



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



ESTUDO DAS QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM 2013

Bruno Bernardo Rinaldi

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
Dezembro de 2017

ESTUDO DAS QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM 2013

Bruno Bernardo Rinaldi

Orientadora:
Marta Feijó Barroso

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.

Aprovada por:

Dra. Marta Feijó Barroso (Presidente)

Dra. Lucia Helena Coutinho

Dra. Sandra Filippa Amato

Dra. Tatiana da Silva

Rio de Janeiro
Dezembro de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Rinaldi, Bruno Bernardo
RR578e Estudo das questões de Física do ENEM 2013
/ Bruno Bernardo Rinaldi – Rio de Janeiro, 2017.
262 f.
Orientadora: Marta Feijó Barroso.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física,
2017.
1. Ensino de Física. 2. Avaliações em larga escala. 3. ENEM.
I. Barroso, Marta F., orient. II. Título.

Dedico esta dissertação aos meus pais Roberto P. Rinaldi e Rute B. Rinaldi, à minha noiva Stephanie B. Brígido e a todos amigos que ajudaram e acompanharam essa trajetória.

Agradecimentos

Agradeço à CAPES, ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e à Sociedade Brasileira de Física pela concessão da bolsa de estudo para realização deste trabalho.

Agradeço à minha orientadora, Marta Feijó Barroso, pela dedicação e exigência que me fizeram crescer e entender os deveres e as obrigações concernentes à pesquisa científica.

Aos meus colegas José Christian Lopes, Gustavo Rubini, Wanderley Gonçalves Jr e Marcelo Shoey O. Massunaga que permitiram o uso de seus resultados, dados e materiais que serviram de base na construção dessa dissertação. E também aos amigos e familiares pelo apoio nos momentos mais árduos.

RESUMO

ESTUDO DAS QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM 2013

Bruno Bernardo Rinaldi

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.

O estudo dos dados de desempenho dos estudantes no Enem revela informações sobre o processo de ensino-aprendizagem no ensino médio brasileiro. Este trabalho apresenta um estudo de todas as questões classificadas como sendo de Física na prova de Ciências da Natureza de 2013 e a análise do desempenho dos estudantes concluintes do ensino médio nessas questões, por meio de informações obtidas sobre as escolhas de cada uma das alternativas pelos alunos e das curvas características dos itens. Para entender melhor esses resultados, foram aplicados questionários contendo algumas dessas questões a alunos do Colégio Pedro II, e foi realizada uma oficina para professores para divulgar as técnicas e os resultados deste trabalho. O resultado obtido revela muitas dificuldades no processo de aprendizagem de física ao final da educação básica. Como material instrucional decorrente desses trabalhos, são apresentados a análise das questões de Física da prova de Ciências da Natureza de 2013, os questionários aplicados aos alunos do Colégio Pedro II e o texto para professores apresentado na oficina.

Palavras-chave: Ensino de Física, Avaliações em larga escala, ENEM, Curvas Características dos Itens.

Rio de Janeiro
Dezembro de 2017

ABSTRACT

STUDY OF PHYSICS ITEMS OF ENEM 2013

Bruno Bernardo Rinaldi

Supervisor:
Marta Feijó Barroso

Abstract of the Master's Dissertation submitted to the Graduate Program in Physics Teaching, Institute of Physics, Federal University of Rio de Janeiro, as part of the requirements to obtain a Master's Degree in Physics Teaching.

The study of students' performance in Enem reveals information about Physics learning in Brazilian high school. This work presents a study of the questions classified as Physics questions on the 2013 Natural Sciences exam and the analysis of the performance of graduating high school students in these questions. Information was gathered on the choices of each of the alternatives by students and from the characteristic curves of the items. To better understand these results questionnaires containing some of these questions were applied to high school students and a workshop was held for teachers to disseminate the techniques and results of this work. The results show that students have learnt only few physics concepts at the end of basic education is The instructional material produced contains a text with the analysis of the Physics questions of the 2013 Natural Sciences exam, the questionnaires applied to high school students and the text presented in the workshop.

Keywords: Physics Teaching, Large-Scale Assessments, ENEM, Item Characteristic Curves.

Rio de Janeiro
December 2017

Sumário

Capítulo 1.	Introdução	1
Capítulo 2.	As avaliações no processo de ensino-aprendizagem e o ENEM	3
	2.1. O conhecimento é mensurável?	3
	2.2. O papel da avaliação no processo de ensino-aprendizagem	5
	2.3. Avaliações de aprendizagem	6
	2.4. Avaliações em larga escala	7
	2.5. O Exame Nacional do Ensino Médio	8
Capítulo 3.	Atividades desenvolvidas	14
	3.1. A base de dados do ENEM utilizada	15
	3.2. Resultados globais em Ciências da Natureza no ENEM 2013	17
	3.3. O estudo qualitativo dos itens da prova	19
	3.4. O estudo quantitativo dos itens da prova	25
	3.5. A comparação do desempenho dos alunos brasileiros com o dos alunos do Colégio Pedro II	30
Capítulo 4.	As questões de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013 e o desempenho dos alunos	31
	4.1. Questão 46	35
	4.2. Questão 48	38
	4.3. Questão 52	41
	4.4. Questão 57	45
	4.5. Questão 61	49
	4.6. Questão 65	52
	4.7. Questão 66	55
	4.8. Questão 72	58
	4.9. Questão 75	61
	4.10. Questão 76	64
	4.11. Questão 79	68
	4.12. Questão 82	71
	4.13. Questão 83	74
	4.14. Questão 85	78
	4.15. Questão 87	82
	4.16. Questão 89	86
Capítulo 5	Ampliação e aplicação deste estudo	89
	5.1. Aplicação em sala de aula: questionários no Colégio Pedro II	89
	5.2. A aplicação do questionário	91
	5.3. A análise das respostas aos questionários	92
	5.4. Uma constatação importante	97
	5.5. Oficina para professores sobre o ENEM	98

	5.6. Conteúdo da oficina	99
	5.7. Finalização	102
Capítulo 6	Considerações finais	103
	Referências	105
Anexo 1	A Matriz de Referência do ENEM	107
Anexo 2	A grade curricular do ensino médio no Colégio Pedro II	132
Apêndice 1	Como usar as questões do ENEM para avaliar o ensino de física: aplicação às questões de Física da prova de Ciências da Natureza em 2013	136
Apêndice II	Questionários aplicados aos alunos do Colégio Pedro II e categorização das respostas.	199
Apêndice III	Minicurso: Estudo dos resultados do ENEM: um diagnóstico do ensino de física no Brasil	210

CAPÍTULO 1

Introdução

Esse trabalho faz parte de um estudo que vem sendo desenvolvido há alguns anos no Instituto de Física da UFRJ [LOPES 2015; BARROSO 2015; GONÇALVES JR 2014; GONÇALVES JR 2012], de análise sobre as avaliações em larga escala no Brasil. Aqui, o objeto de estudo é o Exame Nacional do Ensino Médio, o ENEM, que desde sua reformulação, ocorrida em 2009, passou a ser a mais importante forma de acesso às universidades públicas do país. O Enem é realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão do Ministério da Educação e Cultura (MEC), e sua importância tem sido crescente para os estudantes da educação básica.

Nesse estudo iremos apresentar uma análise dos itens, ou questões, de Física que compõem a prova de Ciências da Natureza de 2013 e também dos resultados que podem ser obtidos a partir dos dados disponibilizados publicamente pelo INEP¹. O objetivo é obter um diagnóstico sobre a aprendizagem dos estudantes ao final do ensino médio.

Na análise qualitativa, verificamos as características dos itens, tais como seu texto, as alternativas de resposta incorretas, ou distratores e a alternativa correta, ou gabarito, a coerência e acurácia científicas, entre outros. Apresentamos também uma análise quantitativa dos dados de desempenho dos candidatos concluintes do ensino médio em 2013, utilizando para isso ferramentas estatísticas clássicas, como os percentuais de resposta e de escolha de cada alternativa, e ferramentas da Teoria da Resposta ao Item – TRI [HAMBLETON 1991], modelo psicométrico aplicado ao ENEM. Essa análise, combinando aspectos do conteúdo da questão e o desempenho dos estudantes, é capaz de fornecer um diagnóstico do processo de aprendizagem

¹ No portal do INEP, [www.inep.gov.br](http://portal.inep.gov.br); dados detalhados em <http://portal.inep.gov.br/microdados>.

de Física no ensino médio no Brasil. Esse diagnóstico possibilita a reflexão sobre novos métodos de ensino, novas formas de abordagem que possam melhorar a qualidade do ensino.

Introduzimos no Capítulo 2 conceitos básicos sobre o papel das avaliações no processo ensino-aprendizagem e algumas de suas características. Nesse capítulo expomos alguns detalhes das avaliações em larga escala, mais especificamente do ENEM.

No Capítulo 3, tratamos do método utilizado tanto na análise qualitativa dos itens, quanto na modelagem estatística usada para explorar os dados de desempenho.

O Capítulo 4 é aquele onde apresentamos os resultados da análise tanto qualitativa quanto quantitativa dos itens de Física da prova de 2013 e do desempenho dos alunos no exame. Esse capítulo é a base do material instrucional fornecido aos professores no Apêndice 1. A comparação entre o que os dados revelam e o que o item busca avaliar permite obter informações a respeito do ensino de Física no país.

O Capítulo 5 mostra o método utilizado para aprimorar o diagnóstico: a aplicação de questionários contendo alguns desses itens a um grupo de alunos do Colégio Pedro II. Esses questionários bem como a categorização das respostas são mostradas no Apêndice 2. O objetivo da aplicação foi identificar a linha de raciocínio utilizada para justificar a escolha da alternativa pelos alunos. Nesse capítulo, também, apresentamos aspectos de uma oficina aberta à comunidade de professores, realizada no Colégio Pedro II em julho de 2017. O material para professores apresentado nesta oficina e também a lista de presença dos participantes está no Apêndice 3.

No capítulo 6, apresentamos as considerações finais.

Nos anexos, apresentamos informações complementares: a Matriz de Referência do ENEM (Anexo I) e a grade curricular de Física do Colégio Pedro II (Anexo II). Os apêndices correspondem aos materiais instrucionais desenvolvidos.

CAPÍTULO 2

As avaliações no processo ensino-aprendizagem e o ENEM

Nesse capítulo buscamos apresentar brevemente algumas características dos processos de avaliação e seus modelos mais usuais. Destacamos os processos de avaliação em larga escala, mais especificamente o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Iremos mostrar a estrutura desse exame, e usar os dados fornecidos pelo Inep, do desempenho dos candidatos nas questões da prova de Ciências da Natureza do ano de 2013, em busca de informações que ajudem a descrever o processo de ensino-aprendizagem de Física no Brasil.

A busca por dados confiáveis de desempenho é algo que nos proporciona criar ferramentas de medidas mais eficazes nas avaliações e com isso nos ajuda na tomada de decisão em políticas educacionais.

2.1. O conhecimento é mensurável?

Antes de determinarmos a acurácia de qualquer método de avaliação, precisamos definir qual grandeza buscamos quantificar através desse método. Seria a inteligência do aluno? Sua cultura? Sua memória? E, além disso, quais os aspectos do “instrumento” de medida devem ser observados nesse método?

O ato de medir pode parecer bastante natural para os estudiosos das ciências ditas exatas, pois uma vez que se estabelece a grandeza a ser medida e o padrão de medida que iremos definir como unidade, ficam bem delimitados os parâmetros para realizar essa medida de forma inequívoca, observando-se as incertezas inerentes a qualquer processo. Gonçalves Jr [2012] apresenta uma discussão, no primeiro estudo sobre os resultados do ENEM desenvolvido pelo grupo do IF-UFRJ, sobre as limitações das medidas em ciências sociais e em ciências exatas:

No entanto, quando o assunto é fazer medições, é comum ocorrer uma distinção entre os processos de medição nas ciências exatas (como a

física e a química) e as demais ciências (como a psicologia, sociologia, economia, antropologia, ensino e aprendizagem em física, etc). Essa separação parece sugerir que as ciências como a Física constroem afirmações verdadeiras, enquanto as demais ciências não, sendo que esse ponto de vista tem sua origem na discussão do status “científico” das áreas até então englobadas sob a rubrica de “ciências sociais”. O ponto central dessa separação reside no questionamento de se saber se o comportamento humano pode ou não ser submetido ao estudo “científico” (p. 36).

O ato de medir em Física, por exemplo, pode ser definido como [ALONSO 1972]

Medir é um processo que nos permite atribuir um número a uma propriedade física como resultado de comparações entre quantidades semelhantes, sendo uma delas padronizada e adotada como unidade. (p. 13)

No entanto, estabelecer padrões e observar propriedades em conceitos abstratos, como os usados nas ciências sociais, é muito mais complexo que nas ciências exatas, dado o grau de abstração desses conceitos. Medir a temperatura é algo mais fácil de medir o grau de democracia em uma sociedade, por exemplo.

Estabelecer critérios de medidas acuradas nessas ciências é tão necessário quanto nas ciências naturais, pois assim podemos criar hipóteses que possam ser amplamente testadas e validadas.

Medir diretamente a temperatura de um corpo com o conceito associado à vibração molecular é muito difícil, porém o conceito operacional de temperatura é muito mais fácil de medir e é plenamente satisfatório para as aplicações propostas.

Nas ciências sociais, a definição de conceitos que sejam amplamente aceitos já é muito mais complicada que nas ciências exatas, mas é essencial estabelecer um conceito operacional, que possa ser utilizado na prática. Reconhece-se que o que se mede não é o conceito em si, mas uma versão útil desse conceito [BABBIE 1999].

Uma vez compreendida a necessidade de um conceito operacional para a determinação de um conceito abstrato, devemos estabelecer os critérios a

serem usados na construção desse conceito e posteriormente tratar do método de obtenção dessa medida de forma mais acurada possível.

2.2. O papel da avaliação no processo ensino-aprendizagem

Essa é sem dúvida uma das mais controversas discussões sobre o processo ensino-aprendizagem. Qual o papel da avaliação? O que ela mede? Como trabalhar os dados por ela revelados?

A avaliação é parte de um processo maior, o de ensino e aprendizagem. No entanto ela muitas vezes é colocada como o objetivo central do processo, o que configura uma grande distorção dentre várias que os processos de avaliação podem gerar.

Aprender é adquirir algum conhecimento, tornar-se hábil ou capaz de fazer algo. Esse processo pode ocorrer através da experiência ou do estudo teórico, mas demanda algum grau de aplicação. Desenvolver habilidades e competências ocorre naturalmente em muitas dimensões da vida de um indivíduo, mas no ambiente escolar esse desenvolvimento é colocado de forma teórica e em um fluxo muito maior do que se apresentaria ocasionalmente na vida cotidiana. Portanto esse processo, que não é natural, costuma ser cansativo e maçante para os alunos.

Não se deve ensinar um determinado conteúdo esperando apenas um bom desempenho em uma prova. Um professor sabe que muitos dos seus alunos estudam com o objetivo apenas de reproduzir o que foi exposto para obter uma boa nota na avaliação. Muitas vezes não há uma preocupação por parte do aluno com o que está sendo aprendido de fato.

Os modelos mais tradicionais de avaliação, muitas vezes, não são eficazes em detectar o que um aluno aprende de fato. Memorizar um determinado conteúdo e reproduzi-lo não significa que ocorreu aprendizagem.

Algumas escolas (das redes privada e pública) utilizam-se desses métodos tradicionais com o objetivo de obter boas classificações de seus estudantes em provas e concursos, ao invés de focar no ensino em si. Dessa forma, aprofunda-se ainda mais uma distorção: ensinamos para que os alunos

passem na prova, ao invés de utilizar a prova como um mecanismo para determinar se o aluno aprendeu o que se esperava que ele aprendesse.

Uma avaliação confiável e bem estruturada teria papel muito importante em diversos níveis da prática pedagógica. A elaboração dos projetos político-pedagógicos das escolas e a estruturação curricular com os planos de ensino e conteúdos a serem abordados estariam preocupadas em obter uma aprendizagem adequada por parte de seus alunos, e como consequência desse processo eles poderiam atingir os objetivos desejados em uma avaliação.

No entanto, isso não é tarefa simples. Existem várias dimensões que permeiam esse processo e que são difíceis de quantificar; uma delas é a dimensão social que a avaliação carrega em si. Na prática da avaliação da aprendizagem, não só se classificam os alunos na sala de aula. Estas práticas possuem um efeito social muito mais definido: a avaliação cria as hierarquias sociais que consolidam a sociedade atual [PERRENOUD 1999].

2.3. Avaliações de aprendizagem

Para avaliar é necessário ter em mente o que se pretende medir e quais ferramentas serão usadas em tal propósito. As avaliações que medem o desenvolvimento de um estudante são tradicionalmente divididas em duas grandes classes: formativas e somativas [BLACK 1998].

Avaliações formativas são aquelas que classificam o desenvolvimento do aluno dentro do processo de ensino-aprendizagem, na sua prática diária. Essa é a avaliação do dia a dia da sala de aula, utilizada para perceber se o aluno está acompanhado o processo de ensino.

Já as avaliações somativas buscam medir o conhecimento adquirido ou construído pelo aluno ao longo do processo ensino-aprendizagem, ou seja, avalia seu desempenho acadêmico, conferindo uma nota dentro de uma escala pré-determinada ao final de um processo (de um bimestre, de um módulo, de um ciclo escolar, entre outros).

Qual a finalidade da avaliação? Se a ideia é construir uma medida da eficiência da aprendizagem do aluno e seu progresso ao fim de um processo, esses dois formatos contemplam tanto os aspectos comportamentais quanto acadêmicos.

2.4. Avaliações em larga escala

Avaliações em larga escala tem caráter somativo e são aplicadas em um grande número de candidatos com o objetivo de gerar dados que, dentre muitos objetivos, podem ser usados para análise de desempenho acadêmico, seleção para diversos níveis de ensino, tais como o ingresso em universidades ou concessão de diplomas, ou até mesmo na criação ou direcionamento de políticas públicas relacionadas à educação.

A teoria dos testes surgiu na psicologia para obter avaliações de aspectos de difícil quantificação, como a inteligência, a capacidade de desenvolver tarefas arriscadas, entre outros. A psicometria constituiu-se como um conjunto de técnicas utilizadas para a obtenção de medidas psicológicas, construindo hipóteses e modelos para avaliar aspectos da aprendizagem entre outros. Há, na psicometria aplicada aos testes em educação, dois modelos: a teoria clássica de testes e a teoria da resposta ao item [PASQUALI 2013].

