combinação entre as diversas ferramentas utilizadas**

É interessante perceber as possibilidades que a combinação entre os resultados obtidos com esses dados fornecem para o estudo da aprendizagem dos estudantes ao final do ensino médio. A combinação dos dados estritamente quantitativos (quantos estudantes escolhem cada distrator, qual o percentual de acerto em cada item, como se comporta a curva característica do item, tanto a empírica quanto a obtida do modelo, entre outros) com os dados estritamente qualitativos (o que a questão avalia, quais os conteúdos abordados, que competências são mobilizadas para sua resolução, qual a qualidade dos distratores) permite fazer inferências a respeito da aprendizagem em Física no país – inferências que a abordagem apenas quantitativa ou apenas qualitativa não ficam evidentes.

Além desses aspectos, pode-se também observar a existência de comportamento diferencial de um item (DIF, do inglês Differential Item Functioning) ou de impacto nos diversos itens da prova. Segundo Barroso e Franco (2008):

*Um item apresenta DIF entre dois ou mais grupos distintos (por exemplo, homens e mulheres; estudantes de escola pública e escola privada, entre outros) quando as probabilidades de acerto do item forem significativamente diferentes entre estudantes pertencentes a grupos com a mesma habilidade cognitiva*

Apesar da exigência que uma boa avaliação não apresente DIF em relação aos diversos grupos populacionais que estão sob avaliação, a detecção de itens com DIF pode revelar importantes características sobre os processos

de aprendizagem envolvidos, e a explicação desse comportamento possibilitaria avaliar diferenças curriculares, de abordagens pedagógicas e outras.

Neste trabalho observou-se que há diferenças entre o desempenho de estudantes em diversos tipos de escola (na nomenclatura utilizada pelo INEP, dependência administrativa) e por gênero. Apresenta-se aqui uma primeira parte desta análise: os estudantes das escolas públicas federais têm um desempenho consistentemente melhor do que os demais estudantes (de escolas públicas estaduais e privadas). Não é evidente a existência de DIF, mas é clara a existência do impacto. Impacto é um termo utilizado para caracterizar um comportamento globalmente diferente (independente da aptidão do estudante, ou do score) de um grupo. No capítulo 5, essa constatação é apresentada, com a comparação dos resultados dos desempenhos dos estudantes da rede federal de ensino e de todos os estudantes (majoritariamente da rede pública estadual). Em particular, estudou-se também o desempenho dos estudantes de uma escola da rede federal localizada no estado do Rio de Janeiro.

## **CAPÍTULO 4**

### **Resultados**

Neste capítulo, são apresentados os resultados referentes ao estudo da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011, com uma avaliação dos itens de Física dessa prova. Esses resultados foram obtidos a partir da análise exploratória dos dados disponibilizados pelo INEP.

Os primeiros resultados revelam o perfil do candidato que está concluindo o ensino médio em 2011, por meio do estudo dos dados do inscrito e da sua escola. Em seguida, mostra-se o quadro geral da prova de Ciências da Natureza, relativos às notas globais (escore da TRI e total de acertos na prova) na prova de Ciências da Natureza de 2011. Parte-se então para a análise dos itens de Física desta prova, com a apresentação do percentual de escolha de cada distrator e do percentual de acerto em cada item, bem como uma análise qualitativa desses itens, configurando a análise pedagógica e psicométrica de cada item.

A relação entre os resultados da análise quantitativa do desempenho e os aspectos qualitativos da prova permitem algumas observações sobre a aprendizagem em Física no ensino médio.

#### **4.1. O perfil dos concluintes no ENEM 2011**

Os resultados apresentados nesta seção foram obtidos através da análise exploratória dos dados disponibilizados pelo INEP. Por análise exploratória, entende-se um levantamento dos percentuais relativos às informações contidas nesses dados, a respeito de cada estudante que compareceu às provas, sem o uso de relatórios gerais.

Para este estudo, foram considerados como relevantes para a caracterização do perfil do concluinte as variáveis idade, sexo, estado civil e solicitação de certificação, e para a caracterização da escola foram considerados relevantes à dependência administrativa (pública – federal,

estadual ou municipal – e privada), se a escola é urbana ou rural e o estado (Unidade da Federação) da escola em que o estudante cursou o último ano do ensino médio.

Nesta edição do ENEM, a prova de Ciências da Natureza contou com a participação de 3.982.656 candidatos, dentre os quais 1.268.791 representam o conjunto de candidatos concluintes do Ensino Médio em 2011, o que corresponde a cerca de 32 % dos participantes.

O primeiro aspecto estudado está apresentado na Tabela 4.1: a distribuição dos concluintes pela localização (zona) das escolas brasileiras, ou seja, escolas em zona rural ou em zona urbana.

**Tabela 4.1.** Localização da Escola dos concluintes - ENEM 2011

<b>Localização da Escola</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
Urbana	1.236.610	97,5%
Rural	32.157	2,5%
<b>Total</b>	<b>1.268.767</b>	<b>100,0%</b>

O resultado apresentado reflete a elevada taxa de urbanização do país, fato revelado nos dados do censo escolar da educação básica de 2012 realizada pelo INEP (BRASIL, 2012) e pelos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012).

O documento Síntese dos Indicadores Sociais (SIS), publicado pelo IBGE no ano de 2012, revela que (IBGE, 2012, p.6):

*A taxa de urbanização, que consiste na proporção de pessoas residentes em áreas urbanas, foi de 85,0% para o País em 2011. A Região Nordeste registra a menor taxa de urbanização, 73,7%, sendo que Maranhão (60,2%) e Piauí (66,5%) são os estados menos representativos no que diz respeito a este indicador. No outro extremo, Rio de Janeiro (97,4%) e São Paulo (96,8%) concentram quase a totalidade de sua população em áreas urbanas.*

A distribuição das escolas onde os concluintes cursaram o último ano do ensino médio pelas Unidades da Federação é outro aspecto relevante para a construção do perfil dos concluintes do ENEM 2011. Esta informação está apresentada na Tabela 4.2.

Na Tabela 4.3 é apresentada a distribuição das escolas e seus concluintes pelas regiões geográficas no território brasileiro além da comparação com a população nestas regiões segundo o censo demográfico, realizado pelo IBGE, em 2010 (IBGE, 2010).

**Tabela 4.2.** Distribuição dos concluintes pelas UF - ENEM 2011

<b>Sigla da Unidade da Federação da Escola</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
SP	264.939	20,9%
MG	139.153	11,0%
RJ	93.255	7,4%
CE	76.616	6,0%
PR	73.800	5,8%
BA	69.663	5,5%
RS	67.887	5,4%
PE	57.375	4,5%
PA	49.158	3,9%
GO	41.202	3,2%
MA	39.204	3,1%
ES	33.577	2,6%
SC	31.975	2,5%
AM	27.452	2,2%
PI	26.633	2,1%
PB	24.049	1,9%
MT	23.906	1,9%
RN	20.900	1,6%
MS	20.523	1,6%
DF	19.694	1,6%
AL	15.413	1,2%
RO	12.991	1,0%
SE	11.353	0,9%
TO	11.194	0,9%
AC	7.706	0,6%
AP	5.731	0,5%
RR	3.418	0,3%
<b>Total</b>	<b>1.268.767</b>	<b>100,0%</b>

**Tabela 4.3.** Distribuição dos concluintes pelas Regiões - ENEM 2011

<b>Região Geográfica da Escola</b>	<b>Quantidade de Concluintes</b>	<b>Percentual de Concluintes</b>	<b>Quantidade Censo IBGE 2010</b>	<b>Percentual Censo IBGE 2010</b>
Sudeste	530.924	41,8%	80.364.410	41,4%
Nordeste	341.206	26,9%	53.081.950	27,4%
Sul	173.662	13,7%	27.386.891	14,1%
Norte	117.650	9,3%	15.864.454	8,2%
Centro-Oeste	105.325	8,3%	17.267.933	8,9%
<b>Total</b>	<b>1.268.767</b>	<b>100,0%</b>	<b>193.965.638</b>	<b>100,0%</b>



O resultado revela que a distribuição dos concluintes do ensino médio é proporcional à distribuição da população pelas regiões. O resultado ainda indica que a região Sudeste possui uma maioria significativa de candidatos concluintes no ENEM 2011, refletindo a desigualdade da distribuição da população no território brasileiro, conforme descrito no SIS 2012 (IBGE, 2012, p. 5):

*A Região Sudeste concentra 42,0% da população brasileira em seu território, com 82,1 milhões de habitantes. São Paulo (21,6%) e Minas Gerais (10,2%) são as Unidades da Federação com as maiores proporções de população residente. A concentração da população nas regiões metropolitanas também se dá de forma bem diferenciada: enquanto a Região Metropolitana do Rio de Janeiro detém 73,7% da população do estado, as Regiões Metropolitanas de Belo Horizonte e Salvador totalizam cerca de ¼ da população de seus respectivos estados.*

Verifica-se então a proporcionalidade existente entre a distribuição da população e a distribuição dos candidatos concluintes no ENEM 2011 pelo território brasileiro.

Na Tabela 4.4 apresenta-se a distribuição dos candidatos concluintes por faixa de idade ou idade em 31/12/2011. Neste caso, é importante ressaltar que a idade é autodeclarada pelos candidatos, o que torna este dado não inteiramente confiável.

**Tabela 4.4.** Idade do concluinte em 31/12/2011

<b>Idade / Faixa de Idade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
0 a 15	1.746	0,1%
16	53.878	4,2%
17	591.602	46,6%
18	335.989	26,5%
19	111.180	8,8%
20	48.741	3,8%
21	23.631	1,9%
22	14.925	1,2%
23	10.460	0,8%
24	7.793	0,6%
25	6.196	0,5%
26 a 29	17.418	1,4%
30 a 39	27.284	2,2%
40 a 49	12.998	1,0%
50 a 59	4.246	0,3%
60 ou mais	704	0,1%
<b>Total</b>	<b>1.268.791</b>	<b>100,0%</b>

Observa-se que apenas cerca de 51% dos concluintes apresentavam 18 anos de idade em 31/12/2011, ano em que concluíram o ensino médio. Este resultado quantifica o atraso escolar do jovem brasileiro, aspecto também revelado no documento SIS (IBGE, 2012, p. 97):

*A universalização do acesso à escola, desde meados dos anos 1990, manteve praticamente a totalidade da população de 6 a 14 anos de idade na condição de estudante durante o período analisado. Por sua vez, a elevada taxa de frequência à escola dos jovens de 15 a 17 anos esconde os efeitos da defasagem idade-série, isto é, do atraso escolar proveniente dos níveis educacionais anteriores. Somente metade destes jovens frequentava o ensino médio em 2011. (IBGE, 2012, p. 97).*

Na Tabela 4.4, também é possível observar que os jovens na faixa de 18 a 24 anos de idade totalizam cerca de 44% dos concluintes do ensino médio em 2011. Este aspecto é reconhecido SIS 2012, "*como consequência do atraso escolar, cerca de metade dos jovens estudantes de 18 a 24 anos de idade, que já deveriam ter completado sua trajetória escolar na educação básica e ingressado na universidade, não cursavam este nível educacional*" (IBGE, 2012, p. 97).

Observa-se também que o número total de candidatos com idade até 20 anos é de 90% do total de concluintes.

Na Tabela 4.5, apresentam-se os dados sobre o sexo (feminino ou masculino) do candidato.

**Tabela 4.5.** Sexo do candidato concluinte na prova de CN

<b>Sexo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
Homem	510.101	40,2%
Mulher	758.690	59,8%
<b>Total</b>	<b>1.268.791</b>	<b>100,0%</b>

Observa-se que o número de concluintes mulheres é superior ao número de homens no ENEM 2011. Este fenômeno não é proporcional à composição da população brasileira revelada pelo Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), composta por 51% de mulheres e 49% de homens (IBGE, 2010).

No documento SIS 2012 (IBGE, 2012, p. 7) o indicador razão de sexo para a população brasileira é apresentado, "*a razão de sexo, que corresponde*

à razão entre o número de pessoas do sexo masculino para cada 100 pessoas do sexo feminino, foi de 94,3 para o Brasil e nas regiões metropolitanas esta razão é ainda menor para a faixa etária de 20 a 39 anos de idade". Isto é, 48,5% do total da faixa etária entre 20 e 39 anos é do sexo masculino e 51,5% é do sexo feminino. Também é apresentado que "em 2011, a razão de sexo no grupo etário de 0 a 19 anos foi de 103,8." (IBGE, 2012, p. 7), ou seja, no grupo entre 0 e 19 anos, 49,1% é do feminino e 50,9% é do sexo masculino. Estas razões de sexo não são observadas entre os concluintes do ENEM 2011.

Na tentativa de compreender um pouco melhor essa disparidade no ENEM 2011, apresentam-se na Tabela 4.6 os dados dos concluintes do ENEM 2011 para a relação entre idade e sexo. Nesta tabela, a primeira coluna contém a faixa etária, a segunda coluna informa o número de homens da faixa etária prestando o ENEM 2011 como concluintes, a terceira coluna fornece este número no formato de percentual em relação ao total na faixa. As duas colunas seguintes repetem essas informações para as mulheres. As três últimas colunas fornecem o total por faixa etária e o quanto este total, dividido entre homens e mulheres, representa do total de concluintes do ENEM 2011.

**Tabela 4.6.** Relação entre idade e sexo dos concluintes - ENEM 2011

Idade / Faixa de Idade	Sexo do inscrito						
	Homem		Mulher		Total	Homem	Mulher
	Quantidade por faixa de idade	% por faixa de idade	Quantidade por faixa de idade	% por faixa de idade	por faixa de idade	% do total de concluintes	% do total de concluintes
0 a 15	606	34,7%	1.140	65,3%	1.746	0,0%	0,1%
16	18.443	34,2%	35.435	65,8%	53.878	1,5%	2,8%
17	227.052	38,4%	364.550	61,6%	591.602	17,9%	28,7%
18	141.490	42,1%	194.499	57,9%	335.989	11,2%	15,3%
19	50.326	45,3%	60.854	54,7%	111.180	4,0%	4,8%
20	23.271	47,7%	25.470	52,3%	48.741	1,8%	2,0%
21	11.361	48,1%	12.270	51,9%	23.631	0,9%	1,0%
22	7.001	46,9%	7.924	53,1%	14.925	0,6%	0,6%
23	4.779	45,7%	5.681	54,3%	10.460	0,4%	0,4%
24	3.418	43,9%	4.375	56,1%	7.793	0,3%	0,3%
25	2.510	40,5%	3.686	59,5%	6.196	0,2%	0,3%
26 a 29	6.271	36,0%	11.147	64,0%	17.418	0,5%	0,9%
30 a 39	7.919	29,0%	19.365	71,0%	27.284	0,6%	1,5%
40 a 49	4.056	31,2%	8.942	68,8%	12.998	0,3%	0,7%
50 a 59	1.322	31,1%	2.924	68,9%	4.246	0,1%	0,2%
60 ou mais	276	39,2%	428	60,8%	704	0,0%	0,0%
<b>Total</b>	<b>510.101</b>		<b>758.690</b>		<b>1.268.791</b>	<b>40,2%</b>	<b>59,8%</b>

Observa-se que para todas as faixas etárias há percentualmente mais mulheres do que homens prestando o exame, e estes percentuais são diferentes dos apresentados pelo IBGE, sempre com mais mulheres do que o da população como um todo.

Outra característica relevante na construção do perfil do concluinte é o estado civil. Na Tabela 4.7 apresentam-se os dados relativos ao estado civil dos candidatos.

Verifica-se que o candidato concluinte do ENEM 2011 é predominantemente solteiro.

**Tabela 4.7.** Estado Civil dos concluintes - ENEM 2011

<b>Estado Civil</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
Solteiro(a)	1.211.919	95,5%
Casado(a)/ Mora com um(a) companheiro(a)	50.201	4,0%
Divorciado(a)/Desquitado(a)/Separado	5.297	0,4%
Viúvo(a)	1.374	0,1%
<b>Total</b>	<b>1.268.791</b>	<b>100,0%</b>

A solicitação de certificação de conclusão do Ensino Médio através da prova do ENEM é apresentada na Tabela 4.8. Apenas 11% dos concluintes solicitaram a certificação do ensino médio através do ENEM 2011.

**Tabela 4.8.** Solicitação de certificação no Ensino Médio do ENEM 2011

<b>Solicitou Certificação do Ensino Médio</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
Não	1.127.714	88,9
Sim	141.077	11,1
<b>Total</b>	<b>1.268.791</b>	<b>100,0</b>

Dos dados apresentados até aqui, constata-se que o perfil dos concluintes do Ensino Médio no ENEM 2011 é de um público jovem, dos quais 90% com até 20 anos de idade, solteiro, predominando os candidatos do sexo feminino, frequentaram escolas urbanas e, sobretudo das regiões metropolitanas, e em geral não solicitaram a certificação do ensino médio.

A dependência administrativa das escolas dos candidatos desta versão do ENEM foi a última característica considerada neste estudo para a construção do perfil do candidato concluinte ENEM 2011. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.9.

**Tabela 4.9.** Dependência administrativa dos concluintes - ENEM 2011

<b>Dependência administrativa</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
Federal	22.195	1,7%
Estadual	969.077	76,4%
Municipal	15.761	1,2%
Privada	261.734	20,6%
não válido	24	0,0%
<b>Total</b>	<b>1.268.791</b>	<b>100,0%</b>

A rede pública estadual de ensino brasileira é a rede de ensino que contribui com uma maioria esmagadora sobre as demais. Este resultado nos revela que o perfil do candidato na prova do ENEM é praticamente de estudantes provenientes da rede estadual, com uma participação menor da rede privada de ensino e insignificante das redes federal e municipal.

O perfil do candidato no ENEM 2011 é de uma pessoa solteira, que estudou na rede estadual de ensino, possui entre 16 e 20 anos de idade, é composto por 60% de mulheres, residente nas regiões metropolitanas do sudeste (42%), nordeste (27%), sul (14%), norte (9%) e centro-oeste (8%) e que não solicita a certificação de conclusão do ensino médio.

## 4.2. Desempenho dos estudantes na prova de Ciências da Natureza de 2011

Os dados do ENEM 2011 disponibilizados pelo INEP permitem avaliar o desempenho dos candidatos nas provas realizadas. Através desses dados é possível verificar qual foi a escolha de cada candidato para a resposta em cada item e, dessa forma, pode-se obter o percentual de acertos por questão.

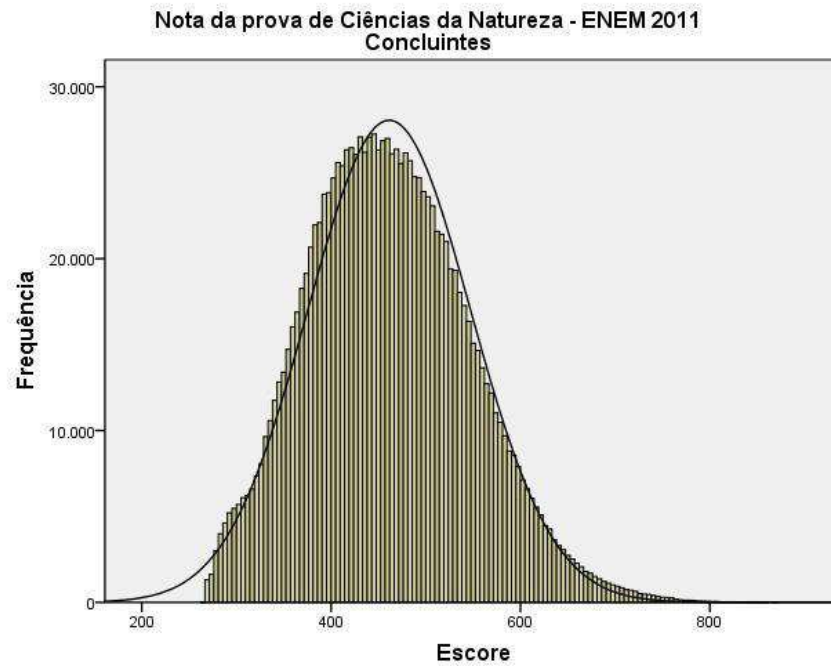
Na Tabela 4.10, apresentam-se alguns valores relativos à estatística geral dos estudantes concluintes na prova. O universo desses estudantes concluintes é constituído de 1.268.791 candidatos. Nas colunas dessa tabela, apresentam-se os resultados dos escores fornecidos pelo INEP utilizando a TRI (método de ajuste por três parâmetros), que foi normalizada em 500 com desvio padrão 100 para os concluintes no ano de 2009; o total de acertos na prova, consistindo de 45 itens; e a nota tradicional, calculada segundo a Teoria Clássica de Testes, que corresponde a atribuir igual peso a cada uma das questões da prova.

**Tabela 4.10.** Os valores de tendência central e dispersão em Ciências da Natureza do Enem 2011, para os estudantes concluintes do ensino médio.

	<b>Escore TRI (valor entre 0 e 1000)</b>	<b>Total de acertos na prova (máximo 45)</b>	<b>Nota tradicional na prova (entre 0 e 10)</b>
<b>Média</b>	461.3	14.2	3.2
<b>Desvio padrão</b>	86.9	5.6	1.2

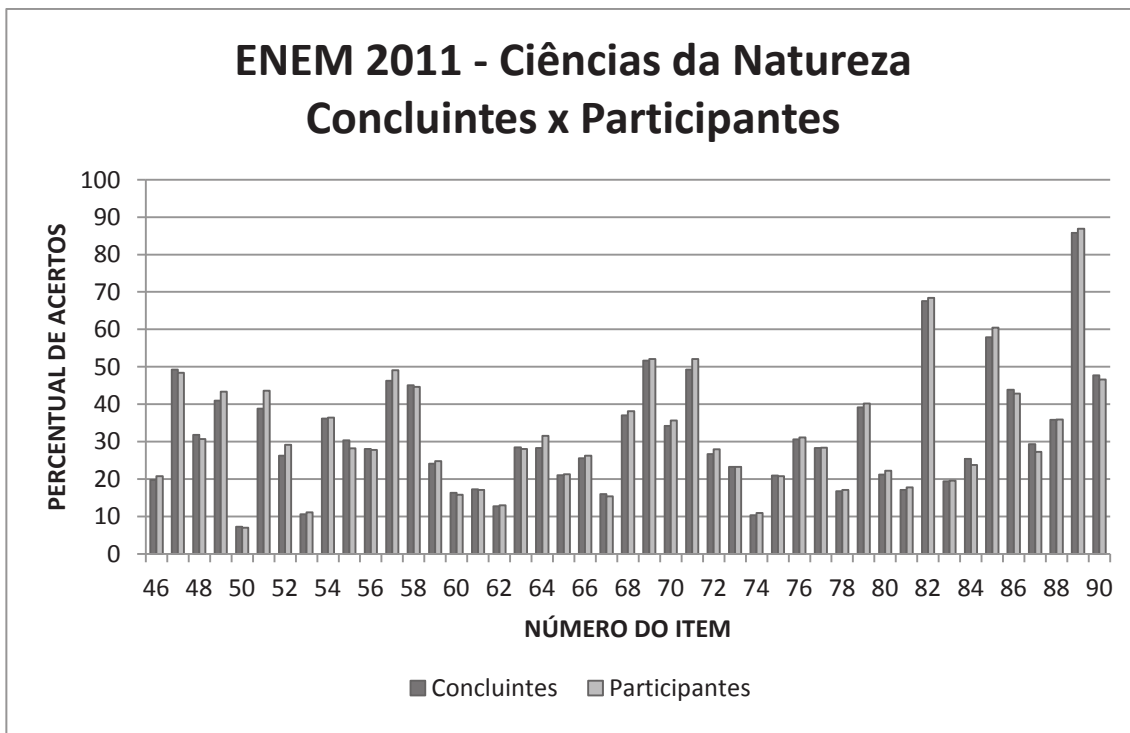
Observa-se desta tabela que a média em 2011 entre os concluintes é inferior a 500 e o desvio padrão é inferior a 100, valores utilizados na normalização do primeiro ano do exame; portanto, os estudantes apresentaram desempenho inferior e com resultado mais concentrado. A nota tradicional na prova é extremamente baixa: os estudantes, em média, acertam 1/3 do total de questões.

Na Figura 4.1, o histograma da distribuição das notas (escores TRI) nesta prova é apresentado, para melhor visualização dos dados.



**Figura 4.1.** Histograma das notas (escores TRI) da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011

Na Figura 4.2, apresenta-se na forma de um gráfico o percentual de acertos de cada item dos participantes e dos concluintes do ensino médio na prova de Ciências da Natureza.

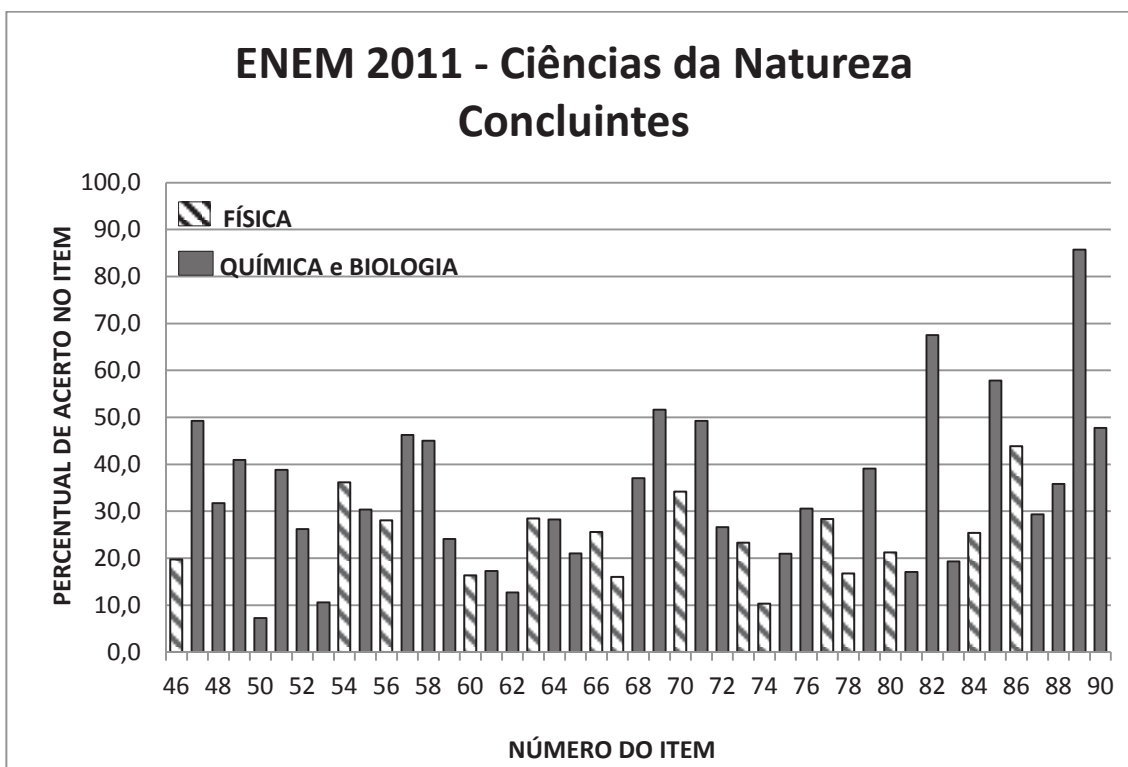


**Figura 4.2.** Percentual de acertos nos itens da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011

Verifica-se que, quanto ao percentual de acertos nos itens desta prova, não há diferença significativa entre os candidatos concluintes e a totalidade de participantes. As médias dos percentuais de acertos na prova de Ciências da Natureza para os participantes e para os concluintes são, respectivamente, 32,0% e 31,5%.

Entretanto, como o foco deste trabalho é promover subsídios para a compreensão da aprendizagem em Física no ensino médio, a partir de agora serão apresentados os resultados apenas dos candidatos concluintes do ensino médio em 2011.

Na Figura 4.3, apresenta-se o gráfico do desempenho dos concluintes na prova de Ciências da Natureza; estão destacados os itens classificados como “questões de Física” (GONÇALVES JR, 2012) da edição do ENEM 2011. Essa classificação corresponde ao objeto de aprendizagem avaliado na questão (Física, Química ou Biologia), e em caso de dúvida quanto a uma classificação estritamente disciplinar, utiliza-se como critério a disciplina que é diretamente mobilizada na escolha da alternativa.



**Figura 4.3.** Percentual de acertos nos itens da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011

Os resultados revelam o fraco desempenho dos candidatos na prova de Ciências da Natureza. A média do percentual de acertos nas questões da



prova é de 31,5%, e nos itens de Física (15) é 24,9%, inferior ao geral. Nas questões de Química (12) a média de acertos é 29,2% e nas questões de Biologia (18) é 38,6%.

Outra informação possível está relacionada aos parâmetros da TRI para cada uma das questões do exame. Como o ENEM utiliza o modelo logístico de três parâmetros, como discutido no Capítulo 3, apresentam-se na Tabela 4.11 os parâmetros de dificuldade, discriminação e pseudo-azar deste modelo (RUBINI, 2014) obtidos por meio da utilização do software R e pacotes LTM. Nesta Tabela, a primeira coluna indica o número do item na prova azul, a segunda coluna indica a classificação disciplinar (GONÇALVES JR, 2012), as três colunas seguintes indicam os parâmetros da TRI e a última coluna apresenta o indicador de dificuldade apresentada na escala das notas (cuja média é 461 e desvio padrão 87), para ficar de mais fácil compreensão a quem visualiza apenas os escores do ENEM.

É importante mencionar que neste trabalho foi feita a classificação de dificuldade da forma a seguir: uma questão é considerada fácil se sua dificuldade é inferior a -1, média entre -1 e +1, difícil entre +1 e +2 e muito difícil acima de +2.

O parâmetro de discriminação é considerado adequado para valores positivos e não muito grandes; em geral, são considerados adequados valores entre 0 e 3,4. O parâmetro de pseudo-azar é adequado para valores inferiores à probabilidade de acerto ao acaso, ou seja, 0,20 (HAMBLETON, 1991).

Pode-se observar da Tabela 4.11 que há alguns itens que não satisfazem a algumas dessas exigências.

Para entender melhor o que esses dados revelam, foi feita a análise detalhada de todos os itens considerados como sendo de Física na prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011. Esta análise é apresentada a seguir.

**Tabela 4.11.** Parâmetros obtidos da TRI para os itens de Ciências da Natureza do ENEM 2011.

Item	Disciplina	Dificuldade	Discriminação	Pseudo-azar	Dificuldade (escore)
46	Física	2.95	1.58	0.18	717.92
47	Biologia	0.51	2.06	0.22	505.27
48	Biologia	1.24	3.18	0.21	568.62
49	Biologia	0.97	2.68	0.25	545.85
50	Química	2.45	3.73	0.06	674.03
51	Biologia	0.95	0.51	0.00	543.86
52	Química	1.86	1.62	0.18	622.93
53	Biologia	2.20	2.52	0.07	652.48
54	Física	2.11	1.80	0.32	644.57
55	Química	-4.32	-0.96	0.29	85.89
56	Física	1.66	1.39	0.15	605.47
57	Biologia	0.48	1.45	0.14	503.19
58	Química	1.86	1.83	0.40	623.02
59	Biologia	2.62	1.02	0.16	688.80
60	Física	2.03	3.09	0.13	637.97
61	Biologia	2.08	2.72	0.14	642.23
62	Química	2.49	3.86	0.12	678.03
63	Física	1.66	2.04	0.20	605.55
64	Biologia	1.36	1.93	0.15	579.40
65	Biologia	4.54	0.47	0.11	855.57
66	Física	1.27	2.53	0.13	571.84
67	Física	3.10	1.53	0.14	730.69
68	Biologia	1.11	1.51	0.18	558.11
69	Biologia	0.37	1.50	0.19	493.02
70	Física	1.81	0.39	0.01	618.76
71	Biologia	0.04	0.79	0.00	464.95
72	Química	2.25	1.54	0.21	656.39
73	Física	2.43	2.03	0.21	672.55
74	Física	-4.96	-0.78	0.08	30.36
75	Química	2.07	4.06	0.19	641.01
76	Biologia	1.52	1.10	0.13	593.21
77	Física	2.56	0.38	0.00	683.59
78	Física	5.18	1.00	0.16	911.70
79	Química	0.89	1.52	0.16	538.90
80	Física	3.10	1.58	0.20	730.95
81	Química	2.12	4.37	0.15	645.61
82	Biologia	-0.84	1.09	0.00	388.74
83	Química	-4.13	-0.96	0.17	102.32
84	Física	1.94	1.38	0.16	629.45
85	Química	-0.06	1.92	0.13	456.43
86	Física	0.91	1.55	0.23	540.47
87	Biologia	1.33	1.51	0.13	576.70
88	Biologia	1.69	0.83	0.17	607.81
89	Biologia	-1.57	1.63	0.00	325.13
90	Química	0.59	1.83	0.21	512.40

### 4.3. Análise dos itens de Física

Apresenta-se a seguir um estudo dos itens de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011.

Este estudo apresenta o texto do item e o gabarito (única solução correta), e é feita uma proposta de resolução para o item. Apresenta-se a competência e a habilidade correspondente ao item, segundo a Matriz de Referência.