A Teoria Clássica de Testes (TCT) basicamente estabelece a nota (score) de aluno em um teste a partir da soma dos acertos de cada item que compõem o teste. Quanto mais acertos, considera-se maior o domínio do assunto. O teste é composto como um todo, e o resultado deste teste depende da dificuldade das questões e do tipo de turma [HAMBLETON 1991]:

A capacidade de um examinando é definida apenas em termos de um teste específico. Quando o teste é “difícil”, o examinando parece ter baixa habilidade; quando o teste é “fácil”, o examinando parece ter maior habilidade.¹ (p. 2)

¹ Versão livre do original em inglês: “An examinee's ability is determined only in terms of a particular test. When the test is "hard," the examinee will appear to have low ability; when the test is "easy," the examinee will appear to have higher ability.” (p. 2)

A TRI, Teoria da Resposta ao Item, é um modelo formulado nos anos 60 do século passado, com o objetivo de possibilitar avaliações que pudessem ser comparadas entre si. Ainda de acordo com Hambleton (1991), a TRI não mede o escore a partir da soma dos acertos de cada item. Os escores descrevem a probabilidade de acerto do item em função da proficiência (conhecimento) do aluno, ou seja, a medida é feita com foco no item e não no teste como um todo. Assim cria-se uma relação entre a probabilidade de acerto na mesma escala da proficiência do aluno, o que faz com que o escore não dependa do grupo que faz o teste [HAMBLETON 1991]:

Quando um determinado modelo de TRI ajusta os dados do teste de interesse, são obtidas várias características desejáveis. As estimativas da capacidade do examinando não são dependentes do teste e os índices dos itens não são dependentes do grupo. As estimativas de habilidade obtidas em diferentes conjuntos de itens serão as mesmas (exceto por erros de medida) e estimativas dos parâmetros dos itens obtidas em diferentes grupos de examinandos serão as mesmas (a menos de erros de medida)². (p. 8)

As avaliações em larga escala nos dão possibilidade de monitoramento contínuo e permitem detectar os benefícios e malefícios que decorrem de políticas adotadas [KLEIN 1995].

2.5. O Exame Nacional do Ensino Médio

O ENEM é um exemplo claro de avaliação em larga escala, sendo realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão do MEC. Foi criado em 1998 com o objetivo de avaliar o desempenho do estudante ao fim da educação básica. Nessa época a prova era essencialmente interpretativa, muito conceitual e sem delimitações das áreas do conhecimento.

² Versão livre do original em inglês: "When a given IRT model fits the test data of interest, several desirable features are obtained. Examinee ability estimates are not test-dependent, and item indices are not group-dependent. Ability estimates obtained from different sets of items will be the same (except for measurement errors), and item parameter estimates obtained in different groups of examinees will be the same (except for measurement errors)." (p. 8)

Quando criado, pela portaria MEC nº 438 de 28 de maio de 1998, seus objetivos foram definidos como:

- I. Conferir ao cidadão parâmetros para auto avaliação, 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 com 63 itens (questões) nas quais eram avaliadas cinco competências e vinte uma habilidades e uma redação onde eram avaliadas outras cinco competências.

O desempenho dos estudantes era medido de acordo com a Teoria Clássica de Testes (TCT), ou seja, correspondia ao total de acertos na prova.

A partir de 2009, o ENEM passou a ser utilizado também como mecanismo de seleção para o ingresso e o financiamento no ensino superior de universidades públicas e privadas, além da certificação do ensino médio (possibilidade recém revogada, pela portaria MEC nº 468 de 03 de abril de 2017).

Foi então necessário mudar seu formato e metodologia, com áreas do conhecimento separadas e com uma proposta de abordar questões como situações-problema que envolvessem conteúdos disciplinares específicos segundo grandes áreas de conhecimento. De acordo com a portaria MEC nº 109 de 27 de maio de 2009, seus objetivos passaram a ser:

- I. Oferecer uma referência para que cada cidadão possa proceder à sua auto avaliação 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.

Discussões mais detalhadas sobre esse processo de mudança podem ser encontrados em Gonçalves Jr [2012] e Lopes [2015], que desenvolveram no grupo do IF-UFRJ os primeiros trabalhos sobre o desempenho dos estudantes no ENEM.

Atualmente, o ENEM é aplicado anualmente a todos os interessados que buscam ingressar em instituições de ensino superior públicas que fazem parte do Sistema de Seleção Unificada (Sisu) ou que desejem concorrer nos processos de financiamento do ensino superior privado, com abrangência em todo o território nacional.

O exame busca medir as habilidades e competências através de escalas de proficiência nas quatro áreas de conhecimento. O ENEM é hoje constituído por quatro provas objetivas de múltipla escolha e uma redação nas quais são avaliadas as competências e habilidades descritas na Matriz de Referência (apresentada no Anexo I)

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.

Cada uma das provas é constituída por 45 itens (questões). Cada uma das questões deve ser estruturada contendo um texto base, um enunciado com um comando, e as alternativas, sendo uma correta (o gabarito) e quatro alternativas incorretas (os distratores).

As questões são elaboradas a partir da Matriz de Referência (veja no Anexo A) contendo as dimensões que são levadas em conta na avaliação: domínios cognitivos (5), competências e habilidades por área de conhecimento (8 competências e 30 habilidades em Ciências da Natureza), e um conjunto de objetos de conhecimento. Cada questão deve estar relacionada a uma única habilidade dessa Matriz de Referência.

A prova de Ciências da Natureza tem seus itens distribuídos entre questões de Física, Química e Biologia; conforme resultados apresentados em capítulo posterior, esses itens são distribuídos de forma relativamente uniforme, aproximadamente com o mesmo número de questões para cada uma das disciplinas (ver a Tabela 3.9, pág. 21).

A correção do Enem é dicotômica, ou seja, a resposta será considerada correta ou incorreta (exceto na prova de redação), mas a nota (score) do candidato não é estabelecida pelo somatório simples de acertos, como ocorreria caso fosse utilizada a TCT. O score é obtido utilizando o modelo da Teoria da Resposta ao Item (TRI).

A TRI é uma das teorias de modelagem latente que começaram a ser elaboradas pela psicometria na década de 1930, porém começou a ganhar força na década de 1960. Esse modelo tem como postulado que o comportamento dos seres humanos pode ser identificado por traços latentes, ou seja, processos que por hipótese nos levam a certas decisões.

Nesse modelo é possível estabelecer uma relação matemática entre as variáveis observáveis e os traços latentes. Essa relação é descrita por um

modelo logístico e apresenta como consequência de suas equações uma curva conhecida como Curva Característica do Item (CCI).

A curva característica do item descreve a probabilidade de acerto em um item por um aluno como uma função monotonamente crescente em função de sua aptidão, ou seja, de seu escore. Essa curva deve ter o formato mostrado na Figura 2.1 [ANDRADE 2000].

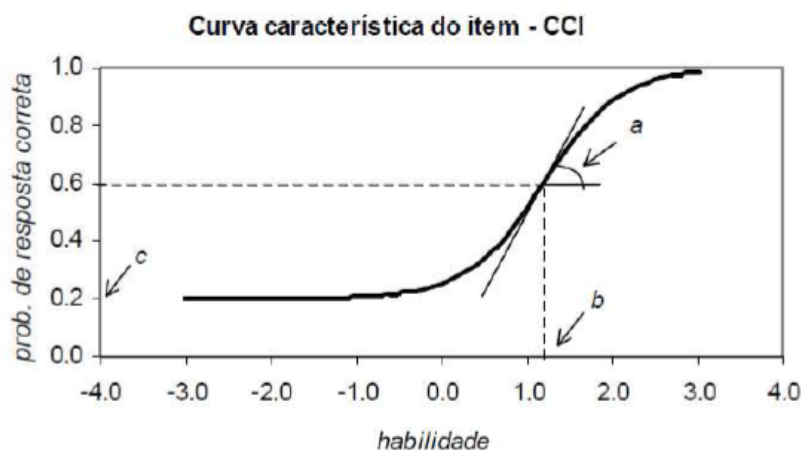


Figura 2.1. Um exemplo de uma curva característica do item [ANDRADE 2000].

No ENEM, utiliza-se um dentre os modelos populares da TRI, o modelo logístico de três parâmetros. Esses parâmetros são a discriminação *a* entre candidatos de diferentes habilidades (medida pela inclinação da CCI em seu ponto de inflexão), a dificuldade *b* do item medida na escala de habilidade (o valor do escore no ponto de inflexão da CCI, aproximadamente o valor da aptidão necessária para que a probabilidade de acerto na questão seja metade da variação da probabilidade indicada na curva), e a probabilidade de acerto casual ou pseudo-azar *c*, indicando o valor da probabilidade da assíntota inferior da curva [HAMBLETON 1991].

Os escores são calculados probabilisticamente e apresentados de forma normalizada: à média é atribuído o escore zero, e os valores são medidos em unidades de desvio padrão (positivos ou negativos). Para divulgação dos resultados, faz-se uma normalização, atribuindo o valor 500 à média e 100 ao desvio padrão (valores obtidos para os estudantes que fizeram o exame em 2009 e que se declararam concluintes do ensino médio neste ano).

O estudo do desempenho dos estudantes nos itens de Física do ENEM 2013 permite medir quais habilidades e competências o aluno demonstra ter a partir do conjunto de habilidades pré-determinadas na Matriz de Referência do exame.

Este trabalho é uma continuidade de trabalhos anteriores, do grupo do IF-UFRJ, iniciados em 2010 [GONÇALVES JR 2012; GONÇALVES JR 2014] com o estudo dos resultados de 2009, 2010, com os resultados de 2011 [LOPES 2015], e 2012 [BARROSO 2015].

Vamos, a partir do próximo capítulo, apresentar o método utilizado para o estudo deste desempenho no ano de 2013.

CAPÍTULO 3

Atividades desenvolvidas

Este capítulo apresenta a descrição das atividades desenvolvidas neste trabalho e a metodologia utilizada em cada uma delas.

Numa primeira etapa, estudamos os dados disponíveis do ENEM 2013: os itens das provas de Ciências da Natureza e o desempenho dos candidatos concluintes do ensino médio nesse exame. Os resultados revelam algumas informações relevantes para a compreensão do processo de aprendizagem ao final do ensino médio. Posteriormente, foi feita uma seleção de questões, apresentada para resolução a grupos de alunos do Colégio Pedro II, com a solicitação de que fosse relatada a justificativa para a escolha da alternativa. Em seguida, organizou-se uma oficina com os professores do Colégio Pedro II e de outros colégios, de Física e de Ciências, para discutir esses resultados e o que eles indicavam em relação ao trabalho docente e às necessidades de reflexão dos professores sobre sua prática.

Ainda nesse capítulo, iremos relatar a construção dos produtos educacionais associados a esta dissertação. Os detalhes dessas atividades serão divididos em cinco seções, onde descrevemos:

- A base dos dados do ENEM utilizada;
- Os parâmetros usados na análise qualitativa;
- Os resultados obtidos a partir da análise quantitativa do desempenho dos estudantes; a comparação entre os dados de desempenho no ENEM e o que é avaliado nas questões;
- A comparação entre os resultados gerais e o obtido entre alunos do Colégio Pedro II (CPII).

3.1. A base de dados do ENEM utilizada

É possível baixar um arquivo com os dados do Enem, disponibilizado pelo Inep em sua própria página, no sítio <http://portal.inep.gov.br/web/guest/microdados>.

Esses microdados são arquivos de dados onde toda a informação do candidato é relacionada, tanto o questionário sócioeconômico quanto as respostas dadas a todos os itens da prova. Com o elevado número de candidatos que participam da prova, pode-se imaginar o tamanho desses arquivos; portanto, a leitura e manipulação desses dados deve ser feita em programas estatísticos de grande porte. Nesse estudo foi usado o SPSS (Statistical Package for Social Sciences) para fazer a leitura e análise dos dados.

A numeração das questões nas provas do Enem ocorre em diferentes sequências, em cada uma das versões das provas identificadas por cores diferentes. Antes de iniciar a análise dos dados, é importante “descolorir” as provas, ou seja, colocar todas as questões na mesma sequência de uma das versões da prova. Aqui, usamos a sequência da prova azul.

Na Figura 3.1, está a imagem de parte de um dos arquivos disponibilizado pelo INEP, com informações sobre as questões da prova (o número sequencial, a área, o número do item codificado no Banco Nacional de Itens do INEP, a ordem do item na prova azul, o código do item, o gabarito e a habilidade relacionada ao item).

O banco de dados aqui utilizado passou por alguns filtros, com o objetivo de delimitar a população a ser estudada. Trabalhamos com os concluintes do ensino médio no ano de 2013, com notas válidas em todas as provas objetivas e também na prova de redação. Com isso, temos um número bem menor que o número total de inscritos. A descrição da montagem e filtros utilizados no banco de dados pode ser encontrada em trabalhos de Barroso, Rubini e Massunaga (2015 e 2017).

Na Tabela 3.1, indicamos os números envolvidos nesta análise de dados ao longo dos anos de 2009 a 2014 [BARROSO 2017]. Para cada um dos anos, são fornecidos o número de inscrições, o número de participantes na prova de Ciências da Natureza, e o número de concluintes do Ensino Médio no ano de realização do exame que participaram de todas as provas e apresentaram uma redação válida.

Enem 2013

SEQ	ÁREA	ITEM	Ordem_Azul	Cod.Azul	GAB	HAB
1	CNT	12226	46	12226	B	020
2	CNT	23920	47	23920	B	024
3	CNT	31261	48	31261	E	022
4	CNT	42290	49	42290	D	022
5	CNT	37482	50	37482	A	015
6	CNT	8929	51	8929	B	023
7	CNT	44427	52	44427	E	018
8	CNT	19232	53	19232	B	028
9	CNT	10662	54	10662	D	027
10	CNT	7867	55	7867	A	014
11	CNT	40160	56	40160	B	015
12	CNT	7508	57	7508	A	018
13	CNT	42570	58	42570	A	024
14	CNT	43164	59	43164	A	009
15	CNT	11700	60	11700	B	016
16	CNT	38629	61	38629	C	002
17	CNT	13142	62	13142	B	029
18	CNT	26708	63	26708	C	012
19	CNT	29002	64	29002	B	019
20	CNT	39411	65	39411	C	001
21	CNT	41130	66	41130	A	007
22	CNT	13976	67	13976	C	009

Figura 3.1. Imagem de parte de arquivo disponibilizado pelo INEP, com informações sobre as questões do ENEM 2013.

	Enem 2009	Enem 2010	Enem 2011	Enem 2012	Enem 2013	Enem 2014
Inscritos	4.148.721	4.626.094	5.380.856	5.791.065	7.173.563	8.722.248
Participantes	2.330.534	3.101.455	3.670.241	3.942.639	4.908.306	5.633.954
Concluintes do Ensino Médio	864.827	1.059.227	1.174.429	1.205.063	1.326.681	1.374.821

(Fonte: Barroso, Rubini e Massunaga 2017)

Tabela 3.1. O número de inscritos, de participantes e de concluintes do ensino médio que participaram das provas [BARROSO 2017].

O volume de dados existente é muito grande, e esses dados podem ser utilizados de diversas formas. Para apresentar os dados gerais sobre a prova de

Ciências da Natureza em 2013, escolhemos utilizar os dados de sexo e dependência administrativa da escola (pública ou privada, e dentre as públicas federal, estadual ou municipal).

3.2. Resultados globais em Ciências da Natureza no Enem 2013

Algumas informações relevantes podem ser obtidas dos dados gerais. A Tabela 3.2 indica a evolução das notas dos estudantes concluintes do ensino médio na prova de Ciências da Natureza do ENEM entre os anos 2009 e 2014 [BARROSO 2017]. Dessa tabela, lembrando que os escores são comparáveis (estão na mesma escala), observa-se que a nota da prova, que oscila um pouco, é menor do que o valor inicial em 2009, e que o desvio padrão está diminuindo lentamente.

	Enem 2009	Enem 2010	Enem 2011	Enem 2012	Enem 2013	Enem 2014
Média	501.1	485.0	466.5	473.0	473.3	487.6
Desvio Padrão	98.5	81.2	85.1	79.9	75.6	74.5

(Fonte: Barroso, Rubini e Massunaga 2017)

Tabela 3.2. Médias segundo a TRI das notas dos estudantes concluintes do ensino médio na prova de Ciências da Natureza do ENEM entre os anos 2009 e 2014.

Na Tabela 3.3, apresentam-se as notas segundo a teoria clássica dos testes (TCT), isto é, o total de acertos na prova (são 45 as questões), normalizado de zero a 10, também para os concluintes do ensino médio nos anos considerados. Observa-se que a nota clássica média dos estudantes é cerca de 3 pontos – menos de um terço das questões da prova são respondidas de forma correta pelos candidatos.

	Enem 2009	Enem 2010	Enem 2011	Enem 2012	Enem 2013	Enem 2014
Média	3.4	3.2	3.2	3	2.6	2.8
Desvio Padrão	1.2	1.3	1.3	1.3	0.9	1.1
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	10	9.8	9.8	9.8	9.8	10

(Fonte: Barroso, Rubini e Massunaga 2017)

Tabela 3.3. As notas clássicas nas provas de Ciências da Natureza do ENEM de 2009 a 2014 para os concluintes do ensino médio.

Na Tabela 3.4, apresentam-se os percentuais de alunos concluintes do ensino médio separados por sexo que compareceram às provas entre 2009 e 2014. Observa-se que o sexo feminino é dominante em todos os anos: as mulheres são cerca de 60% dos participantes.

	Enem 2009	Enem 2010	Enem 2011	Enem 2012	Enem 2013	Enem 2014
Feminino	61.3	60.9	60.1	59.6	59	58.6
Masculino	38.7	39.1	39.9	40.4	41	41.4

(Fonte: Barroso, Rubini e Massunaga 2017)

Tabela 3.4. O percentual por sexo dos estudantes concluintes do ensino médio participantes das provas de Ciências da Natureza do ENEM de 2009 a 2014.

Na Tabela 3.5, são apresentadas as médias por sexo. Observa-se claramente que o desempenho das meninas é inferior ao dos meninos, em média.

	Enem 2009	Enem 2010	Enem 2011	Enem 2012	Enem 2013	Enem 2014
Feminino	488.2 ± 94.6	475.9 ± 76.3	456.7 ± 80.8	462.4 ± 74.9	464.8 ± 72.3	479.3 ± 70.4
Masculino	521.5 ± 100.9	499.0 ± 86.4	481.3 ± 89.2	488.7 ± 84.3	485.4 ± 78.4	499.4 ± 78.4
Total	501.1 ± 98.5	485.0 ± 81.2	466.5 ± 85.1	473.0 ± 79.9	473.3 ± 75.6	487.6 ± 74.5

(Fonte: Barroso, Rubini e Massunaga 2017)

Tabela 3.5. As médias por sexo dos estudantes concluintes do ensino médio participantes nas provas de Ciências da Natureza do ENEM de 2009 a 2014.

Na Tabela 3.6, apresentamos o percentual dos alunos concluintes do ensino médio participantes das provas de Ciências da Natureza em função do tipo de escola na qual cursaram o ensino médio. A maioria dos estudantes brasileiros estuda em escolas da rede pública estadual (cerca de 75%), e uma fração muito pequena (cerca de 2%) cursa o ensino médio em escolas da rede pública federal.

Tipo de escola	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Pública Federal	1.8	1.8	1.9	2	2	2.2
Pública Estadual	74.5	74.6	75.1	73.9	74.9	72.5
Pública Municipal	1.6	1.4	1.2	1.1	1	1
Privada	22.1	22.3	21.9	23	22.1	24.4
Total	100	100	100	100	100	100

Tabela 3.6. O percentual por tipo de escola dos estudantes concluintes do ensino médio participantes nas provas de Ciências da Natureza do ENEM de 2009 a 2014.

Na Tabela 3.7, apresentam-se as médias dos estudantes ao final da educação básica separados por tipo de escola em que cursaram o ensino médio. Observa-se que as escolas da rede pública estadual têm os estudantes com o pior desempenho nas provas de Ciências da Natureza.

Tipo de escola	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Pública Federal	600.5 ± 92.4	566.3 ± 77.5	548.7 ± 83.5	553.9 ± 81.5	542.8 ± 81.9	559.0 ± 76.5
Pública Estadual	475.6 ± 83.4	464.0 ± 69.5	444.5 ± 71.4	450.8 ± 64.5	453.2 ± 60.1	469.6 ± 61.4
Pública Municipal	483.2 ± 86.8	475.1 ± 72.8	460.5 ± 75.2	464.5 ± 70.5	464.6 ± 66.5	483.4 ± 66.2
Privada	580.4 ± 99.4	549.4 ± 80.7	535.4 ± 88.2	537.7 ± 84.9	535.3 ± 84.6	535.0 ± 84.7
Total	501.1 ± 98.5	485.0 ± 81.2	466.5 ± ±85.1	473.0 ± 79.9	473.3 ± 75.6	487.7 ± 74.5

Tabela 3.7. As médias por tipo de escola dos estudantes concluintes do ensino médio participantes nas provas de Ciências da Natureza do ENEM de 2009 a 2014.

Esses dados revelam algumas informações sobre o ensino de ciências no país. Particularmente, indicam a existência de desigualdade de gênero e por tipo de escola frequentada pelos estudantes brasileiros.

3.3. O estudo qualitativo dos itens da prova

A análise qualitativa das questões que compõem a prova de Ciências da Natureza do ENEM se deu através de classificações feitas por um grupo de colaboradores, e observações baseadas nos parâmetros descritos a seguir.

3.3.a) Classificação quanto à componente curricular

A prova do Enem apresenta uma proposta de interdisciplinaridade entre os conceitos discutidos disciplinarmente no ensino médio. Mas de fato é possível, da leitura da Matriz de Referência, observar que há divisão disciplinar dos itens, mesmo quando existem traços interdisciplinares na questão.

Para classificar os itens segundo componente disciplinar, foi adotado o critério proposto por Gonçalves Jr [2012], em que a questão é classificada como

sendo da componente curricular necessária para a escolha da resposta correta. Pode-se observar que esta classificação não é única. Por exemplo, na questão 51 da prova de 2013 (sempre em referência à numeração da prova azul), apresentada na Figura 3.2, há a associação, nos dados do INEP, à habilidade 23, “H23- Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas”, dentro da competência de área 6, “Apropriar-se de conhecimentos de física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas.”, como pode ser visto no Anexo A que apresenta a Matriz de Referência. No entanto, esta questão foi classificada pelo grupo como sendo de Química, como verifica-se da Tabela 3.8, pois o gabarito pressupõe o conhecimento do mecanismo de produção de energia por fontes termelétricas, tópico contido nos objetos de conhecimento de Química da Matriz de Referência do ENEM.

QUESTÃO 51

Química Verde pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Sabe-se que algumas fontes energéticas desenvolvidas pelo homem exercem, ou têm potencial para exercer, em algum nível, impactos ambientais negativos.

CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G. (Orgs.). *Química Verde: fundamentos e aplicações*. São Carlos: EdUFSCar, 2009.

A luz da Química Verde, métodos devem ser desenvolvidos para eliminar ou reduzir a poluição do ar causada especialmente pelas

- A hidrelétricas.
- B termelétricas.
- C usinas geotérmicas.
- D fontes de energia solar.
- E fontes de energia eólica.

Figura 3.2. A questão 51 da prova de Ciências da Natureza de 2013.

Na Tabela 3.8, estão indicadas as classificações disciplinares elaboradas pelo grupo envolvido nesta análise, segundo os critérios propostos por Gonçalves Jr. [2012]. Nesta Tabela, as informações sobre o gabarito (resposta correta) e sobre a habilidade associada são as informações fornecidas pelo Inep.

Na Tabela 3.9, apresentamos o número total de questões por disciplina nos anos 2009 a 2014 (Barroso, Rubini e Massunaga 2017).

Número	Habilidade	Gabarrito	Disciplina	Número	Habilidade	Gabarrito	Disciplina
46	20	B	Física	68	25	B	Química
47	24	B	Química	69	27	E	Química
48	22	E	Física	70	13	C	Biologia
49	22	D	Química	71	25	D	Química
50	15	A	Biologia	72	5	E	Física
51	23	B	Química	73	29	A	Biologia
52	18	E	Física	74	8	C	Química
53	28	B	Biologia	75	5	E	Física
54	27	D	Química	76	20	C	Física
55	14	A	Biologia	77	26	D	Química
56	15	B	Biologia	78	30	B	Biologia
57	18	A	Física	79	3	D	Física
58	24	A	Química	80	14	B	Biologia
59	9	A	Biologia	81	4	A	Química
60	16	B	Biologia	82	1	A	Física
61	2	C	Física	83	5	D	Física
62	29	B	Biologia	84	12	B	Biologia
63	12	C	Biologia	85	21	A	Física
64	19	B	Química	86	18	E	Química
65	1	C	Física	87	17	B	Física
66	7	A	Física	88	13	D	Biologia
67	9	C	Biologia	89	21	B	Física
				90	17	A	Química

Tabela 3.8. A classificação disciplinar da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013.

Ano / Disciplina	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média por ano
Física	16	16	15	16	16	15	15.7
Química	9	13	13	15	14	15	13.2
Biologia	20	16	17	14	15	15	16.2

Tabela 3.9. Número de questões por disciplina da prova de Ciências da Natureza entre os anos 2009 e 2014.

3.2.b) Classificação quanto à competência e à habilidade exigidas

Dentro da Matriz de Referência do ENEM (Anexo A) há uma série de classificações para os itens que compõem a prova. No que se refere à classificação por competências e habilidades, nem sempre a classificação proposta pelo INEP é considerada adequada pelos autores, mas foi utilizada a classificação do INEP. Na Tabela 3.10, é apresentado o total de questões por competência na prova de Ciências da Natureza de 2013, para todas as questões e para as questões de Física. As competências 7 e 8 referem-se a questões de Química e Biologia. Na Tabela 3.11, é apresentado o mesmo total, agora para as habilidades. Observa-se que a distribuição de questões da prova pelas habilidades descritas na Matriz de Referência é razoavelmente uniforme, como esperado.

Competência	Número de Itens	
	Ci Nat	Física
C1	5	4
C2	4	4
C3	5	0
C4	7	0
C5	6	3
C6	7	5
C7	7	0
C8	4	0

Tabela 3.10. Número de questões por competência na prova de Ciências da Natureza de 2013.

Habilidade	Número de Itens	
	Ci Nat	Física
H01	2	2
H02	1	1
H03	1	1
H04	1	0
H05	3	3
H06	0	0
H07	1	1
H08	1	0
H09	2	0
H10	0	0
H11	0	0
H12	2	0
H13	2	0
H14	2	0
H15	2	0

Habilidade	Número de Itens	
	Ci Nat	Física
H16	1	0
H17	2	1
H18	3	2
H19	1	0
H20	2	2
H21	2	2
H22	2	1
H23	1	0
H24	2	0
H25	2	0
H26	1	0
H27	2	0
H28	1	0
H29	2	0
H30	1	0

Tabela 3.11. Número de questões por habilidade na prova de Ciências da Natureza e nas questões de Física do ENEM 2013.

3.2.c) Classificação quanto ao objeto de conhecimento

Na Matriz de Referência, são listados objetos de conhecimento para cada um dos componentes curriculares. Na área de Física, os objetos de conhecimento são classificados segundo:

- O1- Conhecimentos básicos e fundamentais
- O2- O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas
- O3- Energia, trabalho e potência
- O4- A mecânica e o funcionamento do universo
- O5- Fenômenos elétricos e magnéticos
- O6- Oscilações, ondas, óptica e radiação
- O7- O calor e os fenômenos térmicos

Para os itens de Física da prova de Ciências da Natureza, foi feita a identificação dos objetos de conhecimento como mostrado na Tabela 3.12.

Objeto de conhecimento	Física
O2	5
O5	5
O6	3
O7	2

Tabela 3.12. Número de questões de Física por objetos de conhecimento na prova de Ciências da Natureza de 2013.

3.2.d) Classificação quanto a outros aspectos qualitativos dos itens

Quanto à exigência de conteúdo específico disciplinar, muitas das questões das provas do ENEM são interpretativas, ou seja, não exigem um conteúdo específico de uma disciplina para que sejam resolvidas. Isso faz com que candidatos com pouca familiaridade com conceitos da ciência também sejam capazes de resolvê-las, apenas com a interpretação dos textos base, o que muitas vezes possibilita a resposta direta por meio da leitura e utilização de raciocínio lógico.

Quanto ao texto das questões, é seguida a orientação de elaboração de itens para o ENEM [MEC 2009] do Inep. A questão é composta de três elementos: o texto base, o enunciado e as alternativas. O texto base deve motivar ou compor a situação problema e apresentar informações relevantes. Mais que contextualizar a

questão, o texto deve ter alguma informação que seja de fato útil na resolução do item, e cada item deve ter seu próprio texto base. O enunciado contém o “comando” da pergunta que se deseja que o candidato responda. As alternativas são cinco, uma correta (gabarito) e quatro incorretas (distratores).

Quanto às exigências cognitivas das questões, pode-se fazer esta análise a partir da observação de quais etapas são necessárias na resolução do item. O que é essencial para a resolução desse item? Apenas a interpretação do texto base da questão é suficiente? Há a necessidade de se lembrar algum conceito ou informação? Há necessidade de conectar informações entre diferentes objetos de conhecimento? É necessário realizar cálculos em alguma etapa? A resposta a essas questões estabelece se a questão é conceitual ou quantitativa, dentre outras possibilidades de estudo.

Quanto ao estudo das alternativas de respostas, cada item possui uma alternativa correta e outros 4 distratores, que são alternativas incorretas. Os distratores não devem induzir ao erro intencionalmente. Eles também devem retratar as hipóteses de raciocínio em busca da solução e devem parecer corretas para aqueles que não desenvolveram a habilidade avaliada no item. No entanto, observa-se algumas incoerências nesse princípio.

A análise pela lógica dos distratores é uma ferramenta muito utilizada por parte dos candidatos na resolução dessas questões.

Observa-se também que em algumas questões da prova há dificuldades ou imprecisões no enunciado ou nas respostas apresentadas. Este tema é assunto recorrente entre comentários feitos, em artigos em periódicos ou entre professores. Segundo Lang [2014a]

Em edições do ENEM anteriores a de 2014 houve recorrentemente diversas questões com sérios problemas de formulação, variando desde questões impossíveis de serem respondidas em decorrência de enunciados no comando das questões inconsistentes com o conhecimento científico, até questões com mais de uma ou nenhuma alternativa de resposta correta [1, 2, 3]. A SBF se manifestou em 2013 a respeito da qualidade das questões, apontando entre outros equívocos o uso exacerbado e forçado de contextualização nos comandos das questões.

Na Tabela 3.13, são apresentadas algumas das classificações utilizadas em cada um dos itens das questões de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013. Para cada questão, identificada pelo número na prova azul, indica-se o gabarito, a competência, habilidade, o objeto do conhecimento, se a questão é do tipo quantitativa (A) ou qualitativa (C), indicando se são necessários cálculos ou raciocínios matemáticos para a resolução, e se exige ou não a utilização de conteúdos específicos disciplinares para sua adequada resolução. A última coluna fornece um lembrete para o conteúdo da questão.

Tabela 3.13. Classificação das questões de Física

Número	Gabarito	Competência	Habilidade	Obj. Conhec	Conc./Analit.	Exige cont?	Lembrete
48	E	C6	H21	O7	C	Sim	GARRAFA BRANCA E PRETA
52	E	C1	H1	O6	C	Sim	INTERFERÊNCIA EM AVIÕES
57	A	C1	H3	O2	C	Sim	FUROS GARRAFA PET
61	C	C5	H18	O2	A	Sim	CADEIRA DE RODAS ELEVADOR
65	C	C1	H1	O6	A	Sim	ONDA HUMANA
66	A	C2	H6	O2	C	Sim	SERRA AÇOUGUE
72	E	C2	H6	O5	C	Sim	VOLTÍMETRO AMPERÍMETRO
75	E	C2	H5	O5	A	Sim	CHUVEIRO
76	C	C1	H3	O2	C	Sim	ATRITO NOS PÉS
79	D	C1	H3	O5	C	Sim	FLUIDO ELÉTRICO
82	A	C1	H1	O6	C	Sim	DÓ CENTRAL
83	D	C2	H5	O5	A	Sim	VOLTÍMETRO PONTE
85	A	C6	H21	O5	A	Sim	FORÇA MAGNÉTICA FECHADURA
87	B	C5	H17	O2	C	Sim	GRÁFICO FORÇA RESULTANTE
89	B	C6	H23	O7	C	Sim	AQUECEDORES SOLARES

3.4. O estudo quantitativo dos itens da prova

O ENEM utiliza, para obter as notas (escores) dos estudantes, a Teoria da Resposta ao Item (TRI) para superar algumas limitações da Teoria Clássica dos Testes (TCT), como apresentado no Capítulo 2. A capacidade de medir a dificuldade de um item, sua capacidade de discriminação entre sujeitos de diferentes aptidões e possibilidade de aplicar o teste com resultados comparáveis em diferentes grupos e momentos são qualidades da TRI.

O estudo quantitativo dos itens da prova envolve, então, não apenas observar o percentual de acertos na questão e o percentual de escolha das alternativas apresentadas, elementos de uma análise tradicional de questões de uma prova, mas também a observação de alguns componentes da TRI.

Os psicometristas buscaram teorias e modelos de medida mental alternativas, cujas características desejáveis incluiriam [HAMBLETON 1991]

“(a) características dos itens que não sejam dependentes de grupo, (b) escores descrevendo a proficiência do examinando que não sejam dependentes de teste, (c) um modelo que seja expresso no nível do item e não no nível do teste, (d) um modelo que não exija testes estritamente paralelos para avaliação da confiabilidade, e (e) um modelo que forneça uma precisão para cada escore de habilidade. Foi demonstrado que todas essas características podem ser obtidas dentro do contexto de uma teoria alternativa conhecida como teoria da resposta ao item. (...)”¹ (p. 5)

A TRI apresenta-se como um modelo psicométrico para determinação de aptidões ou *traços latentes*. Cada item a ser incluído em um teste é descrito por uma *curva característica do item* (CCI) que apresenta a probabilidade de acerto do item em função da aptidão ou proficiência do candidato. Esta curva deve ter um comportamento previsto: é monotonamente crescente, com um ponto de inflexão, e quanto maior (menor) a habilidade do candidato, maior (menor) sua probabilidade de acerto na questão.

Esse modelo faz com que a mesma escala seja utilizada para descrever a aptidão do candidato e o índice de dificuldade da questão. A escala de escores costuma utilizar como referência o valor médio 0, e o valor + 1 para um desvio padrão acima da média (e correspondentes -1 abaixo da média, 2, -2, ...). Para uma melhor compreensão pública da escala, estabelece-se a média como sendo 500 e o valor do desvio padrão como sendo 100. No caso do ENEM, esta escala foi estabelecida em 2009, para os alunos que no ano concluíam o ensino médio.

Os modelos de TRI mais utilizados são diferenciados pelo número de parâmetros previstos: os modelos de um parâmetro, dois parâmetros e 3 parâmetros. O ENEM utiliza o modelo logístico de três parâmetros, que descreve a curva característica de cada item da prova com os parâmetros dificuldade, discriminação e pseudo-azar.

A curva característica prevê que a probabilidade $P_i(\theta)$ de acerto em um item i de um candidato com habilidade (ou aptidão) θ é descrita pela função:

¹ Versão livre do original, “(a) item characteristics that are *not* group-dependent, (b) scores describing examinee proficiency that are *not* test-dependent, (c) a model that is expressed at the item level rather than at the test level, (d) a model that does *not* require strictly parallel tests for assessing reliability, and (e) a model that provides a measure of precision for each ability score. It has been shown that these features can be obtained within the framework of an alternative test theory known as *item response theory*” (p.5)

$$P_i(\theta) = c_i + (1 - c_i) \frac{e^{y(\theta)}}{1 + e^{y(\theta)}}, \text{ sendo } y(\theta) = Da_i(\theta - b_i)$$

onde a_i é a discriminação do item (D é um fator de escala), b_i é a dificuldade do item e c_i é o pseudo-azar.

A discriminação de um item, a , indica a capacidade de um item em discriminar entre os candidatos entre maior e menor habilidade. Seu valor é tomado como sendo a inclinação da reta tangente ao ponto de inflexão da curva característica do item. Na Figura 3.3, apresentamos um gráfico de dois itens com diferentes discriminações. No eixo horizontal, está apresentada a habilidade do aluno em unidades estatísticas (zero corresponde ao valor médio e 1 ao desvio padrão) e no eixo vertical a probabilidade de acerto. O item representado pela curva mais escura tem discriminação menor do que a discriminação do item apresentado pela curva mais clara.