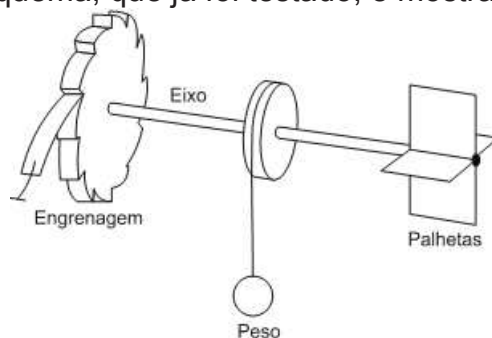
Em seguida, apresentam-se os resultados quantitativos: o percentual de marcação em cada uma das alternativas de resposta sugeridas e o percentual de acertos.

A curva característica do item é mostrada em seguida; esta curva permite verificar algumas informações importantes, pois ela fornece, para cada faixa definida de valores da aptidão (o escore TRI), o valor da probabilidade de acerto daquela questão por um estudante com a aptidão dada. Com ela pode-se avaliar como os estudantes com baixo desempenho respondem àquele item, e como os estudantes de alto desempenho o fazem. Esta curva característica é traçada a partir dos parâmetros da TRI obtidas com o programa R, e apresentada em unidades de desvio estatístico: -4, -3, -2 e -1 correspondem respectivamente a 4, 3, 2 ou 1 desvios padrões abaixo da média (cerca de 114, 200, 288 e 375 pontos no ENEM 2011), 0 corresponde à média (cerca de 461 pontos no ENEM 2011), 1, 2, 3 e 4 correspondem respectivamente a 1, 2, 3 ou 4 desvios padrão acima da média (cerca de 548, 635, 722 ou 809 pontos no ENEM 2011).

Ao final, são apresentados breves comentários sobre a avaliação do que a questão revela sobre a aprendizagem dos estudantes.

### Questão 46 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Partículas suspensas em um fluido apresentam contínua movimentação aleatória, chamado movimento browniano, causado pelos choques das partículas que compõe o fluido. A ideia de um inventor era construir uma série de palhetas, montadas sobre um eixo, que seriam postas em movimento pela agitação das partículas ao seu redor. Como o movimento ocorreria igualmente em ambos os sentidos de rotação, o cientista concebeu um segundo elemento, um dente de engrenagem assimétrico. Assim, em escala muito pequena, este tipo de motor poderia executar trabalho, por exemplo, puxando um pequeno peso para cima. O esquema, que já foi testado, é mostrado a seguir.



Inovação Tecnológica. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

A explicação para a necessidade do uso da engrenagem com trava é:

- O travamento do motor, para que ele não se solte aleatoriamente.
- A seleção da velocidade, controlada pela pressão nos dentes da engrenagem.
- O controle do sentido da velocidade tangencial, permitindo, inclusive, uma fácil leitura do seu valor.
- A determinação do movimento, devido ao caráter aleatório, cuja tendência é o equilíbrio.
- A escolha do ângulo a ser girado, sendo possível, inclusive, medi-lo pelo número de dentes da engrenagem.

### Gabarito:

[D]

### Resolução:

A questão usa no texto base um experimento realizado a partir de uma experiência imaginária proposta por Smoluchowski (ESHUIS et al, 2010). No entanto, o enunciado da questão não leva em conta as condições nas quais a experiência foi realizada, e apenas deve ser considerado o que está na leitura do texto. Segundo este enunciado, o motor funcionaria em duas direções, e o sentido da rotação seria determinado pelo conjunto engrenagem-trava.

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

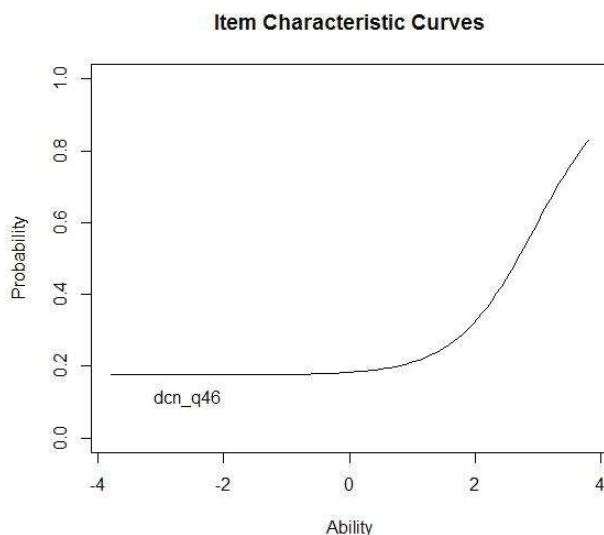
Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes. (Observação: o INEP classificou esta questão como H18)

#### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

46	CONCLUINTE	PARTICIPANTES
A	29,15	28,54
B	26,54	25,21
C	13,03	13,50
D	19,71	20,77
E	11,24	11,65
Branco	0,22	0,21
Invalido	0,12	0,12
TOTAL	100,00	100,00

#### Curva Característica do Item:



#### Discussão Geral sobre o Item:

O item apresenta um dispositivo proposto por Smoluchowski–Feynman, e realizado em nível macroscópico em uma experiência realizada com a utilização de um gás granular conforme descrita em Eshuis et al (2010). Tanto a distribuição de marcações nas alternativas quanto a ICC mostram que os estudantes apresentaram grande dificuldade para responder a este item (item difícil, cerca de +3), e que ele não discrimina os estudantes com escore abaixo de um desvio padrão (+1 na escala), ou cerca de 548 pontos. O índice de acerto casual está em cerca de 18%. O item aborda a segunda lei da termodinâmica, assunto casualmente mencionado na lista de objetos de conhecimento da Matriz de Referência (“O calor e os fenômenos térmicos – Conceitos de calor e temperatura. ... Leis da Termodinâmica. ...”). No entanto, a resolução solicita apenas a interpretação de um trecho do texto base. Pode-se concluir que este item nada revela a respeito da aprendizagem sobre calor por parte dos estudantes.

### Questão 54 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Certas ligas estanho-chumbo com composição específica formam um eutético simples, o que significa que uma liga com essas características se comporta como uma substância pura, com um ponto de fusão definido, no caso  $183^{\circ}\text{C}$ . Essa é uma temperatura inferior mesmo ao ponto de fusão dos metais que compõem esta liga (o estanho puro funde a  $232^{\circ}\text{C}$  e o chumbo puro a  $320^{\circ}\text{C}$ ) o que justifica sua ampla utilização na soldagem de componentes eletrônicos, em que o excesso de aquecimento deve sempre ser evitado. De acordo com as normas internacionais, os valores mínimo e máximo das densidades para essas ligas são de  $8,74\text{ g/mL}$  e  $8,82\text{ g/mL}$ , respectivamente. As densidades do estanho e do chumbo são  $7,3\text{ g/mL}$  e  $11,3\text{ g/mL}$ , respectivamente. Um lote contendo 5 amostras de solda estanho-chumbo foi analisado por um técnico, por meio da determinação de sua composição percentual em massa, cujos resultados estão mostrados no quadro a seguir.

Amostra	Porcentagem de Sn (%)	Porcentagem de Pb (%)
I	60	40
II	62	38
III	65	35
IV	63	37
V	59	41

Com base no texto e na análise realizada pelo técnico, as amostras que atendem às normas internacionais são

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e IV.
- d) III e V.
- e) IV e V.

**Gabarito:**

[C]

**Resolução:**

Este item envolve o cálculo de densidade de uma mistura homogênea e sólida o qual é realizado através de uma média aritmética ponderada das densidades dos materiais que a compõem.

Utilizando-se das densidades absolutas do estanho (Sn) e chumbo (Pb),  $7,3\text{ g/mL}$  e  $11,3\text{ g/mL}$ , respectivamente além das porcentagens, em massa, de cada um dos metais, fornecidas no enunciado, podemos calcular as densidades de cada amostra.

Amostra I (60 % de Sn e 40 % de Pb):

$$d_I = \frac{60}{100} \times 7,3 + \frac{40}{100} \times 11,3 = 8,9 \text{ g/mL}$$

Amostra II (62 % de Sn e 38 % de Pb):

$$d_{II} = \frac{62}{100} \times 7,3 + \frac{38}{100} \times 11,3 = 8,82 \text{ g/mL}$$

Amostra III (65 % de Sn e 35 % de Pb):

$$d_{III} = \frac{65}{100} \times 7,3 + \frac{35}{100} \times 11,3 = 8,7 \text{ g/mL}$$

Amostra IV (63 % de Sn e 37 % de Pb):

$$d_{IV} = \frac{63}{100} \times 7,3 + \frac{37}{100} \times 11,3 = 8,78 \text{ g/mL}$$

Amostra V (59 % de Sn e 41 % de Pb):

$$d_V = \frac{59}{100} \times 7,3 + \frac{41}{100} \times 11,3 = 8,94 \text{ g/mL}$$

Conforme informado no enunciado, os valores mínimo e máximo das densidades para as ligas, de acordo com as normas internacionais, são de 8,74 g/mL e 8,82 g/mL, respectivamente. As amostras que atendem às normas são a II ( $d = 8,82 \text{ g/mL}$ ) e a IV ( $d = 8,78 \text{ g/mL}$ ).

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

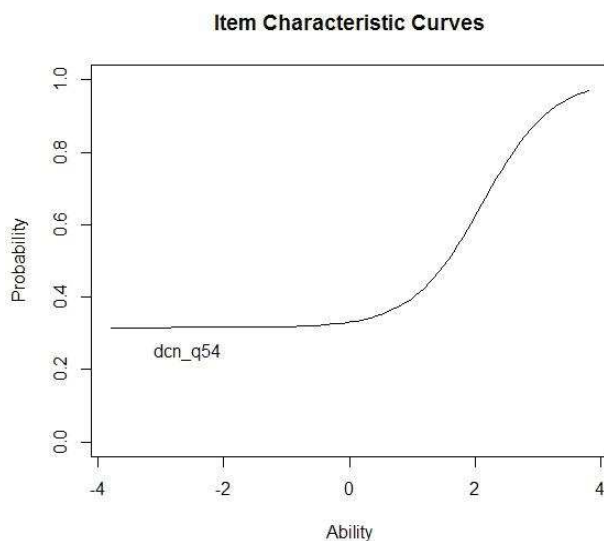
Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

5H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

54	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	12,51	12,45
B	17,14	16,80
C	36,13	36,42
D	22,92	22,99
E	10,76	10,83
Branco	0,40	0,38
Invalido	0,13	0,13
TOTAL	100,00	100,00

## Curva Característica do Item:



## Discussão Geral sobre o Item:

Este item apresenta um percentual de acerto (36%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (25%); ainda assim, a ICC mostra que o item é difícil (cerca de 650 pontos), e não discrimina aqueles com escore abaixo de um desvio padrão (+1 na escala), ou cerca de 548 pontos. Neste item, foi observado um percentual de acerto casual de 32%.

Apesar do item ser de grande dificuldade, o estudante que observasse atentamente perceberia que, como a densidade da liga estanho-chumbo deve pertencer a um intervalo contínuo de valores, neste caso [8,74 g/mL ; 11,3 g/mL], a porcentagem de estanho (e de chumbo) também deveria pertencer a um intervalo contínuo de valores.

Por exemplo, o distrator **b**, onde as porcentagens de estanho são 60% e 65%, respectivamente, para as amostras I e III também contemplaria a utilização de qualquer amostra com porcentagem de estanho no intervalo de valores [60% ; 65%], ou seja, este distrator afirma, implicitamente, que se as amostras I e III satisfizerem as condições do problema apresentado também o fariam as amostras II e IV por possuírem porcentagens de estanho respectivamente iguais a 62% e 63%. Portanto, os pares de amostras relacionados nos distratores **d** e **e** também não possibilitam um par de amostras com resultado plausível.



### Questão 56- CN - ENEM 2011 - Prova Azul

O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:

*Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante.*

Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon

- a) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
- b) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
- c) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente.
- d) induz correntes elétricas na bobina mais intensas que a capacidade do captador.
- e) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

### Gabarito:

[C]

### Resolução:

De acordo com o enunciado: **“O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra...”**. A magnetização das cordas de aço ocorre devido às suas propriedades ferromagnéticas, que por sua vez, as fazem comportar-se como ímãs.

O fluxo magnético do campo gerado pelas cordas magnetizadas fluirá através da bobina. E, baseando-se nas leis da indução magnética, é possível afirmar que toda vez que o fluxo magnético através de um circuito varia, surge, neste circuito, uma fem (força eletromotriz) induzida. E por sua vez, num circuito fechado, surgirá uma corrente elétrica induzida. Neste caso, a corrente é induzida na bobina e transmitida ao amplificador e, daí, ao alto-falante. Portanto, quando as cordas de aço são trocadas pelas de náilon (material não magnético), o efeito de magnetização das mesmas torna-se desprezível, e quando elas vibram, não ocorre variação do fluxo magnético na bobina e, por consequência, não induzindo uma corrente elétrica na mesma. Dessa forma, não há corrente elétrica no amplificador e não há som no alto-falante.

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

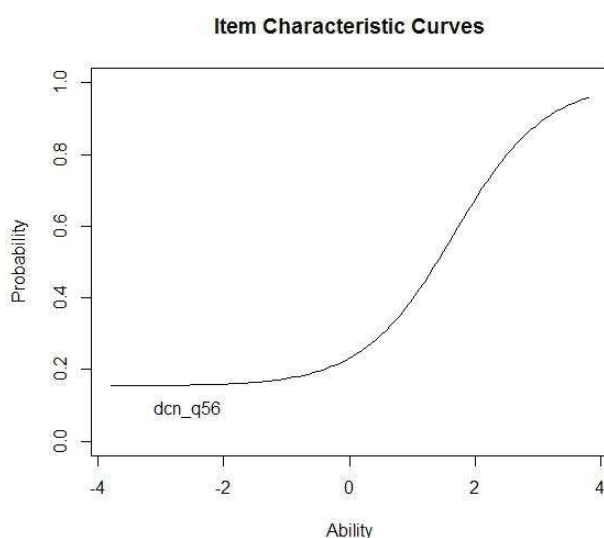
Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológica.

6H21 – Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

56	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	38,07	37,35
B	5,85	6,00
C	28,03	27,75
D	6,68	6,49
E	21,00	22,02
Branco	0,20	0,20
Invalido	0,17	0,17
TOTAL	100,00	100,00

### Curva Característica do Item:



### Discussão Geral sobre o Item:

Embora este item apresente um percentual de acerto (28%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (25%), a ICC mostra que o mesmo pode ser considerado como de difícil resolução (cerca de 600 pontos) por parte dos estudantes, além de ter um baixo percentual de acerto casual, cerca de 15%. Entretanto, este item discrimina os participantes com escores acima da média, ou seja, acima de 0 na escala de desvios (460 pontos).

Este item apropria-se de um objeto de conhecimento que não consta na Matriz de Referência do ENEM, a indução eletromagnética.

Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que cerca de 38% dos concluintes obtiveram uma compreensão errônea do enunciado, possibilitando o entendimento da substituição do fio da bobina ao invés da corda da guitarra, ou, ainda, que a corrente elétrica induzida na bobina seria conduzida até o alto-falante pela própria corda da guitarra, optando pelo distrator A. Quanto ao distrator E, cuja marcação também foi significativa, verifica-se que os estudantes não percebem que a troca das cordas de aço pelas de nylon acarretaria uma mudança no timbre e não na frequência dos sons emitidos.

**Questão 60- CN - ENEM 2011 - Prova Azul**

Em um manual de um chuveiro elétrico são encontradas informações sobre algumas características técnicas, ilustradas no quadro, como a tensão de alimentação, a potência dissipada, o dimensionamento do disjuntor ou fusível, e a área da seção transversal dos condutores utilizados.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
Especificação				
Modelo			A	B
Tensão (V~)			127	220
Potência (Watt)	Seletor de Temperatura Multitemperaturas	○	0	0
		●	2440	2540
		●●	4400	4400
		●●●	5500	6000
Disjuntor ou fusível (Ampère)			50	30
Seção dos condutores (mm <sup>2</sup> )			10	4

Uma pessoa adquiriu um chuveiro do modelo A e, ao ler o manual, verificou que precisava ligá-lo a um disjuntor de 50 Ampères. No entanto, intrigou-se com o fato de que o disjuntor a ser utilizado para uma correta instalação de um chuveiro do modelo B devia possuir amperagem 40% menor.

Considerando-se os chuveiros de modelos A e B, funcionando à mesma potência de 4 400 W, a razão entre as suas respectivas resistências elétricas,  $R_A$  e  $R_B$  que justifica a diferença de dimensionamento dos disjuntores, é mais próxima de:

- a) 0,3.
- b) 0,6.
- c) 0,8.
- d) 1,7.
- e) 3,0.

**Gabarito:**

[A]

**Resolução:**

Dados:  $P = 4.400 \text{ W}$ ;  $U_A = 127 \text{ V}$ ;  $U_B = 220 \text{ V}$ ;  $I_A = 50 \text{ A}$ ;  $I_B = 30 \text{ A}$ .

Como a potência é a mesma nos dois casos, temos:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_A = \frac{U_A^2}{R_A} \\ P_B = \frac{U_B^2}{R_B} \end{array} \right\} \Rightarrow P_A = P_B \Rightarrow \frac{U_A^2}{R_A} = \frac{U_B^2}{R_B} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \left( \frac{U_A}{U_B} \right)^2 \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \left( \frac{127}{220} \right)^2 \Rightarrow$$

$$\frac{R_A}{R_B} = (0,58)^2 \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = 0,3.$$

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

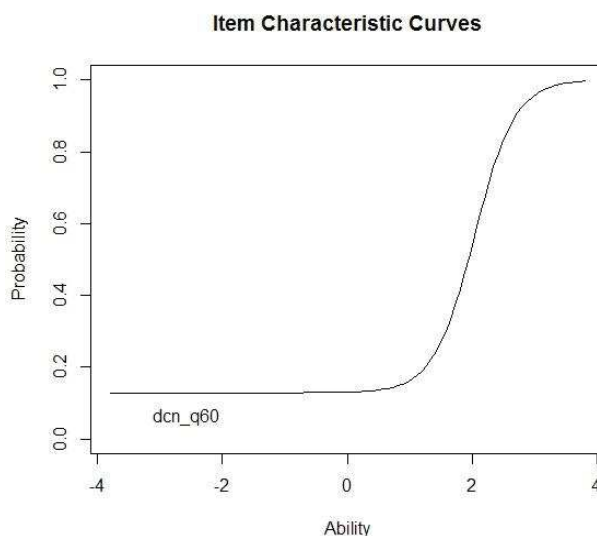
Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

2H6 - Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

60	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	16,32	15,75
B	20,01	20,70
C	22,40	22,22
D	26,22	26,33
E	14,57	14,54
Branco	0,37	0,35
Invalido	0,11	0,12
TOTAL	100,00	100,00

### Curva Característica do Item:



### Discussão Geral sobre o Item:

A ICC indica que o item é muito difícil (cerca de 640 pontos), além de ter um baixo percentual de acerto casual, cerca de 13%. Apresenta um elevado coeficiente de discriminação dos participantes e o faz para os que possuem escores acima de +1 desvio padrão (cerca de 540 pontos).

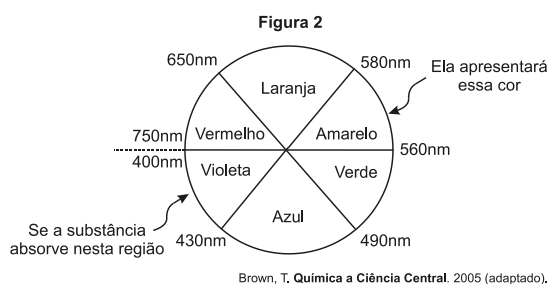
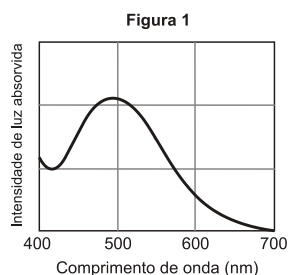
Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que o distrator D, mais marcado pelos estudantes, apresenta como resultado um valor numérico que pode ser facilmente encontrado por utilização direta de valores constantes na tabela apresentada, como a razão entre as especificações de corrente dos disjuntores (50 A/ 30 A) e a razão inversa das diferenças de potencial (220 V/ 127 V). Quanto ao distrator B, é exatamente um valor inverso ao do distrator D. Nestes dois distratores os estudantes

demonstram o desconhecimento da lei de Ohm e/ou do cálculo da potência elétrica dissipada num resistor elétrico. A plausibilidade do distrator C poderia ser associada à razão entre os valores de potência apresentadas para o chuveiro A (4400 W / 5500 W).

Este item ainda apresenta uma particularidade no distrator E, que é o valor inverso ao do gabarito; o estudante que calculou, corretamente, a razão inversa das resistências, ou seja  $R_B/R_A$ , a considerou como correta. De certa forma, este distrator pode ser considerado como, no mínimo, uma indução ao engano.

### Questão 63- CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A Figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2): o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.



Qual a cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1?

- a) Azul.
- b) Verde.
- c) Violeta.
- d) Laranja.
- e) Vermelho.

**Gabarito:**

[E]

**Resolução:**

Conforme é visto no gráfico essa substância apresenta maior absorção para comprimentos de onda em torno de 500 nm, o que corresponde à cor verde. Utilizando-se da informação dada no enunciado: ... “**o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.**”, e verificando na roda de cores, o comprimento de onda oposto ao da cor verde é o da cor vermelha.

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

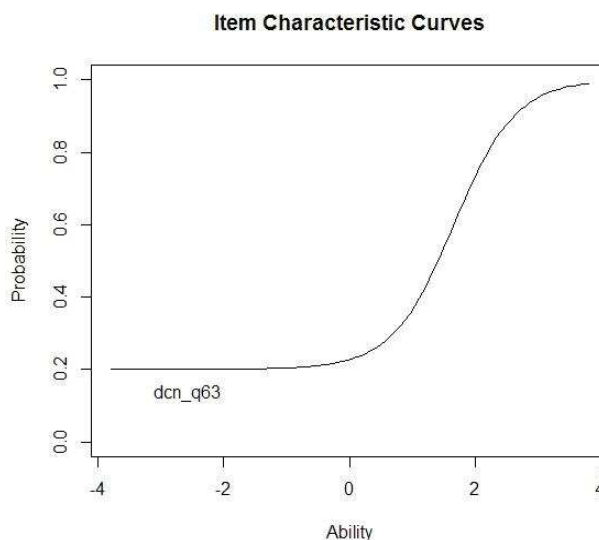
Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

63	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	12,45	12,61
B	26,00	25,47
C	18,33	18,35
D	14,34	15,11
E	28,44	28,00
Branco	0,24	0,25
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00

### Curva Característica do Item:



### Discussão Geral sobre o Item:

Embora este item apresente um percentual de acerto (28%) ligeiramente superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (25%), a ICC mostra que o item é difícil (cerca de 600 pontos), e não discrimina aqueles com escore abaixo da média (0 na escala de desvio padrão) ou cerca de 460 pontos. Neste item, foi observado um percentual de acerto casual de 20%.

A tabela de percentuais de marcação do gabarito e dos distratores revela a falta de atenção na leitura do enunciado ou ainda a falha na interpretação ou compreensão do mesmo, visto que 26% marcou o distrator B (verde).

Esta questão avalia exclusivamente a capacidade de interpretação e compreensão do texto.

### Questão 66- CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. *Física Térmica*. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

#### Gabarito:

[C]

#### Resolução:

Conforme a segunda lei da termodinâmica. "É impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, converter integralmente calor em trabalho".

#### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

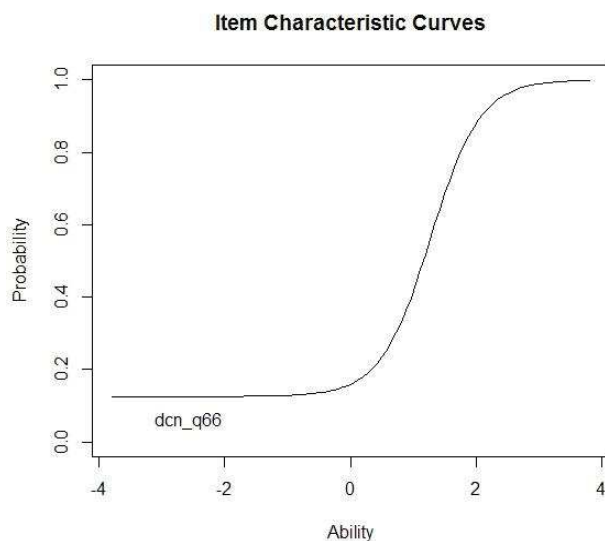
6H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. (Observação: o INEP classifica esta questão como H21.)

#### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

66	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	16,10	16,00
B	11,42	10,85
C	25,55	26,25
D	24,39	24,50
E	22,04	21,91
Branco	0,29	0,29
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00



## Curva Característica do Item:



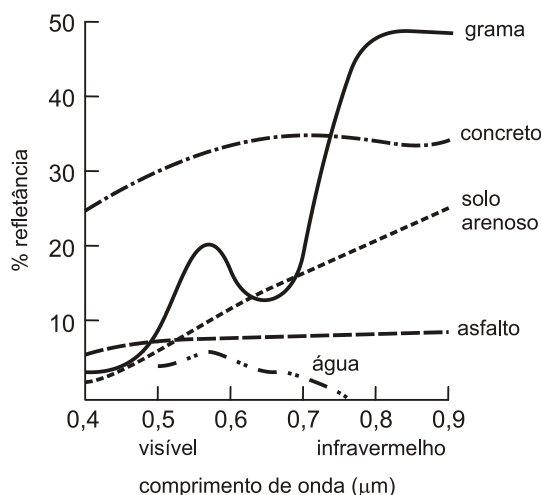
## Discussão Geral sobre o Item:

Este item apresenta um percentual de acerto (cerca de 26%) praticamente igual ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%); no entanto, a ICC mostra que o item é difícil (cerca de 570 pontos) para os estudantes, com um percentual de acerto casual em 13%. Este item apresenta um elevado coeficiente de discriminação dos estudantes e o faz para os que possuem escores acima da média (0 na escala de desvio padrão) ou cerca de 460 pontos.

A análise da tabela dos percentuais de marcação do gabarito e dos distratores revela que, de forma geral, os estudantes desconhecem os conceitos de energia e suas transformações bem como o funcionamento do motor à combustão de um veículo. Em particular, revela o desconhecimento relativo à segunda lei da termodinâmica.

### Questão 67- CN - ENEM 2011 - Prova Azul

O processo de interpretação de imagens capturadas por sensores instalados a bordo de satélites que imageiam determinadas faixas ou bandas do espectro de radiação eletromagnética (REM) baseia-se na interação dessa radiação com os objetos presentes sobre a superfície terrestre. Uma das formas de avaliar essa interação é por meio da quantidade de energia refletida pelos objetos. A relação entre a refletância de um dado objeto e o comprimento de onda da REM é conhecida como curva de comportamento espectral ou assinatura espectral do objeto, como mostrado na figura, para objetos comuns na superfície terrestre.



D'ARCO, E. *Radiometria e Comportamento Espectral de Alvos*. INPE. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br>. Acesso em: 3 maio 2009.

De acordo com as curvas de assinatura espectral apresentadas na figura, para que se obtenha a melhor discriminação dos alvos mostrados, convém selecionar a banda correspondente a que comprimento de onda em micrômetros ( $\mu\text{m}$ )?

- a) 0,4 a 0,5.
- b) 0,5 a 0,6.
- c) 0,6 a 0,7.
- d) 0,7 a 0,8.
- e) 0,8 a 0,9.

**Gabarito:**

[E]

**Resolução:**

Para melhor discriminá-los é necessário utilizar uma faixa de comprimentos de onda em que as assinaturas espectrais dos objetos possuam refletâncias maiores e bem distintas entre si. Dessa forma, a banda mais apropriada para tal finalidade é a de 0,8 a 0,9  $\mu\text{m}$ .

**Competência e Habilidade verificadas no Item:**

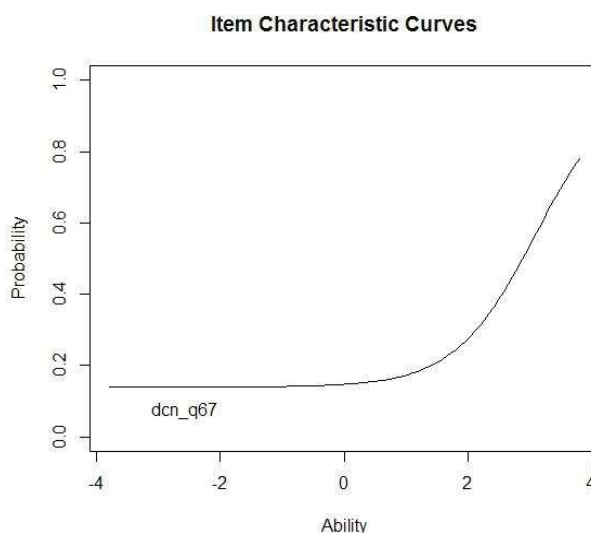
Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

5H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica. (Observação: o INEP classifica esta questão como H22.)

**Percentual de marcações no gabarito e distratores:**

67	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	13,64	13,88
B	28,97	28,71
C	20,22	20,85
D	20,71	20,70
E	15,99	15,38
Branco	0,33	0,33
Invalido	0,15	0,15
TOTAL	100,00	100,00

**Curva Característica do Item:**



**Discussão Geral sobre o Item:**

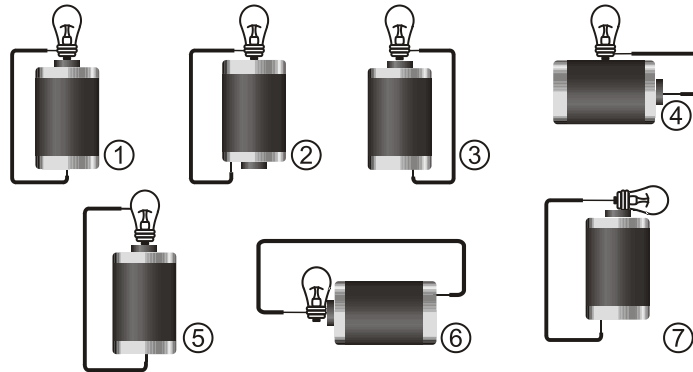
A ICC indica que este item é de enorme dificuldade (cerca de 730 pontos). Entretanto, possui um baixo percentual de acerto casual, cerca de 14%. Além disso, este item apenas discrimina os estudantes com escores acima de +2 na escala de desvios padrão (ou cerca de 630 pontos).

Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que os estudantes não interpretaram corretamente o enunciado da questão, possivelmente pela não compreensão do significado da expressão *melhor discriminação* para distinguir os alvos mostrados.

A marcação dos estudantes no distrator d é compreensível pelo fato que não há dados para a água na faixa de 0,8 a 0,9  $\mu\text{m}$ ; na faixa de 0,7 a 0,8  $\mu\text{m}$ , há quase uma boa separação de todos os elementos exceto pela água e areia. Quanto ao grande número de escolhas do distrator b, pode-se inferir que não há uma real compreensão por parte dos estudantes do significado da palavra “discriminação” mencionada no texto.

### Questão 70 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. *Instalação Elétrica: investigando e aprendendo*. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- a) (1), (3), (6)
- b) (3), (4), (5)
- c) (1), (3), (5)
- d) (1), (3), (7)
- e) (1), (2), (5)

**Gabarito:**

[D]

**Resolução:**

Uma lâmpada incandescente possui dois terminais, um na rosca e o outro no pino central, na base da rosca. Portanto, os dois terminais da pilha devem estar ligados a estes dois terminais da lâmpada como é observado em (1), (3) e (7).

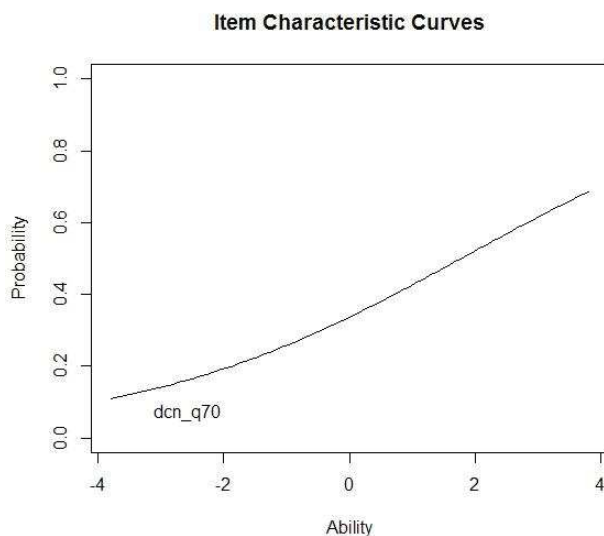
**Competência e Habilidade verificadas no Item:**

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.  
2H5 - Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

**Percentual de marcações no gabarito e distratores:**

70	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	24,90	24,18
B	6,48	6,68
C	27,67	26,63
D	34,15	35,64
E	6,33	6,39
Branco	0,28	0,29
Invalido	0,18	0,19
TOTAL	100,00	100,00

## Curva Característica do Item:



## Discussão Geral sobre o Item:

Apesar deste item apresentar o percentual de acerto (cerca de 34%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%), a ICC indica que o item é de difícil resolução por parte dos estudantes (cerca de 620 pontos), porém com um baixíssimo percentual de acerto casual, menos de 1%. Contudo, este item possui um índice de discriminação muitíssimo baixo.