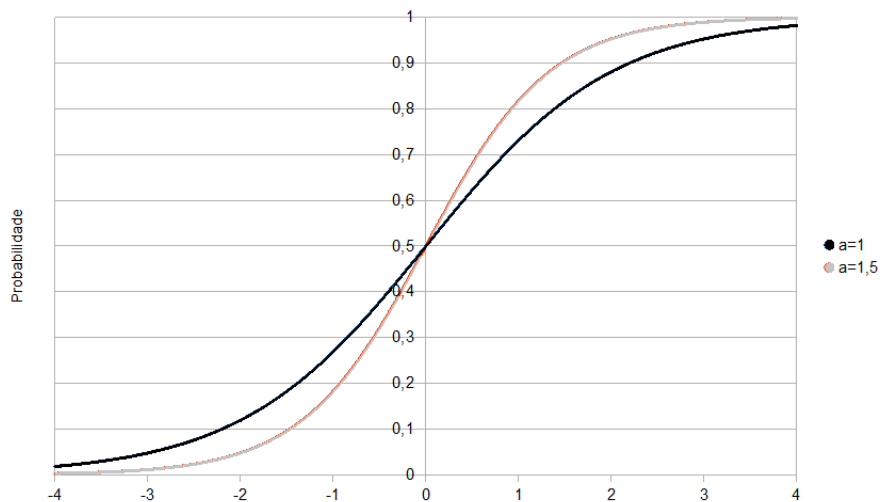


Figura 3.3. Curvas características de dois itens com diferentes discriminações.

A dificuldade do item, b , corresponde ao valor em que a probabilidade de acerto no item ultrapassa o valor médio do item, e pode ser medido pelo valor da habilidade que corresponde ao ponto de inflexão da curva. Se a curva vai de probabilidade zero a probabilidade 1, a dificuldade corresponde à habilidade na qual um candidato tem 50% de probabilidade de acertar o item. Na Figura 3.4, apresentamos três curvas características com diferentes dificuldades (mas com as mesmas discriminações e os mesmos parâmetros de pseudo-azar), utilizando as

mesmas escalas apresentadas na figura anterior. A curva mais escura representa uma questão cuja dificuldade é baixa, a curva clara contínua é média e a curva clara tracejada é alta.

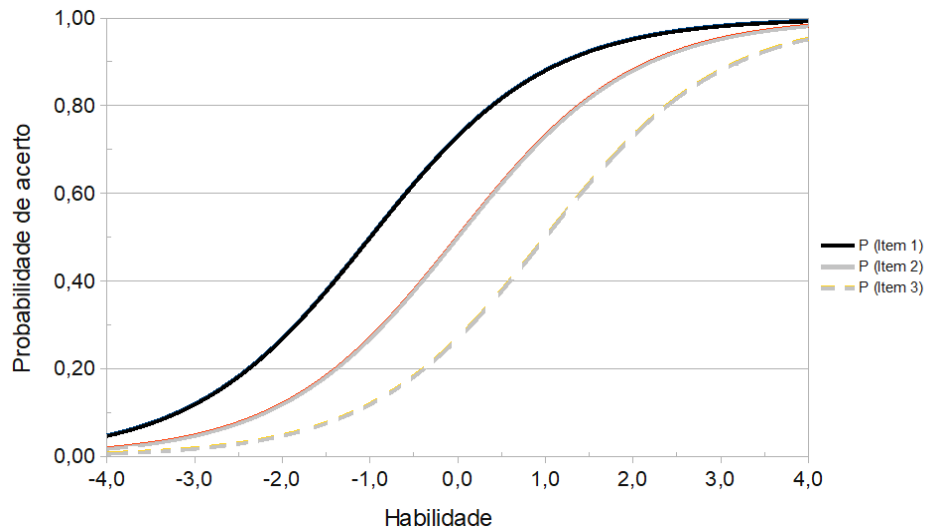


Figura 3.4. Curvas características de itens com diferentes dificuldades.

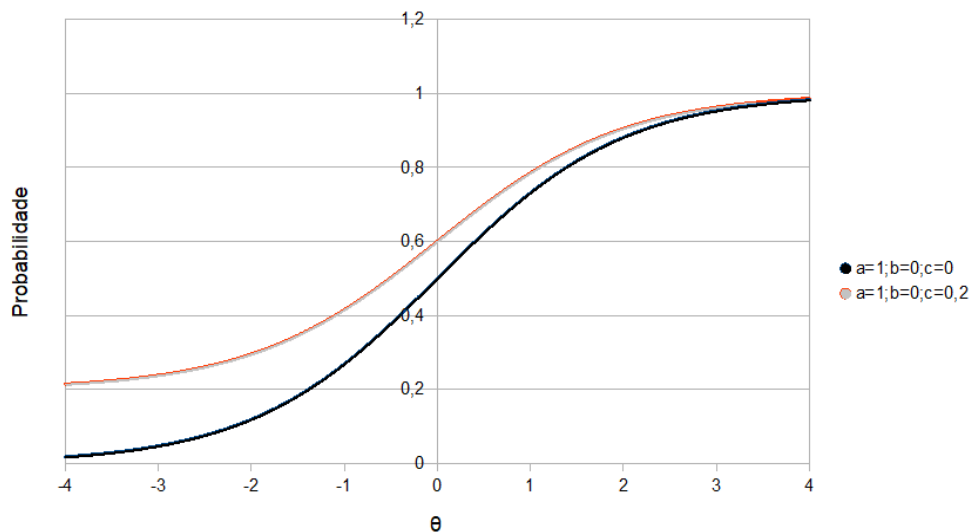


Figura 3.5. Curvas características de itens com diferentes parâmetros de pseudo-azar.

O parâmetro denominado de parâmetro de pseudo-azar, c , descreve a probabilidade de um candidato acertar a questão com habilidade muito baixa. Corresponde ao valor da probabilidade de acerto dado pela assíntota inferior da curva característica do item. Na Figura 3.5, apresentamos duas curvas características com diferentes parâmetros de pseudo-azar. A curva mais escura

tem parâmetro c nulo, e a curva mais clara tem o parâmetro correspondente a uma probabilidade de acerto de 20% para alunos com habilidade muito baixa. Segundo Pasquali (2003),

A lógica que fundamenta essa interpretação da assíntota é a seguinte: supostamente o sujeito não tem habilidade praticamente nenhuma, pois ele tem um θ menor que -3 , e apesar disso acerta o item; conseqüentemente, ele só pode ter chutado e teve sorte, porque acertou. (p. 89)

Em resumo, vamos apresentar no estudo dos itens da prova de 2013 os dados considerados relevantes para a obtenção de diagnósticos sobre a aprendizagem em Física. São essenciais neste estudo

- Os percentuais de acertos e de escolha dos distratores, pois esses indicadores revelam de forma simples se uma questão é fácil ou difícil e quais distratores são mais atrativos para os candidatos – e o motivo dessa atração é crucial para identificação de problemas no processo de ensino-aprendizagem.
- As curvas características dos itens, que relacionam a probabilidade de sucesso (acerto) do item com a aptidão do candidato através dos parâmetros do modelo: a discriminação, a dificuldade e a probabilidade de pseudo azar para cada item.
- Os escores obtidos pela TRI, pois este modelo psicométrico faz com que o escore do candidato não seja estabelecido apenas pelo número de acertos do candidato, possibilitando uma medida da “aptidão” (o construto que se deseja medir) de um candidato independentemente da dificuldade do item. Isso torna possível comparar o resultado de testes diferentes, em anos diferentes, com diferentes candidatos.

A análise dos itens, apresentada no Capítulo 4 deste texto, fará uso das categorias de análise qualitativa descritas na seção 3.3 e dos resultados quantitativos do desempenho dos alunos concluintes do ensino médio descritas nesta seção.

3.5. A comparação dos dados de desempenho dos alunos brasileiros e os dos alunos do Colégio Pedro II

A análise realizada a partir dos métodos descritos revelou a necessidade de aprofundamento da análise qualitativa, buscando a linha de raciocínio que leva os candidatos a escolher algumas das alternativas. Para isso, preparamos questionários com algumas questões de Física da prova de Ciências da Natureza de 2013 (os questionários estão apresentados no Apêndice 2) e aplicamos esses questionários a um grande número de estudantes de todos os *campi* do Colégio Pedro II (CPII). Neste questionário, além da escolha da resposta, solicitava-se ao aluno a justificativa para esta escolha.

Professores dos diferentes *campi* e de diferentes séries do ensino médio dispuseram-se a colaborar, tendo sido aplicados mais de 600 questionários.

A partir destes questionários, elaborou-se uma planilha tabulando algumas das respostas, os tipos de justificativa, a partir de categorias definidas da leitura dos questionários. Utilizaram-se alguns critérios: se a justificativa apresentava linguagem escrita ou diagramática; se apresentava coerência interna ou não e outros aspectos, além da estatística descritiva dos distratores.

A última atividade desenvolvida foi a preparação de uma oficina para professores, particularmente do Colégio Pedro II. O minicurso “*Estudo dos resultados do Enem – Um diagnóstico do ensino de Física no Brasil*” foi preparado e apresentado, como uma atividade de extensão do Colégio Pedro II, pelos professores Bruno Rinaldi (CPII), José Christian Lopes (CPII), Gustavo Rubini (UFRJ), Marcelo S.O. Massunaga (UENF) e Marta F. Barroso (UFRJ), no dia 10 de julho de 2017 no *campus* São Cristovão – Prédio da reitoria, auditório Pinheiro Guimarães, de 14 às 18 h, com a autorização e divulgação da pró-reitoria de pós-graduação, pesquisa, extensão e cultura. O material instrucional preparado para esta oficina está disponível no Apêndice 3.

Os resultados dessas aplicações, os questionários e a oficina serão apresentados no capítulo 5.

CAPÍTULO 4

As questões de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013 e o desempenho dos alunos

Nesse capítulo, são apresentados os resultados do estudo das questões de Física da prova de Ciências da Natureza do Enem 2013, tanto do ponto de vista do que é avaliado em cada uma delas quanto no que se refere ao desempenho dos candidatos. A partir dos critérios descritos no capítulo anterior, faz-se a análise de cada um dos itens em seus aspectos qualitativos: o texto das questões, sua coerência com os conteúdos de física abordados no ensino médio, as habilidades e competências que pretendem avaliar, entre outras. Em relação aos aspectos quantitativos, são apresentados os dados de desempenho dos candidatos: o percentual de acerto na questão, a escolha pelos candidatos de cada uma das alternativas disponíveis, a curva característica do item, que indica a probabilidade que um aluno com um escore definido assinale a resposta correta, e a distribuição das notas entre os 10 grupos igualmente divididos por escores.

A análise combinada é cerne desse trabalho. O processo de diagnóstico que pretendemos estabelecer passa pela observação dos aspectos qualitativos e quantitativos de cada um dos itens. Para isso não basta estudar o conteúdo de Física abordado na questão, discutir seu mérito, sua plausibilidade e seu rigor, mas também é necessário usar os dados de desempenho para tentar inferir o tipo de raciocínio ou compreensão do tópico que levou o candidato a optar por determinada resposta.

Por mais que um professor pense que “conheço meus alunos”, não existe uma ferramenta disponível que possa nos dizer, com precisão, o que os leva a optar por uma resposta. Este estudo propõe aos colegas professores uma forma de analisar os dados, envolvendo um conjunto de técnicas quantitativas utilizando os dados fornecidos pelo Inep e um conjunto de reflexões qualitativas sobre o que consta nas questões. A partir dos dados das questões de Física da prova de 2013, pode-se refletir a respeito dos resultados e utilizá-los para um melhor fazer pedagógico.

Iniciando esta primeira discussão das questões de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013, apresentamos uma visão geral da prova. Neste ano, a média no escore TRI da prova foi de 473.3 ± 75.6 ; a nota clássica (proporcional ao total de acertos) foi 2.6 ± 0.9 .

Na Figura 4.1, há um gráfico que indica, para cada uma das questões da prova de Ciências da Natureza de 2013, o percentual de acerto na questão. As questões de Física estão destacadas em tonalidade mais escura. À direita do gráfico, são apresentados os totais de acerto em cada uma das disciplinas (normalizadas para valores entre 0 e 10). Destas informações, observa-se que o total de acertos na prova é muito pequeno (cerca de um quarto das questões estão corretas), e que o total de acertos das questões de Física é inferior às demais, sendo que o total de acertos em Biologia é superior a todas as demais disciplinas.

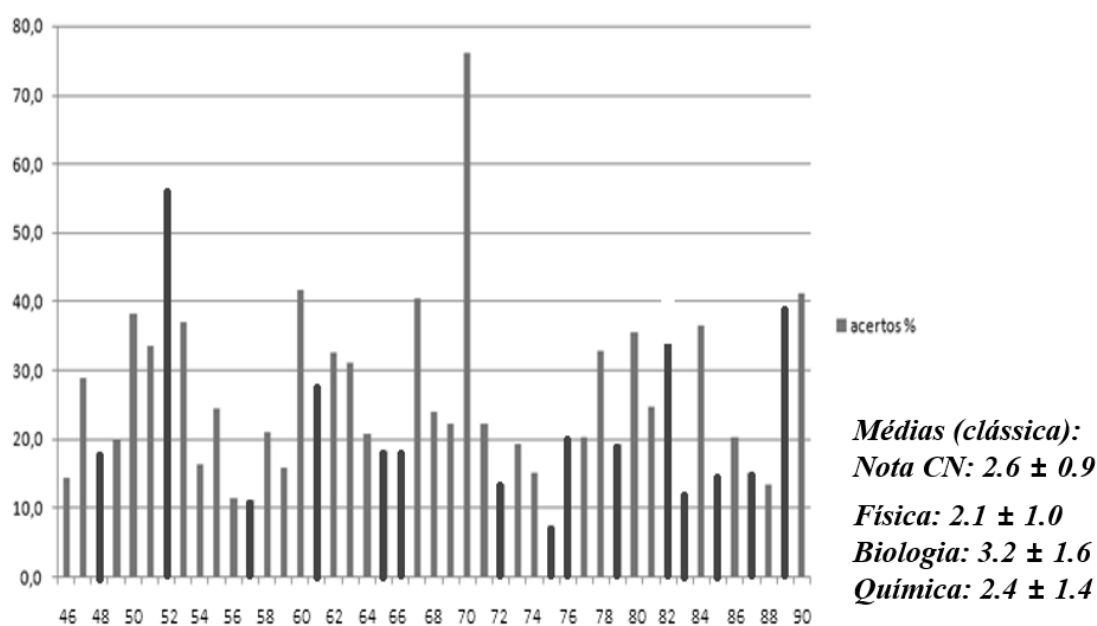


Figura 4.1. Percentual de acertos de cada uma das 45 questões da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013; estão assinaladas as questões de Física.

Na Figura 4.2, está representado o conjunto de curvas características de todos os itens da prova do Enem 2013¹. Estão assinaladas, com asterisco, as questões de Física.

¹ G. Rubini, comunicação privada. Resultados obtidos como parte dos trabalhos de doutoramento, a partir da utilização dos dados do INEP manipulados dentro do ambiente estatístico R e seus pacotes.

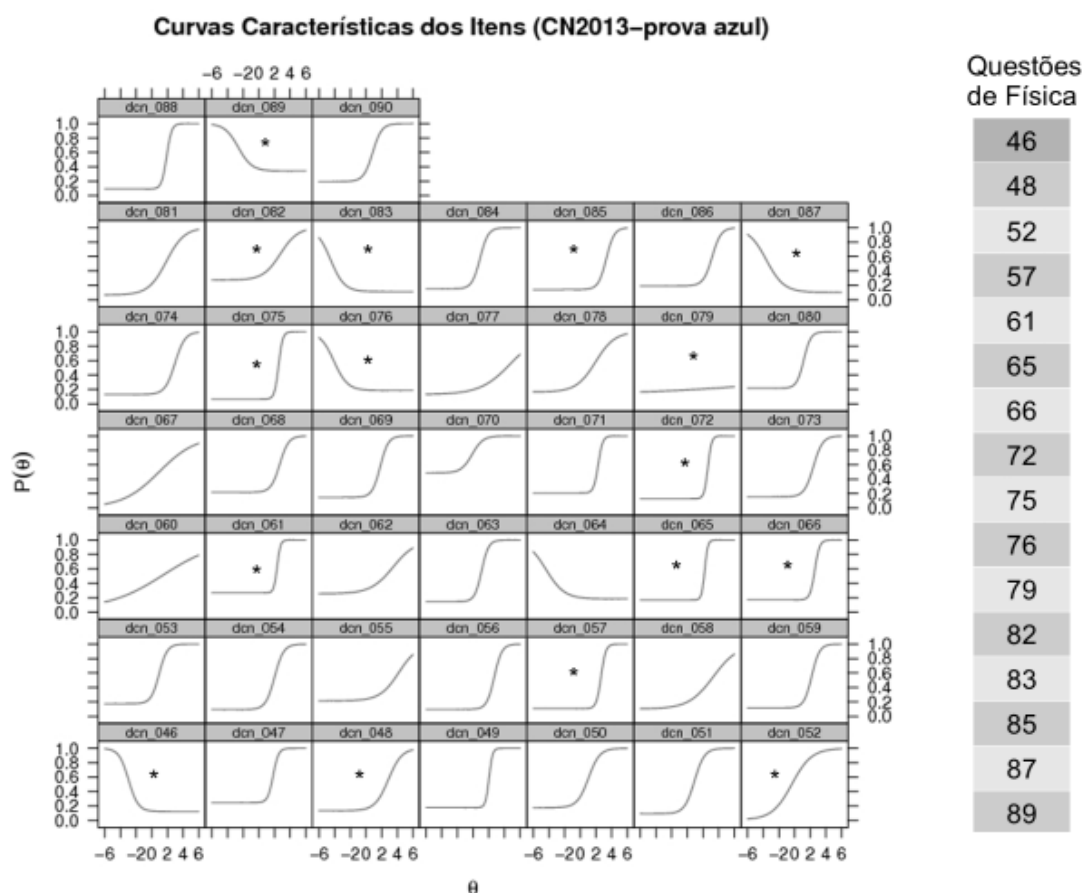


Figura 4.2. Curvas características de todas as questões da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013; estão assinaladas as questões de Física (fonte: G. Rubini, comunicação privada).

Observa-se que o modelo descrito no capítulo anterior para as curvas características dos itens não está adequado (apresentando discriminação negativa), para 6 questões, 5 delas de Física. Há mais uma questão de Física cuja curva característica revela que a questão não discrimina os alunos (uma reta praticamente constante).

A seguir, apresentam-se as questões de Física da prova de Ciências da Natureza do Enem 2013, em cada uma das seções, com as seguintes informações:

- o texto e as alternativas da questão, ou seja, a resposta correta (gabarito), as alternativas incorretas (distratores);
- a competência e habilidade da questão, usando a informação divulgada pelo Inep, embora o processo de identificar a habilidade a

partir da questão seja difícil e muitas vezes surjam divergências entre classificações;

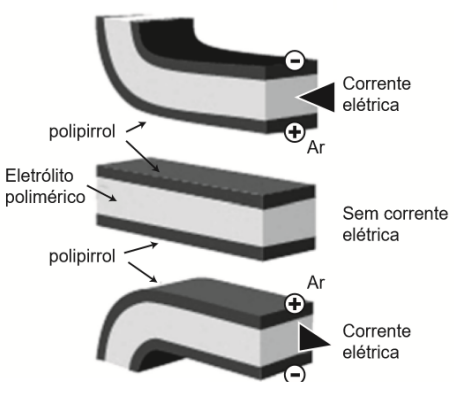
- a resolução da questão e sua coerência do ponto de vista da Física;
- a frequência da escolha das alternativas pelos concluintes do ensino médio em 2013 e o percentual de acerto na questão;
- a curva característica do item, que expressa a probabilidade de acerto na questão em função do escore do aluno;
- um gráfico que indica a frequência percentual de cada alternativa escolhida pelos alunos em função de uma faixa de desempenho – os alunos são divididos em dez grupos, as faixas, e cada faixa possui igual número de alunos; a primeira faixa agrupa os 10% dos alunos de menor aptidão e assim por diante até a faixa 10, que agrupa os 10% com maior aptidão; e, ao final,
- faz-se uma discussão sobre o que a questão revela a respeito da aprendizagem pelos alunos do tema da questão.

Apresentamos abaixo as questões, suas resoluções, discussões e dados estatísticos.

4.1. Questão 46

A questão 46 propõe uma discussão sobre músculos artificiais. Na Figura 4.3, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.4 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.5 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.6 apresentamos a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

Músculos artificiais são dispositivos feitos com plásticos inteligentes que respondem a uma corrente elétrica com um movimento mecânico. A oxidação e redução de um polímero condutor criam cargas positivas e/ou negativas no material, que são compensadas com a inserção ou expulsão de cátions ou ânions. Por exemplo, na figura os filmes escuros são de polipirrol e o filme branco é de um eletrólito polimérico contendo um sal inorgânico. Quando o polipirrol sofre oxidação, há a inserção de ânions para compensar a carga positiva no polímero e o filme se expande. Na outra face do dispositivo o filme de polipirrol sofre redução, expulsando ânions, e o filme se contrai. Pela montagem, em sanduíche, o sistema todo se movimenta de forma harmônica, conforme mostrado na figura.



A camada central de eletrólito polimérico é importante porque

- A absorve a irradiação de partículas carregadas, emitidas pelo aquecimento elétrico dos filmes de polipirrol.
- B permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico.
- C mantém um gradiente térmico no material para promover a dilatação/contração térmica de cada filme de polipirrol.
- D permite a condução de elétrons livres, promovida pela aplicação de diferença de potencial, gerando corrente elétrica.
- E promove a polarização das moléculas poliméricas, o que resulta no movimento gerado pela aplicação de diferença de potencial.

Figura 4.3. O texto da questão 46.

Competência e habilidade

C6 – 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.

Resolução

- Segundo o texto da questão, o músculo artificial, assim como qualquer músculo, responde à presença de corrente elétrica com sua contração. O eletrólito polimérico é constituído por um sal inorgânico. O fluxo de cargas em meios desse tipo ocorre através de íons e não por elétrons

livres, como o que ocorre em condutores metálicos. Portanto a corrente elétrica se estabelece através do fluxo de íons.

- O distrator D (de maior frequência entre as respostas) apresenta a informação de corrente elétrica através do fluxo de elétrons livres.
- O gabarito do Inep corresponde à letra B.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulo	0,1
A	18,6
B	14,5
C	19,6
D	30,0
E	17,0
Total	100,0

A camada central de eletrólito polimérico é importante porque

- Ⓐ absorve a irradiação de partículas carregadas, emitidas pelo aquecimento elétrico dos filmes de polipirrol.
- Ⓑ permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico.
- Ⓒ mantém um gradiente térmico no material para promover a dilatação/contração térmica de cada filme de polipirrol.
- Ⓓ permite a condução de elétrons livres, promovida pela aplicação de diferença de potencial, gerando corrente elétrica.
- Ⓔ promove a polarização das moléculas poliméricas, o que resulta no movimento gerado pela aplicação de diferença de potencial.

Figura 4.4. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -1,63$; $b = -2,96$; $c = 0,12$.

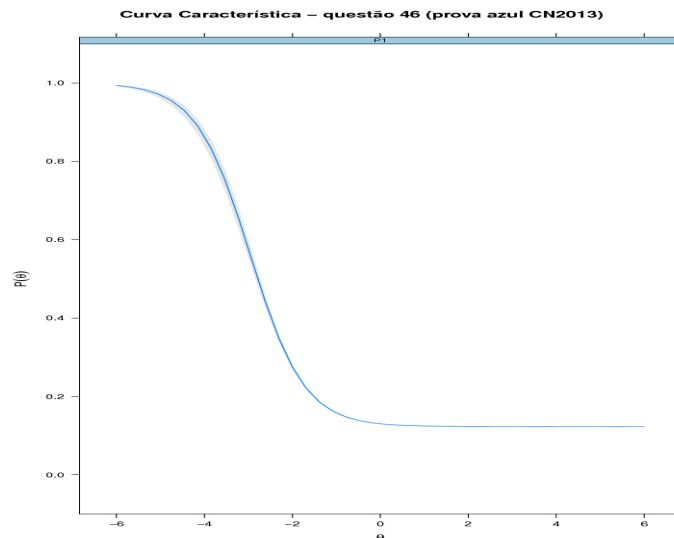


Figura 4.5. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

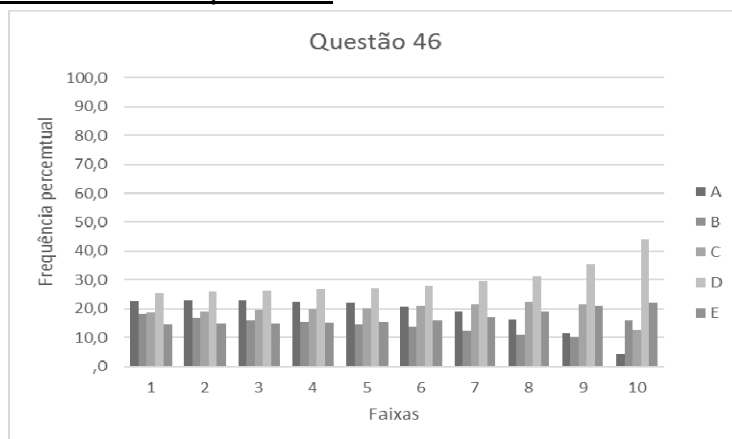


Figura 4.6. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- Na escolha da disciplina associada ao item, observaram-se alguns traços interdisciplinares, pois são mencionados conhecimentos de Física, Química e Biologia. No entanto, o objeto de conhecimento utilizado para a resolução adequada é o associado a fenômenos elétricos (carga e corrente elétrica), constante no 5º objeto de conhecimento de Física na Matriz de Referência.
- Na curva característica do item, na Figura 4.5, há uma inclinação negativa, indicando uma probabilidade maior de acerto para alunos de baixa aptidão, o que revela que a questão não é adequada.
- O gráfico da Figura 4.6 indica que alunos de maior aptidão tiveram pior desempenho na questão, e também que há um percentual de escolha similar para as cinco alternativas até o grupo da faixa 7.

Diagnóstico

- Verificamos que a maior parte dos candidatos e os de melhores desempenho escolhem a opção D, que mostra a situação de fluxo de cargas em condutores a partir de elétrons livres, que é o caso mais discutido na literatura sobre eletrodinâmica no ensino médio e justifica que os candidatos de melhor desempenho errem a questão.

4.2. Questão 48

A questão 48 aborda temas de física térmica. Na Figura 4.7, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.8 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.9 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.10 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

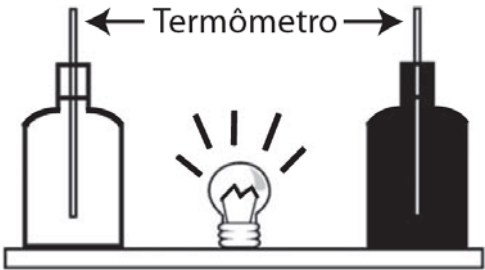
<p>Em um experimento foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e a outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas: a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e b) após a lâmpada ser desligada e atingirem equilíbrio térmico com o ambiente.</p> 	<p>A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> A igual no aquecimento e igual no resfriamento.<input type="radio"/> B maior no aquecimento e igual no resfriamento.<input type="radio"/> C menor no aquecimento e igual no resfriamento.<input type="radio"/> D maior no aquecimento e menor no resfriamento.<input checked="" type="radio"/> E maior no aquecimento e maior no resfriamento.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.7. O texto da questão 48.

Competência e habilidade

C6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

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.

Resolução

- A lâmpada incandescente irradia calor igualmente para as duas garrafas; as duas absorvem esse calor em taxas específicas segundo a lei de Stefan-Boltzmann.
- A absorção desse calor depende de características do material, que nesse caso é o mesmo (Polietileno Tereftalato – PET) para as duas garrafas, e também de sua cor. A que está pintada de preto tem maior taxa de absorção que a garrafa pintada de branco.
- Por consequência a garrafa preta apresenta maior variação de temperatura no aquecimento.

- No resfriamento, ambas voltam às condições iniciais de equilíbrio com o ambiente; assim a variação da temperatura da garrafa preta também será maior.
- O gabarito fornecido pelo Inep indica como correta a resposta E.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulo	0,2
A	10,3
B	18,2
C	9,5
D	43,5
E	18,3
Total	100,0

A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi

- A igual no aquecimento e igual no resfriamento.
- B maior no aquecimento e igual no resfriamento.
- C menor no aquecimento e igual no resfriamento.
- D maior no aquecimento e menor no resfriamento.
- E maior no aquecimento e maior no resfriamento.

Figura 4.8. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 1,17$; $b = 2,86$; $c = 0,13$.

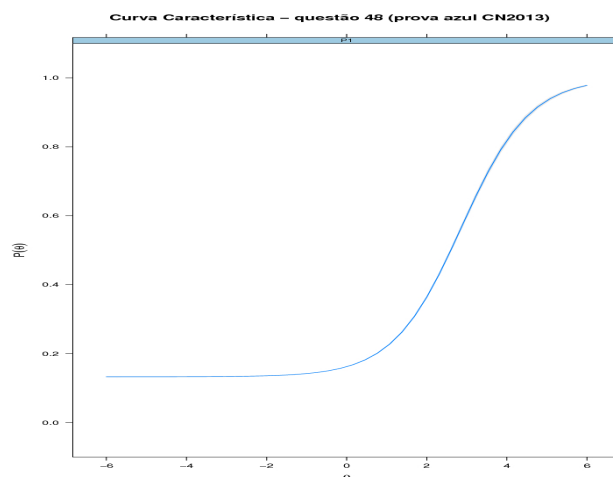


Figura 4.9. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

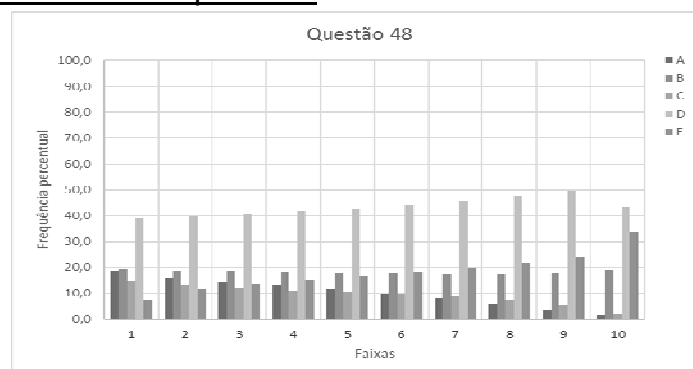


Figura 4.10. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- A pergunta feita na questão solicita a relação entre as taxas de variação da temperatura, o que seria impossível de estabelecer com esses dados; a pergunta deveria ser sobre as variações de temperatura.
- As variações de temperatura ocorrem entre dois momentos diferentes, aquecimento e resfriamento até a temperatura ambiente (temperatura inicial).
- A opção D indica que corpos escuros “retêm mais calor” por mais tempo do que corpos claros; isso justifica uma preferência por esse distrator, tanto na análise geral, quanto na análise por faixas de aptidão dos estudantes.
- Pode-se observar que a partir da faixa 6 o gabarito passa a ser a segunda opção mais marcada pelos candidatos, o que mostra que boa parte dos alunos de maior proficiência conseguem identificar a relação correta.

Diagnóstico

- As respostas que indicam maior aquecimento para o corpo escuro do que para o corpo claro (opções B, D e E) são escolhidas por 81% dos concluintes.
- Não parece existir a compreensão que um bom receptor será também um bom emissor de calor; se o corpo escuro absorve mais calor e, por consequência, tem uma maior variação de temperatura, isso ocorrerá tanto no aquecimento quanto no resfriamento;
- O desempenho dos alunos neste item indica que há uma percepção entre os estudantes que corpos escuros tendem a “acumular” mais calor do que corpos claros. A compreensão do conceito de calor não é de uma forma de energia em fluxo entre os corpos mas de algo que pode ser acumulado por eles, como o “fluido calórico” de Lavoisier.

4.3. Questão 52

A questão 52 explora propriedades de ondas eletromagnéticas. Na Figura 4.11, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.13 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.14 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, na qual o sombreado indica a grande incerteza no ajuste numérico do item, e na Figura 4.15 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.</p>	<p>A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> A terem fases opostas.<input type="radio"/> B serem ambas audíveis.<input type="radio"/> C terem intensidades inversas.<input type="radio"/> D serem de mesma amplitude.<input checked="" type="radio"/> E terem frequências próximas.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.11. O texto da questão 52.

Competência e Habilidade

C5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

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

Resolução

- Os efeitos da superposição de ondas (interferência) são observadas de forma mais efetiva quando as frequências das ondas envolvidas são próximas, pois aparelhos emissores e receptores de ondas eletromagnéticas utilizam filtros de frequência de ondas portadoras.
- Alguns estudos indicam que celulares e assemelhados, ou *portable electronic devices (PED's)*, podem gerar interferência eletromagnética em aviônicos. Segundo Librantz e Librantz (2006),

Entre os aparelhos suspeitos, estão laptops e palmtops, reprodutores e gravadores de áudio, jogos e brinquedos eletrônicos, laser pointers, celulares, rádios de comunicação e pagers. Desacoplamentos ou desvios de pilotos automáticos, indicações erráticas em displays e, até mesmo, o desligamento inadvertido da aviãoica ou variações não comandadas nas superfícies de comando.

Ainda nesse estudo, defendem que a relação entre a potência típica dos aparelhos e os campos elétricos gerados por eles não criam variações

significativas em função da distância dos aviônicos; na Figura 4.12, é mostrada a dependência do campo elétrico com a distância para aparelhos com diferentes potências, e os autores atestam que (LIBRANZ 2006):

Embora muitos casos de EMI, relatados no decorrer de anos, sejam creditados a esses PEDs, é muito difícil a confirmação do efeito, em razão da dificuldade de reprodução dos eventos.

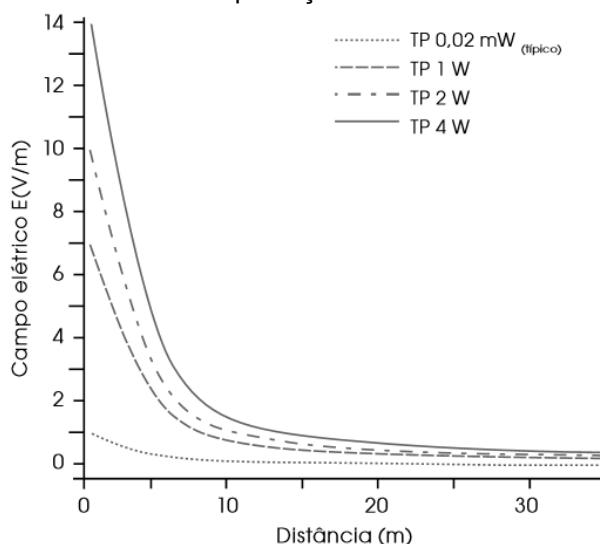


Figura 4.12. Intensidade do campo elétrico em função da distância p/ potências típicas (fonte: LIBRANZ 2006).

- O estudo não é conclusivo quanto à responsabilidade dos PED's em gerar interferência eletromagnética nos equipamentos de navegação, mas indica que isso pode ocorrer independentemente da existência de contato entre esses PED's e antenas externas.
- A comunicação entre pilotos e torres de comando se dá na faixa de 118 a 136 MHz; aparelhos que operem nessa faixa podem gerar interferências e conseqüentemente falhas na comunicação. No entanto é interessante observar que telefones celulares 3G ou 4G, mais recentes no país, operam em faixa de frequência superior (entre 800 e 2500 MHz).
- A propriedade das ondas emitidas que pode justificar a solicitação de desligamento dos PED's dentro de aviões é, portanto, a frequência e a eventualidade da frequência ser próxima à utilizada pelos aviões.
- O gabarito apresentado pelo Inep corresponde à letra E.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,1
Nulo	0,2
A	8,4
B	9,1
C	12,4
D	13,7
E	56,1
Total	100,0

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- A terem fases opostas.
- B serem ambas audíveis.
- C terem intensidades inversas.
- D serem de mesma amplitude.
- E terem frequências próximas.

Figura 4.13. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 0,79$; $b = -0,34$; $c = 0,01$.