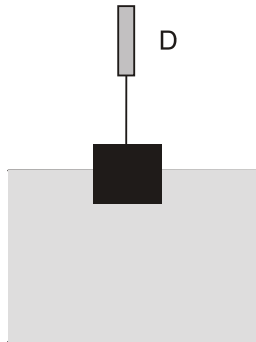
A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes desconhecem “como ligar uma lâmpada” e/ou “como usar uma pilha”, ou seja, revela o desconhecimento total dos detalhes técnicos presentes na prática de utilização de lâmpadas incandescentes visto que cerca de 40% dos estudantes marcaram como corretos os esquemas estapafúrdios 4 e/ou 5 (distratores B, C e E).

Verifica-se também que os estudantes, majoritariamente, marcaram os distratores A e C além do gabarito D possibilitando a inferência de utilização de estratégia de resolução de questões de múltipla escolha. Isto porque uma vez que os distratores A e C e o gabarito D diferem apenas na apresentação do terceiro esquema em que a lâmpada acenderia. A análise do distrator C reforça esta inferência, pois ao escolher esta opção o estudante escolhe o esquema 5 como possível de acender a lâmpada. É, no mínimo, incoerente um estudante entender e perceber a ligação e o funcionamento da lâmpada e da pilha nos esquemas 1 e 3 e não entender o não acendimento no esquema 5. De forma análoga analisa-se o distrator A quanto ao esquema 6 embora este seja um erro mais sutil que o do esquema 5.

O item aborda um tema conhecido pelos professores e pesquisadores em Ensino de Física, e o desempenho dos estudantes, neste caso, revela a quase inexistência de discussões e atividades práticas em sala de aula. Este cenário seria diferente caso os estudantes tivessem em sua prática escolar mais atividades experimentais, ou de montagem de circuitos envolvendo lâmpadas e pilhas entre outros dispositivos.

**Questão 73 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul**

Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.



Considerando que a aceleração da gravidade local é de  $10 \text{ m/s}^2$ , a densidade da água do lago, em  $\text{g/cm}^3$ , é

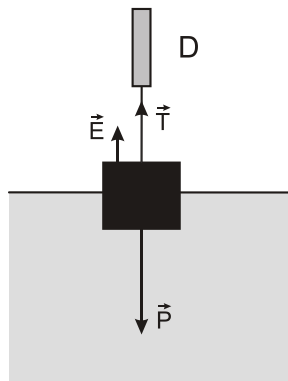
- a) 0,6.
- b) 1,2.
- c) 1,5.
- d) 2,4.
- e) 4,8.

**Gabarito:**

[B]

**Resolução:**

Neste item o cubo imerso na água fica sujeito às forças Peso, Empuxo e Tração que estão representadas na figura abaixo.



Na condição de equilíbrio do cubo tem-se que:

$$T + E = P \Rightarrow E = P - T = 30 - 24 \Rightarrow E = 6 \text{ N}$$

O empuxo sobre o cubo é dado por:

$$E = \rho_{\text{água}} V_{\text{imerso}} g$$

$$V_{\text{imerso}} = \frac{1}{2} V_{\text{cubo}} = \frac{1}{2} \cdot 1000 = 500 \text{ cm}^3 = 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{água}} = \frac{E}{V_{\text{imerso}} g} = \frac{6}{500 \cdot 10^{-6} \cdot 10} = \frac{6}{5 \cdot 10^{-3}} = 1200 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{água}} = 1,2 \text{ g/cm}^3.$$

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

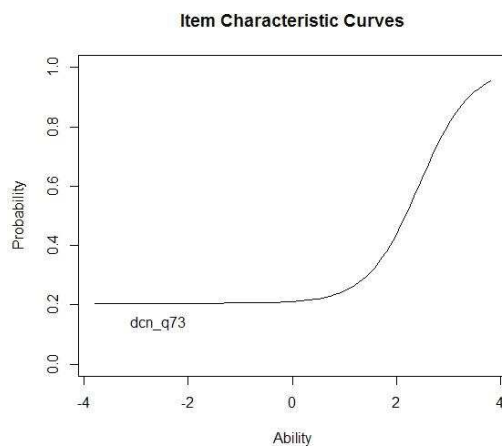
Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes. (Observação: o INEP classifica esta questão como H7.)

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

73	CONCLUINTE	PARTICIPANTES
A	14,69	14,66
B	23,28	23,25
C	22,07	22,31
D	29,58	29,34
E	9,76	9,84
Branco	0,46	0,43
Invalido	0,16	0,16
TOTAL	100,00	100,00

### Curva Característica do Item:



### **Discussão Geral sobre o Item:**

Este item retrata uma situação problema com resolução matemática encontrada com facilidade em livros didáticos. Entretanto, a ICC e a tabela dos percentuais de escolha das alternativas revelam que este item é de muita dificuldade de resolução por parte dos estudantes, além de discriminá-los a partir do escore de +1 (na escala de desvio padrão). Este item apresenta um percentual de acerto casual em cerca de 21%.

A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes desconhecem ou apresentam compreensões equivocadas sobre o conceito de Empuxo. A análise dos distratores reforça esta inferência, uma vez que, nos distratores E, D e C, que juntos somam mais de 60 % de marcações, os estudantes utilizaram, em seus cálculos, como valor para o empuxo, respectivamente, o valor do peso aparente do corpo (distratores E e D) e o valor da metade do peso do corpo (distrator C). Entretanto, nos distratores C e D o estudante ainda faz uso do volume total do corpo ao invés da metade.

Já no distrator A, o estudante realizou os cálculos utilizando os valores de peso e força elástica reduzidos à metade, talvez em alusão ao corpo possuir apenas a metade de seu volume submerso. Neste caso, o estudante apresenta falha no conceito de forças.

O item assemelha-se a um típico exercício de final de capítulo presente nos textos didáticos tradicionais, e exige uma capacidade analítica em relação às leis da Mecânica e uma habilidade na resolução de problemas. O resultado revela a pouca familiaridade dos estudantes com estas capacidade e habilidade. Menciona também equipamentos de laboratório; atividades práticas e experimentais em sala de aula são pouco comuns.



### Questão 74 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Uma equipe de cientistas lançará uma expedição ao Titanic para criar um detalhado mapa 3D que “vai tirar, virtualmente, o Titanic do fundo do mar para o público”. A expedição ao local, a 4 quilômetros de profundidade no Oceano Atlântico, está sendo apresentada como a mais sofisticada expedição científica ao Titanic.

Ela utilizará tecnologias de imagem e sonar que nunca tinham sido aplicadas ao navio, para obter o mais completo inventário de seu conteúdo. Esta complementação é necessária em razão das condições do navio, naufragado há um século.

*O Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.estadao.com.br>. Acesso em: 27 jul. 2010 (adaptado).*

No problema apresentado para gerar imagens através de camadas de sedimentos depositados no navio, o sonar é mais adequado, pois a

- a) propagação da luz na água ocorre a uma velocidade maior que a do som neste meio.
- b) absorção da luz ao longo de uma camada de água é facilitada enquanto a absorção do som não.
- c) refração da luz a uma grande profundidade acontece com uma intensidade menor que a do som.
- d) atenuação da luz nos materiais analisados é distinta da atenuação de som nestes mesmos materiais.
- e) reflexão da luz nas camadas de sedimentos é menos intensa do que a reflexão do som neste material.

### Gabarito:

[D]

### Resolução:

A utilização da luz não possibilita o mapeamento mais profundo dos sedimentos, devido à absorção e reflexão que sofre nas camadas de sedimentos, além da elevada atenuação que a luz sofre no interior da água do mar. Esta atenuação se dá através da absorção e do espalhamento da luz nas águas do oceano, à medida que a profundidade aumenta a intensidade da luz diminui. Este fenômeno é evidenciado pela completa escuridão que predomina em elevadas profundidades do oceano. Portanto, a utilização do sonar para esta finalidade se torna mais eficiente, pois o ultrassom tem maior capacidade de penetração sofrendo reflexões distintas em várias camadas de sedimentos o que possibilita a construção de imagens 3D.

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

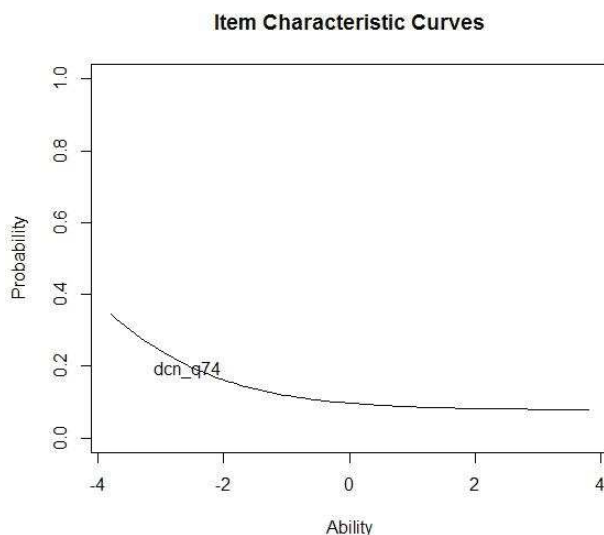
Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

1H1 - Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

**Percentual de marcações no gabarito e distratores:**

74	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	23,19	22,51
B	17,34	17,12
C	24,86	25,15
D	10,29	10,90
E	23,76	23,77
Branco	0,36	0,36
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00

**Curva Característica do Item:**



**Discussão Geral sobre o Item:**

A resposta correta foi a menos escolhida pelos estudantes. A ICC para este item não possibilita qualquer inferência sobre as competências e habilidades dos estudantes que realizaram a prova, estando totalmente em desacordo com o modelo teórico que embasa a TRI (uma curva monotônica crescente). Isso pode ser consequência da dificuldade de interpretação da questão.

### Questão 77 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Para medir o tempo de reação de uma pessoa, pode-se realizar a seguinte experiência:

*I. Mantenha uma régua (com cerca de 30 cm) suspensa verticalmente, segurando-a pela extremidade superior, de modo que o zero da régua esteja situado na extremidade inferior.*

*II. A pessoa deve colocar os dedos de sua mão, em forma de pinça, próximos do zero da régua, sem tocá-la.*

*III. Sem aviso prévio, a pessoa que estiver segurando a régua deve soltá-la. A outra pessoa deve procurar segurá-la o mais rapidamente possível e observar a posição onde conseguiu segurar a régua, isto é, a distância que ela percorre durante a queda.*

O quadro seguinte mostra a posição em que três pessoas conseguiram segurar a régua e os respectivos tempos de reação.

Distância percorrida pela régua durante a queda (metro)	Tempo de reação (segundo)
0,30	0,24
0,15	0,17
0,10	0,14

Disponível em: <http://br.geocities.com>. Acesso em: 1 fev. 2009.

A distância percorrida pela régua aumenta mais rapidamente que o tempo de reação porque a

- a) energia mecânica da régua aumenta, o que a faz cair mais rápido.
- b) resistência do ar aumenta, o que faz a régua cair com menor velocidade.
- c) aceleração de queda da régua varia, o que provoca um movimento acelerado.
- d) força peso da régua tem valor constante, o que gera um movimento acelerado.
- e) velocidade da régua é constante, o que provoca uma passagem linear de tempo.

### Gabarito:

[D]

### Resolução:

Desprezando a resistência do ar, a régua estaria sujeita somente à ação da força peso, a qual pode ser considerada constante e igual a  $\mathbf{P} = m\mathbf{g}$ . Portanto, a força resultante sobre a régua é dada pela segunda lei de Newton.

$$\mathbf{P} = \mathbf{F}_{\text{Resultante}}$$

$$m\mathbf{g} = m\mathbf{a}$$

$$\mathbf{g} = \mathbf{a}$$

Trata-se de uma queda livre, ou seja, um movimento uniformemente acelerado, com aceleração de módulo igual a da aceleração da gravidade. A distância percorrida na queda ( $h$ ) varia com o tempo conforme a função:

$$h = \frac{1}{2}gt^2.$$

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

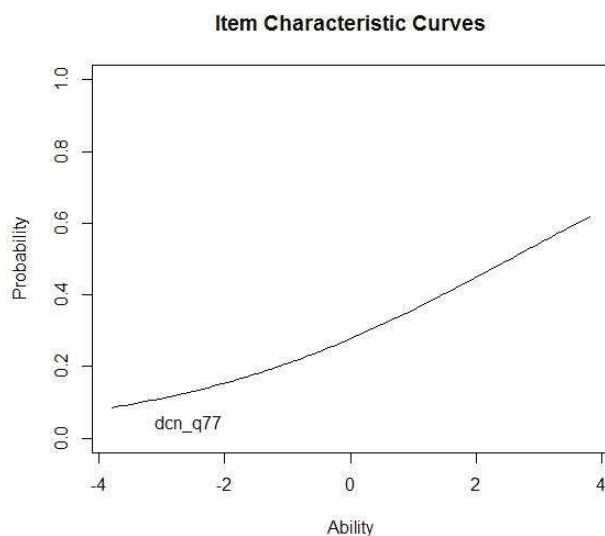
Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

77	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	17,64	17,55
B	14,07	14,56
C	23,76	23,37
D	28,32	28,40
E	15,61	15,51
Branco	0,43	0,42
Invalido	0,17	0,18
TOTAL	100,00	100,00

### Curva Característica do Item:



### Discussão Geral sobre o Item:

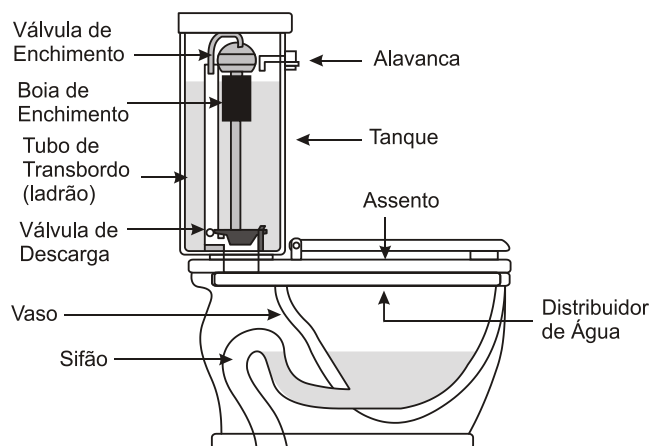
O percentual de acerto (cerca de 28%) é um pouco superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%); mas a ICC revela que este item é muito difícil para os estudantes. O item apresenta baixíssimos índices de discriminação e de acerto casual (cerca de 0,3%).

A questão apresenta uma situação na qual o estudante deveria reconhecer o movimento da régua como sendo um movimento de queda livre, sob a ação apenas da força peso, ou seja, com aceleração constante e igual à aceleração da gravidade. Esperava-se, também, que o estudante compreendesse a função que descreve o movimento da régua.

A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes apresentam compreensões equivocadas sobre o conceito de queda livre.

### Questão 78 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.



Faça você mesmo. Disponível em: <http://www.facavocemesmo.net>. Acesso em: 22 jul. 2010.

A característica de funcionamento que garante essa economia é devida

- a) à altura do sifão de água.
- b) ao volume do tanque de água.
- c) à altura do nível de água no vaso.
- d) ao diâmetro do distribuidor de água.
- e) à eficiência da válvula de enchimento do tanque.

#### Gabarito:

[B]

#### Resolução:

Antes do acionamento da alavanca de descarga, em situações normais, os níveis de água no interior do vaso e no sifão são iguais. Para que a água desça transportando, com eficiência, todos os rejeitos para o sistema de esgoto, é necessário que o nível da água no interior do vaso esteja uma altura  $h$  acima do sifão. Dessa forma, utilizando-se de um tanque de água regulado para armazenar o volume adequado para o funcionamento eficiente do sistema descrito (vaso com o tanque acoplado), ocorre a economia de água.

#### Competência e Habilidade verificadas no Item:

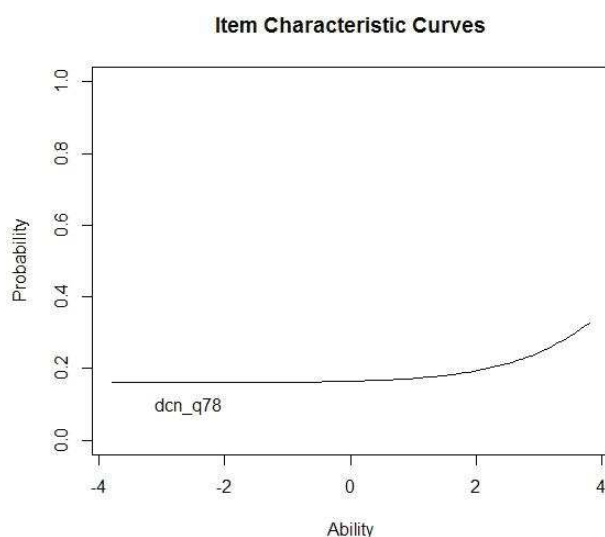
Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

2H7 - Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

#### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

78	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	25,76	25,79
B	16,72	17,10
C	18,74	18,91
D	10,98	10,87
E	27,25	26,80
Branco	0,30	0,29
Invalido	0,24	0,24
TOTAL	100,00	100,00

#### Curva Característica do Item:



#### Discussão Geral sobre o Item:

A ICC revela que este item é de muita dificuldade para os estudantes. Entre todos os itens estudados neste trabalho, é o que apresenta maior coeficiente de dificuldade (cerca de +5,2), discrimina os estudantes com escore acima de +2 na escala de desvio padrão (ou cerca de 630 pontos) além de possuir um percentual de acerto casual de 16%.

A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes não dominam o que foi avaliado.

### Questão 80 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2008, do Ministério das Minas e Energia, a matriz energética brasileira é composta por hidrelétrica (80%), termelétrica (19,9%) e eólica (0,1%). Nas termelétricas, esse percentual é dividido conforme o combustível usado, sendo: gás natural (6,6%), biomassa (5,3%), derivados de petróleo (3,3%), energia nuclear (3,1%) e carvão mineral (1,6%). Com a geração de eletricidade da biomassa, pode-se considerar que ocorre uma compensação do carbono liberado na queima do material vegetal pela absorção desse elemento no crescimento das plantas. Entretanto, estudos indicam que as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) das hidrelétricas podem ser comparáveis às emissões de  $\text{CO}_2$  das termelétricas.

MORET, A. S.; FERREIRA, I. A. As hidrelétricas do Rio Madeira e os impactos socioambientais da eletrificação no Brasil. *Revista Ciência Hoje*. V. 45, n° 265, 2009 (adaptado).

No Brasil, em termos do impacto das fontes de energia no crescimento do efeito estufa, quanto à emissão de gases, as hidrelétricas seriam consideradas como uma fonte

- a) limpa de energia, contribuindo para minimizar os efeitos deste fenômeno.
- b) eficaz de energia, tornando-se o percentual de oferta e os benefícios verificados.
- c) limpa de energia, não afetando ou alterando os níveis dos gases do efeito estufa.
- d) poluidora, colaborando com níveis altos de gases de efeito estufa em função de seu potencial de oferta.
- e) alternativa, tomando-se por referência a grande emissão de gases de efeito estufa das demais fontes geradoras.

#### Gabarito:

[D]

#### Resolução:

De acordo com o enunciado, a emissão de  $\text{CH}_4$  nas hidrelétricas pode ser comparada à emissão de  $\text{CO}_2$  nas termelétricas. Entretanto, as hidrelétricas por representarem 80% da matriz energética do país são, de fato, consideradas poluidoras.

#### Competência e Habilidade verificadas no Item:

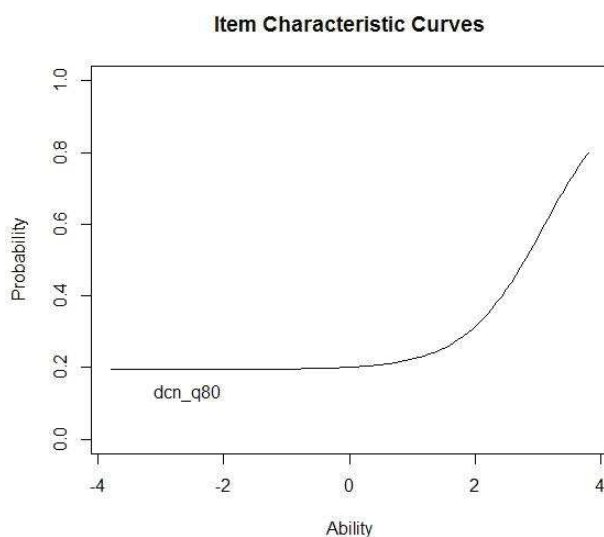
Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. (Observação: o INEP classifica esta questão como H12.)

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

80	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	17,39	17,39
B	15,82	16,46
C	23,45	22,51
D	21,20	22,19
E	21,50	20,80
Branco	0,42	0,41
Invalido	0,22	0,23
TOTAL	100,00	100,00

### Curva Característica do Item:



### Discussão Geral sobre o Item:

A ICC revela que o item é de muita dificuldade para os estudantes, discrimina os estudantes com escore acima de +1,0 na escala de desvios padrão (cerca de 550 pontos) e possui um percentual de acerto casual em cerca de 20%.

A tabela de percentuais de marcação dos distratores e gabarito revela também que os estudantes, provavelmente, não leram atentamente as informações apresentadas no texto, e basearam-se na ideia do "senso comum" de que a energia proveniente da hidrelétrica é limpa, pois o maior percentual de marcação é no distrator C.

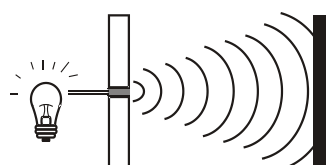
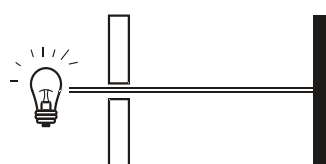
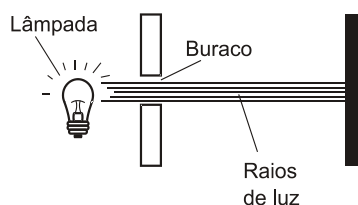
Um estudo realizado por pesquisadores da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (Coppe), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mostra que barragens de hidrelétricas produzem quantidades consideráveis de metano, gás carbônico e óxido nitroso, gases que provocam o chamado efeito estufa. Este estudo foi apresentado na conferência Rio 02.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.apoena.org.br/artigos-detalle.php?cod=207>>. Acesso em: 20 ago. 2014



### Questão 84 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.



FIOLHAIS, C. Física divertida. Brasília: UnB, 2000 (adaptado).

Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

- a) Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.
- b) Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- c) Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- d) Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.
- e) Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

**Gabarito:**

[A]

**Resolução:**

Na figura é mostrado o fenômeno da difração da luz. Esse fenômeno ocorre quando uma onda contorna um obstáculo. Das situações apresentadas nas opções deste item, o menino que ouve a conversa de seus colegas escondidos atrás do muro ocorre devido à difração do som.

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

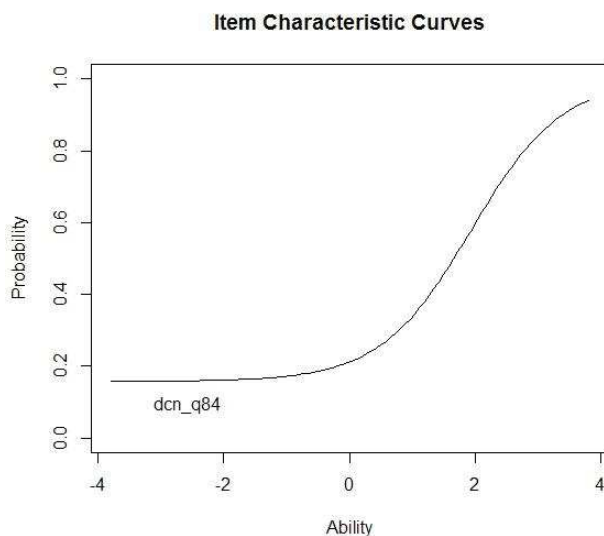
Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

1H1 - Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

84	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	25,36	23,77
B	26,14	26,78
C	12,12	12,74
D	21,71	21,63
E	14,05	14,45
Branco	0,43	0,43
Invalido	0,18	0,19
TOTAL	100,00	100,00

### Curva Característica do Item:



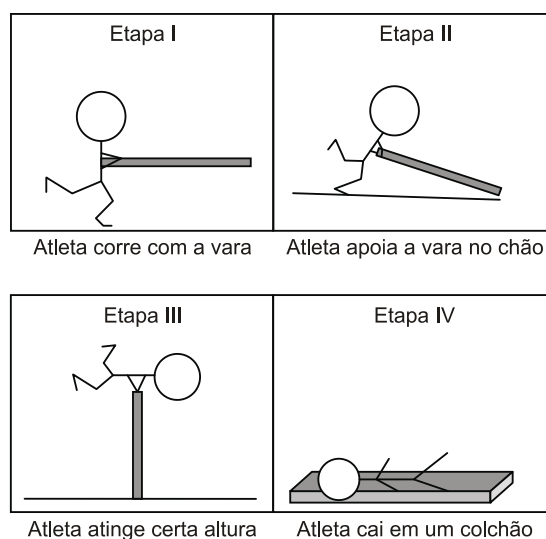
### Discussão Geral sobre o Item:

A ICC indica que este item é de difícil resolução por parte dos estudantes, discrimina os estudantes com escore acima de 0 na escala de desvios padrão (cerca de 460 pontos) e possui um percentual de acerto casual em cerca de 16%.

A tabela de percentuais de marcação dos distratores e gabarito revela que os estudantes não reconhecem ou compreendem o fenômeno da difração das ondas luminosas e sonoras, uma vez que cerca de 48% optaram pelo distrator B e D onde são descritas situações que retratam, respectivamente, a reflexão do som e o efeito Doppler.

### Questão 86 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:



Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que

- a) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica representada na etapa IV.
- b) a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
- c) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
- d) a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
- e) a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III.

**Gabarito:**

[C]

**Resolução:**

Desconsiderando o impulso dado pelo atleta no instante do salto, podemos afirmar que toda a energia cinética representada na Etapa I é convertida em energia potencial gravitacional, representada na Etapa III, quando ele para no ar e, posteriormente, em energia cinética, representada na Etapa IV, quando ele retorna ao solo.

### Competência e Habilidade verificadas no Item:

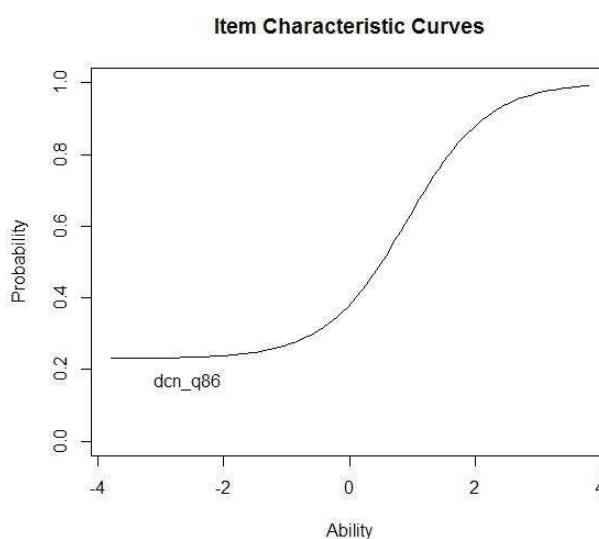
Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. (Observação: o INEP classifica esta questão como H20.)

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

86	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	9,85	9,88
B	12,94	12,71
C	43,83	42,87
D	12,11	12,43
E	20,67	21,51
Branco	0,44	0,43
Invalido	0,16	0,17
TOTAL	100,00	100,00

### Curva Característica do Item:



### Discussão Geral sobre o Item:

A ICC indica este item de moderada dificuldade de resolução por parte dos estudantes (cerca de 540 pontos). A ICC também indica que este item discrimina os estudantes com escore acima de 460 pontos e possui um percentual de acerto casual em cerca de 23%.

A tabela de marcação do gabarito e dos distratores revela que este item possui o maior percentual de acerto dentre os itens de Física do ENEM 2011.

#### 4.4. Comentários finais

A discussão dos itens apresentada revela que para os estudantes concluintes do ensino médio no país todas as questões de Física da prova do ENEM 2011 são difíceis, independentemente do tema abordado.

Verifica-se que nesta prova há, como comentado por Gonçalves Jr e Barroso (2014), um não alinhamento entre temas usualmente abordados no ensino médio e a distribuição dos itens segundo os objetos de conhecimento. A partir da Matriz de Referência, pode-se, numa classificação inicial, apresentar uma relação entre os grandes temas dos objetos de conhecimento e os itens.

Os itens que se referem ao grande tema “O movimento, o equilíbrio e a descoberta das leis físicas” são os de número 54, 73, 77 e 78 (4 em 15); para o tema “Energia, trabalho e potência”, temos o item 86 e, numa avaliação mais aberta, o item 80 (2 em 15); para o tema “Fenômenos elétricos e magnéticos”, os itens 56, 60 e 70 (3 em 15); no tema “Oscilações, ondas, óptica e radiação”, há os itens 63, 67, 74, 84 (4 em 15); e no tema “O calor e os fenômenos térmicos”, são dois (2 em 15) os itens: 46 e 66, ambos versando sobre a segunda lei da termodinâmica em caráter conceitual. Não há itens que possam ser facilmente classificados no tema “Conhecimentos básicos e fundamentais”, bem como sobre o tema “A mecânica e o funcionamento do universo”. O excesso de itens em temas pouco abordados, ou abordados rapidamente ao final do ensino médio (fenômenos eletromagnéticos, ondas e radiação, bem como a segunda lei da termodinâmica) pode fornecer uma primeira explicação para os resultados encontrados nos itens.

Esses resultados certamente podem ser aprofundados e suas discussões ampliadas.

## CAPÍTULO 5

### Resultados por Dependência Administrativa

Neste capítulo, os dados foram separados em função do tipo de dependência administrativa da escola, isto é, se a escola era pública (federal, estadual ou municipal) ou privada. Serão apresentados os resultados preliminares sobre o desempenho dos *concluintes* nos itens de Física no ENEM 2011 na forma de gráficos com o percentual de acerto em cada item. O desempenho dos estudantes nos diferentes tipos de escola revela uma realidade que merece um estudo mais aprofundado.

A primeira apresentação será realizada no cenário Brasil e, em seguida, no cenário do Estado do Rio de Janeiro.

Ao final serão apresentados os resultados preliminares do desempenho dos concluintes do Colégio Pedro II (Instituto Federal), situado no Estado do Rio de Janeiro, em comparação aos Institutos Federais também localizados no Rio de Janeiro e, em seguida, Brasil.

#### 5.1. Dependência Administrativa - Brasil

Embora a distribuição por tipo de escola na base de dados já tenha sido apresentada na Tabela 4.9, apresentam-se na Figura 5.1 os percentuais de contribuição de cada dependência administrativa no âmbito nacional.

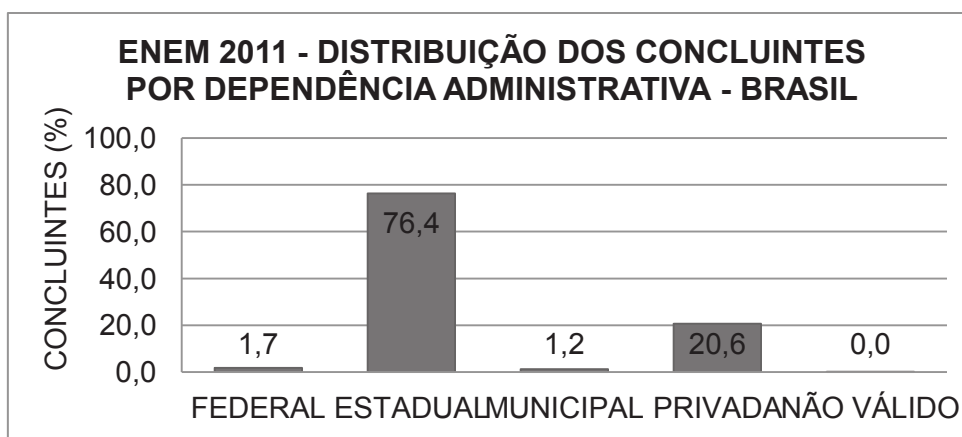
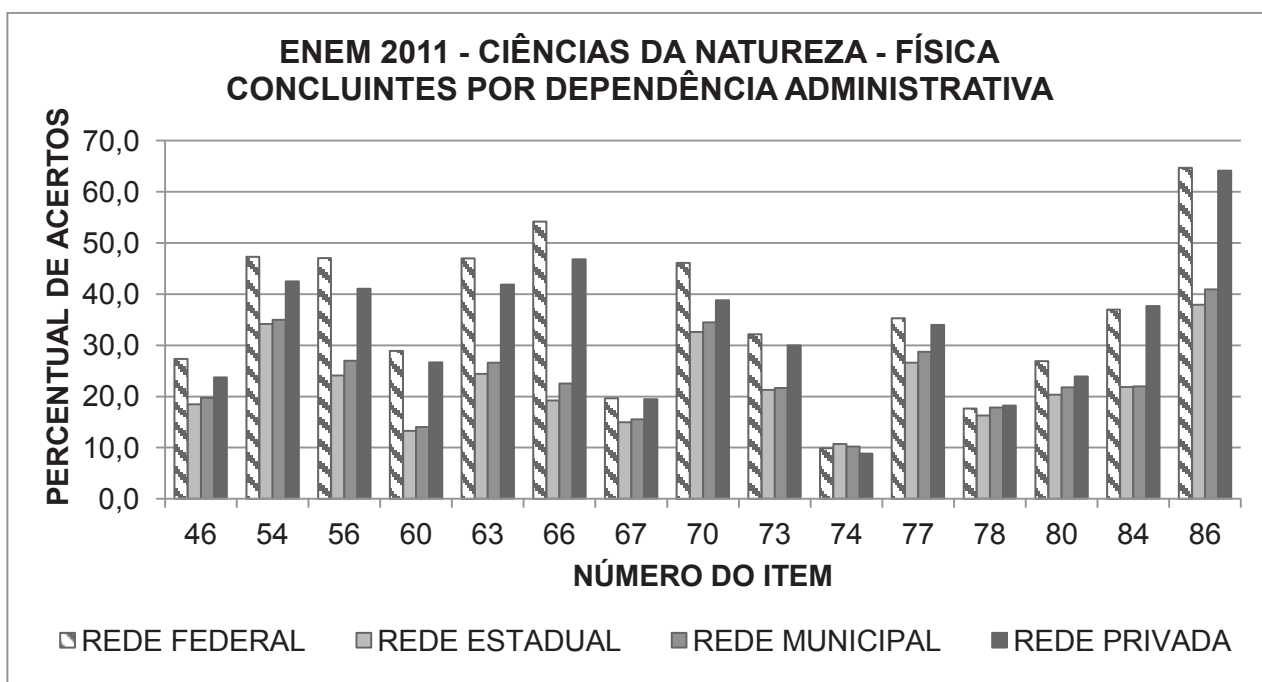


Figura 5.1. Dependência Administrativa dos concluintes do ENEM 2011

Na Figura 5.2, são apresentados os desempenhos dos concluintes por dependência administrativa sob a forma de percentual de acertos dos itens de Física no ENEM 2011.