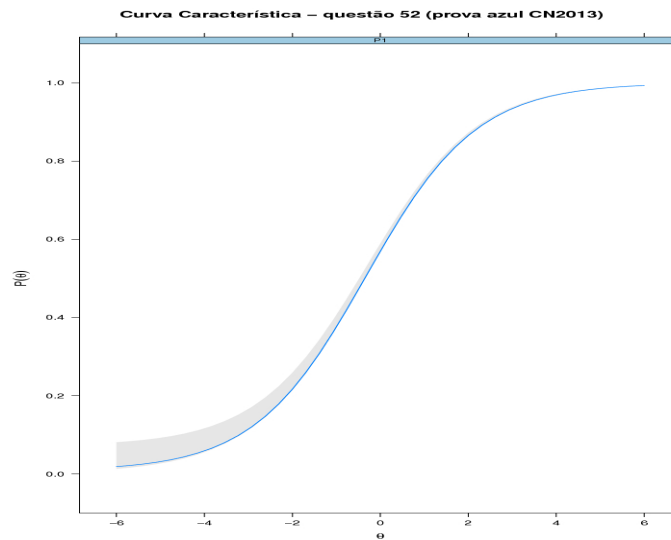


Figura 4.14. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

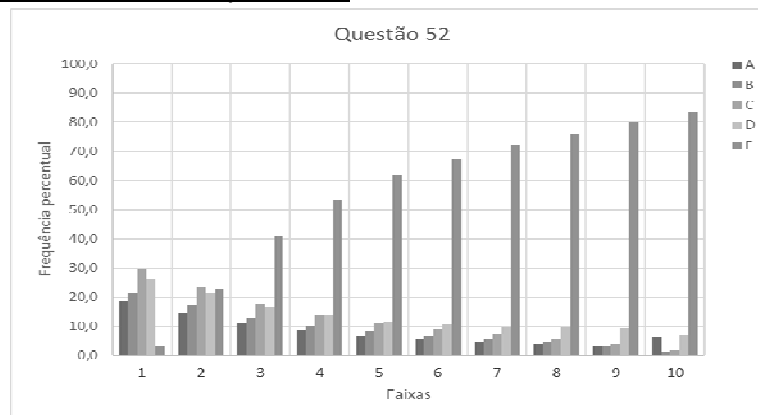


Figura 4.15. A escolha dos candidatos pelas alternativas para uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- A correlação entre transmissões de rádio e frequência é objeto de muito debate e é difundida na educação básica, tornando o item de baixa dificuldade, como indicado na CCI.
- As características mais mencionadas em relação a fenômenos ondulatórios são frequência e intensidade.

Diagnóstico

- Verificamos no gráfico de escolha das alternativas por faixas, na Figura 4.15, que a partir da segunda faixa a opção correta (letra E) atrai mais de 40% dos candidatos. À medida que observamos o desempenho de alunos com escores mais altos (faixas mais elevadas), o percentual de acertos aumenta.
- Essa análise sugere que os alunos percebem a relação entre o fenômeno de interferência ondulatória e a frequência, mesmo que não tenham amplo entendimento desses conceitos.

4.4. Questão 57

A questão 57 propõe uma discussão relativa a efeitos experimentais em hidrodinâmica elementar. Na Figura 4.16, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.17 uma foto do experimento realizado correspondente à questão, na Figura 4.18 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.19 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.20 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.


<p>Para realizar um experimento com uma garrafa PET cheia d'água, perfurou-se a lateral da garrafa em três posições a diferentes alturas. Com a garrafa tampada, a água não vazou por nenhum dos orifícios, e, com a garrafa destampada, observou-se o escoamento da água conforme ilustrado na figura.</p> 	<p>Como a pressão atmosférica interfere no escoamento da água, nas situações com a garrafa tampada e destampada, respectivamente?</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="radio"/> A Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.<input type="radio"/> B Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.<input type="radio"/> C Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.<input type="radio"/> D Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; regula a velocidade de escoamento, que só depende da pressão atmosférica.<input type="radio"/> E Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.16. O texto da questão 57.

Competência e habilidade

C5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

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

Resolução

- A questão está incorreta, tanto no que se refere à garrafa destampada quanto à garrafa tampada.
- Quando a garrafa está tampada, e há mais de um furo, há escape de água, conforme apresentado nas imagens do experimento [LANG 2014b] e discutido cuidadosamente no artigo de Rodrigues [RODRIGUES 2014].

- Com a garrafa destampada, a imagem apresentada na questão sugere que o alcance dos jatos emitidos em diferentes alturas teriam valores proporcionais à sua pressão hidrostática. Isso não é correto.
- A pressão em cada ponto do líquido depende da sua pressão hidrostática, mas isso não assegura uma maior velocidade de lançamento. Existem diversas variáveis que podem influenciar nesse valor, tal como a área de seção transversal do furo, a viscosidade do líquido e a altura do furo no lançamento, considerado horizontal. O assunto foi analisado em uma dissertação de mestrado da UFRJ [PLAUSKA 2013].
- A foto apresentada na Figura 4.17, feita por S. Benvenuti [LANG 2014b], mostra o comportamento dos jatos na prática.



Figura 4.17. Jatos de água em garrafa PET.

- Ainda nesses comentários, Lang [2014b] afirma:
 NÃO há diferença de pressão entre pontos de um fluido estático se tais pontos estiverem no mesmo nível, isto é, se estiverem sobre uma superfície equipotencial gravitacional (neste caso uma superfície horizontal). Portanto se a pressão externa à garrafa junto a um orifício for maior do que a pressão interna, o ar seria forçado para dentro da garrafa. E sendo menor, a água é forçada para fora da garrafa. Para a água não sair por um orifício, a pressão externa e a pressão interna no orifício devem ter o mesmo valor. Entretanto não existe uma única pressão interna à garrafa pois a pressão dentro da garrafa é variável espacialmente, ao longo da coluna de água. Entre dois pontos em níveis diferentes de um fluido, o ponto superior se encontra a uma pressão MENOR que o ponto inferior.
- Em resumo, a questão não possui resposta correta, e apresenta uma incorreção no seu texto base.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,1
Nulos	0,1
A	11,4
B	28,4
C	26,3
D	18,9
E	14,7
Total	100,0

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

- A Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.
- B Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- C Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- D Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; regula a velocidade de escoamento, que só depende da pressão atmosférica.
- E Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.

Figura 4.18. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 3,42$; $b = 2,66$; $c = 0,11$.

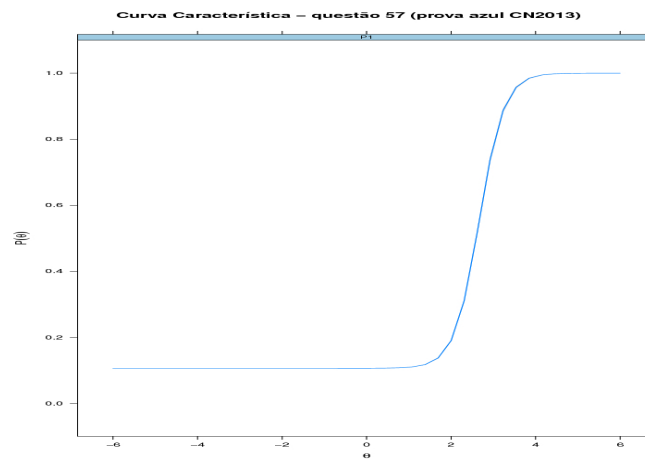


Figura 4.19. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa:

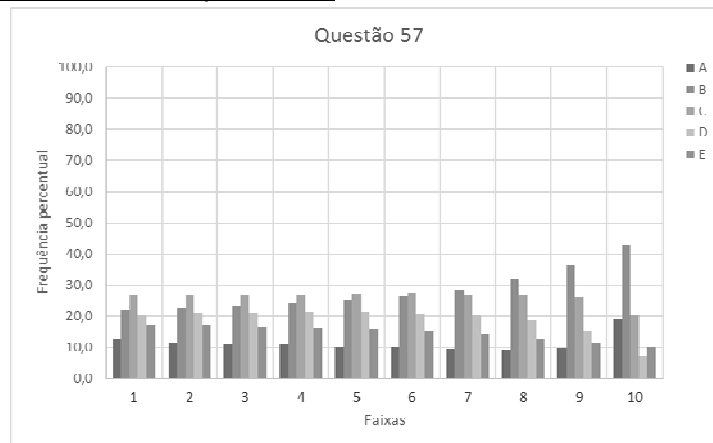


Figura 4.20. A escolha dos candidatos pelas alternativas para uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- Todas as opções apresentam basicamente a mesma ideia, que a pressão atmosférica pode impedir a saída da água.
- As alternativas apresentam a ideia que a pressão atmosférica se altera significativamente em pequenas variações de altura, e que a pressão hidrostática é tanto maior quanto maior for a profundidade. Justificativa que fica alinhada à figura apresentada, onde o jato teria um alcance maior por ter maior pressão hidrostática.

Diagnóstico

- Apesar da questão estar incorreta, podemos identificar alguns aspectos sobre a aprendizagem em hidrostática.
- Os distratores escolhidos com maior frequência apresentam a ideia de que a *“velocidade de escoamento é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo”*, totalizando 55% das marcações, evidenciando a ideia de que a pressão atmosférica se altera de forma significativa ao longo de pequenas variações de alturas, como a altura da garrafa.
- Isso indica que os candidatos não entendem bem como funciona a pressão atmosférica.

4.5. Questão 61

A questão 61 propõe uma discussão relativa ao funcionamento de elevadores hidráulicos. Na Figura 4.21, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.22 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.23 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.24 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldades de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo é usada uma bomba elétrica, para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga, e dessa forma acionar um pistão que movimentará a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área da cabeça do pistão seja cinco vezes maior do que a área da tubulação que sai da bomba. Desprezando o atrito e considerando uma aceleração gravitacional de 10 m/s^2, deseja-se elevar uma pessoa de 65 kg em uma cadeira de rodas de 15 kg sobre a plataforma de 20 kg.</p>	<p>Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?</p> <p><input type="radio"/> A 20 N</p> <p><input type="radio"/> B 100 N</p> <p><input checked="" type="radio"/> C 200 N</p> <p><input type="radio"/> D 1 000 N</p> <p><input type="radio"/> E 5 000 N</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.21. O texto da questão 61.

Competência e habilidade

C1– 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.

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

Resolução

- Em um elevador hidráulico, supõe-se que um fluido conecta dois extremos de uma tubulação; um desses extremos sustenta uma plataforma de apoio para cadeira de rodas. Pelo princípio de Pascal sabemos que a pressão hidrostática depende exclusivamente da altura; se os dois lados do tubo estão à mesma altura, e como a pressão corresponde à razão entre o módulo da força aplicada e a área, tem-se

$$\frac{|\vec{F}_1|}{A_1} = \frac{|\vec{F}_2|}{A_2}$$

- Para que o elevador que porta um cadeirante suba com velocidade constante é necessário que o somatório das forças sobre o conjunto

plataforma mais cadeirante seja nulo. Aplicando os valores dados, escrevendo \vec{F}_c para a força do fluido sobre a plataforma e \vec{P}_c para o peso do conjunto,

$$\vec{F}_c + \vec{P}_c = 0;$$

e, em módulo,

$$|\vec{F}_c| = (65 + 15 + 20) \cdot 10 = 1000N$$

- Se \vec{F}_b representa a força do pistão sobre a bomba, voltando ao princípio de Pascal com razão entre as áreas $A_c/A_b = 5$,

$$\frac{|\vec{F}_b|}{5} = \frac{|\vec{F}_c|}{1} \Rightarrow 5|\vec{F}_b| = 1000 \Rightarrow |\vec{F}_b| = 200N.$$

- O gabarito apresentado pelo Inep corresponde à resposta C.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS PERCENTUAL	
Branco	0,2
Nulos	0,1
A	7,9
B	22,3
C	27,6
D	33,2
E	8,7
Total	100,0

Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?

- A 20 N
- B 100 N
- C 200 N
- D 1 000 N
- E 5 000 N

Figura 4.22. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 4,98$; $b = 2,34$; $c = 0,27$.

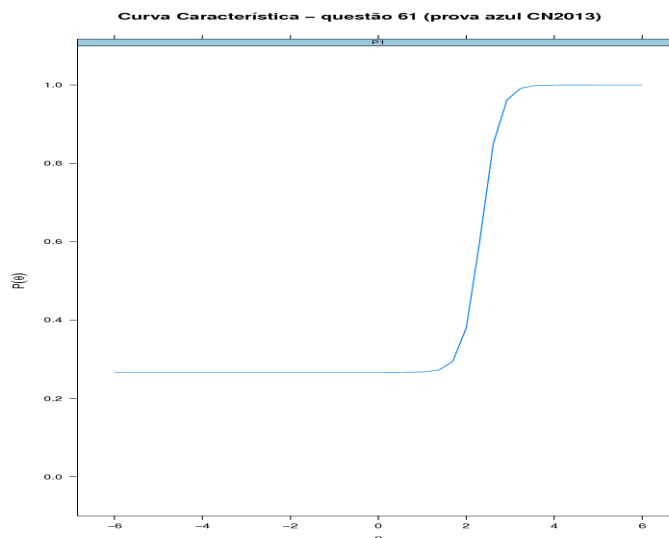


Figura 4.23. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

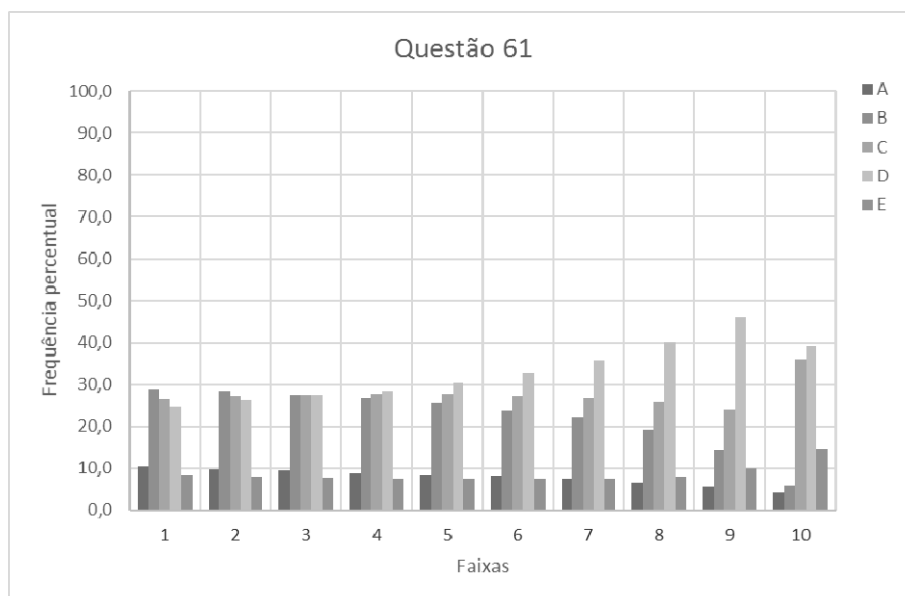


Figura 4.24. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do ítem

- As alternativas apresentam respostas numéricas.
- Questões que requerem conhecimentos específicos e manipulações algébricas em geral apresentam percentual de acerto mais baixo [GONÇALVES JR 2014] do que questões conceituais.

Diagnóstico

- Verificamos que as alternativas mais escolhidas foram as opções que apresentavam a soma dos pesos, (D), escolhida por um terço dos concluintes, e a massa total, (B), escolhida por 22%. Nessas alternativas, não foi levado em consideração o princípio de Pascal, indicando a possibilidade que os estudantes façam uma manipulação algébrica direta dos dados numéricos.

4.6. Questão 65

A questão 65 refere-se a propriedades de ondas, a partir de uma “ola”. Na Figura 4.25, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.26 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.27 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.28 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

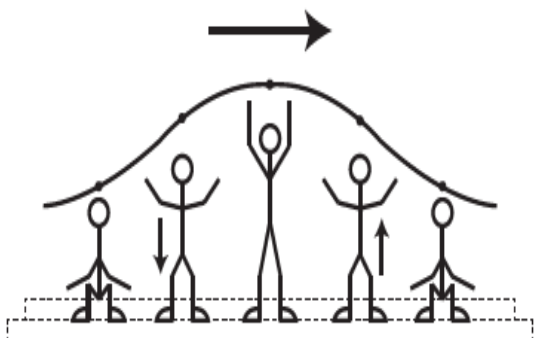
<p>Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a <i>ola mexicana</i>. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.</p> 	<p>Calcula-se que a velocidade de propagação dessa "onda humana" é 45 km/h, e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm.</p> <p>Disponível em: www.ufsm.br. Acesso em: 7 dez. 2012 (adaptado).</p> <p>Nessa <i>ola mexicana</i>, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de</p> <ul style="list-style-type: none">A 0,3.B 0,5.<input checked="" type="radio"/> C 1,0.D 1,9.E 3,7.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.25. O texto da questão 65.

Competência e habilidade:

C1 – 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.

Resolução

- Trata-se de uma questão de física ondulatória básica, na qual basta encontrar a frequência. Para isso, deve-se inicialmente determinar o comprimento da onda. É dada a informação que a onda completa um ciclo a cada 16 pessoas distanciadas 0,8m entre si; assim a onda terá comprimento de onda $\lambda = (16 - 1) \cdot 0,8 = 12m$. Se a velocidade de

propagação da onda é de $45\text{km} / \text{h} = 45 \times 10^3 \text{m} / 3,6 \times 10^3 \text{s} = 12,5 \text{m} / \text{s}$,
podemos escrever para a frequência

$$f = v/\lambda \Rightarrow f = 12,5/12 \text{s}^{-1} = 1,04 \text{Hz}$$

- O gabarito apresentado pelo Inep corresponde à alternativa C.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,3
Nulos	0,1
A	11,5
B	22,0
C	18,3
D	30,3
E	17,4
Total	100,0

Nessa *ola* mexicana, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de

- A 0,3.
- B 0,5.
- C 1,0.
- D 1,9.
- E 3,7.

Figura 4.26. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 5,34$; $b = 2,22$; $c = 0,17$.

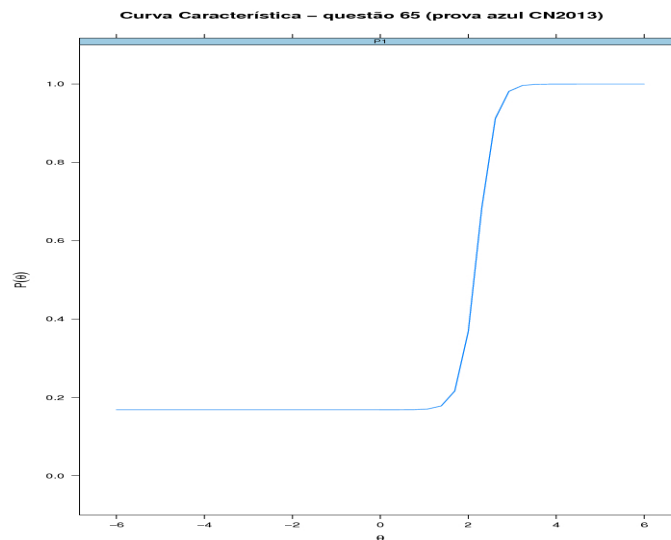


Figura 4.27. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

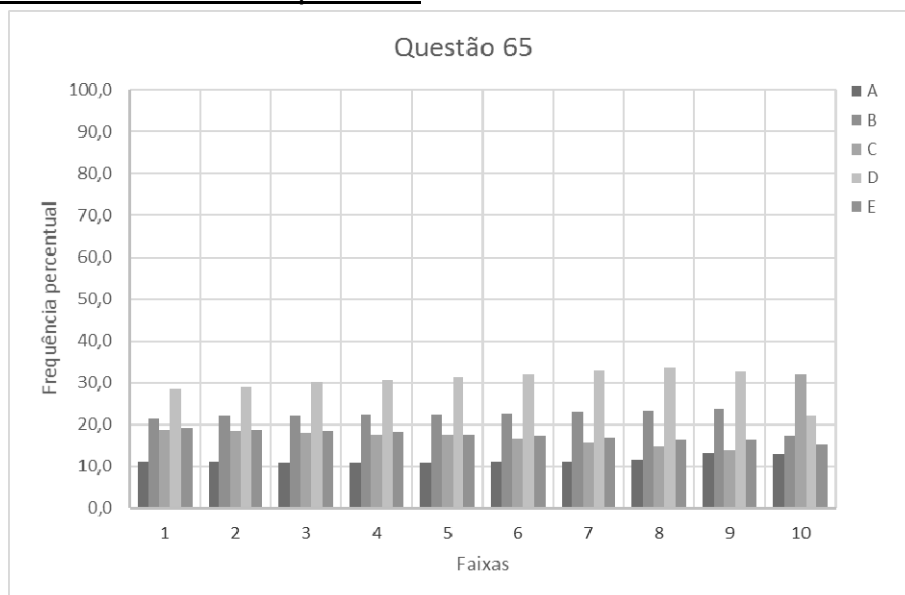


Figura 4.28. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- As alternativas apresentam respostas numéricas.
- É possível observar que 52% das escolhas apresentam erros possíveis encontrados através de manipulações diretas com operações algébricas básicas dos valores apresentados.
- Na resposta D, o valor 1,9 é o mais próximo dentre as opções da divisão direta entre 80 cm e 45 km/h: $80/45 = 1,78$.
- Já na resposta B, o valor 0,5 é obtido na divisão direta dos valores 80 cm por de 16 pessoas, com erro na ordem de grandeza, muitas vezes ignorada pelos candidatos: $80/16 = 5$.

Diagnóstico

- Observa-se que questões com mudanças de unidades e aplicações de fórmulas parecem ser muito difíceis para os estudantes. Nessa questão, o parâmetro de dificuldade corresponde a mais de 2 desvios padrão acima da média.
- A análise revela pouco, ou nenhum entendimento, relativo ao significado das grandezas, ou a relação entre elas, exigidos no item.

4.7. Questão 66

A questão 66 aborda a relação entre velocidades angular e linear, usando polias. Na Figura 4.29, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.30 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.31 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.32 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

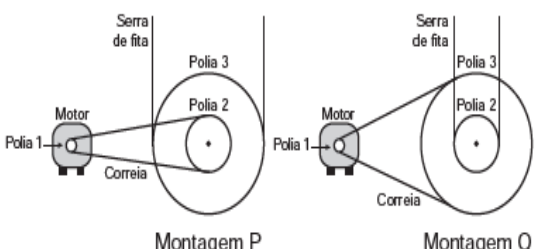
<p>Para serrar ossos e carnes congeladas, um açougueiro utiliza uma serra de fita que possui três polias e um motor. O equipamento pode ser montado de duas formas diferentes, P e Q. Por questão de segurança, é necessário que a serra possua menor velocidade linear.</p>  <p>Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?</p>	<p>A Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.</p> <p>B Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.</p> <p>C P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.</p> <p>D P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.</p> <p>E Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.29. O texto da questão 66.

Competência e habilidade

C2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

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.

Resolução

- Esse item apresenta um texto confuso, porém é possível entender a condição requerida na operação do equipamento: ele deve apresentar a menor velocidade linear possível na serra.
- Isso ocorrerá quando o motor (polia 1), de frequência constante, for acoplado por meio de uma correia à maior polia, gerando assim menor frequência de rotação nessa polia, já que todos os pontos da correia de transmissão apresentam mesma velocidade linear $\omega_1 R_1$, onde R_i é o raio

da polia i ($i=1,2,3$). Na montagem P, $\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2$, e na montagem Q, $\omega_1 R_1 = \omega_3 R_3$. As polias 2 e 3 são solidárias, com a mesma velocidade angular $\omega_2 = \omega_3$ nas duas montagens.

- Na montagem P, a serra possui velocidade $v = \omega_3 R_3 = \omega_2 R_3$ e $v = \omega_3 R_3 = (\omega_1 R_1 / R_2) R_3 = \omega_1 R_1 (R_3 / R_2) > \omega_1 R_1$.
- Na montagem Q, a serra possui velocidade $v = \omega_2 R_2 = \omega_3 R_2$ e $v = \omega_3 R_2 = (\omega_1 R_1 / R_3) R_2 = \omega_1 R_1 (R_2 / R_3) < \omega_1 R_1$.
- Deve-se acoplar portanto a polia 1 à polia 3, com menor frequência de rotação, e a serra na polia 2, de menor raio e menor velocidade linear. Assim a montagem Q é a mais indicada.
- A resposta correta corresponde à alternativa A.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,1
A	17,9
B	21,3
C	22,9
D	16,9
E	20,5
Total	100,0

- Ⓐ Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.
- Ⓑ Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
- Ⓒ P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
- Ⓓ P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.
- Ⓔ Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.

Figura 4.30. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 3,35$; $b = 2,59$; $c = 0,17$.

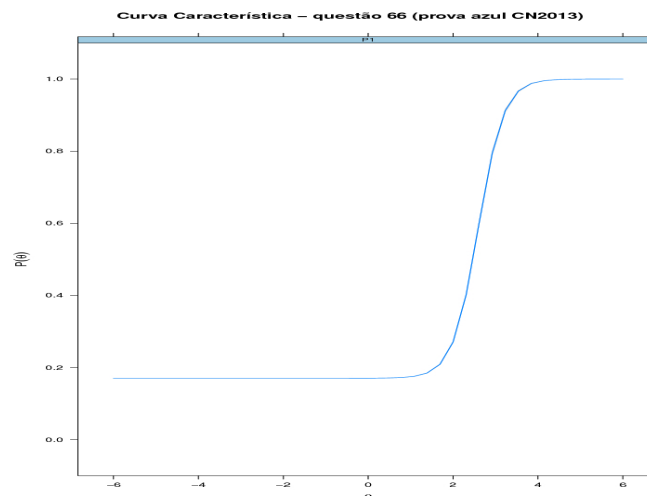


Figura 4.31. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

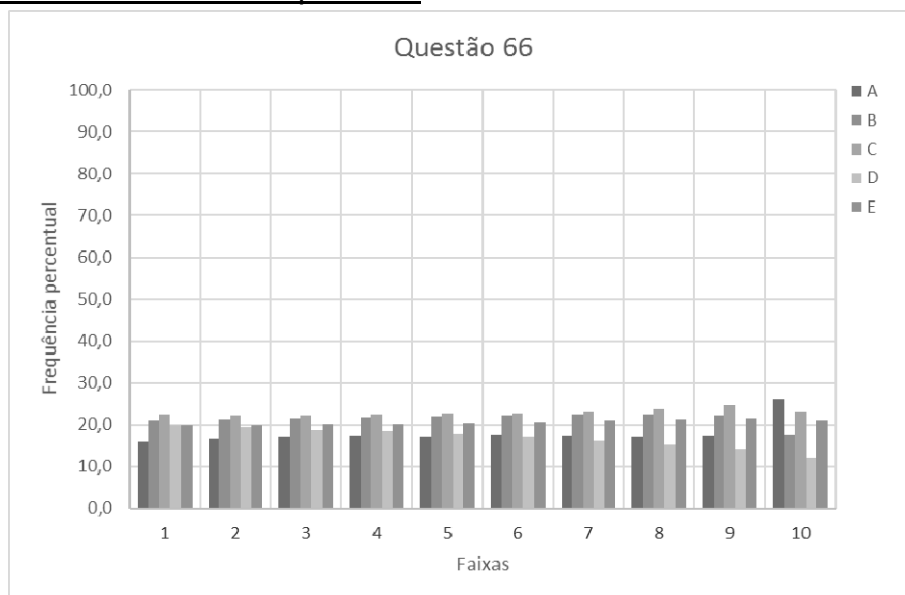


Figura 4.32. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- A questão revela-se muito difícil (cerca de 2,5 desvios padrão acima da média), e a Figura 4.32 indica que todas as alternativas são marcadas de forma similar em praticamente todas as faixas de desempenho.
- A relação entre as velocidades em diferentes pontos da correia, a relação entre a velocidade e o raio da polia, e a relação entre velocidade e frequência são apresentados nas opções.

Diagnóstico

- As opções mais marcadas, B e C (com 44,1% das escolhas), mencionam no texto “*a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico*”, sugerindo uma relação inversa entre velocidade angular e velocidade, o que sugere que a maior parte dos candidatos não entende adequadamente os conceitos associados à cinemática da rotação.
- Os resultados indicam uma tentativa de resolução do item por interpretação do texto desconsiderando conceitos físicos, ou seja, apenas observando o distrator que apresenta a expressão “*menor velocidade*”.
- Isso evidencia uma dificuldade na compreensão da relação entre velocidade linear, angular e frequência.

4.8. Questão 72

A questão 72 discute aspectos de instalações elétricas residenciais. Na Figura 4.33, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.34 apresenta-se a configuração adequada para colocação dos instrumentos de medida na instalação elétrica, na Figura 4.35 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.36 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.37 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

Um electricista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Nesse ambiente existem uma geladeira (G), uma tomada (T) e uma lâmpada (L), conforme a figura. O electricista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada. Para isso, ele dispõe de um voltímetro (V) e dois amperímetros (A).

Para realizar essas medidas, o esquema da ligação desses instrumentos está representado em:

A

B

C

D

E

Figura 4.33. O texto da questão 72.

Competência e habilidade

C2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

Resolução

- A colocação correta de aparelhos de medidas nos circuitos elétricos pressupõe o conhecimento do funcionamento de voltímetros e amperímetros, que devem ser colocados respectivamente em paralelo e em série aos elementos dos quais se quer obter a medida de voltagem ou corrente.
- Para medir a tensão na geladeira G, a corrente da lâmpada L e a corrente total do circuito, a configuração adequada está indicada na Figura 4.34.

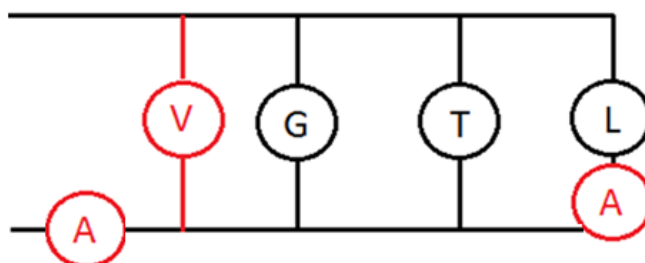


Figura 4.34. A configuração dos instrumentos de medida na instalação.

- O esquema que representa esse tipo de ligação está melhor representado na alternativa E.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,1
A	15,1
B	16,8
C	34,6
D	19,7
E	13,4
Total	100,0

- (A) Voltímetro em série, amperímetros em série.
- (B) Voltímetro em série, amperímetros em paralelo.
- (C) Voltímetro em paralelo, amperímetros em paralelo.
- (D) Voltímetro em paralelo, amperímetros em série e paralelo.
- (E) Voltímetro em paralelo, amperímetros em série.

Figura 4.35. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 4,34$; $b = 2,62$; $c = 0,13$.

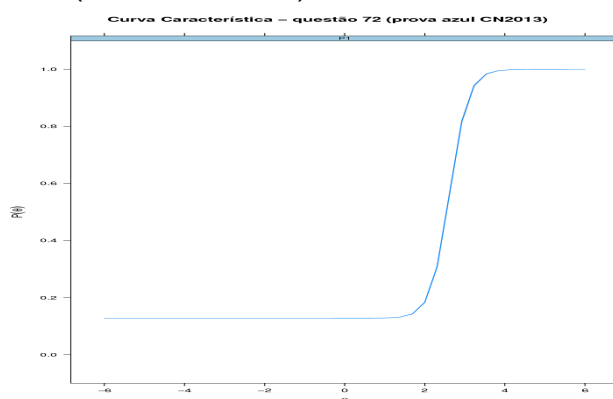


Figura 4.36. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

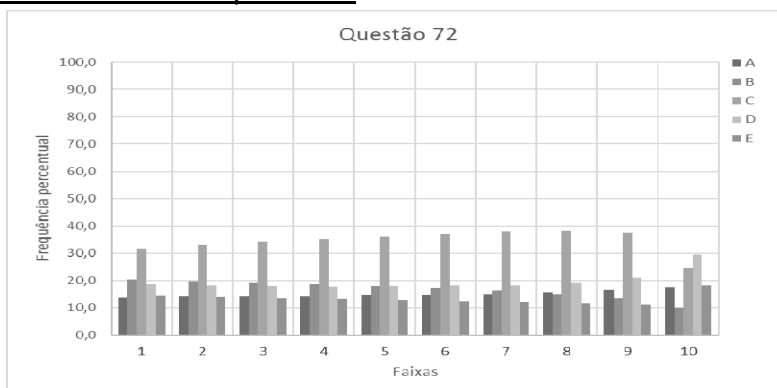


Figura 4.37. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- A opção E (o gabarito) foi menos marcada, e a opção C, com os instrumentos ligados em paralelo, foi a mais marcada (por faixa).
- As opções B, C e D indicam o amperímetro que mede a corrente total no circuito em paralelo, e foram escolhidas por mais de 70% dos estudantes. Nessas três opções, há um curto entre a fase e o neutro do circuito, o que evidencia a falta de entendimento que um amperímetro ideal (resistência nula) causaria esse efeito e que os aparelhos não funcionariam nessa configuração.

Diagnóstico

- O desempenho na questão, evidenciado pela CCI, comprova a dificuldade dos candidatos com circuitos elétricos e suas representações.
- As escolhas mostram a falta de entendimento do tipo de ligação dos aparelhos, bem como dos conceitos de tensão e corrente elétrica.

4.9. Questão 75

A questão 75 propõe uma discussão sobre resistividade a partir de uma situação que menciona um chuveiro elétrico. Na Figura 4.38, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.39 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.40 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.41 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>O chuveiro elétrico é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em energia térmica, o que possibilita a elevação da temperatura da água. Um chuveiro projetado para funcionar em 110 V pode ser adaptado para funcionar em 220 V, de modo a manter inalterada sua potência.</p> <p>Uma das maneiras de fazer essa adaptação é trocar a resistência do chuveiro por outra, de mesmo material e com o(a)</p>	<p><input type="radio"/> A dobro do comprimento do fio.</p> <p><input type="radio"/> B metade do comprimento do fio.</p> <p><input type="radio"/> C metade da área da seção reta do fio.</p> <p><input type="radio"/> D quádruplo da área da seção reta do fio.</p> <p><input checked="" type="radio"/> E quarta parte da área da seção reta do fio.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.38. O texto da questão 75.

Competência e habilidade

C2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

Resolução

- A pergunta refere-se a que a potência dissipada em calor nos dois casos seja a mesma; assim, devemos apresentar as características de uma resistência que satisfaça essa condição.
- Desconsiderando a variação da resistividade em função da temperatura e considerando as tensões com valores constantes nos dois casos, temos que $P = U^2/R = U i$. Com $U_1 = 110V$ e $U_2 = 220V$, obtemos $P_1 = P_2$ quando

$$\frac{110^2}{R_1} = \frac{220^2}{R_2} \Rightarrow R_2 = 4 R_1$$

- Se a resistência na segunda situação deve ser quatro vezes maior que a resistência na primeira situação, usamos a relação entre resistência R , resistividade ρ , área A e comprimento ℓ

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

- Podemos afirmar que há duas formas da resistência na segunda situação cumprir essa exigência:
 - ter comprimento 4 vezes maior que a resistência da primeira situação; ou
 - ter área de seção transversal quatro vezes menor que a resistência da primeira situação; essa alternativa está apresentada na letra E, que é a opção correta nesse item.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,1
A	42,9
B	20,6
C	16,4
D	12,2
E	7,5
Total	100,0

- Ⓐ dobro do comprimento do fio.
- Ⓑ metade do comprimento do fio.
- Ⓒ metade da área da seção reta do fio.
- Ⓓ quádruplo da área da seção reta do fio.
- Ⓔ quarta parte da área da seção reta do fio.

Figura 4.39. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 3,95$; $b = 2,53$; $c = 0,07$.