**Figura 5.2.** Desempenho dos concluintes por dependência administrativa nos itens de Física do ENEM 2011

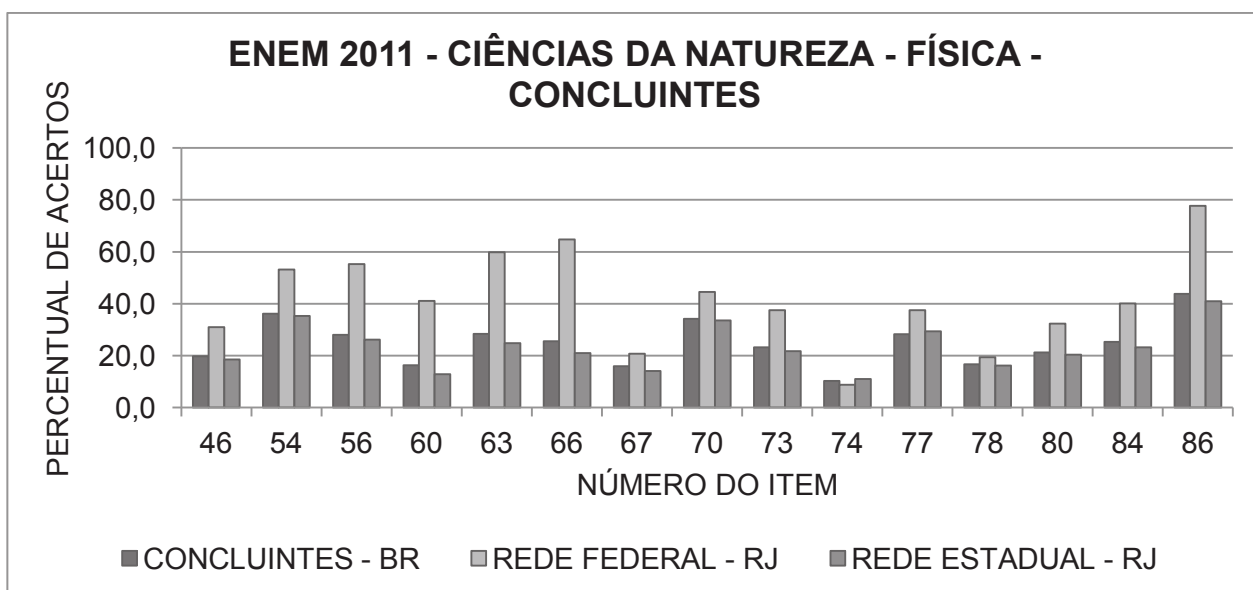
Não é difícil observar que, nos itens de Física do ENEM 2011, os estudantes das escolas federais possuem um desempenho superior aos dos estudantes dos demais tipos de escola. Para efeitos de comparação, as médias dos percentuais de acerto nestes itens para as escolas federais, estaduais, municipais e privadas foram, respectivamente, 36,1%, 22,4%, 23,9% e 33,2%.

Este resultado preliminar nos revela a inferioridade do desempenho das escolas estaduais em praticamente todos os itens de Física. Este resultado interfere diretamente no desempenho nacional apresentado na Figura 4.2, pois os estudantes das escolas públicas da rede estadual são cerca de 76% dos concluintes no ENEM.

## 5.2. Dependência Administrativa - Rio de Janeiro

Buscando compreender estes resultados no âmbito regional, mais especificamente, no Estado do Rio de Janeiro apresentam-se, na Figura 5.3, os

dados comparativos relativos ao desempenho, nos itens de Física do ENEM 2011 (CONCLUINTES - BR), referentes ao total de concluintes no país e dos estudantes da rede pública do Rio de Janeiro por dependência administrativa.



**Figura 5.3.** Desempenho dos concluintes, do Rio de Janeiro, por dependência administrativa nos itens de Física do ENEM 2011.

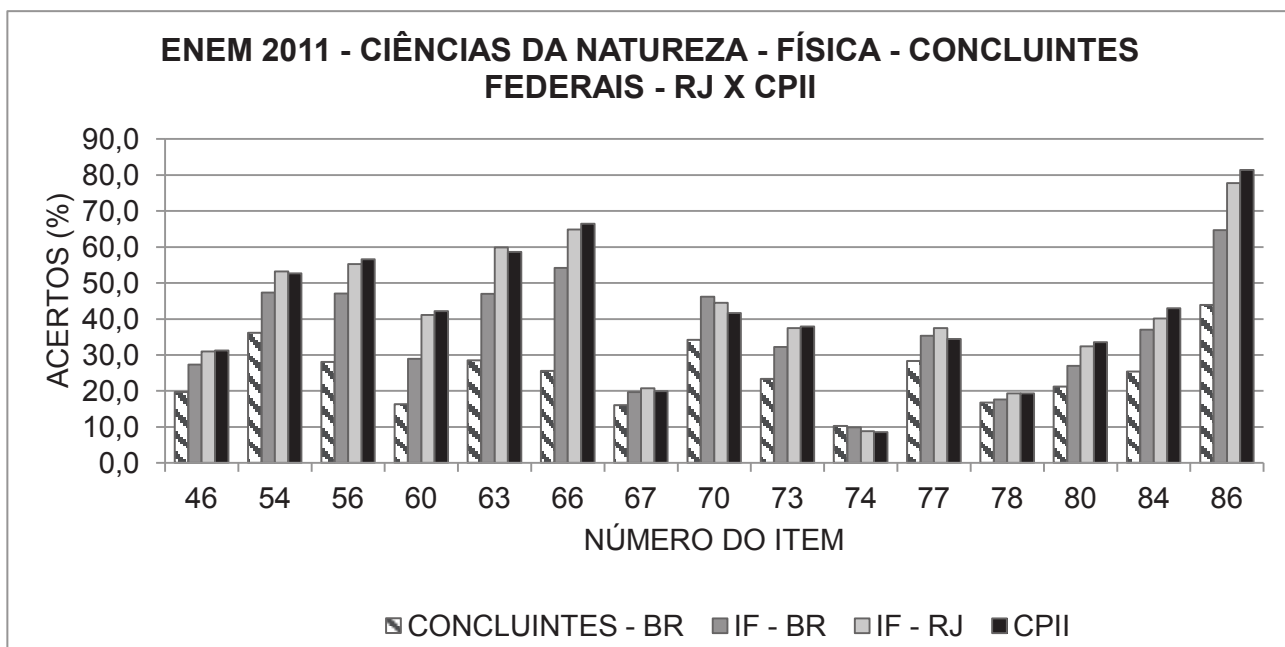
O resultado revela a enorme diferença no desempenho dos concluintes que estudam em escolas da rede federal no estado do Rio de Janeiro em relação à média do total de concluintes no país. Essa diferença torna-se ainda maior quando comparado ao desempenho dos estudantes que estudam na rede estadual do Rio de Janeiro. Para efeitos de comparação, as médias dos percentuais de acerto nos itens de Física para o total de concluintes no Brasil, das escolas federais e das estaduais foram, respectivamente, 24,9%, 41,6% e 23,3%.

### 5.3. O desempenho das escolas federais no RJ

Com o intuito de fornecer dados complementares e relevantes para avaliar o Ensino de Física nas escolas públicas federais situadas no Estado do Rio de Janeiro, apresentam-se os dados relativos ao desempenho dos concluintes nestas instituições na forma de percentual de acerto nos itens de Física do ENEM 2011. A escolha do Estado do Rio de Janeiro deve-se ao fato que o número de escolas públicas da rede federal, por motivos históricos, é



muito superior ao restante do país. Em particular, comenta-se o desempenho dos estudantes do Colégio Pedro II (CP II), com os dados relativos ao desempenho dos concluintes nestas instituições na forma de percentual de acerto nos itens de Física do ENEM 2011.



**Figura 5.4.** Desempenho dos concluintes do Colégio Pedro II (CPII) nos itens de Física do ENEM 2011.

Os dados revelam que os concluintes dos Institutos Federais situados no estado do Rio de Janeiro (IF - RJ) possuem uma média do percentual de acertos nos itens de Física em 41,6% enquanto o total de concluintes no Brasil (CONCLUINTES - BR) possui uma média em 24,9%. Estes mesmos dados também possibilitam afirmar que a média para os concluintes dos Institutos Federais Brasileiros (IF - BR) foi 36,1%.

No que diz respeito ao Colégio Pedro II, em seus oito Campi, os dados revelam que os concluintes pertencentes a esta Instituição de Ensino possuem um desempenho semelhante aos concluintes dos Institutos federais localizados do Estado do Rio de Janeiro (IF - RJ) com média do percentual de acertos nos itens de Física em 41,8%.

Isso indica que, do ponto de vista da aprendizagem em Física segundo a definição do ENEM, as escolas da rede pública federal têm estudantes que aprenderam melhor os temas desta disciplina.

Esses resultados fornecem indicadores que merecem estudos mais aprofundados para explicações.

## CAPÍTULO 6

### Considerações Finais

Em consonância com a ideia de que avaliar a aprendizagem está distante da neutralidade e, sim, repleta de intencionalidade é que este trabalho foi conduzido.

Após o ano de 2009, quando o ENEM sofreu uma profunda reformulação em sua estrutura e adquiriu várias intencionalidades, dentre elas a de autoavaliação dos estudantes, a de avaliar escolas, servir de referência ao final da educação básica, acesso às instituições de ensino superior e induzir mudanças curriculares, a participação no exame passou a ser cada vez maior, o que tornou o ENEM uma avaliação extremamente importante no cenário nacional.

O foco deste trabalho foi considerar a possibilidade de uso do resultado do ENEM 2011 como avaliação da aprendizagem em Física. Neste contexto, apropriou-se da concepção de aprendizagem em Física do ENEM, que define a aprendizagem como desenvolvimento ou aquisição, pelo estudante, de determinadas competências e habilidades de acordo com uma Matriz de Referência.

A forma de operacionalizar este conceito abstrato e medi-lo foi através da prova do ENEM. Em particular, por meio da análise dos itens de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011.

Esta análise possibilitou as observações a seguir:

- Alguns itens podem ter a sua classificação quanto à habilidade testada alterada. Ou seja, um mesmo item pode representar mais de uma habilidade;
- Não existe diferença significativa no desempenho na prova de Ciências da Natureza entre os estudantes concluintes do ensino médio no ano da realização do exame e total de participantes;

- De maneira geral, os concluintes do ensino médio brasileiro de 2011 possuem um baixo desempenho em Física;
- As escolas federais de ensino básico no país possuem um melhor desempenho perante as outras esferas, seguidas pelas privadas, municipais e estaduais respectivamente;
- As escolas federais de ensino básico no estado do Rio de Janeiro (IF - RJ) apresentaram um desempenho um pouco superior (41,6%) ao da média das escolas federais no Brasil (36,1%) e;
- Não há uma homogeneidade de apresentação nas questões de física da prova de Ciências da Natureza do ENEM no tocante às competências e habilidades testadas e, muito menos, dos objetos do conhecimento.

Este trabalho possibilitou algumas inferências:

- A necessidade de alteração da Matriz de Referência do ENEM em função de tornar o exame uma avaliação que distribua, de maneira mais homogênea, as competências e habilidades testadas, além de contemplar os objetos do conhecimento que vêm efetivamente sendo trabalhados no ensino médio brasileiro.
- Dada a não homogeneidade de cobrança no exame, tratar a aprendizagem em Física a partir desta avaliação restringe-se às competências, habilidades e objetos do conhecimento contemplados no mesmo.

Todas estas informações provocam a reflexão sobre a magnitude e importância do Exame Nacional do Ensino Médio no Brasil e seu poder de direcionar o curso do ensino básico nos próximos anos. É importante frisar que diante do cenário apresentado este direcionamento pode ocorrer de maneira a causar distorções no currículo do ensino básico no país.

Na expectativa de contribuir para uma visão mais otimista da utilização do ENEM como instrumento relevante para a avaliação tanto dos estudantes como do ensino básico no país é que este trabalho foi realizado.

## Referências Bibliográficas

ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. **Teoria de Resposta ao Item: Conceitos de Aplicações**. São Paulo : ABE - Associação Brasileira de Estatística, 2000.

BABBIE, E. **Métodos de Pesquisas de Survey**. Tradução de Guilherme Cezarino. Belo Horizonte: UFMG, 2003.

BARROSO, M. F.; FRANCO, C. **Avaliações Educacionais: O Pisa e o Ensino de Ciências**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI, 2008, Curitiba. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0103-2.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

BLACK, P. **Testing: Friend or Foe? The theory and practice of assessment and testing**. London: RoutledgeFalmer, 1998.

BRASIL. Portaria MEC n. 438, de 28 de maio de 1998. **Criação do ENEM**. Disponível em: <[www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/diretrizes\\_p01780181\\_c.pdf](http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/diretrizes_p01780181_c.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Medida Provisória n. 213, de 10 de setembro de 2004. **Institui o programa Universidade para Todos - PROUNI**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/Mpv/213.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/Mpv/213.htm)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Lei n. 11.096, de 13 de janeiro de 2005. 2005a. **Institui o programa Universidade para Todos - PROUNI**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/L11096.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/L11096.htm)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 5.622, de 19 de dezembro de 2005. 2005b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5622.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5622.htm)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 5.800, de 08 de junho de 2006. **Dispõe sobre o Sistema Universidade Aberta do Brasil - UAB.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/decreto/d5800.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5800.htm)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007. **Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais - REUNI.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6096.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6096.htm)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Portaria MEC n. 109, de 27 de maio de 2009. 2009a. **Reformulação do ENEM. Anexo III. Matriz de Referência do EBEN 2009. Anexo IV. Objetos de conhecimento associados à Matriz de Referência do ENEM 2009.** Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/legislacao/2009/portaria\\_enem\\_2009\\_1.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/legislacao/2009/portaria_enem_2009_1.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. MEC/SESU. Termo de Referência. **Novo Enem e Sistema de Seleção Unificada.** 2009b. Disponível em: <<http://www.andifes.org.br/?p=16329>>. Acesso em: 14 abr. 2015

\_\_\_\_\_. Portaria MEC normativa n. 2, de 26 de janeiro de 2010. 2010a. **Institui e regulamenta o Sistema de Seleção Unificada, sistema informatizado gerenciado pelo Ministério da Educação, para seleção de candidatos a vagas em cursos de graduação disponibilizadas pelas instituições públicas de educação superior dele participantes.** Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=2704&Itemid=>](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2704&Itemid=>)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Portaria MEC Nº 807, de 18 de junho de 2010. 2010b. Disponível em <<http://portal.inep.gov.br/web/enem/legislacao-e-documentos>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e Cultura . **Censo Escolar da Educação Básica 2012 - Resumo Técnico.** Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/censo\\_escolar/resumos\\_tecnicos/resumo\\_tecnico\\_censo\\_educacao\\_basica\\_2012.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/resumo_tecnico_censo_educacao_basica_2012.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. Portal INEP. 2014. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/enem/sobre-o-enem>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

BRITTON, E.D.; SCHNEIDER, S.A. Large-Scale Assessments in Science Education. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N.G. **Handbook of Research on Science Education**. Mahwah: Laurence Erlbaum Associates, 2007, p. 1007-1040.

BUCCI, M.P.D.; MELLO, P.B. **Democratização e Acesso à Educação Superior - Parte I**. (Grupo Estratégico de Análise da Educação Superior no Brasil, 7). Rio de Janeiro: FLACSO-Brasil, 2013.

\_\_\_\_\_. **Democratização e Acesso à Educação Superior - Parte II**. (Grupo Estratégico de Análise da Educação Superior no Brasil, 8). Rio de Janeiro: FLACSO-Brasil, 2013.

ESHUIS, P.; VAN DER WEELE, K.; LOHSE, D.; VAN DER MEER, D. Experimental Realization of a Rotational Ratchet in a Granular Gas. **Physical Review Letters**, 104.248001, jun. 2010.

GONÇALVES Jr, W.P.; **Avaliações em Larga Escala e o Professor de Física**. 2012. 220 f. Dissertação de Mestrado do Programa de Ensino de Física – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <[http://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2012\\_Wanderley\\_Goncalves/dissertacao\\_Wanderley\\_Goncalves.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Wanderley_Goncalves/dissertacao_Wanderley_Goncalves.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

GONÇALVES Jr., W.P; BARROSO, M.F. As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasil, v. 36, n. 1, 1402, 2014.

HAMBLETON, R.; SWAMINATHAN, R.; ROGERS, H.J. **Fundamentals of Item Response Theory**. Newbury Park: SAGE Publications, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Síntese dos Indicadores Sociais - Uma análise das condições de vida da população brasileira 2012**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Indicadores\\_Sociais/Sintese\\_de\\_Indicadores\\_Sociais\\_2012/SIS\\_2012.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/Sintese_de_Indicadores_Sociais_2012/SIS_2012.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Tabela 1.11. Disponível em: < <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

KLEIN, R.; FONTANIVE, N. S. **Avaliação em Larga Escala: uma Proposta Inovadora**. Brasília: Em Aberto, Abr/Jun 1995.

PERRENOUD, P. Tradução: Patrícia Chittoni Ramos. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

RUBINI, G. Comunicação Privada. 2014.

## ANEXO A



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA

### **MATRIZ DE REFERÊNCIA ENEM**

#### **EIXOS COGNITIVOS (comuns a todas as áreas de conhecimento)**

- I. **Dominar linguagens (DL):** dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
- II. **Compreender fenômenos (CF):** construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
- III. **Enfrentar situações-problema (SP):** selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
- IV. **Construir argumentação (CA):** relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
- V. **Elaborar propostas (EP):** recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.



## **Matriz de Referência de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias**

**Competência de área 1 - Aplicar as tecnologias da comunicação e da informação na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.**

**H1** - Identificar as diferentes linguagens e seus recursos expressivos como elementos de caracterização dos sistemas de comunicação.

**H2** - Recorrer aos conhecimentos sobre as linguagens dos sistemas de comunicação e informação para resolver problemas sociais.

**H3** - Relacionar informações geradas nos sistemas de comunicação e informação, considerando a função social desses sistemas.

**H4** - Reconhecer posições críticas aos usos sociais que são feitos das linguagens e dos sistemas de comunicação e informação.

**Competência de área 2 - Conhecer e usar língua(s) estrangeira(s) moderna(s) como instrumento de acesso a informações e a outras culturas e grupos sociais\*.**

**H5** – Associar vocábulos e expressões de um texto em LEM ao seu tema.

**H6** - Utilizar os conhecimentos da LEM e de seus mecanismos como meio de ampliar as possibilidades de acesso a informações, tecnologias e culturas.

**H7** – Relacionar um texto em LEM, as estruturas linguísticas, sua função e seu uso social.

**H8** - Reconhecer a importância da produção cultural em LEM como representação da diversidade cultural e linguística.

**Competência de área 3 - Compreender e usar a linguagem corporal como relevante para a própria vida, integradora social e formadora da identidade.**

**H9** - Reconhecer as manifestações corporais de movimento como originárias de necessidades cotidianas de um grupo social.

**H10** - Reconhecer a necessidade de transformação de hábitos corporais em função das necessidades cinestésicas.

**H11** - Reconhecer a linguagem corporal como meio de interação social, considerando os limites de desempenho e as alternativas de adaptação para diferentes indivíduos.

**Competência de área 4 - Compreender a arte como saber cultural e estético gerador de significação e integrador da organização do mundo e da própria identidade.**

**H12** - Reconhecer diferentes funções da arte, do trabalho da produção dos artistas em seus meios culturais.

**H13** - Analisar as diversas produções artísticas como meio de explicar diferentes culturas, padrões de beleza e preconceitos.

**H14** - Reconhecer o valor da diversidade artística e das inter-relações de elementos que se apresentam nas manifestações de vários grupos sociais e étnicos.

**Competência de área 5 - Analisar, interpretar e aplicar recursos expressivos das linguagens, relacionando textos com seus contextos, mediante a natureza, função, organização, estrutura das manifestações, de acordo com as condições de produção e recepção.**

**H15** - Estabelecer relações entre o texto literário e o momento de sua produção, situando aspectos do contexto histórico, social e político.

**H16** - Relacionar informações sobre concepções artísticas e procedimentos de construção do texto literário.

**H17** - Reconhecer a presença de valores sociais e humanos atualizáveis e permanentes no patrimônio literário nacional.

**Competência de área 6 - Compreender e usar os sistemas simbólicos das diferentes linguagens como meios de organização cognitiva da realidade pela constituição de significados, expressão, comunicação e informação.**

**H18** - Identificar os elementos que concorrem para a progressão temática e para a organização e estruturação de textos de diferentes gêneros e tipos.

**H19** - Analisar a função da linguagem predominante nos textos em situações específicas de interlocução.

**H20** - Reconhecer a importância do patrimônio linguístico para a preservação da memória e da identidade nacional.

## **Competência de área 7 - Confrontar opiniões e pontos de vista sobre as diferentes linguagens e suas manifestações específicas.**

**H21** - Reconhecer em textos de diferentes gêneros, recursos verbais e não - verbais utilizados com a finalidade de criar e mudar comportamentos e hábitos.

**H22** - Relacionar, em diferentes textos, opiniões, temas, assuntos e recursos linguísticos.

**H23** - Inferir em um texto quais são os objetivos de seu produtor e quem é seu público alvo, pela análise dos procedimentos argumentativos utilizados.

**H24** - Reconhecer no texto estratégias argumentativas empregadas para o convencimento do público, tais como a intimidação, sedução, comoção, chantagem, entre outras.

## **Competência de área 8 - Compreender e usar a língua portuguesa como língua materna, geradora de significação e integradora da organização do mundo e da própria identidade.**

**H25** - Identificar, em textos de diferentes gêneros, as marcas linguísticas que singularizam as variedades linguísticas sociais, regionais e de registro.

**H26** - Relacionar as variedades linguísticas a situações específicas de uso social.

**H27** - Reconhecer os usos da norma padrão da língua portuguesa nas diferentes situações de comunicação.

**Competência de área 9 - Entender os princípios, a natureza, a função e o impacto das tecnologias da comunicação e da informação na sua vida pessoal e social, no desenvolvimento do conhecimento, associando-o aos conhecimentos científicos, às linguagens que lhes dão suporte, às demais tecnologias, aos processos de produção e aos problemas que se propõem solucionar.**

**H28** - Reconhecer a função e o impacto social das diferentes tecnologias da comunicação e informação.

**H29** - Identificar pela análise de suas linguagens, as tecnologias da comunicação e informação.

**H30** - Relacionar as tecnologias de comunicação e informação ao desenvolvimento das sociedades e ao conhecimento que elas produzem.

## **Matriz de Referência de Matemática e suas Tecnologias**

### **Competência de área 1 - Construir significados para os números naturais, inteiros, racionais e reais.**

**H1** - Reconhecer, no contexto social, diferentes significados e representações dos números e operações - naturais, inteiros, racionais ou reais.

**H2** - Identificar padrões numéricos ou princípios de contagem.

**H3** - Resolver situação-problema envolvendo conhecimentos numéricos.

**H4** - Avaliar a razoabilidade de um resultado numérico na construção de argumentos sobre afirmações quantitativas.

**H5** - Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos numéricos.

### **Competência de área 2 - Utilizar o conhecimento geométrico para realizar a leitura e a representação da realidade e agir sobre ela.**

**H6** - Interpretar a localização e a movimentação de pessoas/objetos no espaço tridimensional e sua representação no espaço bidimensional.

**H7** - Identificar características de figuras planas ou espaciais.

**H8** - Resolver situação-problema que envolva conhecimentos geométricos de espaço e forma.

**H9** - Utilizar conhecimentos geométricos de espaço e forma na seleção de argumentos propostos como solução de problemas do cotidiano.

**Competência de área 3 - Construir noções de grandezas e medidas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.**

**H10** - Identificar relações entre grandezas e unidades de medida.

**H11** - Utilizar a noção de escalas na leitura de representação de situação do cotidiano.

**H12** - Resolver situação-problema que envolva medidas de grandezas.

**H13** - Avaliar o resultado de uma medição na construção de um argumento consistente.

**H14** - Avaliar proposta de intervenção na realidade utilizando conhecimentos geométricos relacionados a grandezas e medidas.

**Competência de área 4 - Construir noções de variação de grandezas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.**

**H15** - Identificar a relação de dependência entre grandezas.

**H16** - Resolver situação-problema envolvendo a variação de grandezas, direta ou inversamente proporcionais.

**H17** - Analisar informações envolvendo a variação de grandezas como recurso para a construção de argumentação.

**H18** - Avaliar propostas de intervenção na realidade envolvendo variação de grandezas.

**Competência de área 5 - Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas.**

**H19** - Identificar representações algébricas que expressem a relação entre grandezas.

**H20** - Interpretar gráfico cartesiano que represente relações entre grandezas.

**H21** - Resolver situação-problema cuja modelagem envolva conhecimentos algébricos.

**H22** - Utilizar conhecimentos algébricos/geométricos como recurso para a construção de argumentação.

**H23** - Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos algébricos.

**Competência de área 6 - Interpretar informações de natureza científica e social obtidas da leitura de gráficos e tabelas, realizando previsão de tendência, extrapolação, interpolação e interpretação.**

**H24** - Utilizar informações expressas em gráficos ou tabelas para fazer inferências.

**H25** - Resolver problema com dados apresentados em tabelas ou gráficos.

**H26** - Analisar informações expressas em gráficos ou tabelas como recurso para a construção de argumentos.



**Competência de área 7 - Compreender o caráter aleatório e não determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculos de probabilidade para interpretar informações de variáveis apresentadas em uma distribuição estatística.**

**H27** - Calcular medidas de tendência central ou de dispersão de um conjunto de dados expressos em uma tabela de frequências de dados agrupados (não em classes) ou em gráficos.

**H28** - Resolver situação-problema que envolva conhecimentos de estatística e probabilidade.

**H29** - Utilizar conhecimentos de estatística e probabilidade como recurso para a construção de argumentação.

**H30** - Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos de estatística e probabilidade.

## **Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

**Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.**

**H1** – Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

**H2** – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

**H3** – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

**H4** – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

**Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.**

**H5** – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

**H6** – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

**H7** – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

**Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.**

**H8** – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

**H9** – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

**H10** – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

**H11** – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

**H12** – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

**Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.**

**H13** – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

**H14** – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

**H15** – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

**H16** – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

**Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.**

**H17** – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**H18** – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

**H19** – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

**Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H20** – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

**H21** – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.

**H22** – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

**H23** – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

**Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H24** – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**H25** – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

**H26** – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

**H27** – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

**Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H28** – Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

**H29** – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias primas ou produtos industriais.

**H30** – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e a implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

## **Matriz de Referência de Ciências Humanas e suas Tecnologias**

### **Competência de área 1 - Compreender os elementos culturais que constituem as identidades**

**H1** - Interpretar historicamente e/ou geograficamente fontes documentais acerca de aspectos da cultura.

**H2** - Analisar a produção da memória pelas sociedades humanas.

**H3** - Associar as manifestações culturais do presente aos seus processos históricos.

**H4** - Comparar pontos de vista expressos em diferentes fontes sobre determinado aspecto da cultura.

**H5** - Identificar as manifestações ou representações da diversidade do patrimônio cultural e artístico em diferentes sociedades.

### **Competência de área 2 - Compreender as transformações dos espaços geográficos como produto das relações socioeconômicas e culturais de poder.**

**H6** - Interpretar diferentes representações gráficas e cartográficas dos espaços geográficos.

**H7** - Identificar os significados histórico-geográficos das relações de poder entre as nações

**H8** - Analisar a ação dos estados nacionais no que se refere à dinâmica dos fluxos populacionais e no enfrentamento de problemas de ordem econômico-social.

**H9** - Comparar o significado histórico-geográfico das organizações políticas e socioeconômicas em escala local, regional ou mundial.

**H10** - Reconhecer a dinâmica da organização dos movimentos sociais e a importância da participação da coletividade na transformação da realidade histórico-geográfica.

**Competência de área 3 - Compreender a produção e o papel histórico das instituições sociais, políticas e econômicas, associando-as aos diferentes grupos, conflitos e movimentos sociais.**

**H11** - Identificar registros de práticas de grupos sociais no tempo e no espaço.

**H12** - Analisar o papel da justiça como instituição na organização das sociedades.

**H13** - Analisar a atuação dos movimentos sociais que contribuíram para mudanças ou rupturas em processos de disputa pelo poder.

**H14** - Comparar diferentes pontos de vista, presentes em textos analíticos e interpretativos, sobre situação ou fatos de natureza histórico-geográfica acerca das instituições sociais, políticas e econômicas.

**H15** - Avaliar criticamente conflitos culturais, sociais, políticos, econômicos ou ambientais ao longo da história.

**Competência de área 4 - Entender as transformações técnicas e tecnológicas e seu impacto nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.**

**H16** - Identificar registros sobre o papel das técnicas e tecnologias na organização do trabalho e/ou da vida social.

**H17** - Analisar fatores que explicam o impacto das novas tecnologias no processo de territorialização da produção.

**H18** - Analisar diferentes processos de produção ou circulação de riquezas e suas implicações sócio-espaciais.

**H19** - Reconhecer as transformações técnicas e tecnológicas que determinam as várias formas de uso e apropriação dos espaços rural e urbano.

**H20** - Selecionar argumentos favoráveis ou contrários às modificações impostas pelas novas tecnologias à vida social e ao mundo do trabalho.



**Competência de área 5 - Utilizar os conhecimentos históricos para compreender e valorizar os fundamentos da cidadania e da democracia, favorecendo uma atuação consciente do indivíduo na sociedade.**

**H21** - Identificar o papel dos meios de comunicação na construção da vida social.

**H22** - Analisar as lutas sociais e conquistas obtidas no que se refere às mudanças nas legislações ou nas políticas públicas.

**H23** - Analisar a importância dos valores éticos na estruturação política das sociedades.

**H24** - Relacionar cidadania e democracia na organização das sociedades.

**H25** – Identificar estratégias que promovam formas de inclusão social.

**Competência de área 6 - Compreender a sociedade e a natureza, reconhecendo suas interações no espaço em diferentes contextos históricos e geográficos.**

**H26** - Identificar em fontes diversas o processo de ocupação dos meios físicos e as relações da vida humana com a paisagem.

**H27** - Analisar de maneira crítica as interações da sociedade com o meio físico, levando em consideração aspectos históricos e(ou) geográficos.

**H28** - Relacionar o uso das tecnologias com os impactos socioambientais em diferentes contextos histórico-geográficos.

**H29** - Reconhecer a função dos recursos naturais na produção do espaço geográfico, relacionando-os com as mudanças provocadas pelas ações humanas.

**H30** - Avaliar as relações entre preservação e degradação da vida no planeta nas diferentes escalas.

## ANEXO B

### Objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência

#### 1. Linguagem, Códigos e suas Tecnologias

- **Estudo do texto: as sequências discursivas e os gêneros textuais no sistema de comunicação e informação** - modos de organização da composição textual; atividades de produção escrita e de leitura de textos gerados nas diferentes esferas sociais - públicas e privadas.
- **Estudo das práticas corporais: a linguagem corporal como integradora social e formadora de identidade** - *performance* corporal e identidades juvenis; possibilidades de vivência crítica e emancipada do lazer; mitos e verdades sobre os corpos masculino e feminino na sociedade atual; exercício físico e saúde; o corpo e a expressão artística e cultural; o corpo no mundo dos símbolos e como produção da cultura; práticas corporais e autonomia; condicionamentos e esforços físicos; o esporte; a dança; as lutas; os jogos; as brincadeiras.
- **Produção e recepção de textos artísticos: interpretação e representação do mundo para o fortalecimento dos processos de identidade e cidadania** – Artes Visuais: estrutura morfológica, sintática, o contexto da obra artística, o contexto da comunidade. Teatro: estrutura morfológica, sintática, o contexto da obra artística, o contexto da comunidade, as fontes de criação. Música: estrutura morfológica, sintática, o contexto da obra artística, o contexto da comunidade, as fontes de criação. Dança: estrutura morfológica, sintática, o contexto da obra artística, o

contexto da comunidade, as fontes de criação. Conteúdos estruturantes das linguagens artísticas (Artes Visuais, Dança, Música, Teatro), elaborados a partir de suas estruturas morfológicas e sintáticas; inclusão, diversidade e multiculturalidade: a valorização da pluralidade expressada nas produções estéticas e artísticas das minorias sociais e dos portadores de necessidades especiais educacionais.

- **Estudo do texto literário: relações entre produção literária e processo social, concepções artísticas, procedimentos de construção e recepção de textos** - produção literária e processo social; processos de formação literária e de formação nacional; produção de textos literários, sua recepção e a constituição do patrimônio literário nacional; relações entre a dialética cosmopolitismo/localismo e a produção literária nacional; elementos de continuidade e ruptura entre os diversos momentos da literatura brasileira; associações entre concepções artísticas e procedimentos de construção do texto literário em seus gêneros (épico/narrativo, lírico e dramático) e formas diversas.; articulações entre os recursos expressivos e estruturais do texto literário e o processo social relacionado ao momento de sua produção; representação literária: natureza, função, organização e estrutura do texto literário; relações entre literatura, outras artes e outros saberes.
- **Estudo dos aspectos linguísticos em diferentes textos: recursos expressivos da língua, procedimentos de construção e recepção de textos** - organização da macroestrutura semântica e a articulação entre ideias e proposições (relações lógico-semânticas).
- **Estudo do texto argumentativo, seus gêneros e recursos linguísticos: argumentação: tipo, gêneros e usos em língua portuguesa** - formas de apresentação de diferentes pontos de vista; organização e progressão textual; papéis sociais e comunicativos dos interlocutores, relação entre usos

e propósitos comunicativos, função sociocomunicativa do gênero, aspectos da dimensão espaçotemporal em que se produz o texto.

- **Estudo dos aspectos linguísticos da língua portuguesa: usos da língua: norma culta e variação linguística** - uso dos recursos linguísticos em relação ao contexto em que o texto é constituído: elementos de referência pessoal, temporal, espacial, registro linguístico, grau de formalidade, seleção lexical, tempos e modos verbais; uso dos recursos linguísticos em processo de coesão textual: elementos de articulação das sequências dos textos ou à construção da micro estrutura do texto.
- **Estudo dos gêneros digitais: tecnologia da comunicação e informação: impacto e função social** - o texto literário típico da cultura de massa: o suporte textual em gêneros digitais; a caracterização dos interlocutores na comunicação tecnológica; os recursos linguísticos e os gêneros digitais; a função social das novas tecnologias.

## 2. Matemática e suas Tecnologias

- **Conhecimentos numéricos:** operações em conjuntos numéricos (naturais, inteiros, racionais e reais), desigualdades, divisibilidade, fatoração, razões e proporções, porcentagem e juros, relações de dependência entre grandezas, sequências e progressões, princípios de contagem.
- **Conhecimentos geométricos:** características das figuras geométricas planas e espaciais; grandezas, unidades de medida e escalas; comprimentos, áreas e volumes; ângulos; posições de retas; simetrias de figuras planas ou espaciais; congruência e semelhança de triângulos; teorema de Tales; relações métricas nos triângulos; circunferências; trigonometria do ângulo agudo.
- **Conhecimentos de estatística e probabilidade:** representação e análise de dados; medidas de tendência central (médias, moda e mediana); desvios e variância; noções de probabilidade.
- **Conhecimentos algébricos:** gráficos e funções; funções algébricas do 1.º e do 2.º grau, polinomiais, racionais, exponenciais e logarítmicas; equações e inequações; relações no ciclo trigonométrico e funções trigonométricas.
- **Conhecimentos algébricos/geométricos:** plano cartesiano; retas; circunferências; paralelismo e perpendicularidade, sistemas de equações.

## 3. Ciências da Natureza e suas Tecnologias

### 3.1. Física

- **Conhecimentos básicos e fundamentais** - Noções de ordem de grandeza. Notação Científica. Sistema Internacional de Unidades. Metodologia de investigação: a procura de regularidades e de sinais na interpretação física do mundo. Observações e mensurações: representação de grandezas físicas como grandezas mensuráveis. Ferramentas básicas: gráficos e vetores. Conceituação de grandezas vetoriais e escalares. Operações básicas com vetores.
- **O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas** – Grandezas fundamentais da mecânica: tempo, espaço, velocidade e aceleração. Relação histórica entre força e movimento. Descrições do movimento e sua interpretação: quantificação do movimento e sua descrição matemática e gráfica. Casos especiais de movimentos e suas regularidades observáveis. Conceito de inércia. Noção de sistemas de referência inerciais e não inerciais. Noção dinâmica de massa e quantidade de movimento (momento linear). Força e variação da quantidade de movimento. Leis de Newton. Centro de massa e a ideia de ponto material. Conceito de forças externas e internas. Lei da conservação da quantidade de movimento (momento linear) e teorema do impulso. Momento de uma força (torque). Condições de equilíbrio estático de ponto material e de corpos rígidos. Força de atrito, força peso, força normal de contato e tração. Diagramas de forças. Identificação das forças que atuam nos movimentos circulares. Noção de força centrípeta e sua quantificação. A hidrostática: aspectos históricos e variáveis relevantes. Empuxo. Princípios de Pascal, Arquimedes e Stevin:

condições de flutuação, relação entre diferença de nível e pressão hidrostática.

- **Energia, trabalho e potência** - Conceituação de trabalho, energia e potência. Conceito de energia potencial e de energia cinética. Conservação de energia mecânica e dissipação de energia. Trabalho da força gravitacional e energia potencial gravitacional. Forças conservativas e dissipativas.
- **A Mecânica e o funcionamento do Universo** - Força peso. Aceleração gravitacional. Lei da Gravitação Universal. Leis de Kepler. Movimentos de corpos celestes. Influência na Terra: marés e variações climáticas. Concepções históricas sobre a origem do universo e sua evolução.
- **Fenômenos Elétricos e Magnéticos** - Carga elétrica e corrente elétrica. Lei de Coulomb. Campo elétrico e potencial elétrico. Linhas de campo. Superfícies equipotenciais. Poder das pontas. Blindagem. Capacitores. Efeito Joule. Lei de Ohm. Resistência elétrica e resistividade. Relações entre grandezas elétricas: tensão, corrente, potência e energia. Circuitos elétricos simples. Correntes contínua e alternada. Medidores elétricos. Representação gráfica de circuitos. Símbolos convencionais. Potência e consumo de energia em dispositivos elétricos. Campo magnético. Ímãs permanentes. Linhas de campo magnético. Campo magnético terrestre.
- **Oscilações, ondas, óptica e radiação** - Feixes e frentes de ondas. Reflexão e refração. Óptica geométrica: lentes e espelhos. Formação de imagens. Instrumentos ópticos simples. Fenômenos ondulatórios. Pulsos e ondas. Período, frequência, ciclo. Propagação: relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Ondas em diferentes meios de propagação.

- **O calor e os fenômenos térmicos** - Conceitos de calor e de temperatura. Escalas termométricas. Transferência de calor e equilíbrio térmico. Capacidade calorífica e calor específico. Condução do calor. Dilatação térmica. Mudanças de estado físico e calor latente de transformação. Comportamento de Gases ideais. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot. Leis da Termodinâmica. Aplicações e fenômenos térmicos de uso cotidiano. Compreensão de fenômenos climáticos relacionados ao ciclo da água.

### 3.2. Química

- **Transformações Químicas** - Evidências de transformações químicas. Interpretando transformações químicas. Sistemas Gasosos: Lei dos gases. Equação geral dos gases ideais, Princípio de Avogadro, conceito de molécula; massa molar, volume molar dos gases. Teoria cinética dos gases. Misturas gasosas. Modelo corpuscular da matéria. Modelo atômico de Dalton. Natureza elétrica da matéria: Modelo Atômico de Thomson, Rutherford, Rutherford-Bohr. Átomos e sua estrutura. Número atômico, número de massa, isótopos, massa atômica. Elementos químicos e Tabela Periódica. Reações químicas.
- **Representação das transformações químicas** - Fórmulas químicas. Balanceamento de equações químicas. Aspectos quantitativos das transformações químicas. Leis ponderais das reações químicas. Determinação de fórmulas químicas. Grandezas Químicas: massa, volume, mol, massa molar, constante de Avogadro. Cálculos estequiométricos.
- **Materiais, suas propriedades e usos** - Propriedades de materiais. Estados físicos de materiais. Mudanças de estado. Misturas: tipos e métodos de



separação. Substâncias químicas: classificação e características gerais. Metais e Ligas metálicas. Ferro, cobre e alumínio. Ligações metálicas. Substâncias iônicas: características e propriedades. Substâncias iônicas do grupo: cloreto, carbonato, nitrato e sulfato. Ligação iônica. Substâncias moleculares: características e propriedades. Substâncias moleculares: H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, HCl, CH<sub>4</sub>. Ligação Covalente. Polaridade de moléculas. Forças intermoleculares. Relação entre estruturas, propriedade e aplicação das substâncias.

- **Água** - Ocorrência e importância na vida animal e vegetal. Ligação, estrutura e propriedades. Sistemas em Solução Aquosa: Soluções verdadeiras, soluções coloidais e suspensões. Solubilidade. Concentração das soluções. Aspectos qualitativos das propriedades coligativas das soluções. Ácidos, Bases, Sais e Óxidos: definição, classificação, propriedades, formulação e nomenclatura. Conceitos de ácidos e base. Principais propriedades dos ácidos e bases: indicadores, condutibilidade elétrica, reação com metais, reação de neutralização.
- **Transformações Químicas e Energia** - Transformações químicas energia calorífica. Calor de reação. Entalpia. Equações termoquímicas. Lei de Hess. Transformações químicas e energia elétrica. Reação de oxirredução. Potenciais padrão de redução. Pilha. Eletrólise. Leis de Faraday. Transformações nucleares. Conceitos fundamentais da radioatividade. Reações de fissão e fusão nuclear. Desintegração radioativa e radioisótopos.
- **Dinâmica das Transformações Químicas** - Transformações Químicas e velocidade. Velocidade de reação. Energia de ativação. Fatores que alteram a velocidade de reação: concentração, pressão, temperatura e catalisador.

- **Transformação Química e Equilíbrio** - Caracterização do sistema em equilíbrio. Constante de equilíbrio. Produto iônico da água, equilíbrio ácido-base e pH. Solubilidade dos sais e hidrólise. Fatores que alteram o sistema em equilíbrio. Aplicação da velocidade e do equilíbrio químico no cotidiano.
- **Compostos de Carbono** - Características gerais dos compostos orgânicos. Principais funções orgânicas. Estrutura e propriedades de Hidrocarbonetos. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos oxigenados. Fermentação. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos nitrogenados. Macromoléculas naturais e sintéticas. Noções básicas sobre polímeros. Amido, glicogênio e celulose. Borracha natural e sintética. Polietileno, poliestireno, PVC, Teflon, náilon. Óleos e gorduras, sabões e detergentes sintéticos. Proteínas e enzimas.
- **Relações da Química com as Tecnologias, a Sociedade e o Meio Ambiente** - Química no cotidiano. Química na agricultura e na saúde. Química nos alimentos. Química e ambiente. Aspectos científico-tecnológicos, socioeconômicos e ambientais associados à obtenção ou produção de substâncias químicas. Indústria Química: obtenção e utilização do cloro, hidróxido de sódio, ácido sulfúrico, amônia e ácido nítrico. Mineração e Metalurgia. Poluição e tratamento de água. Poluição atmosférica. Contaminação e proteção do ambiente.
- **Energias Químicas no Cotidiano** - Petróleo, gás natural e carvão. Madeira e hulha. Biomassa. Biocombustíveis. Impactos ambientais de combustíveis fósseis. Energia nuclear. Lixo atômico. Vantagens e desvantagens do uso de energia nuclear.

### 3.3. Biologia

- **Moléculas, células e tecidos** - Estrutura e fisiologia celular: membrana, citoplasma e núcleo. Divisão celular. Aspectos bioquímicos das estruturas celulares. Aspectos gerais do metabolismo celular. Metabolismo energético: fotossíntese e respiração. Codificação da informação genética. Síntese protéica. Diferenciação celular. Principais tecidos animais e vegetais. Origem e evolução das células. Noções sobre células-tronco, clonagem e tecnologia do DNA recombinante. Aplicações de biotecnologia na produção de alimentos, fármacos e componentes biológicos. Aplicações de tecnologias relacionadas ao DNA a investigações científicas, determinação da paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos. Aspectos éticos relacionados ao desenvolvimento biotecnológico. Biotecnologia e sustentabilidade.
- **Hereditariedade e diversidade da vida** - Princípios básicos que regem a transmissão de características hereditárias. Concepções pré-mendelianas sobre a hereditariedade. Aspectos genéticos do funcionamento do corpo humano. Antígenos e anticorpos. Grupos sanguíneos, transplantes e doenças auto-imunes. Neoplasias e a influência de fatores ambientais. Mutações gênicas e cromossômicas. Aconselhamento genético. Fundamentos genéticos da evolução. Aspectos genéticos da formação e manutenção da diversidade biológica.
- **Identidade dos seres vivos** - Níveis de organização dos seres vivos. Vírus, procariontes e eucariontes. Autótrofos e heterótrofos. Seres unicelulares e pluricelulares. Sistemática e as grandes linhas da evolução dos seres vivos. Tipos de ciclo de vida. Evolução e padrões anatômicos e fisiológicos observados nos seres vivos. Funções vitais dos seres vivos e sua relação com a adaptação desses organismos a diferentes ambientes. Embriologia,

anatomia e fisiologia humana. Evolução humana. Biotecnologia e sistemática.

- **Ecologia e ciências ambientais** - Ecossistemas. Fatores bióticos e abióticos. Habitat e nicho ecológico. A comunidade biológica: teia alimentar, sucessão e comunidade clímax. Dinâmica de populações. Interações entre os seres vivos. Ciclos biogeoquímicos. Fluxo de energia no ecossistema. Biogeografia. Biomas brasileiros. Exploração e uso de recursos naturais. Problemas ambientais: mudanças climáticas, efeito estufa; desmatamento; erosão; poluição da água, do solo e do ar. Conservação e recuperação de ecossistemas. Conservação da biodiversidade. Tecnologias ambientais. Noções de saneamento básico. Noções de legislação ambiental: água, florestas, unidades de conservação; biodiversidade.
- **Origem e evolução da vida** - A biologia como ciência: história, métodos, técnicas e experimentação. Hipóteses sobre a origem do Universo, da Terra e dos seres vivos. Teorias de evolução. Explicações pré-darwinistas para a modificação das espécies. A teoria evolutiva de Charles Darwin. Teoria sintética da evolução. Seleção artificial e seu impacto sobre ambientes naturais e sobre populações humanas.
- **Qualidade de vida das populações humanas** - Aspectos biológicos da pobreza e do desenvolvimento humano. Indicadores sociais, ambientais e econômicos. Índice de desenvolvimento humano. Principais doenças que afetam a população brasileira: caracterização, prevenção e profilaxia. Noções de primeiros socorros. Doenças sexualmente transmissíveis. Aspectos sociais da biologia: uso indevido de drogas; gravidez na adolescência; obesidade. Violência e segurança pública. Exercícios físicos e vida saudável. Aspectos biológicos do desenvolvimento sustentável. Legislação e cidadania.

## 4. Ciências Humanas e suas Tecnologias

- **Diversidade cultural, conflitos e vida em sociedade**

- Cultura Material e imaterial; patrimônio e diversidade cultural no Brasil.
- A Conquista da América. Conflitos entre europeus e indígenas na América colonial. A escravidão e formas de resistência indígena e africana na América.
- História cultural dos povos africanos. A luta dos negros no Brasil e o negro na formação da sociedade brasileira.
- História dos povos indígenas e a formação sócio-cultural brasileira.
- Movimentos culturais no mundo ocidental e seus impactos na vida política e social.

- **Formas de organização social, movimentos sociais, pensamento político e ação do Estado**

- Cidadania e democracia na Antiguidade; Estado e direitos do cidadão a partir da Idade Moderna; democracia direta, indireta e representativa.
- Revoluções sociais e políticas na Europa Moderna.
- Formação territorial brasileira; as regiões brasileiras; políticas de reordenamento territorial.
- As lutas pela conquista da independência política das colônias da América.
- Grupos sociais em conflito no Brasil imperial e a construção da nação.
- O desenvolvimento do pensamento liberal na sociedade capitalista e seus críticos nos séculos XIX e XX.
- Políticas de colonização, migração, imigração e emigração no Brasil nos séculos XIX e XX.

- A atuação dos grupos sociais e os grandes processos revolucionários do século XX: Revolução Bolchevique, Revolução Chinesa, Revolução Cubana.
  - Geopolítica e conflitos entre os séculos XIX e XX: Imperialismo, a ocupação da Ásia e da África, as Guerras Mundiais e a Guerra Fria.
  - Os sistemas totalitários na Europa do século XX: nazi-fascista, franquismo, salazarismo e stalinismo. Ditaduras políticas na América Latina: Estado Novo no Brasil e ditaduras na América.
  - Conflitos político-culturais pós-Guerra Fria, reorganização política internacional e os organismos multilaterais nos séculos XX e XXI.
  - A luta pela conquista de direitos pelos cidadãos: direitos civis, humanos, políticos e sociais. Direitos sociais nas constituições brasileiras. Políticas afirmativas.
  - Vida urbana: redes e hierarquia nas cidades, pobreza e segregação espacial.
- **Características e transformações das estruturas produtivas**
    - Diferentes formas de organização da produção: escravismo antigo, feudalismo, capitalismo, socialismo e suas diferentes experiências.
    - Economia agro-exportadora brasileira: complexo açucareiro; a mineração no período colonial; a economia cafeeira; a borracha na Amazônia.
    - Revolução Industrial: criação do sistema de fábrica na Europa e transformações no processo de produção. Formação do espaço urbano-industrial. Transformações na estrutura produtiva no século XX: o fordismo, o toyotismo, as novas técnicas de produção e seus impactos.
    - A industrialização brasileira, a urbanização e as transformações sociais e trabalhistas.
    - A globalização e as novas tecnologias de telecomunicação e suas consequências econômicas, políticas e sociais.

- Produção e transformação dos espaços agrários. Modernização da agricultura e estruturas agrárias tradicionais. O agronegócio, a agricultura familiar, os assalariados do campo e as lutas sociais no campo. A relação campo-cidade.

- **Os domínios naturais e a relação do ser humano com o ambiente**

- Relação homem-natureza, a apropriação dos recursos naturais pelas sociedades ao longo do tempo. Impacto ambiental das atividades econômicas no Brasil. Recursos minerais e energéticos: exploração e impactos. Recursos hídricos; bacias hidrográficas e seus aproveitamentos.
- As questões ambientais contemporâneas: mudança climática, ilhas de calor, efeito estufa, chuva ácida, a destruição da camada de ozônio. A nova ordem ambiental internacional; políticas territoriais ambientais; uso e conservação dos recursos naturais, unidades de conservação, corredores ecológicos, zoneamento ecológico e econômico.
- Origem e evolução do conceito de sustentabilidade.
- Estrutura interna da terra. Estruturas do solo e do relevo; agentes internos e externos modeladores do relevo.
- Situação geral da atmosfera e classificação climática. As características climáticas do território brasileiro.
- Os grandes domínios da vegetação no Brasil e no mundo.

- **Representação espacial**

- Projeções cartográficas; leitura de mapas temáticos, físicos e políticos; tecnologias modernas aplicadas à cartografia.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
**Instituto de Física**  
**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física**  
**Mestrado Profissional em Ensino de Física**

COMO TRABALHAR COM OS RESULTADOS DO ENEM: EXEMPLO COM AS  
QUESTÕES DE FÍSICA DA PROVA DE 2011

José Christian Lopes

&

Marta Feijó Barroso

Material instrucional associado à  
dissertação de mestrado de José Christian  
Lopes, apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Física, Instituto  
de Física, da Universidade Federal do Rio  
de Janeiro.

Rio de Janeiro  
02/2015



# SUMÁRIO

Introdução	1
Análise Qualitativa	2
Análise Quantitativa	4
Curva Característica do Item (CCI)	5
Curva Característica do Item (CCI) - Empírica	7
Combinação entre as diversas ferramentas utilizadas	8
Desempenho dos estudantes na prova de Ciências da natureza do ENEM 2011	9
Análise dos itens de Física	12
Comentários Finais	48
Referências Bibliográficas	49

## Introdução

Neste texto, apresentam-se análises das questões da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011. Esse material foi produzido na expectativa de fornecer subsídios para que o professor analise e reflita sobre a aprendizagem em Física. Para tanto, foram utilizados os itens de Física da prova *azul* de Ciências da Natureza do ENEM 2011.

O conceito do que seja “aprendizagem de Física” não apresenta uma definição uniforme para todos. Para alguns, saber física é saber resolver exercícios como os de final de capítulo de livro didático; para outros, é ser capaz de observar uma situação cotidiana e dar uma explicação baseada em conceitos físicos sobre o que está sendo observado; e muitas outras definições são possíveis. Aliás, dar uma interpretação precisa e simples do que seja aprender alguma coisa não é fácil. Por isso, utiliza-se aqui a ideia formulada nos objetivos do ENEM, do que seja considerado aprender física: ter as competências e habilidades que permitem resolver satisfatoriamente as questões apresentadas.

As questões (ou itens, na linguagem do ENEM) de Física da prova de Ciências da Natureza foram estudadas sobre dois pontos de vista: um qualitativo, no qual a questão é avaliada, e um quantitativo, no qual o desempenho dos estudantes é avaliado. A parte qualitativa é feita com a leitura da questão, sua resolução e reflexão sobre as exigências que ela faz, em nível cognitivo, aos estudantes. A parte quantitativa é feita a partir dos dados brutos apresentados pelo INEP em uma página específica para pesquisadores, em que esses dados brutos são um conjunto de arquivos em formato texto contendo informações sobre as respostas dos estudantes aos questionários e às provas.

O imenso volume de dados implicou na utilização de dois programas estatísticos para analisá-los: o SPSS<sup>1</sup> e o R<sup>2</sup>. As bases de dados foram criadas

---

<sup>1</sup> SPSS - Statistical Package for the Social Sciences, programa disponibilizado atualmente pela IBM.

<sup>2</sup> R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 08 abr. 2014

no SPSS, e a partir delas foram obtidas informações básicas: as notas na prova de Ciências da Natureza, o desempenho dos estudantes em cada uma das questões, o percentual de acertos e a escolha dos distratores além da dependência administrativa da escola, isto é, se a escola era pública (federal, estadual ou municipal) ou privada. Para uma melhor análise do desempenho dos estudantes foram traçadas as curvas características dos itens<sup>3</sup>, para cada item de Física, tanto a partir dos dados dos estudantes (curvas empíricas) quanto por meio da utilização do programa R (curva de ajuste do modelo).

## **Análise Qualitativa**

Para a avaliação qualitativa da questão, é necessário lê-la com atenção, refletir sobre a forma da questão, seu texto, a pergunta e as alternativas, avaliar o que é exigido, do ponto de vista de interpretação de texto e do ponto de vista cognitivo, dos estudantes para a sua resolução. Uma das questões interessantes é ver o que está contido nas alternativas que não constituem o gabarito de cada uma das questões.

O INEP, a partir de 2011, fornece nos dados disponíveis em sua página, a competência e a habilidade que cada questão avalia. No entanto, a leitura das questões muitas vezes deixa dúvida em relação à habilidade (ou à competência) avaliada. Neste caso, são indicadas as competências e habilidades obtidas por meio das discussões promovidas entre os componentes do grupo de Avaliações Educacionais do IF - UFRJ do qual o autor faz parte.

O resultado desta análise é apresentado na Tabela A1. A numeração dos itens é referente à prova *azul* de Ciências da Natureza de 2011. Entre parênteses, está a habilidade que consta dos dados fornecidos pelo INEP para cada item.

---

<sup>3</sup> Curva Característica do Item, do inglês Item Characteristic Curve (ICC)

**Tabela A1.** Relação de itens de Física do ENEM 2011 e as competências e habilidades testadas.

Item	Competência	Habilidade	Outras Habilidades Possíveis
46	6 (5)	20 (18)	17
54	5	17	
56	6	21	
60	2	6	5 ou 17
63	6	22	1 ou 17
66	6	23 (21)	
67	5 (6)	17 (22)	
70	2	5	
73	6 (2)	20 (7)	
74	1	1	18 ou 22
77	6	20	17
78	2	7	
80	6 (3)	23 (12)	
84	1	1	
86	6	23 (20)	

Outras formas de categorizar as questões podem ser utilizadas. Em particular, consideram-se as classificações propostas por Gonçalves Jr, em sua dissertação de mestrado (GONÇALVES JR, 2012, p.175). Essa classificação está apresentada na Tabela A.2.

**Tabela A2.** Classificação dos itens de Física do ENEM 2011 (GONÇALVES JR, 2012, p. 175)

Item	Linguagem não textual	interpretação de imagens / texto	Nível de Contextualização	Há cobrança explícita de conteúdo	Necessita de memorização de fórmula	Laboratório é diferencial	quanti / quali/ semi	conexão cognitiva (conteúdos)	conexão cognitiva (áreas)
46	I	sim	3	não	não	não	ql	não	não
54	T	sim	1	não	não	não	qt	não	não
56	não	não	3	sim	não	sim	ql	não	não
60	T	sim	2	sim	sim	não	qt	não	não
63	I + I	sim	3	não	não	não	ql	não	não
66	não	não	3	sim	não	não	ql	não	não
67	G	sim	3	não	não	não	ql	não	não
70	I	sim	3	sim	não	sim	ql	não	não
73	I	sim	3	sim	sim	não	qt	não	não
74	não	não	3	sim	não	não	ql	não	não
77	T	sim	3	sim	sim	sim	sq	não	não
78	I	sim	3	não	não	não	ql	não	
80	não	não	2	sim	não	não	ql	não	sim
84	I	sim	3	sim	não	não	ql	não	não
86	I	sim	3	sim	não	não	ql	não	não

Nessa Tabela A2, a primeira coluna à esquerda indica a numeração do item classificado como item de Física referente à prova *azul*. A coluna de linguagem não textual apresenta quais tipos de linguagem não textual o item apresenta atribuindo aos mesmos os valores *I*, *T*, *G* e *não* que correspondem,

respectivamente, Imagem, Tabela, Gráficos ou a ausência de todos estes. Na coluna seguinte apresenta a necessidade de interpretação das imagens/texto apresentados para a resolução do item.

O nível de contextualização foi indicado por valores numéricos de 0 a 3, onde 0 significa nenhuma contextualização e 3 o máximo de contextualização. Nas próximas duas colunas são apresentadas, respectivamente, a cobrança explícita de conteúdos de Física e a necessidade de memorização de alguma fórmula ou relação de proporcionalidades entre grandezas físicas.

Apresenta-se também se, para a resolução do item apresentado, a vivência do laboratório na vida escolar do estudante seria um diferencial.

Na coluna quanti / quali / semi atribui-se o valor quanti (quantitativo) quando, para solução do item, é obrigatória a realização de cálculos. O valor quali (qualitativo) é atribuído ao item cuja resolução necessita somente conhecimento, compreensão ou análise do conceito físico sem raciocínio matemático. O valor semi (semiquantitativos) são aqueles itens que podem ser resolvidos pela análise de proporcionalidade, envolvendo obrigatoriamente o conhecimento do conceito físico e cuja análise não se restrinja não a se encontrar um valor mas sim relações como “maior que”, “menor que”, “igual”, etc.

## **Análise Quantitativa**

A análise quantitativa do desempenho dos estudantes é apresentada, inicialmente, por meio da apresentação da distribuição das notas em Ciências da Natureza (por meio do histograma) bem como do percentual de acerto dos itens desta prova. Também é apresentada a comparação entre o percentual de acertos do grupo de participantes e dos estudantes concluintes. Em seguida, é apresentado o percentual de marcação do gabarito (acerto) e dos distratores apenas dos itens de Física para o grupo de estudantes concluintes.

Para uma melhor análise do desempenho dos estudantes concluintes

são apresentadas as curvas características dos itens<sup>4</sup>, obtidas por meio da utilização do programa R, para cada item de Física. Além disso, são apresentadas, também, as curvas características empíricas destes itens.

A curva característica do item relaciona a probabilidade de acerto do item com a aptidão ou habilidade do estudante, que se supõe descrita pelo escore.

### ***Curva Característica do Item (CCI)***

A curva característica do item relaciona a probabilidade de acerto do item com a aptidão ou habilidade do estudante.

Uma hipótese da TRI, Teoria da Resposta ao Item, é que cada item pode ser ajustado por uma curva característica. Essa curva apresenta, no eixo horizontal, o valor do escore (nota) do estudante, e na vertical a probabilidade que o estudante com aquele escore acerte a questão. Essa curva deve ter o formato de um **S** bem alargado: quanto menor a nota do estudante na prova, menor a probabilidade que ele acerte o item considerado; quanto maior a nota, maior a probabilidade de acerto daquele item.

A nota apresentada na horizontal muitas vezes não é dada como um valor entre 0 e 1000. Costuma ser dado como uma medida do chamado “desvio estatístico”: calcula-se a média das notas, e a essa média é atribuído o valor zero. Calcula-se o desvio padrão das notas, e esse desvio padrão tem valor 1. Então, um valor -1 significa que o estudante obteve uma nota igual a menos um desvio padrão em relação à média (se a média fosse 500 e o desvio padrão 100, 0 corresponderia a 500, -1 corresponderia a 400, +2 corresponderia a 600 e assim por diante).

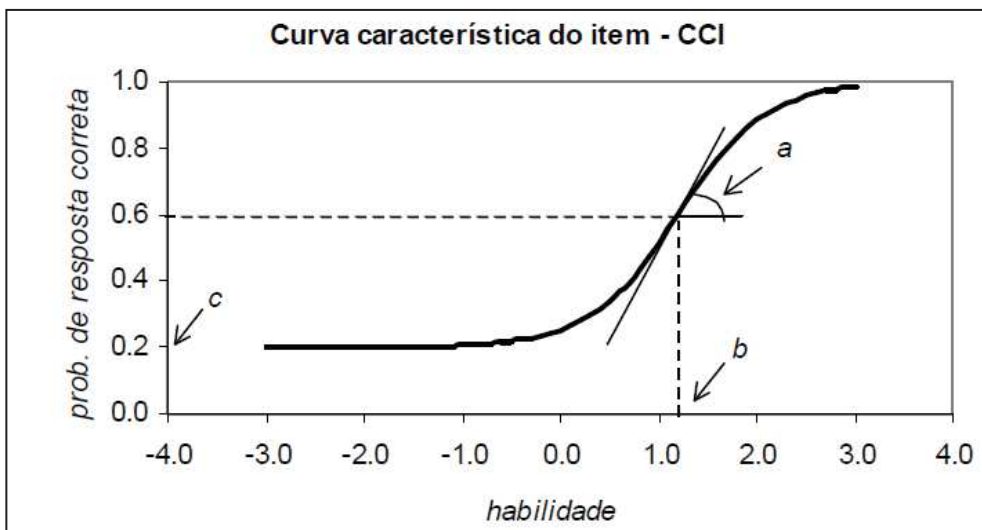
Essa curva é considerada como bem ajustada pelo modelo logístico. No ENEM é utilizado o modelo logístico de três parâmetros que permite avaliar para cada item: a dificuldade, a discriminação e a resposta dada ao acaso (o “chute”). Este modelo baseia-se no fato de que indivíduos com maior habilidade possuem maior probabilidade de acertar o item e que esta relação não é linear.

A Figura A1 apresenta os parâmetros de dificuldade (***b***), de

---

<sup>4</sup> Curva Característica do Item, do inglês Item Characteristic Curve (ICC)

discriminação (**a**) e de nível de pseudo-azar, popularmente conhecido como “chute” ou “acerto casual” (**c**) de um item. A habilidade está apresentada em função do desvio padrão onde o valor 0 representa a média. No caso do ENEM, em 2009, a média foi normalizada em 500 e o desvio padrão em 100.



**Figura A1.** Parâmetros de dificuldade (**b**), discriminação (**a**) e nível de pseudo-azar (**c**) dos itens (ANDRADE, 2000, p. 11).

O parâmetro (**c**), de nível de pseudo-azar, representa a probabilidade de acerto por um estudante cuja aptidão é muito baixa. Este parâmetro é dado pela assíntota inferior da CCI. Observe que para o item apresentado na Figura 1 este parâmetro vale 0,20 (20%).

O parâmetro dificuldade (**b**) para determinado item é obtido através da abscissa que corresponde à probabilidade de acerto igual a  $(1+c)/2$ . No exemplo apresentado  $b \cong 1,2$ . É importante frisar que quanto maior o valor de **b** maior a dificuldade do item. Quando o parâmetro **c** vale zero, o parâmetro de dificuldade corresponde à nota para a qual o estudante tem 50% de probabilidade de acertar o item.

O parâmetro de discriminação (**a**) é determinado pela inclinação da reta tangente à CCI no ponto em que a probabilidade de acerto for igual a  $(1+c)/2$ . Baixos valores de **a** indicam que a CCI possui baixa inclinação no que implica um item com baixa capacidade de discriminação, ou seja, estudantes com habilidades bem distintas acabam por possuírem probabilidades bem próximas de responder corretamente ao item. Neste modelo, não é esperado um valor negativo para a discriminação **a**.

## **Curva Característica do Item (CCI) - Empírica**

Para exemplificar o processo de construção da CCI empírica, na Tabela A3 são apresentados os dados relativos à questão 46 da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011, para os estudantes concluintes do ensino médio na rede pública federal. Inicialmente, toda a faixa de valores foi dividida em 20 partes praticamente iguais. Em seguida, para cada faixa obtêm-se o número de estudantes que tem nota naquela faixa, e desses, quantos acertaram uma dada questão. A fração de acertos é calculada então para cada uma dessas faixas.

**Tabela A3** - Dados para CCI empírica do item 46 - Concluintes da Rede Federal - CN - ENEM 2011.

<b>Faixa de escores</b>	<b>Início da faixa de escores</b>	<b>Final da faixa de escores</b>	<b>Ponto Médio da Faixa de escores</b>	<b>largura da faixa de escores</b>	<b>Número de concluintes por faixa</b>	<b>Número de concluintes que acertaram o item</b>	<b>Percentual de acertos do Item 46</b>
1	269,000	393,980	331,490	69,490	1109	192	0,17312894
2	393,980	433,800	413,890	19,910	1105	218	0,19728507
3	433,800	459,500	446,650	12,850	1096	221	0,20164234
4	459,500	479,600	469,550	10,050	1097	206	0,18778487
5	479,600	496,200	487,900	8,300	1134	232	0,20458554
6	496,200	509,300	502,750	6,550	1096	232	0,21167883
7	509,300	521,500	515,400	6,100	1084	223	0,20571956
8	521,500	532,600	527,050	5,550	1107	249	0,22493225
9	532,600	542,900	537,750	5,150	1056	246	0,23295455
10	542,900	552,600	547,750	4,850	1153	283	0,24544666
11	552,600	562,100	557,350	4,750	1168	319	0,27311644
12	562,100	571,800	566,950	4,850	1034	272	0,26305609
13	571,800	581,900	576,850	5,050	1105	300	0,27149321
14	581,900	591,800	586,850	4,950	1101	306	0,27792916
15	591,800	602,600	597,200	5,400	1142	346	0,30297723
16	602,600	614,500	608,550	5,950	1124	394	0,35053381
17	614,500	629,300	621,900	7,400	1135	394	0,34713656
18	629,300	648,400	638,850	9,550	1106	433	0,3915009
19	648,400	679,520	663,960	15,560	1117	463	0,41450313
20	679,520	851,000	765,260	85,740	1126	537	0,47690941

No caso da curva característica empírica de um item os eixos representam o percentual de acertos do item e a faixa de escore (habilidade) dos estudantes. Ou seja, a CCI empírica representa o percentual total de estudantes (neste caso, concluintes) que acertaram o item por faixa de escores (representadas pelo ponto médio da respectiva faixa).

A partir dessas informações e da Tabela A3 é possível encontrar os pontos e uma CCI empírica, como é mostrado na Figura A2.



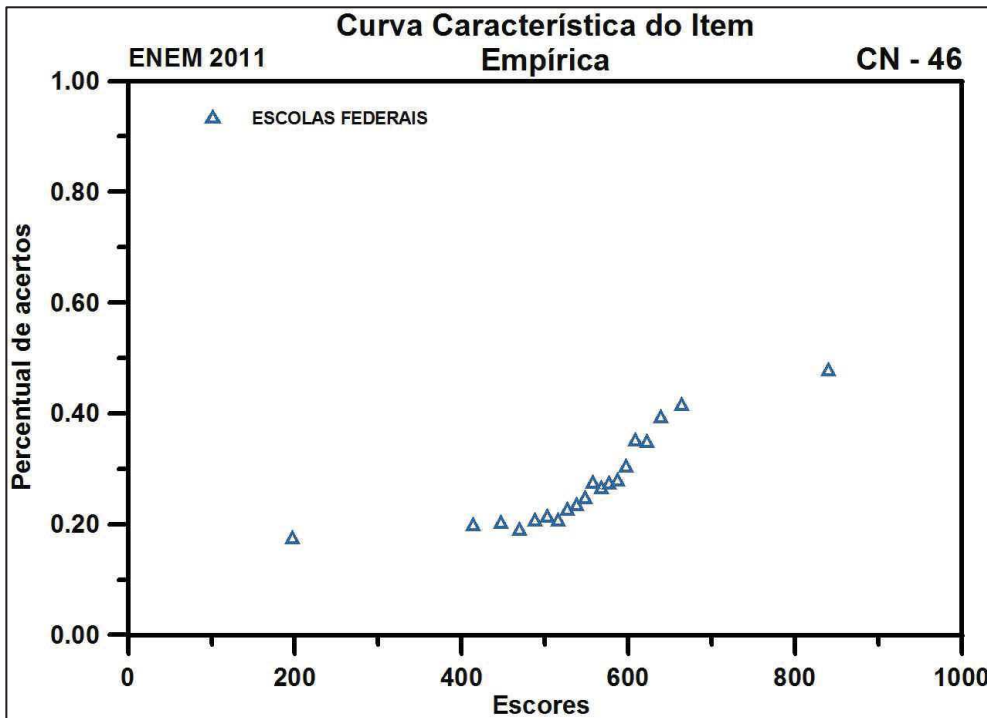


Figura A2 - CCI Empírica do Item 46 do ENEM 2011 - Concluintes da Rede Federal.

## Combinação entre as diversas ferramentas utilizadas

É interessante perceber as possibilidades que a combinação entre os resultados obtidos com esses dados fornecem para o estudo da aprendizagem dos estudantes ao final do ensino médio. A combinação dos dados estritamente quantitativos (quantos estudantes escolhem cada distrator, qual o percentual de acerto em cada item, como se comporta a curva característica do item, tanto a empírica quanto a obtida do modelo, entre outros) com os dados estritamente qualitativos (o que a questão avalia, quais os conteúdos abordados, que competências são mobilizadas para sua resolução, qual a qualidade dos distratores) permite fazer inferências a respeito da aprendizagem em Física no país – inferências que a abordagem apenas quantitativa ou apenas qualitativa não ficam evidentes.

Com a intenção de verificar a existência de comportamento diferencial de um item (DIF, do inglês Differential Item Functioning) ou de impacto nos diversos itens da prova foram traçadas as curvas características dos itens para o total de concluintes e para os concluintes das escolas federais no país.

Segundo Barroso e Franco (2008):

*Um item apresenta DIF entre dois ou mais grupos distintos (por exemplo, homens e mulheres; estudantes de escola pública e escola privada, entre outros) quando as probabilidades de acerto do item forem significativamente diferentes entre estudantes pertencentes a grupos com a mesma habilidade cognitiva*

Apesar da exigência que uma boa avaliação não apresente DIF em relação aos diversos grupos populacionais que estão sob avaliação, a detecção de itens com DIF pode revelar importantes características sobre os processos de aprendizagem envolvidos, e a explicação desse comportamento possibilitaria avaliar diferenças curriculares, de abordagens pedagógicas e outras.

Neste trabalho observou-se que há diferenças entre o desempenho de estudantes em diversos tipos de escola (na nomenclatura utilizada pelo INEP, dependência administrativa) e por gênero. Apresenta-se aqui uma primeira parte desta análise: os estudantes das escolas públicas federais têm um desempenho consistentemente melhor do que os demais estudantes (de escolas públicas estaduais e privadas). Não é evidente a existência de DIF, mas é clara a existência do impacto. Impacto é um termo utilizado para caracterizar um comportamento globalmente diferente (independente da aptidão do estudante, ou do escore) de um grupo.

## **Desempenho dos estudantes na prova de Ciências da Natureza de 2011**

A análise exploratória dos dados do ENEM 2011 disponibilizados pelo INEP permite avaliar o desempenho dos candidatos nas provas realizadas. Através desses dados é possível verificar qual foi a escolha de cada candidato para a resposta em cada item e, dessa forma, pode-se obter o percentual de acertos por questão.

Na Tabela A4, apresentam-se alguns valores relativos à estatística geral dos estudantes concluintes na prova. O universo desses estudantes

concluintes é constituído de 1.268.791 candidatos. Nas colunas dessa tabela, apresentam-se os resultados dos escores fornecidos pelo INEP utilizando a TRI (método de ajuste por três parâmetros), que foi normalizada em 500 com desvio padrão 100 no ano de 2009; o total de acertos na prova, consistindo de 45 itens; e a nota tradicional, calculada segundo a Teoria Clássica de Testes, que corresponde a atribuir igual peso a cada uma das questões da prova.

**Tabela A4.** Os valores de tendência central e dispersão em Ciências da Natureza do Enem 2011, para os estudantes concluintes do ensino médio.

	<b>Escore TRI (valor entre 0 e 1000)</b>	<b>Total de acertos na prova (máximo 45)</b>	<b>Nota tradicional na prova (entre 0 e 10)</b>
<b>Média</b>	461.3	14.2	3.2
<b>Desvio padrão</b>	86.9	5.6	1.2

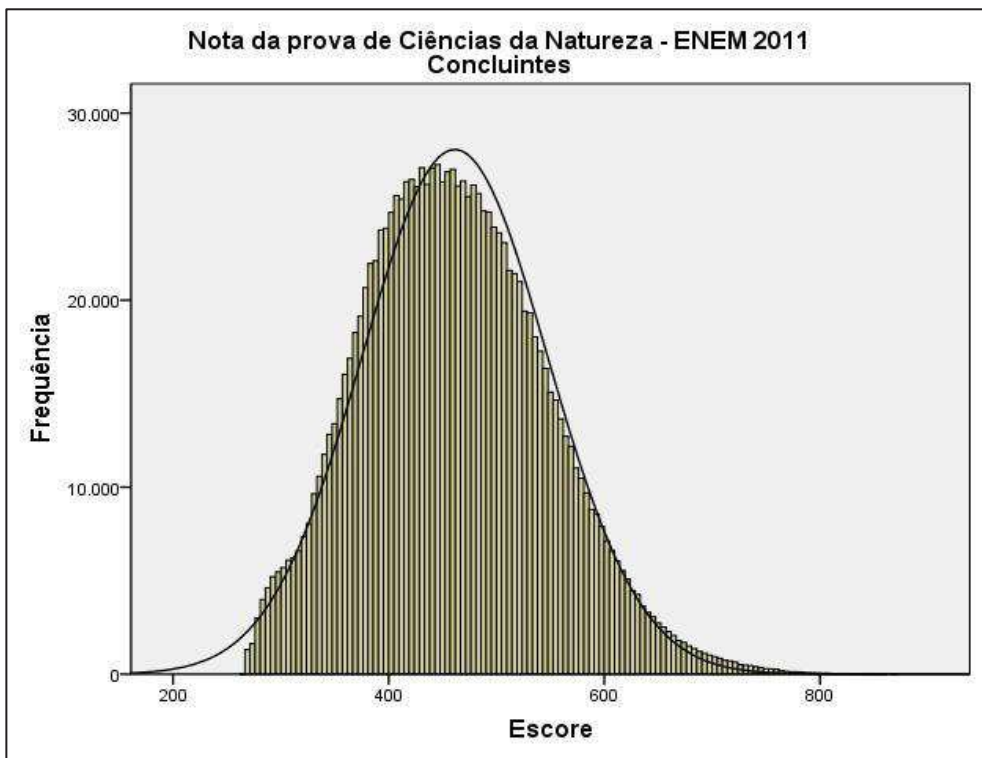
Observa-se desta tabela que a média em 2011 entre os concluintes é inferior a 500 e o desvio padrão é inferior a 100, valores utilizados na normalização do primeiro ano do exame; portanto, os estudantes obtiveram desempenho inferior e com resultado mais concentrado. A nota tradicional na prova é extremamente baixa: os estudantes, em média, acertam 1/3 do total de questões.

Na Figura A3, o histograma da distribuição das notas (escores TRI) nesta prova é apresentado, para melhor visualização dos dados.

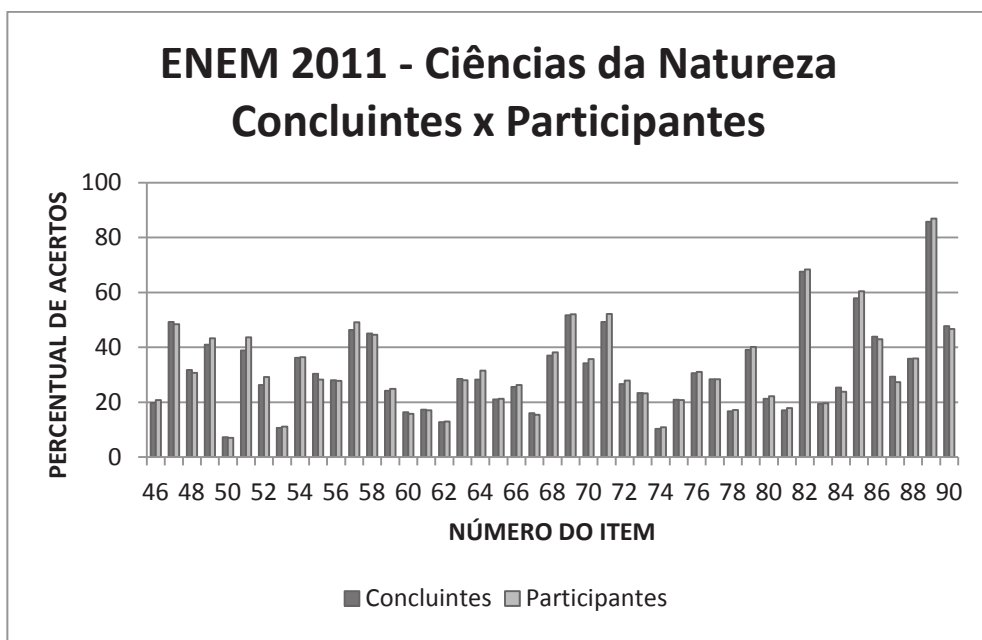
Na Figura A4, apresenta-se na forma de um gráfico o percentual de acertos de cada item dos participantes e dos concluintes do ensino médio na prova de Ciências da Natureza.

Verifica-se que, quanto ao percentual de acertos nos itens desta prova, não há diferença significativa entre os candidatos concluintes e a totalidade de participantes. As médias dos percentuais de acertos na prova de Ciências da Natureza para os participantes e para os concluintes são, respectivamente, 32,0% e 31,5%.

Entretanto, como o foco deste trabalho é promover subsídios para a compreensão da aprendizagem em Física, a partir de agora serão apresentados os resultados apenas dos candidatos concluintes do ensino médio em 2011.

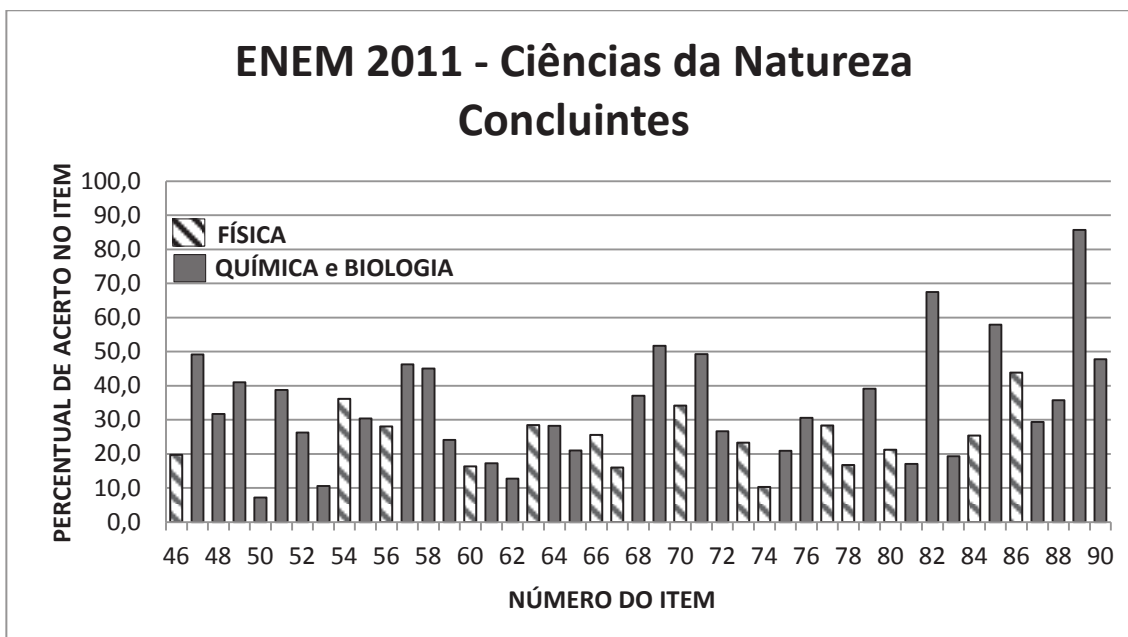


**Figura A3.** Histograma das notas (escores TRI) da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011.



**Figura A4.** Percentual de acertos nos itens da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011.

Na Figura A5 apresenta-se o gráfico do desempenho dos concluintes na prova de Ciências da Natureza; estão destacados os itens classificados como “questões de Física” (GONÇALVES JR, 2012) da edição do ENEM 2011.



**Figura A5.** Percentual de acertos nos itens de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011.

Os resultados revelam o fraco desempenho dos candidatos na prova de Ciências da Natureza. A média do percentual de acertos nas questões da prova é de 31,5%, e nos itens de Física (15) é 24,9%, inferior ao geral. Nas questões de Química (12) a média de acertos é 29,2% e nas questões de Biologia (18) é 38,6%.

Para entender melhor o que esses dados revelam, foi feita a análise detalhada de todos os itens considerados como sendo de Física na prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011.

### **Análise dos itens de Física**

Apresenta-se a seguir um estudo dos itens de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011. Este estudo apresenta, para cada item, o texto, o gabarito (única solução correta), a proposta de resolução, a competência e a habilidade avaliadas (segundo a Matriz de Referência) bem como os resultados quantitativos: o percentual de marcação em cada uma das alternativas de resposta sugeridas e o percentual de acertos.

Em seguida, a curva característica do item é mostrada. Esta curva permite verificar algumas informações importantes, pois ela fornece, para cada

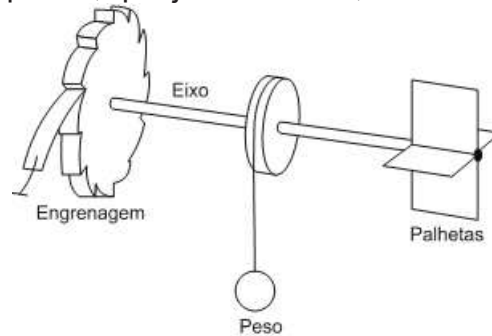
faixa definida de valores da aptidão (o escore TRI), o valor da probabilidade de acerto daquela questão por um estudante com a aptidão dada. Com ela pode-se avaliar como os estudantes com baixo desempenho respondem àquele item, e como os estudantes de alto desempenho o fazem. Esta curva característica é traçada a partir dos parâmetros da TRI obtidos com o programa R, e geralmente apresentada em unidades de desvio estatístico: -4, -3, -2 e -1 correspondem respectivamente a 4, 3, 2 ou 1 desvios padrões abaixo da média (cerca de 114, 200, 288 e 375 pontos no ENEM 2011), 0 corresponde à média (cerca de 461 pontos no ENEM 2011), 1, 2, 3 e 4 correspondem respectivamente a 1, 2, 3 ou 4 desvios padrão acima da média (cerca de 548, 635, 722 ou 809 pontos no ENEM 2011). Também são apresentadas as curvas características empíricas dos itens para o total de concluintes bem como para os concluintes das escolas federais Brasileiras.

É importante mencionar que neste trabalho foi feita a classificação de dificuldade do item da forma a seguir: uma questão foi considerada fácil se sua dificuldade é inferior a -1 (inferior a 375 pontos no ENEM 2011), média entre -1 e +1 (entre 375 e 548 pontos no ENEM 2011), difícil entre +1 e +2 (entre 548 e 635 pontos no ENEM 2011) e muito difícil acima de +2 (acima de 635 pontos no ENEM 2011).

Ao final, são apresentados breves comentários sobre a avaliação do que a questão revela sobre a aprendizagem dos estudantes.

### Questão 46 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Partículas suspensas em um fluido apresentam contínua movimentação aleatória, chamado movimento browniano, causado pelos choques das partículas que compõe o fluido. A ideia de um inventor era construir uma série de palhetas, montadas sobre um eixo, que seriam postas em movimento pela agitação das partículas ao seu redor. Como o movimento ocorreria igualmente em ambos os sentidos de rotação, o cientista concebeu um segundo elemento, um dente de engrenagem assimétrico. Assim, em escala muito pequena, este tipo de motor poderia executar trabalho, por exemplo, puxando um pequeno peso para cima. O esquema, que já foi testado, é mostrado a seguir.



Inovação Tecnológica. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

A explicação para a necessidade do uso da engrenagem com trava é:

- a) O travamento do motor, para que ele não se solte aleatoriamente.
- b) A seleção da velocidade, controlada pela pressão nos dentes da engrenagem.
- c) O controle do sentido da velocidade tangencial, permitindo, inclusive, uma fácil leitura do seu valor.
- d) A determinação do movimento, devido ao caráter aleatório, cuja tendência é o equilíbrio.
- e) A escolha do ângulo a ser girado, sendo possível, inclusive, medi-lo pelo número de dentes da engrenagem.

**Gabarito:**

[D]

**Resolução:**

A questão usa no texto base um experimento realizado a partir de uma experiência imaginária proposta por Smoluchowski (ESHUIS et al, 2010). No entanto, o enunciado da questão não leva em conta as condições nas quais a experiência foi realizada, e apenas deve ser considerado o que está na leitura do texto. Segundo este enunciado, o motor funcionaria em duas direções, e o sentido da rotação seria determinado pelo conjunto engrenagem-trava.

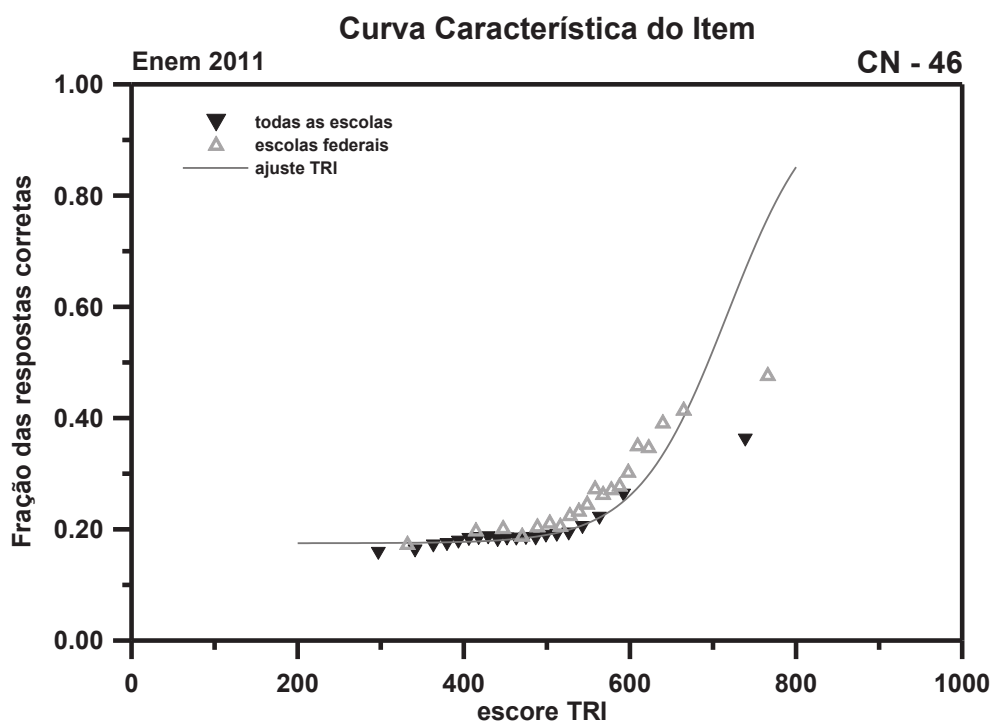
### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes. (Observação: o INEP classificou esta questão como H18.)

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

46	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	29,15	28,54
B	26,54	25,21
C	13,03	13,50
D	19,71	20,77
E	11,24	11,65
Branco	0,22	0,21
Invalido	0,12	0,12
TOTAL	100,00	100,00



### Discussão Geral sobre o Item:

O item apresenta um dispositivo proposto por Smoluchowski–Feynman, e realizado em nível macroscópico em uma experiência realizada com a utilização de um gás granular conforme descrita em Eshuis et al (2010). Tanto a distribuição de marcações nas alternativas quanto a CCI mostram que os estudantes apresentaram grande dificuldade para responder a este item (item difícil, cerca de 720 pontos), e que ele não discrimina os estudantes com escore abaixo de 550 pontos. O índice de acerto casual está em cerca de 18%.



O item aborda a segunda lei da termodinâmica, assunto casualmente mencionado na lista de objetos de conhecimento da Matriz de Referência (“O calor e os fenômenos térmicos – Conceitos de calor e temperatura. ... Leis da Termodinâmica. ...”). No entanto, a resolução solicita apenas a interpretação de um trecho do texto base. Pode-se concluir que este item nada revela a respeito da aprendizagem sobre calor por parte dos estudantes.

**Questão 54 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul**

Certas ligas estanho-chumbo com composição específica formam um eutético simples, o que significa que uma liga com essas características se comporta como uma substância pura, com um ponto de fusão definido, no caso 183°C. Essa é uma temperatura inferior mesmo ao ponto de fusão dos metais que compõem esta liga (o estanho puro funde a 232°C e o chumbo puro a 320°C) o que justifica sua ampla utilização na soldagem de componentes eletrônicos, em que o excesso de aquecimento deve sempre ser evitado. De acordo com as normas internacionais, os valores mínimo e máximo das densidades para essas ligas são de 8,74 g/mL e 8,82 g/mL, respectivamente. As densidades do estanho e do chumbo são 7,3 g/mL e 11,3 g/mL, respectivamente. Um lote contendo 5 amostras de solda estanho-chumbo foi analisado por um técnico, por meio da determinação de sua composição percentual em massa, cujos resultados estão mostrados no quadro a seguir.

<b>Amostra</b>	<b>Porcentagem de Sn (%)</b>	<b>Porcentagem de Pb (%)</b>
I	60	40
II	62	38
III	65	35
IV	63	37
V	59	41

Com base no texto e na análise realizada pelo técnico, as amostras que atendem às normas internacionais são

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e IV.
- d) III e V.
- e) IV e V.

**Gabarito:**

[C]

**Resolução:**

Este item envolve o cálculo de densidade de uma mistura homogênea e sólida o qual é realizado através de uma média aritmética ponderada das densidades dos materiais que a compõem.

Utilizando-se das densidades absolutas do estanho (Sn) e chumbo (Pb), 7,3 g/mL e 11,3 g/mL, respectivamente além das porcentagens, em massa, de cada um dos metais, fornecidas no enunciado, podemos calcular as densidades de cada amostra.

Amostra I (60 % de Sn e 40 % de Pb):

$$d_I = \frac{60}{100} \times 7,3 + \frac{40}{100} \times 11,3 = 8,9 \text{ g/mL}$$

Amostra II (62 % de Sn e 38 % de Pb):

$$d_{II} = \frac{62}{100} \times 7,3 + \frac{38}{100} \times 11,3 = 8,82 \text{ g/mL}$$

Amostra III (65 % de Sn e 35 % de Pb):

$$d_{III} = \frac{65}{100} \times 7,3 + \frac{35}{100} \times 11,3 = 8,7 \text{ g/mL}$$

Amostra IV (63 % de Sn e 37 % de Pb):

$$d_{IV} = \frac{63}{100} \times 7,3 + \frac{37}{100} \times 11,3 = 8,78 \text{ g/mL}$$

Amostra V (59 % de Sn e 41 % de Pb):

$$d_V = \frac{59}{100} \times 7,3 + \frac{41}{100} \times 11,3 = 8,94 \text{ g/mL}$$

Conforme informado no enunciado, os valores mínimo e máximo das densidades para as ligas, de acordo com as normas internacionais, são de 8,74 g/mL e 8,82 g/mL, respectivamente. As amostras que atendem às normas são a II ( $d = 8,82 \text{ g/mL}$ ) e a IV ( $d = 8,78 \text{ g/mL}$ ).

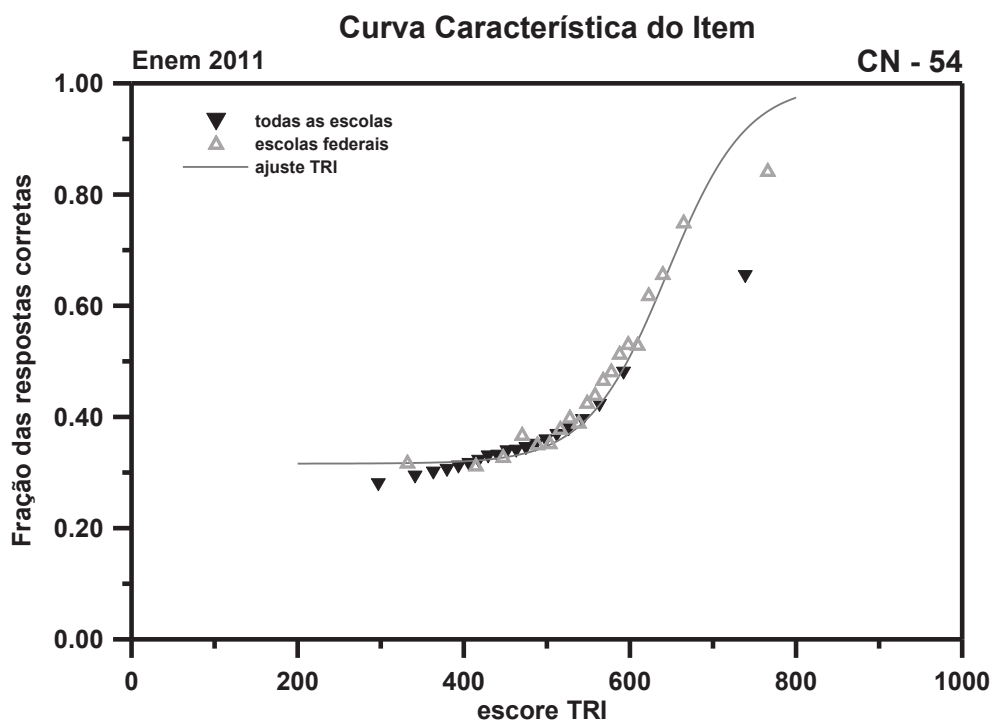
### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

5H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

54	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	12,51	12,45
B	17,14	16,80
C	36,13	36,42
D	22,92	22,99
E	10,76	10,83
Branco	0,40	0,38
Invalido	0,13	0,13
TOTAL	100,00	100,00



### Discussão Geral sobre o Item:

Este item apresenta um percentual de acerto (36%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (25%); ainda assim, a CCI mostra que o item é difícil (cerca de 650 pontos), e não discrimina aqueles com escore abaixo de 550 pontos. Neste item, foi observado um percentual de acerto casual de 32%.

Apesar do item ser de grande dificuldade, o estudante que observasse atentamente perceberia que, como a densidade da liga estanho-chumbo deve pertencer a um intervalo contínuo de valores, neste caso [8,74 g/mL ; 11,3 g/mL], a porcentagem de estanho (e de chumbo) também deveria pertencer a um intervalo contínuo de valores.

Por exemplo, o distrator **b**, onde as porcentagens de estanho são 60% e 65%, respectivamente, para as amostras I e III também contemplaria a utilização de qualquer amostra com porcentagem de estanho no intervalo de valores [60% ; 65%], ou seja, este distrator afirma, implicitamente, que se as amostras I e III satisfizerem as condições do problema apresentado também o fariam as amostras II e IV por possuírem porcentagens de estanho respectivamente iguais a 62% e 63%. Portanto, os pares de amostras relacionados nos distratores **d** e **e** também não possibilitam um par de amostras com resultado plausível.

### Questão 56- CN - ENEM 2011 - Prova Azul

O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:

*Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante.*

Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon

- a) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
- b) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
- c) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente.
- d) induz correntes elétricas na bobina mais intensas que a capacidade do captador.
- e) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

### Gabarito:

[C]

### Resolução:

De acordo com o enunciado: **“O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra...”**. A magnetização das cordas de aço ocorre devido às suas propriedades ferromagnéticas, que por sua vez, as fazem comportar-se como ímãs.

O fluxo magnético do campo gerado pelas cordas magnetizadas fluirá através da bobina. E, baseando-se nas leis da indução magnética, é possível afirmar que toda vez que o fluxo magnético através de um circuito varia, surge, neste circuito, uma fem (força eletromotriz) induzida. E por sua vez, num circuito fechado, surgirá uma corrente elétrica induzida. Neste caso, a corrente é induzida na bobina e transmitida ao amplificador e, daí, ao alto-falante. Portanto, quando as cordas de aço são trocadas pelas de náilon (material não magnético), o efeito de magnetização das mesmas torna-se desprezível, e quando elas vibram, não ocorre variação do fluxo magnético na bobina e, por consequência, não induzindo uma corrente elétrica na mesma. Dessa forma, não há corrente elétrica no amplificador e não há som no alto-falante.

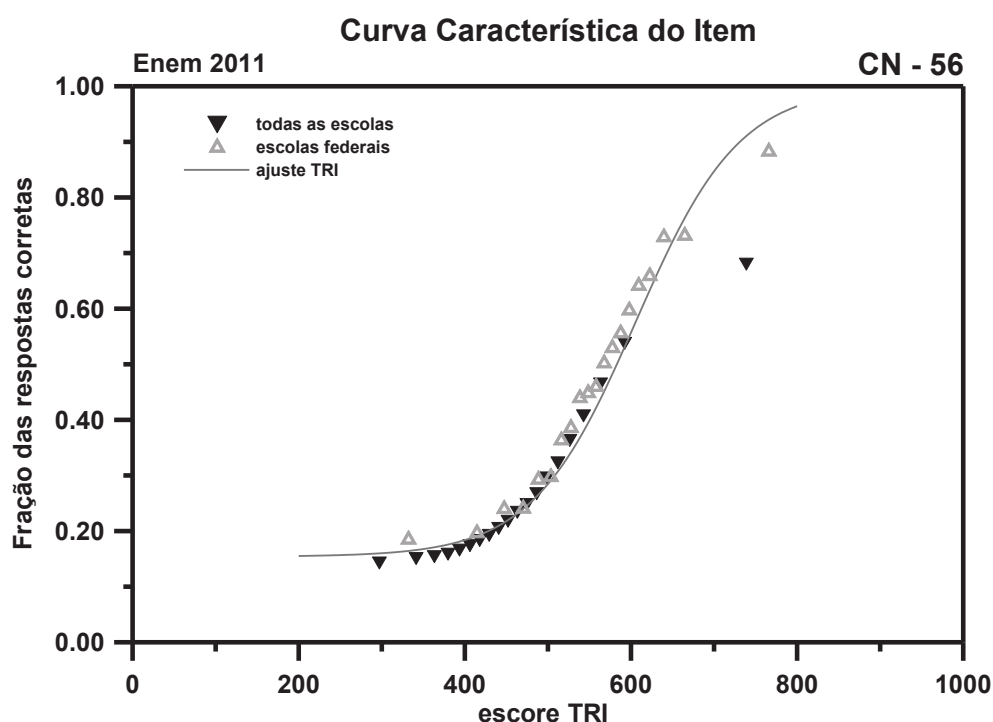
### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológica.

6H21 – Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

56	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	38,07	37,35
B	5,85	6,00
C	28,03	27,75
D	6,68	6,49
E	21,00	22,02
Branco	0,20	0,20
Invalido	0,17	0,17
TOTAL	100,00	100,00



### Discussão Geral sobre o Item:

Embora este item apresente um percentual de acerto (28%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (25%), a CCI mostra que o mesmo pode ser considerado como de difícil resolução (cerca de 600 pontos) por parte dos estudantes, além de ter um baixo percentual de acerto casual, cerca de 15%. Entretanto, este item discrimina os participantes com escores acima da média, ou seja, acima 460 pontos.

Este item apropria-se de um objeto de conhecimento que não consta na Matriz de Referência do ENEM, a indução eletromagnética.

Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que cerca de 38% dos concluintes obtiveram uma compreensão errônea do enunciado, possibilitando o entendimento da substituição do fio da bobina ao invés da corda da guitarra, ou, ainda, que a corrente elétrica induzida na bobina seria conduzida até o alto-falante pela própria corda da guitarra, optando pelo distrator A. Quanto ao distrator E, cuja marcação também foi significativa, verifica-se que os estudantes não percebem que a troca das cordas de aço pelas de nylon acarretaria uma mudança no timbre e não na frequência dos sons emitidos.

**Questão 60- CN - ENEM 2011 - Prova Azul**

Em um manual de um chuveiro elétrico são encontradas informações sobre algumas características técnicas, ilustradas no quadro, como a tensão de alimentação, a potência dissipada, o dimensionamento do disjuntor ou fusível, e a área da seção transversal dos condutores utilizados.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
Especificação				
Modelo			A	B
Tensão (V~)			127	220
Potência (Watt)	Seletor de Temperatura Multitemperaturas	○	0	0
		●	2440	2540
		●●	4400	4400
		●●●	5500	6000
Disjuntor ou fusível (Ampère)			50	30
Seção dos condutores (mm <sup>2</sup> )			10	4

Uma pessoa adquiriu um chuveiro do modelo A e, ao ler o manual, verificou que precisava ligá-lo a um disjuntor de 50 Ampères. No entanto, intrigou-se com o fato de que o disjuntor a ser utilizado para uma correta instalação de um chuveiro do modelo B devia possuir amperagem 40% menor.

Considerando-se os chuveiros de modelos A e B, funcionando à mesma potência de 4 400 W, a razão entre as suas respectivas resistências elétricas,  $R_A$  e  $R_B$  que justifica a diferença de dimensionamento dos disjuntores, é mais próxima de:

- a) 0,3.
- b) 0,6.
- c) 0,8.
- d) 1,7.
- e) 3,0.

**Gabarito:****[A]****Resolução:**

Dados:  $P = 4.400 \text{ W}$ ;  $U_A = 127 \text{ V}$ ;  $U_B = 220 \text{ V}$ ;  $I_A = 50 \text{ A}$ ;  $I_B = 30 \text{ A}$ .

Como a potência é a mesma nos dois casos, temos:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_A = \frac{U_A^2}{R_A} \\ P_B = \frac{U_B^2}{R_B} \end{array} \right\} \Rightarrow P_A = P_B \Rightarrow \frac{U_A^2}{R_A} = \frac{U_B^2}{R_B} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \left( \frac{U_A}{U_B} \right)^2 \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \left( \frac{127}{220} \right)^2 \Rightarrow$$

$$\frac{R_A}{R_B} = (0,58)^2 \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = 0,3.$$

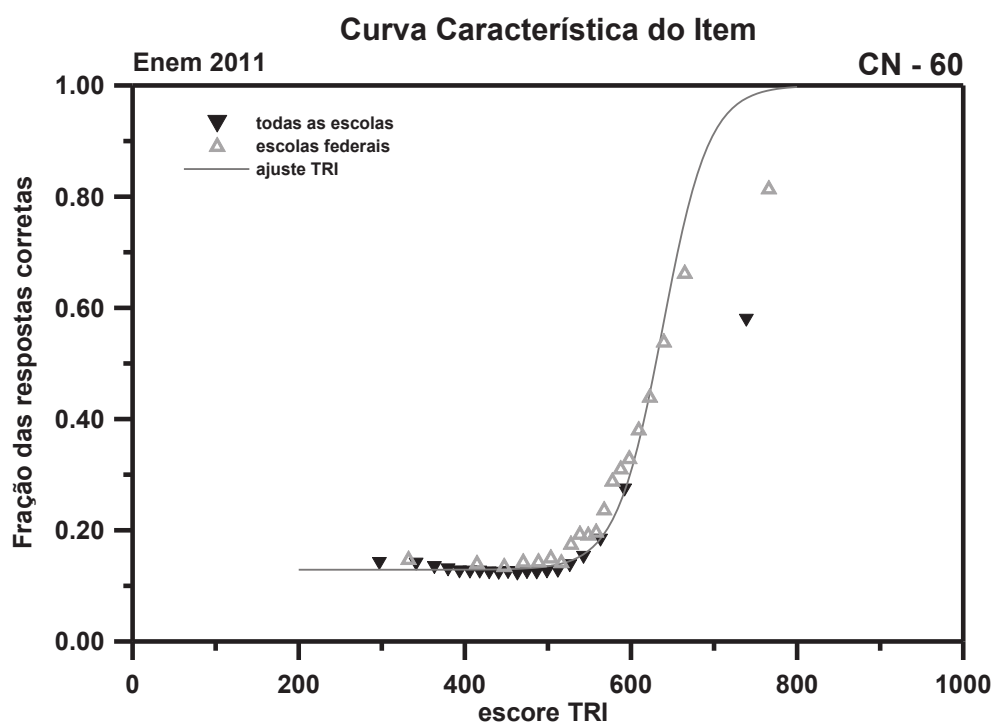
### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

2H6 - Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

60	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	16,32	15,75
B	20,01	20,70
C	22,40	22,22
D	26,22	26,33
E	14,57	14,54
Branco	0,37	0,35
Invalido	0,11	0,12
TOTAL	100,00	100,00



### Discussão Geral sobre o Item:

A CCI indica que o item é muito difícil (cerca de 640 pontos), além de ter um baixo percentual de acerto casual, cerca de 13%. Apresenta um elevado coeficiente de discriminação dos participantes e o faz para os que possuem escores acima de 540 pontos.

Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que o distrator D, mais marcado pelos estudantes, apresenta como resultado um valor numérico que pode ser facilmente encontrado por utilização direta de valores constantes na tabela apresentada, como a razão entre as

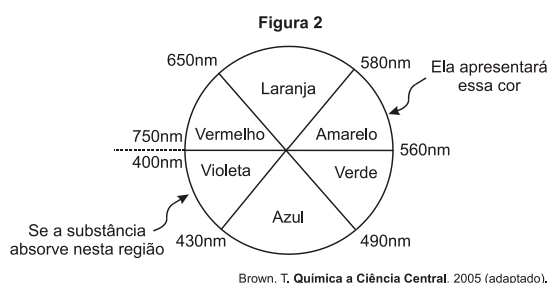
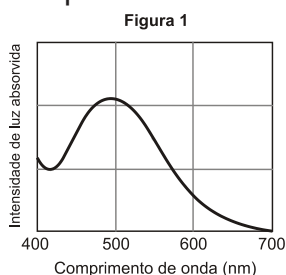


especificações de corrente dos disjuntores (50 A/ 30 A) e a razão inversa das diferenças de potencial (220 V/ 127 V). Quanto ao distrator B, é exatamente um valor inverso ao do distrator D. Nestes dois distratores os estudantes demonstram o desconhecimento da lei de Ohm e/ou do cálculo da potência elétrica dissipada num resistor elétrico. A plausibilidade do distrator C poderia ser associada à razão entre os valores de potência apresentadas para o chuveiro A (4400 W / 5500 W).

Este item ainda apresenta uma particularidade no distrator E, que é o valor inverso ao do gabarito; o estudante que calculou, corretamente, a razão inversa das resistências, ou seja  $R_B/R_A$ , a considerou como correta. De certa forma, este distrator pode ser considerado como, no mínimo, uma indução ao engano.

### Questão 63- CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A Figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2): o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.



Brown, T. Química e Ciência Central. 2005 (adaptado).

Qual a cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1?

- a) Azul.
- b) Verde.
- c) Violeta.
- d) Laranja.
- e) Vermelho.

**Gabarito:**

**[E]**

**Resolução:**

Conforme é visto no gráfico essa substância apresenta maior absorção para comprimentos de onda em torno de 500 nm, o que corresponde à cor verde. Utilizando-se da informação dada no enunciado: ... “**o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.**”, e verificando na roda de cores, o comprimento de onda oposto ao da cor verde é o da cor vermelha.

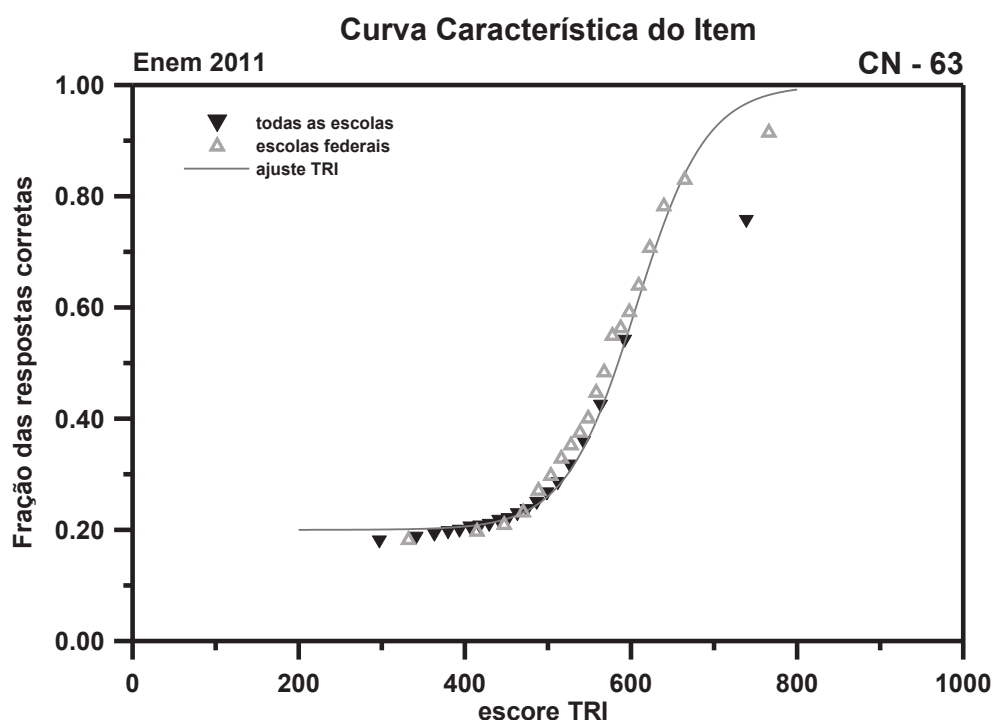
**Competência e Habilidade verificadas no Item:**

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

**Percentual de marcações no gabarito e distratores:**

63	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	12,45	12,61
B	26,00	25,47
C	18,33	18,35
D	14,34	15,11
E	28,44	28,00
Branco	0,24	0,25
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00



**Discussão Geral sobre o Item:**

Embora este item apresente um percentual de acerto (28%) ligeiramente superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (25%), a CCI mostra que o item é difícil (cerca de 600 pontos), e não discrimina aqueles com escore abaixo da média, ou seja, cerca de 460 pontos. Neste item, foi observado um percentual de acerto casual de 20%.

A tabela de percentuais de marcação do gabarito e dos distratores revela a falta de atenção na leitura do enunciado ou ainda a falha na interpretação ou compreensão do mesmo, visto que 26% marcou o distrator B (verde).

Esta questão avalia exclusivamente a capacidade de interpretação e compreensão do texto.

### Questão 66- CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. *Física Térmica*. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

#### Gabarito:

[C]

#### Resolução:

Conforme a segunda lei da termodinâmica. "É impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, converter integralmente calor em trabalho".

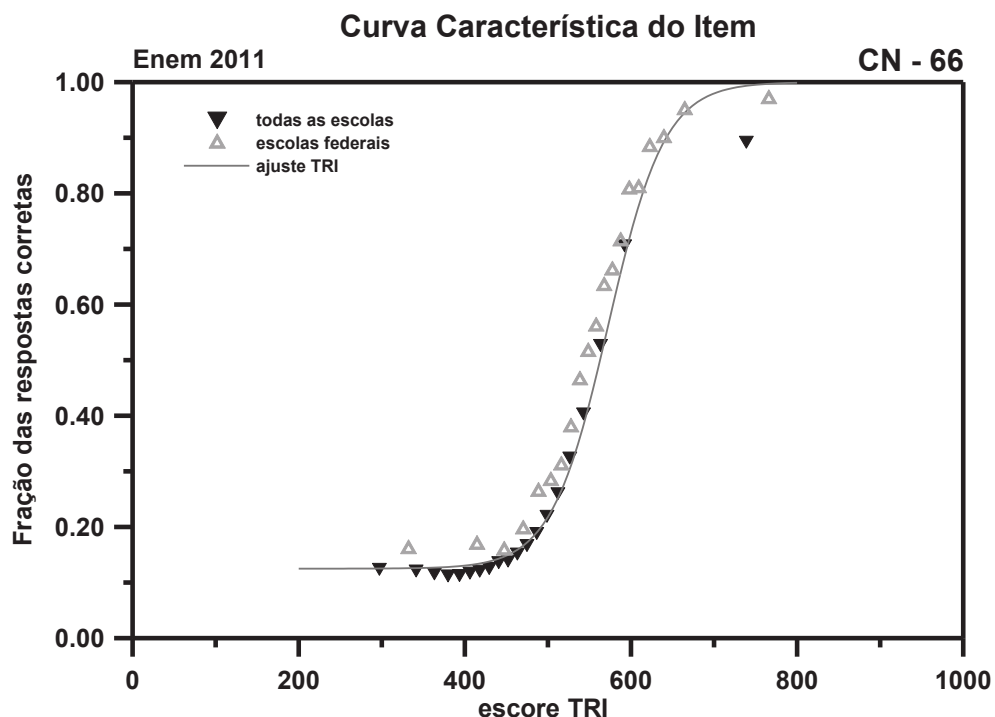
#### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. (Observação: o INEP classifica esta questão como H21.)

#### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

66	CONCLUINTE	PARTICIPANTES
A	16,10	16,00
B	11,42	10,85
C	25,55	26,25
D	24,39	24,50
E	22,04	21,91
Branco	0,29	0,29
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00



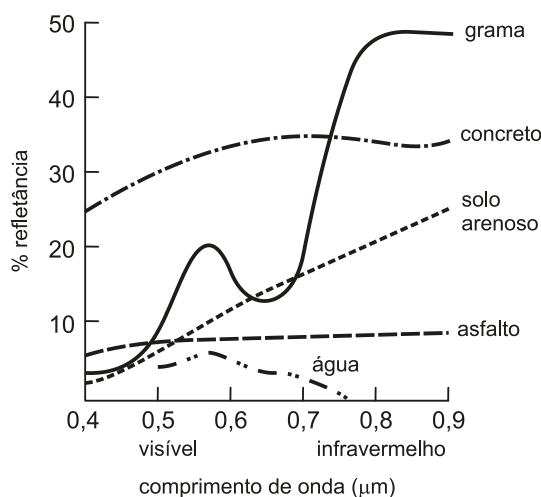
#### Discussão Geral sobre o Item:

Este item apresenta um percentual de acerto (cerca de 26%) praticamente igual ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%); no entanto, a CCI mostra que o item é difícil (cerca de 570 pontos) para os estudantes, com um percentual de acerto casual em 13%. Este item apresenta um elevado coeficiente de discriminação dos estudantes e o faz para os que possuem escores acima da média, ou seja, cerca de 460 pontos.

A análise da tabela dos percentuais de marcação do gabarito e dos distratores revela que, de forma geral, os estudantes desconhecem os conceitos de energia e suas transformações bem como o funcionamento do motor à combustão de um veículo. Em particular, revela o desconhecimento relativo à segunda lei da termodinâmica.

### Questão 67- CN - ENEM 2011 - Prova Azul

O processo de interpretação de imagens capturadas por sensores instalados a bordo de satélites que imageiam determinadas faixas ou bandas do espectro de radiação eletromagnética (REM) baseia-se na interação dessa radiação com os objetos presentes sobre a superfície terrestre. Uma das formas de avaliar essa interação é por meio da quantidade de energia refletida pelos objetos. A relação entre a refletância de um dado objeto e o comprimento de onda da REM é conhecida como curva de comportamento espectral ou assinatura espectral do objeto, como mostrado na figura, para objetos comuns na superfície terrestre.



D'ARCO, E. Radiometria e Comportamento Espectral de Alvos. INPE. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br>. Acesso em: 3 maio 2009.

De acordo com as curvas de assinatura espectral apresentadas na figura, para que se obtenha a melhor discriminação dos alvos mostrados, convém selecionar a banda correspondente a que comprimento de onda em micrômetros ( $\mu\text{m}$ )?

- a) 0,4 a 0,5.
- b) 0,5 a 0,6.
- c) 0,6 a 0,7.
- d) 0,7 a 0,8.
- e) 0,8 a 0,9.

**Gabarito:**

[E]

**Resolução:**

Para melhor discriminá-los é necessário utilizar uma faixa de comprimentos de onda em que as assinaturas espectrais dos objetos possuam refletâncias maiores e bem distintas entre si. Dessa forma, a banda mais apropriada para tal finalidade é a de 0,8 a 0,9  $\mu\text{m}$ .

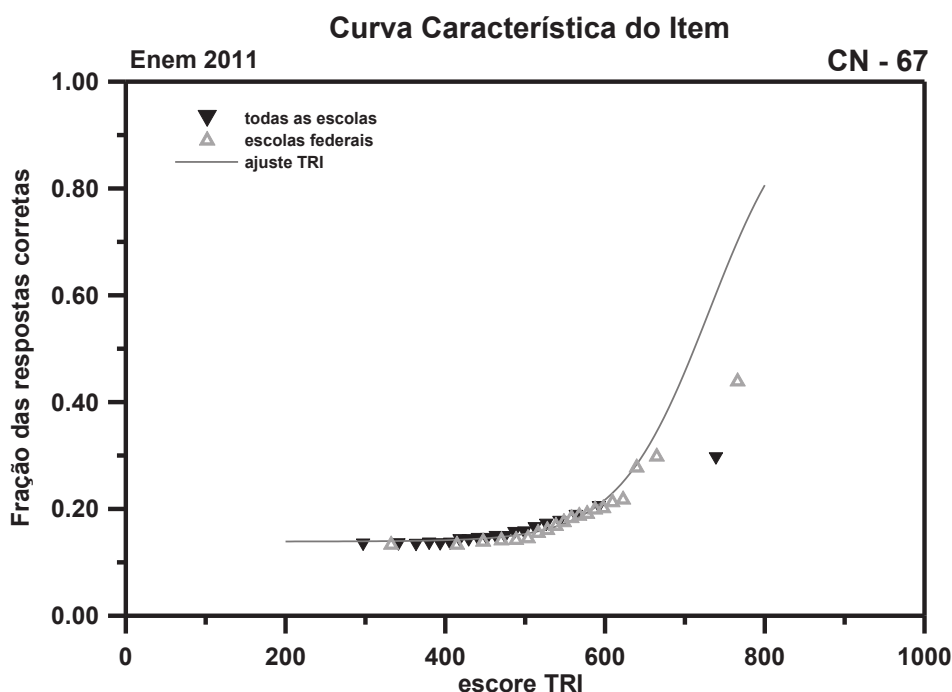
**Competência e Habilidade verificadas no Item:**

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

5H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica. (Observação: o INEP classifica esta questão como H22.)

**Percentual de marcações no gabarito e distratores:**

67	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	13,64	13,88
B	28,97	28,71
C	20,22	20,85
D	20,71	20,70
E	15,99	15,38
Branco	0,33	0,33
Invalido	0,15	0,15
TOTAL	100,00	100,00



**Discussão Geral sobre o Item:**

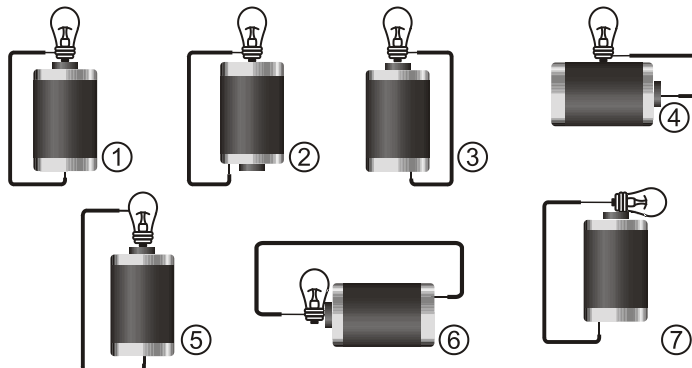
A CCI indica que este item é de enorme dificuldade (cerca de 730 pontos). Entretanto, possui um baixo percentual de acerto casual, cerca de 14%. Além disso, este item apenas discrimina os estudantes com escores acima de 630 pontos.

Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que os estudantes não interpretaram corretamente o enunciado da questão, possivelmente pela não compreensão do significado da expressão *melhor discriminação* para distinguir os alvos mostrados.

A marcação dos estudantes no distrator d é compreensível pelo fato que não há dados para a água na faixa de 0,8 a 0,9  $\mu\text{m}$ ; na faixa de 0,7 a 0,8  $\mu\text{m}$ , há quase uma boa separação de todos os elementos exceto pela água e areia. Quanto ao grande número de escolhas do distrator b, pode-se inferir que não há uma real compreensão por parte dos estudantes do significado da palavra “discriminação” mencionada no texto.

### Questão 70 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. *Instalação Elétrica: investigando e aprendendo*. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- a) (1), (3), (6)
- b) (3), (4), (5)
- c) (1), (3), (5)
- d) (1), (3), (7)
- e) (1), (2), (5)

**Gabarito:**

[D]

**Resolução:**

Uma lâmpada incandescente possui dois terminais, um na rosca e o outro no pino central, na base da rosca. Portanto, os dois terminais da pilha devem estar ligados a estes dois terminais da lâmpada como é observado em (1), (3) e (7).

**Competência e Habilidade verificadas no Item:**

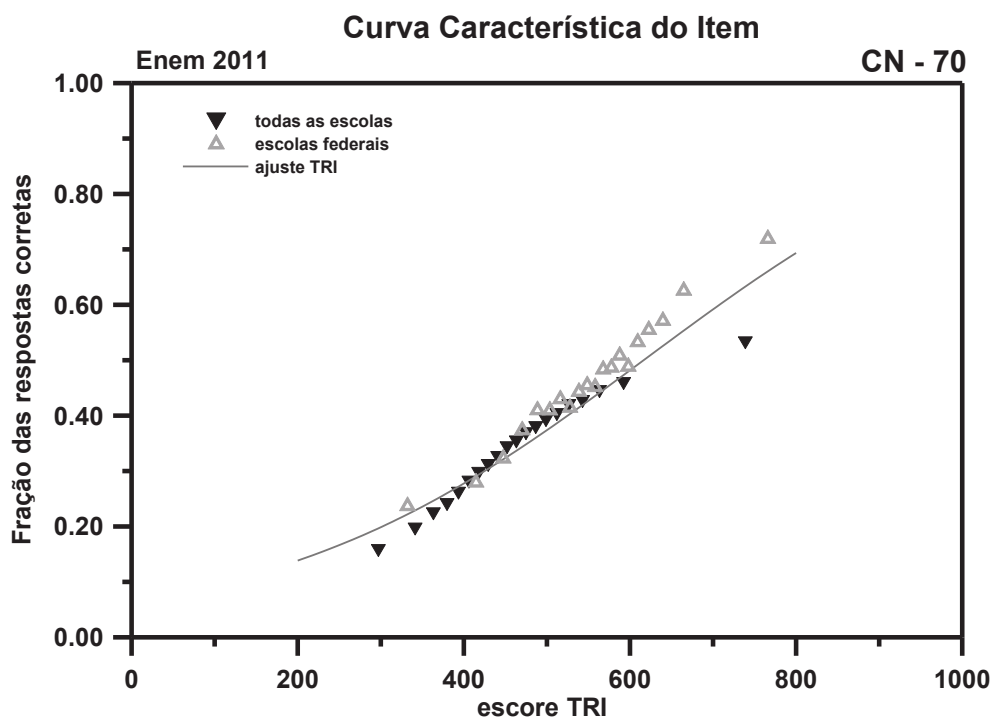
Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

2H5 - Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

**Percentual de marcações no gabarito e distratores:**

70	CONCLUINTE	PARTICIPANTES
A	24,90	24,18
B	6,48	6,68
C	27,67	26,63
D	34,15	35,64
E	6,33	6,39
Branco	0,28	0,29
Invalido	0,18	0,19
TOTAL	100,00	100,00





#### Discussão Geral sobre o Item:

Apesar deste item apresentar o percentual de acerto (cerca de 34%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%), a CCI indica que o item é de difícil resolução por parte dos estudantes (cerca de 620 pontos), porém com um baixíssimo percentual de acerto casual, menos de 1%. Contudo, este item possui um índice de discriminação muitíssimo baixo.

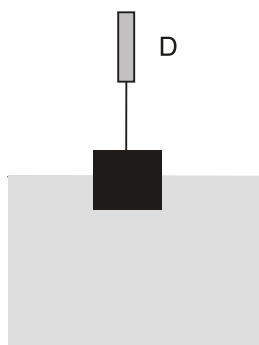
A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes desconhecem “como ligar uma lâmpada” e/ou “como usar uma pilha”, ou seja, revela o desconhecimento total dos detalhes técnicos presentes na prática de utilização de lâmpadas incandescentes visto que cerca de 40% dos estudantes marcaram como corretos os esquemas estapafúrdios 4 e/ou 5 (distratores B, C e E).

Verifica-se também que os estudantes, majoritariamente, marcaram os distratores A e C além do gabarito D possibilitando a inferência de utilização de estratégia de resolução de questões de múltipla escolha. Isto porque uma vez que os distratores A e C e o gabarito D diferem apenas na apresentação do terceiro esquema em que a lâmpada acenderia. A análise do distrator C reforça esta inferência, pois ao escolher esta opção o estudante escolhe o esquema 5 como possível de acender a lâmpada. É, no mínimo, incoerente um estudante entender e perceber a ligação e o funcionamento da lâmpada e da pilha nos esquemas 1 e 3 e não entender o não acendimento no esquema 5. De forma análoga analisa-se o distrator A quanto ao esquema 6 embora este seja um erro mais sutil que o do esquema 5.

O item aborda um tema conhecido pelos professores e pesquisadores em Ensino de Física, e o desempenho dos estudantes, neste caso, revela a quase inexistência de discussões e atividades práticas em sala de aula. Este cenário seria diferente caso os estudantes tivessem em sua prática escolar mais atividades experimentais, ou de montagem de circuitos envolvendo lâmpadas e pilhas entre outros dispositivos.

### Questão 73 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.



Considerando que a aceleração da gravidade local é de  $10 \text{ m/s}^2$ , a densidade da água do lago, em  $\text{g/cm}^3$ , é

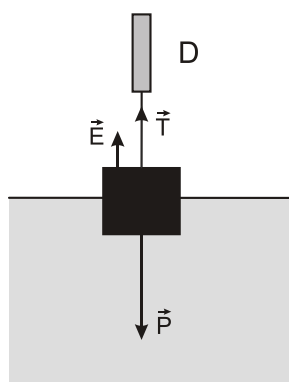
- a) 0,6.
- b) 1,2.
- c) 1,5.
- d) 2,4.
- e) 4,8.

**Gabarito:**

**[B]**

**Resolução:**

Neste item o cubo imerso na água fica sujeito às forças Peso, Empuxo e Tração que estão representadas na figura abaixo.



Na condição de equilíbrio do cubo tem-se que:

$$T + E = P \Rightarrow E = P - T = 30 - 24 \Rightarrow E = 6 \text{ N.}$$

O empuxo sobre o cubo é dado por:

$$E = \rho_{\text{água}} V_{\text{imerso}} g$$

$$V_{\text{imerso}} = \frac{1}{2} V_{\text{cubo}} = \frac{1}{2} \cdot 1000 = 500 \text{cm}^3 = 500 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$$

$$\rho_{\text{água}} = \frac{E}{V_{\text{imerso}} g} = \frac{6}{500 \cdot 10^{-6} \cdot 10} = \frac{6}{5 \cdot 10^{-3}} = 1200 \text{kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{água}} = 1,2 \text{ g/cm}^3.$$

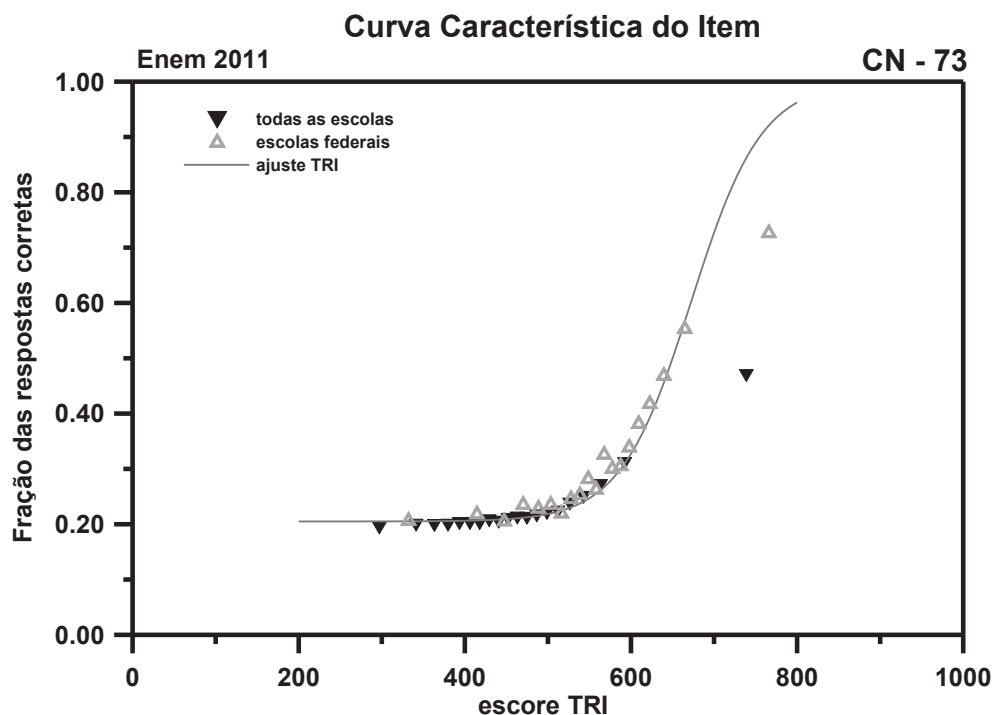
### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes. (Observação: o INEP classifica esta questão como H7.)

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

73	CONCLUINTE	PARTICIPANTES
A	14,69	14,66
B	23,28	23,25
C	22,07	22,31
D	29,58	29,34
E	9,76	9,84
Branco	0,46	0,43
Invalido	0,16	0,16
TOTAL	100,00	100,00



### **Discussão Geral sobre o Item:**

Este item retrata uma situação problema com resolução matemática encontrada com facilidade em livros didáticos. Entretanto, a CCI e a tabela dos percentuais de escolha das alternativas revelam que este item é difícil (cerca de 670 pontos), além de discriminá-los a partir do escore de 550 pontos. Este item apresenta um percentual de acerto casual em cerca de 21%.

A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes desconhecem ou apresentam compreensões equivocadas sobre o conceito de Empuxo. A análise dos distratores reforça esta inferência, uma vez que, nos distratores E, D e C, que juntos somam mais de 60 % de marcações, os estudantes utilizaram, em seus cálculos, como valor para o empuxo, respectivamente, o valor do peso aparente do corpo (distratores E e D) e o valor da metade do peso do corpo (distrator C). Entretanto, nos distratores C e D o estudante ainda faz uso do volume total do corpo ao invés da metade.

Já no distrator A, o estudante realizou os cálculos utilizando os valores de peso e força elástica reduzidos à metade, talvez em alusão ao corpo possuir apenas a metade de seu volume submerso. Neste caso, o estudante apresenta falha no conceito de forças.

O item assemelha-se a um típico exercício de final de capítulo presente nos textos didáticos tradicionais, e exige uma capacidade analítica em relação às leis da Mecânica e uma habilidade na resolução de problemas. O resultado revela a pouca familiaridade dos estudantes com estas capacidade e habilidade. Menciona também equipamentos de laboratório; atividades práticas e experimentais em sala de aula são pouco comuns.

### Questão 74 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Uma equipe de cientistas lançará uma expedição ao Titanic para criar um detalhado mapa 3D que “vai tirar, virtualmente, o Titanic do fundo do mar para o público”. A expedição ao local, a 4 quilômetros de profundidade no Oceano Atlântico, está sendo apresentada como a mais sofisticada expedição científica ao Titanic.

Ela utilizará tecnologias de imagem e sonar que nunca tinham sido aplicadas ao navio, para obter o mais completo inventário de seu conteúdo. Esta complementação é necessária em razão das condições do navio, naufragado há um século.

*O Estado de São Paulo*. Disponível em: <http://www.estadao.com.br>. Acesso em: 27 jul. 2010 (adaptado).

No problema apresentado para gerar imagens através de camadas de sedimentos depositados no navio, o sonar é mais adequado, pois a

- a) propagação da luz na água ocorre a uma velocidade maior que a do som neste meio.
- b) absorção da luz ao longo de uma camada de água é facilitada enquanto a absorção do som não.
- c) refração da luz a uma grande profundidade acontece com uma intensidade menor que a do som.
- d) atenuação da luz nos materiais analisados é distinta da atenuação de som nestes mesmos materiais.
- e) reflexão da luz nas camadas de sedimentos é menos intensa do que a reflexão do som neste material.

### Gabarito:

[D]

### Resolução:

A utilização da luz não possibilita o mapeamento mais profundo dos sedimentos, devido à absorção e reflexão que sofre nas camadas de sedimentos, além da elevada atenuação que a luz sofre no interior da água do mar. Esta atenuação se dá através da absorção e do espalhamento da luz nas águas do oceano, à medida que a profundidade aumenta a intensidade da luz diminui. Este fenômeno é evidenciado pela completa escuridão que predomina em elevadas profundidades do oceano. Portanto, a utilização do sonar para esta finalidade se torna mais eficiente, pois o ultrassom tem maior capacidade de penetração sofrendo reflexões distintas em várias camadas de sedimentos o que possibilita a construção de imagens 3D.

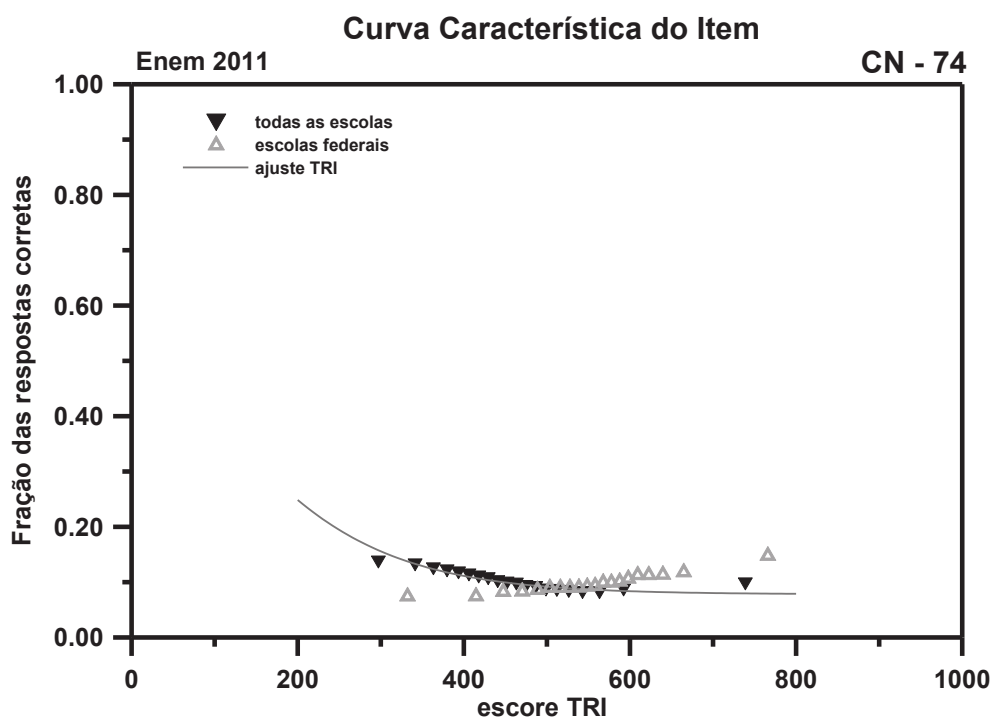
### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

1H1 - Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

74	CONCLUINTE	PARTICIPANTES
A	23,19	22,51
B	17,34	17,12
C	24,86	25,15
D	10,29	10,90
E	23,76	23,77
Branco	0,36	0,36
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00



### Discussão Geral sobre o Item:

A resposta correta foi a menos escolhida pelos estudantes. A CCI para este item não possibilita qualquer inferência sobre as competências e habilidades dos estudantes que realizaram a prova, estando totalmente em desacordo com o modelo teórico que embasa a TRI (uma curva monotônica crescente). Isso pode ser consequência da dificuldade de interpretação da questão.

### Questão 77 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Para medir o tempo de reação de uma pessoa, pode-se realizar a seguinte experiência:

I. Mantenha uma régua (com cerca de 30 cm) suspensa verticalmente, segurando-a pela extremidade superior, de modo que o zero da régua esteja situado na extremidade inferior.

II. A pessoa deve colocar os dedos de sua mão, em forma de pinça, próximos do zero da régua, sem tocá-la.

III. Sem aviso prévio, a pessoa que estiver segurando a régua deve soltá-la. A outra pessoa deve procurar segurá-la o mais rapidamente possível e observar a posição onde conseguiu segurar a régua, isto é, a distância que ela percorre durante a queda.

O quadro seguinte mostra a posição em que três pessoas conseguiram segurar a régua e os respectivos tempos de reação.

Distância percorrida pela régua durante a queda (metro)	Tempo de reação (segundo)
0,30	0,24
0,15	0,17
0,10	0,14

Disponível em: <http://br.geocities.com>. Acesso em: 1 fev. 2009.

A distância percorrida pela régua aumenta mais rapidamente que o tempo de reação porque a

- a) energia mecânica da régua aumenta, o que a faz cair mais rápido.
- b) resistência do ar aumenta, o que faz a régua cair com menor velocidade.
- c) aceleração de queda da régua varia, o que provoca um movimento acelerado.
- d) força peso da régua tem valor constante, o que gera um movimento acelerado.
- e) velocidade da régua é constante, o que provoca uma passagem linear de tempo.

#### Gabarito:

[D]

#### Resolução:

Desprezando a resistência do ar, a régua estaria sujeita somente à ação da força peso, a qual pode ser considerada constante e igual a  $P = mg$ . Portanto, a força resultante sobre a régua é dada pela segunda lei de Newton.

$$P = F_{\text{Resultante}} \rightarrow mg = ma \rightarrow g = a$$

Trata-se de uma queda livre, ou seja, um movimento uniformemente acelerado, com aceleração de módulo igual a da aceleração da gravidade. A distância percorrida na queda ( $h$ ) varia com o tempo conforme a função:

$$h = \frac{1}{2}gt^2.$$

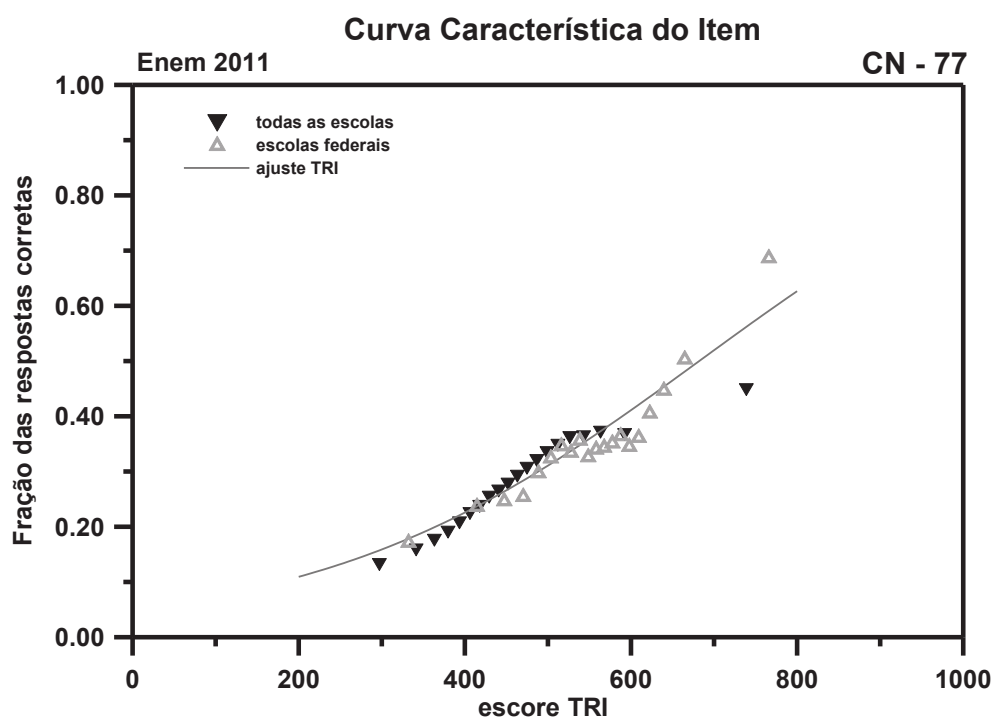
#### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

**Percentual de marcações no gabarito e distratores:**

77	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	17,64	17,55
B	14,07	14,56
C	23,76	23,37
D	28,32	28,40
E	15,61	15,51
Branco	0,43	0,42
Invalido	0,17	0,18
TOTAL	100,00	100,00



**Discussão Geral sobre o Item:**

O percentual de acerto (cerca de 28%) é um pouco superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%); mas a CCI revela que este item é muito difícil para os estudantes (cerca de 680 pontos). O item apresenta baixíssimos índices de discriminação e de acerto casual (cerca de 0,3%).

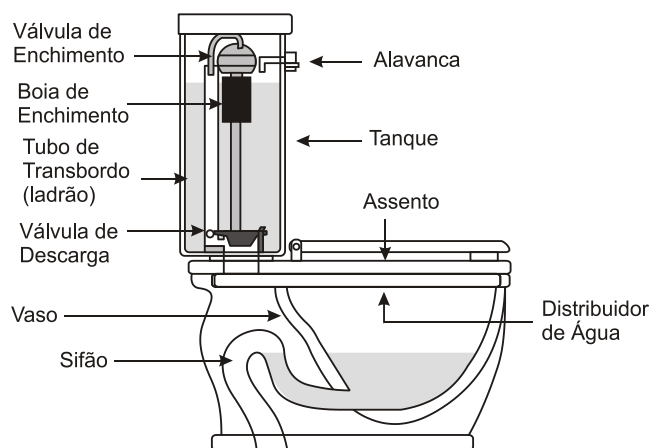
A questão apresenta uma situação na qual o estudante deveria reconhecer o movimento da régua como sendo um movimento de queda livre, sob a ação apenas da força peso, ou seja, com aceleração constante e igual à aceleração da gravidade. Esperava-se, também, que o estudante compreendesse a função que descreve o movimento da régua.

A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes apresentam compreensões equivocadas sobre o conceito de queda livre.



### Questão 78 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.



Faça você mesmo. Disponível em: <http://www.facavocesmo.net>. Acesso em: 22 jul. 2010.

- A característica de funcionamento que garante essa economia é devida
- à altura do sifão de água.
  - ao volume do tanque de água.
  - à altura do nível de água no vaso.
  - ao diâmetro do distribuidor de água.
  - à eficiência da válvula de enchimento do tanque.

### Gabarito:

[B]

### Resolução:

Antes do acionamento da alavanca de descarga, em situações normais, os níveis de água no interior do vaso e no sifão são iguais. Para que a água desça transportando, com eficiência, todos os rejeitos para o sistema de esgoto, é necessário que o nível da água no interior do vaso esteja uma altura  $h$  acima do sifão. Dessa forma, utilizando-se de um tanque de água regulado para armazenar o volume adequado para o funcionamento eficiente do sistema descrito (vaso com o tanque acoplado), ocorre a economia de água.

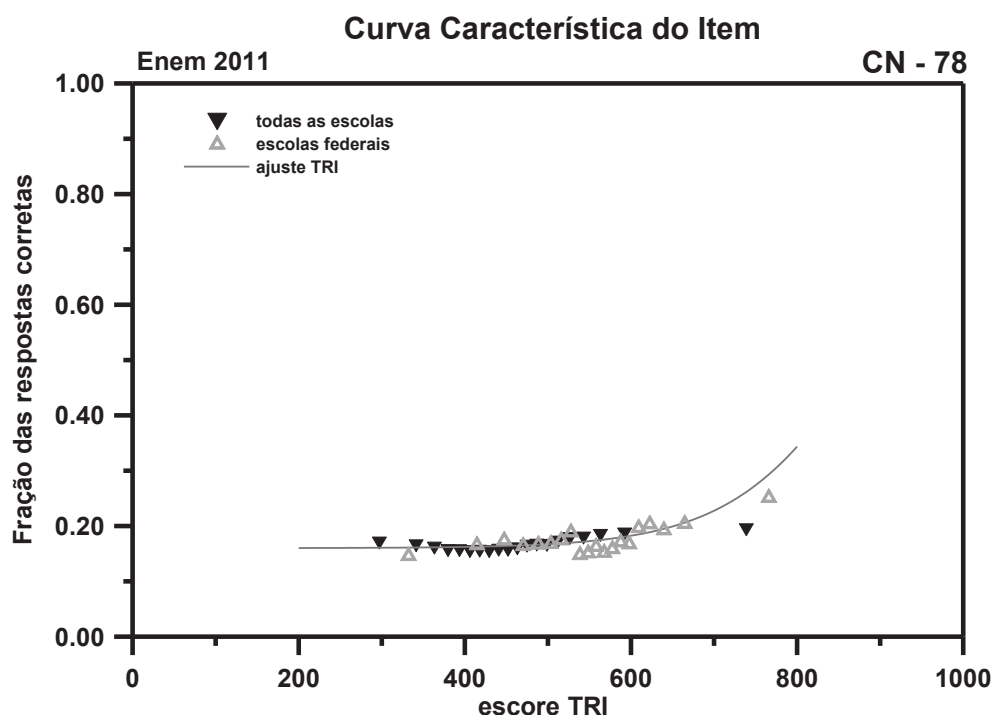
### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

2H7 - Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

78	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	25,76	25,79
B	16,72	17,10
C	18,74	18,91
D	10,98	10,87
E	27,25	26,80
Branco	0,30	0,29
Invalido	0,24	0,24
TOTAL	100,00	100,00



### Discussão Geral sobre o Item:

A CCI revela que este item é de grande dificuldade para os estudantes (item muito difícil). Entre todos os itens estudados neste trabalho, é o que apresenta maior coeficiente de dificuldade (cerca de 910 pontos), discrimina os estudantes com escore acima de 630 pontos além de possuir um percentual de acerto casual de 16%.

A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes não dominam o que foi avaliado.

### Questão 80 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2008, do Ministério das Minas e Energia, a matriz energética brasileira é composta por hidrelétrica (80%), termelétrica (19,9%) e eólica (0,1%). Nas termelétricas, esse percentual é dividido conforme o combustível usado, sendo: gás natural (6,6%), biomassa (5,3%), derivados de petróleo (3,3%), energia nuclear (3,1%) e carvão mineral (1,6%). Com a geração de eletricidade da biomassa, pode-se considerar que ocorre uma compensação do carbono liberado na queima do material vegetal pela absorção desse elemento no crescimento das plantas. Entretanto, estudos indicam que as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) das hidrelétricas podem ser comparáveis às emissões de  $\text{CO}_2$  das termelétricas.

MORET, A. S.; FERREIRA, I. A. As hidrelétricas do Rio Madeira e os impactos socioambientais da eletrificação no Brasil. *Revista Ciência Hoje*. V. 45, n° 265, 2009 (adaptado).

No Brasil, em termos do impacto das fontes de energia no crescimento do efeito estufa, quanto à emissão de gases, as hidrelétricas seriam consideradas como uma fonte

- a) limpa de energia, contribuindo para minimizar os efeitos deste fenômeno.
- b) eficaz de energia, tornando-se o percentual de oferta e os benefícios verificados.
- c) limpa de energia, não afetando ou alterando os níveis dos gases do efeito estufa.
- d) poluidora, colaborando com níveis altos de gases de efeito estufa em função de seu potencial de oferta.
- e) alternativa, tomando-se por referência a grande emissão de gases de efeito estufa das demais fontes geradoras.

#### Gabarito:

[D]

#### Resolução:

De acordo com o enunciado, a emissão de  $\text{CH}_4$  nas hidrelétricas pode ser comparada à emissão de  $\text{CO}_2$  nas termelétricas. Entretanto, as hidrelétricas por representarem 80% da matriz energética do país são, de fato, consideradas poluidoras.

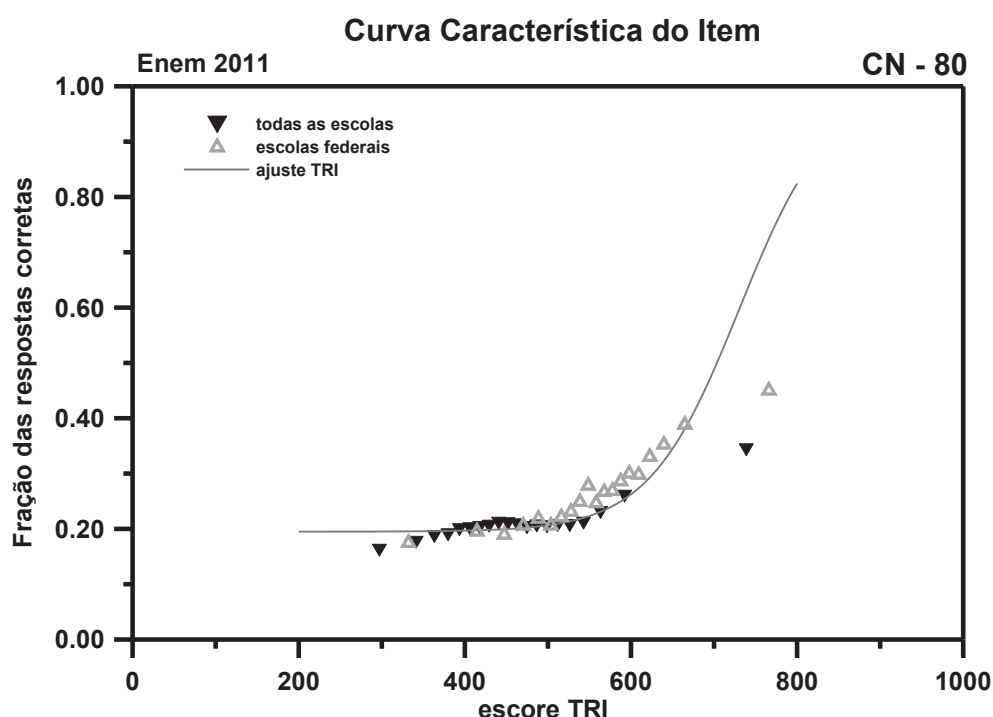
#### Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. (Observação: o INEP classifica esta questão como H12.)

### Percentual de marcações no gabarito e distratores:

80	CONCLUINTE	PARTICIPANTES
A	17,39	17,39
B	15,82	16,46
C	23,45	22,51
D	21,20	22,19
E	21,50	20,80
Branco	0,42	0,41
Invalido	0,22	0,23
TOTAL	100,00	100,00



### Discussão Geral sobre o Item:

A CCI revela que o item é de muita dificuldade para os estudantes (cerca de 730 pontos), discrimina os estudantes com escore acima de 550 pontos e possui um percentual de acerto casual em cerca de 20%.

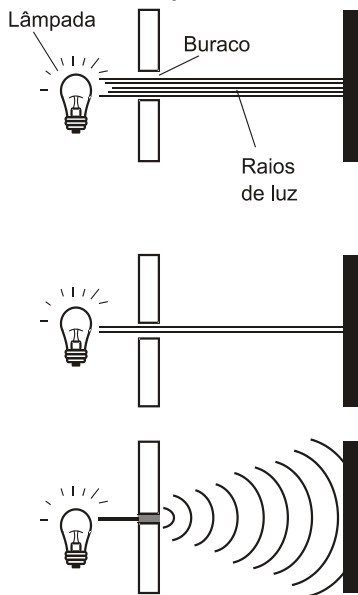
A tabela de percentuais de marcação dos distratores e gabarito revela também que os estudantes, provavelmente, não leram atentamente as informações apresentadas no texto, e basearam-se na ideia do "senso comum" de que a energia proveniente da hidrelétrica é limpa, pois o maior percentual de marcação é no distrator C.

Um estudo realizado por pesquisadores da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (Coppe), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mostra que barragens de hidrelétricas produzem quantidades consideráveis de metano, gás carbônico e óxido nitroso, gases que provocam o chamado efeito estufa. Este estudo foi apresentado na conferência Rio 02.<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Disponível em: <<http://www.apoena.org.br/artigos-detalle.php?cod=207>>. Acesso em: 20 ago. 2014

### Questão 84 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.



FIOLHAIS, C. Física divertida.  
Brasília: UnB, 2000 (adaptado).

Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

- a) Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.
- b) Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- c) Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- d) Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.
- e) Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

**Gabarito:**

**[A]**

**Resolução:**

Na figura é mostrado o fenômeno da difração da luz. Esse fenômeno ocorre quando uma onda contorna um obstáculo. Das situações apresentadas nas opções deste item, o menino que ouve a conversa de seus colegas escondidos atrás do muro ocorre devido à difração do som.

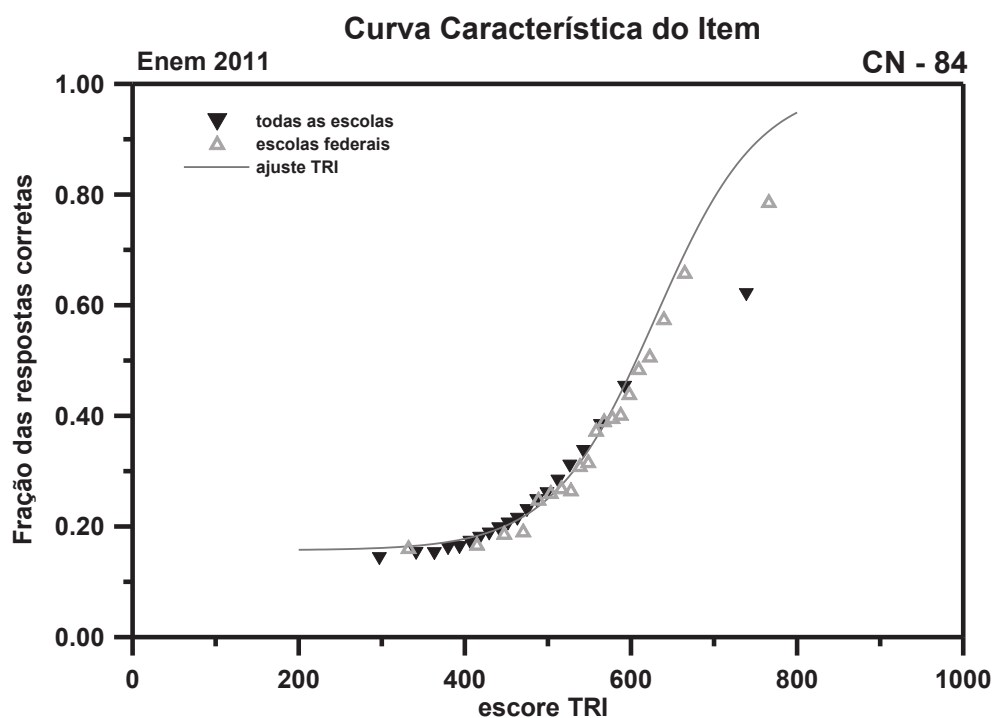
## Competência e Habilidade verificadas no Item:

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

1H1 - Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

## Percentual de marcações no gabarito e distratores:

84	CONCLUINTE	PARTICIPANTES
A	25,36	23,77
B	26,14	26,78
C	12,12	12,74
D	21,71	21,63
E	14,05	14,45
Branco	0,43	0,43
Invalido	0,18	0,19
TOTAL	100,00	100,00



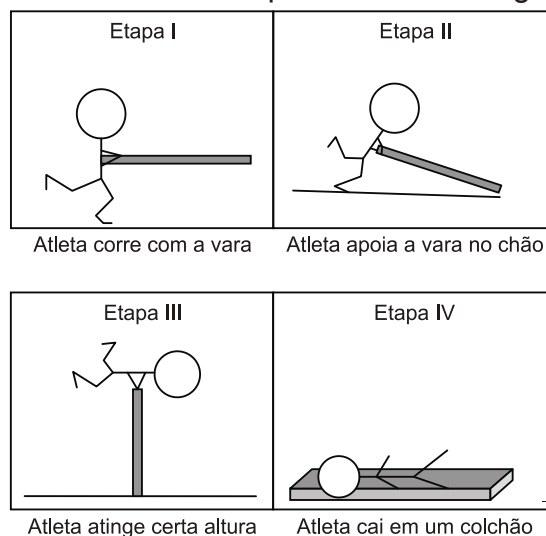
## Discussão Geral sobre o Item:

A CCI indica que este item é de difícil resolução por parte dos estudantes (cerca de 630 pontos), discrimina os estudantes com escore acima de 460 pontos e possui um percentual de acerto casual em cerca de 16%.

A tabela de percentuais de marcação dos distratores e gabarito revela que os estudantes não reconhecem ou compreendem o fenômeno da difração das ondas luminosas e sonoras, uma vez que cerca de 48% optaram pelo distrator B e D onde são descritas situações que retratam, respectivamente, a reflexão do som e o efeito Doppler.

### Questão 86 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul

Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:



Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que

- a) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica representada na etapa IV.
- b) a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
- c) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
- d) a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
- e) a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III.

**Gabarito:**

[C]

**Resolução:**

Desconsiderando o impulso dado pelo atleta no instante do salto, podemos afirmar que toda a energia cinética representada na Etapa I é convertida em energia potencial gravitacional, representada na Etapa III, quando ele para no ar e, posteriormente, em energia cinética, representada na Etapa IV, quando ele retorna ao solo.

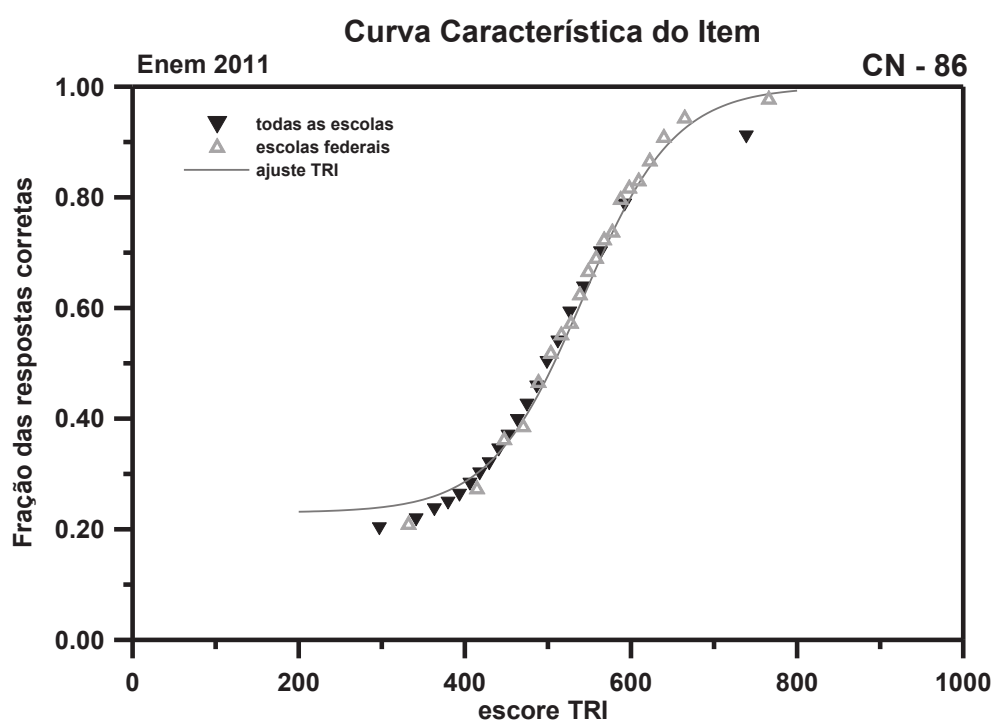
**Competência e Habilidade verificadas no Item:**

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

6H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. (Observação: o INEP classifica esta questão como H20.)

**Percentual de marcações no gabarito e distratores:**

86	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	9,85	9,88
B	12,94	12,71
C	43,83	42,87
D	12,11	12,43
E	20,67	21,51
Branco	0,44	0,43
Invalido	0,16	0,17
TOTAL	100,00	100,00



**Discussão Geral sobre o Item:**

A CCI indica este item de moderada dificuldade de resolução por parte dos estudantes (cerca de 540 pontos). A CCI também indica que este item discrimina os estudantes com escore acima de 460 pontos e possui um percentual de acerto casual em cerca de 23%.

A tabela de marcação do gabarito e dos distratores revela que este item possui o maior percentual de acerto dentre os itens de Física do ENEM 2011.



## Comentários finais

A discussão dos itens apresentada revela que para os estudantes concluintes do ensino médio no país todas as questões de Física da prova do ENEM 2011 são difíceis, independentemente do tema abordado.

Verifica-se que nesta prova há, como comentado por Gonçalves Jr e Barroso (2014), um não alinhamento entre temas usualmente abordados no ensino médio e a distribuição dos itens segundo os objetos de conhecimento. A partir da Matriz de Referência, pode-se, numa classificação inicial, apresentar uma relação entre os grandes temas dos objetos de conhecimento e os itens.

Os itens que se referem ao grande tema “O movimento, o equilíbrio e a descoberta das leis físicas” são os de número 54, 73, 77 e 78 (4 em 15); para o tema “Energia, trabalho e potência”, temos o item 86 e, numa avaliação mais aberta, o item 80 (2 em 15); para o tema “Fenômenos elétricos e magnéticos”, os itens 56, 60 e 70 (3 em 15); no tema “Oscilações, ondas, óptica e radiação”, há os itens 63, 67, 74, 84 (4 em 15); e no tema “O calor e os fenômenos térmicos”, são dois (2 em 15) os itens: 46 e 66, ambos versando sobre a segunda lei da termodinâmica em caráter conceitual. Não há itens que possam ser facilmente classificados no tema “Conhecimentos básicos e fundamentais”, bem como sobre o tema “A mecânica e o funcionamento do universo”. O excesso de itens em temas pouco abordados, ou abordados rapidamente ao final do ensino médio (fenômenos eletromagnéticos, ondas e radiação, bem como a segunda lei da termodinâmica) pode fornecer uma primeira explicação para os resultados encontrados nos itens.

Esses resultados certamente podem ser aprofundados e suas discussões ampliadas.

## Referências Bibliográficas

ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. **Teoria de Resposta ao Item: Conceitos de Aplicações**. São Paulo : ABE - Associação Brasileira de Estatística, 2000.

BARROSO, M. F.; FRANCO, C. Avaliações Educacionais: O Pisa e o Ensino de Ciências. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI, 2008, Curitiba. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0103-2.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

ESHUIS, P.; VAN DER WEELE, K.; LOHSE, D.; VAN DER MEER, D. Experimental Realization of a Rotational Ratchet in a Granular Gas. **Physical Review Letters**, 104.248001, jun. 2010.

GONÇALVES Jr, W.P.; **Avaliações em Larga Escala e o Professor de Física**. 2012. 220 f. Dissertação de Mestrado do Programa de Ensino de Física – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2012. Disponível em:<[http://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2012\\_Wanderley\\_Goncalves/dissertacao\\_Wanderley\\_Goncalves.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Wanderley_Goncalves/dissertacao_Wanderley_Goncalves.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

GONÇALVES Jr.,W.P; BARROSO, M.F. As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasil, v. 36, n. 1, 1402, 2014.