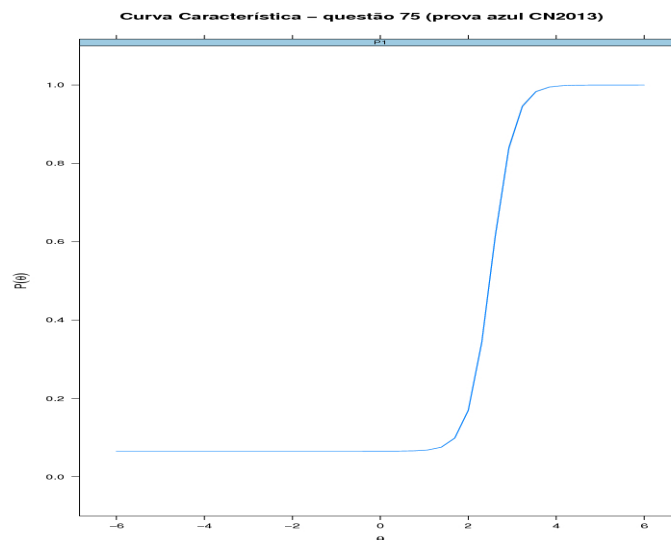


Figura 4.40. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

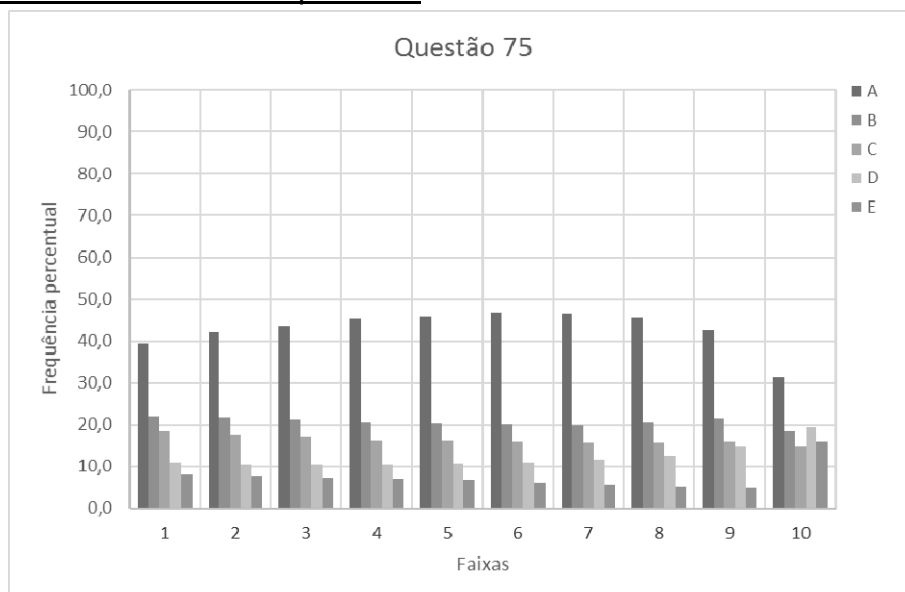


Figura 4.41. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- Questões que necessitam mais de dois passos em sua resolução costumam ser muito difíceis para os candidatos. Nesse caso, usamos duas leis (potência elétrica e 2ª lei de Ohm) e uma relação entre elas.
- As duas alternativas mais marcadas, A e B, acumularam 63,5% e ambas apresentavam uma relação com o comprimento do fio (direta → o dobro ou inversa → a metade), o que era correlato ao fator de aumento da tensão, de 110V para 220V (duas vezes maior). A alternativa mais marcada foi a alternativa A (43%), inclusive para os alunos de alto desempenho. A alternativa menos escolhida foi a correta.
- Não é feita qualquer indicação de que deva-se desprezar os efeitos da temperatura sobre o resistor. No trecho da questão “é trocar a resistência por outra de mesmo material” deveria haver a observação “admitindo-se que a resistividade não dependa da temperatura” [LANG 2014].

Diagnóstico

- Os resultados indicam a dificuldade da aplicação e correlação entre os conceitos potência e resistência elétrica, bem como dos fatores que influenciam a resistência.
- Os candidatos usam relações de proporcionalidade direta ou inversa (regra de três) ao desenvolver seu raciocínio em busca de uma alternativa.

4.10. Questão 76

A questão 76 aborda um tema considerado difícil, o do atrito. Na Figura 4.42, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.43 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.44 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.45 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Uma pessoa necessita da força de atrito em seus pés para se deslocar sobre uma superfície. Logo, uma pessoa que sobe uma rampa em linha reta será auxiliada pela força de atrito exercida pelo chão em seus pés.</p> <p>Em relação ao movimento dessa pessoa, quais são a direção e o sentido da força de atrito mencionada no texto?</p>	<p><input type="radio"/> A Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.</p> <p><input type="radio"/> B Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.</p> <p><input checked="" type="radio"/> C Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.</p> <p><input type="radio"/> D Horizontal e no mesmo sentido do movimento.</p> <p><input type="radio"/> E Vertical e sentido para cima.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.42. O texto da questão 46.

Competência e habilidade

C6 – 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.

Resolução

- A força de contato entre o plano e o pé da pessoa pode ser decomposta em duas forças ortogonais entre si, uma paralela ao plano do contato (atrito) e outra perpendicular à superfície de contato (normal).
- A força de atrito tem a direção paralela à superfície de contato, e aponta no sentido contrário a tendência do deslizamento entre o pé e o plano (para trás), independentemente da aceleração do centro de massa do corpo, pois esse não está sendo considerado um ponto material. Assim podemos dizer que a força de atrito apontará para frente, ou seja, terá o mesmo sentido do movimento.
- O gabarito é dado pela alternativa C.

Frequência das respostas por alternativas:

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,2
A	16,7
B	30,1
C	19,9
D	14,3
E	18,7
Total	100,0

- A Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- B Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.
- C Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- D Horizontal e no mesmo sentido do movimento.
- E Vertical e sentido para cima.

Figura 4.43. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -1,15$; $b = -4,09$; $c = -0,19$.

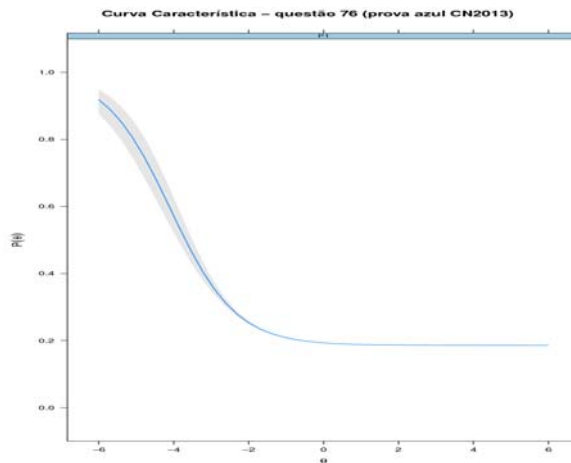


Figura 4.44. A curva característica do item (fonte: G. Rubini). A faixa representa a incerteza na medida a partir do modelo.

Frequência das alternativas por faixa

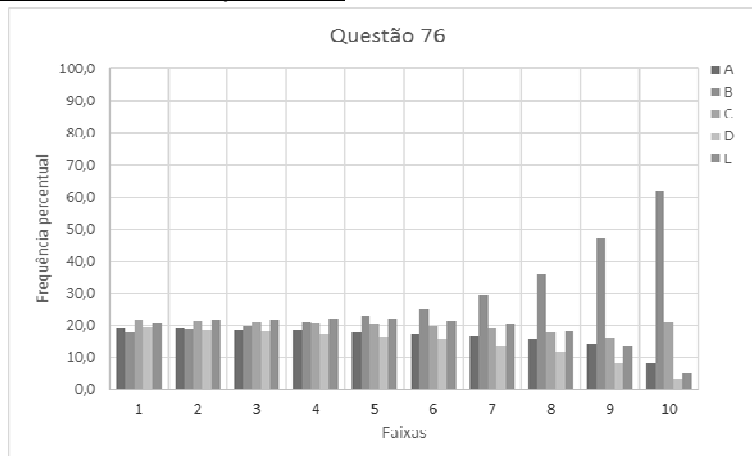


Figura 4.45. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- Foram feitas algumas críticas a essa questão. O texto não informa se a velocidade é ou não constante, sem essa informação é impossível precisar o sentido da força resultante sobre o centro de massa do corpo [LANG 2014b]

Se a velocidade for variável, a aceleração em um dado momento pode ser orientada rampa acima ou rampa abaixo. (...) portanto para que a resposta seja (C - Paralela ao plano e no mesmo sentido do movimento) o enunciado deveria especificar ou que a velocidade é constante ou que a aceleração da pessoa tem orientação rampa acima.

- No entanto, no ato de andar a força de atrito sobre os pés é no mesmo sentido do movimento independentemente do sentido da força resultante aplicada ao centro de massa do corpo que em uma análise mais exata não pode ser considerado como um ponto material.
- Muitos alunos acreditam que as forças de atrito, sejam elas estáticas ou cinéticas, são sempre contrárias ao sentido do movimento de um corpo. Essa ideia não surgiu espontaneamente para o aluno em seu cotidiano; ela foi construída de forma incorreta no processo de aprendizagem, a partir da compreensão do aluno do discurso dos professores e de livros didáticos (que não se preocupam devidamente com os conceitos e realizam uma transposição didática simplista e inadequada). Segundo Caldas e Saltiel (1999)

Na maioria dos livros utilizados no ensino médio declara-se que uma força de atrito cinética se opõe ao sentido do movimento, sem especificar o referencial no qual é definido esse movimento: no melhor dos casos os autores eventualmente falam em termos de movimento relativo das superfícies em contato, mas os exemplos e exercícios resolvidos propostos são tais que o objeto estudado desloca-se, no referencial estudado, em uma superfície considerada fixa; assim o movimento relativo e o movimento do objeto no referencial considerado são idênticos.

- A opção mais marcada e que é a preferida em todas as faixas de notas apresenta no texto um fragmento que afirma que a força de atrito tinha sua direção “paralela ao plano e no sentido contrário ao movimento”.
- Todas as alternativas são escolhidas (por pelo menos 15%) pelos alunos, inclusive as que indica a força de atrito sendo vertical para cima.

Diagnóstico

- Os distratores A e C tiveram frequências de marcação próximas; isso indica que cerca de 17% dos candidatos não percebem a diferença entre perpendicular e paralelo.
- A CCI tem inclinação negativa; alunos de baixa aptidão têm mais chances de acertar essa questão que alunos de maior aptidão.
- Observa-se da Figura 4.45 que quanto maior a nota do aluno, maior o percentual de estudantes que escolhe a alternativa B, que afirma ser o atrito contrário ao movimento.
- Esse é um grande indicador de que esse tema é aprendido de forma incorreta. Os alunos com melhores escores aprendem que o atrito é sempre contrário ao movimento [CALDAS 1999].

4.11. Questão 79

A questão 79 avalia conceitos básicos sobre estabelecimento de correntes elétricas. Na Figura 4.46, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.47 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.48 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.49 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.</p>	<p>De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> A o fluido elétrico se desloca no circuito.<input type="radio"/> B as cargas negativas móveis atravessam o circuito.<input type="radio"/> C a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.<input checked="" type="radio"/> D o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.<input type="radio"/> E as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.46. O texto da questão 79.

Competência e habilidade

C1 – 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.

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

Resolução

- Quando em um circuito elétrico existe uma diferença de potencial entre os polos da fonte, a corrente elétrica se estabelece devido à existência de um campo elétrico que é gerado instantaneamente em todo o circuito condutor; assim os elétrons livres se movem em todos os pontos do circuito simultaneamente, seja de forma contínua ou alternada.
- As cargas entram em movimento quase que instantaneamente ao longo de todo campo elétrico estabelecido; a energia transportada pelas cargas é convertida nas lâmpadas em luz, que acarreta o acendimento da lâmpada.
- O fato da lâmpada acender quase instantaneamente está associado à geração do campo elétrico e não a um suposto deslocamento da carga da fonte até a lâmpada.
- O gabarito é a alternativa D.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,3
Nulos	0,2
A	18,7
B	13,1
C	13,6
D	19,4
E	34,8
Total	100,0

De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que

- A o fluido elétrico se desloca no circuito.
- B as cargas negativas móveis atravessam o circuito.
- C a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- D o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- E as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

Figura 4.47. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 0,08$; $b = 28,24$; $c = 0,12$.

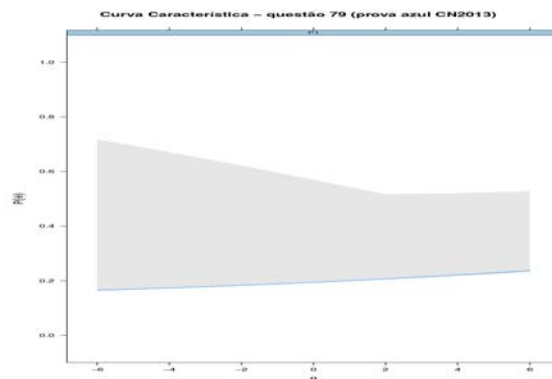


Figura 4.48. A curva característica do item (fonte: G. Rubini). A região sombreada corresponde à incerteza no cálculo do modelo.

Frequência das alternativas por faixa

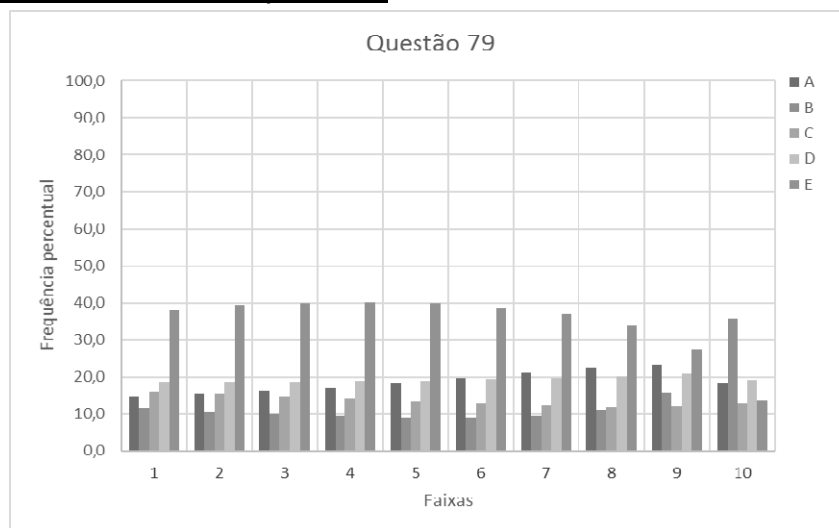


Figura 4.49. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada faixa (em 10) de notas

Discussão do item

- O item apresenta a frase *“Associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar”*.
- O conceito de corrente elétrica como um fluido é muito forte dentre os alunos, o que é sugerido pelo distrator A, com 19% das escolhas. O comando da questão diz que *“o fato de a lâmpada acender quase que instantaneamente está relacionado com a rapidez com que...”* e a ideia de que as cargas têm alta velocidade reforça a atração desse distrator.
- A alternativa mais escolhida, D, com 35% das escolhas, apresenta uma visão de que há correntes de diferentes sentidos convergindo para a lâmpada.
- Mais uma vez a CCI não se comporta como esperado, e nesse caso a incerteza nos resultados é muito grande.

Diagnóstico

- É bastante comum entre alunos a noção de que a corrente se perde na passagem de qualquer elemento em um circuito, em favor do funcionamento desse elemento.
- Muitos candidatos marcaram opções que falavam sobre colisões dentro de um filamento, que justificaria essa suposta “perda de corrente”.
- A escolha da alternativa E é dominante em todas as faixas de desempenho, exceto para os 10% dos alunos com maior escore, para os quais a escolha mais marcada corresponde ao distrator B, *“as cargas negativas móveis atravessam o circuito”*.
- Fica evidente pela análise por faixas de desempenho dos alunos de melhores escores, a ideia de que a corrente elétrica é o movimento de cargas negativas móveis.
- A questão não apresenta um comportamento adequado segundo o modelo da TRI.

4.12. Questão 82

A questão 82 aborda o tema de modos normais de vibração em uma corda. Na Figura 4.50, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.51 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.52 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.53 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

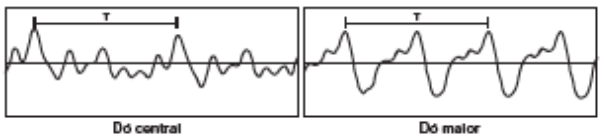
<p>Em um piano, o Dó central e a próxima nota Dó (Dó maior) apresentam sons parecidos, mas não idênticos. É possível utilizar programas computacionais para expressar o formato dessas ondas sonoras em cada uma das situações como apresentado nas figuras, em que estão indicados intervalos de tempo idênticos (T).</p>	<p>A razão entre as frequências do Dó central e do Dó maior é de:</p>
	<p><input checked="" type="radio"/> A $\frac{1}{2}$</p> <p><input type="radio"/> B 2</p> <p><input type="radio"/> C 1</p> <p><input type="radio"/> D $\frac{1}{4}$</p> <p><input type="radio"/> E 4</p>

Figura 4.50. O texto da questão 82.

Competência e habilidade

C1 – 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.

Resolução

- Os gráficos apresentados no texto base da questão não indicam claramente as grandezas medidas, e são reconhecidas como representações das ondas sonoras (ondas longitudinais). Apesar de não haver identificação das grandezas nos eixos das abscissas e das ordenadas, admite-se que as abscissas sejam o tempo.
- Na observação direta dos diagramas, é possível verificar que no período no qual se estabelece uma oscilação completa do “dó central” ocorrem duas oscilações do “dó maior”. Observa-se aqui uma incorreção: dó maior é um acorde, e não uma nota musical uma oitava acima do “dó central”.
- Não levando em conta esta incorreção, pode-se utilizar a relação entre período e frequência para uma onda: $T = 1/f$. Usa-se o índice

“c” para indicar o dó central e o índice “m” para indicar o dó uma oitava acima,

$$T_c = 2T_m \Rightarrow 1/f_c = 2(1/f_m) \Rightarrow 2f_c = f_m$$

o que fornece para a razão solicitada o valor $f_c/f_m = 1/2$, que corresponde à alternativa A, o gabarito fornecido pelo INEP.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,3
Nulos	0,1
A	34,6
B	19,3
C	12,3
D	27,7
E	5,8
Total	100,0

A razão entre as frequências do Dó central e do Dó maior é de:

- A $\frac{1}{2}$
- B 2
- C 1
- D $\frac{1}{4}$
- E 4

Figura 4.51. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G. Rubini): $a = 0,91$; $b = 2,75$; $c = 0,27$.

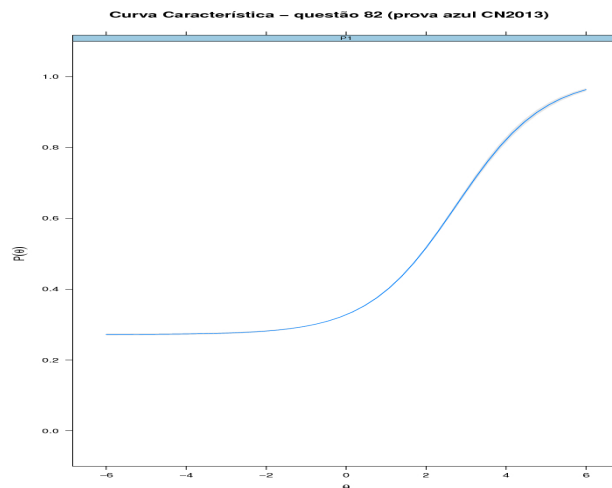


Figura 4.52. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

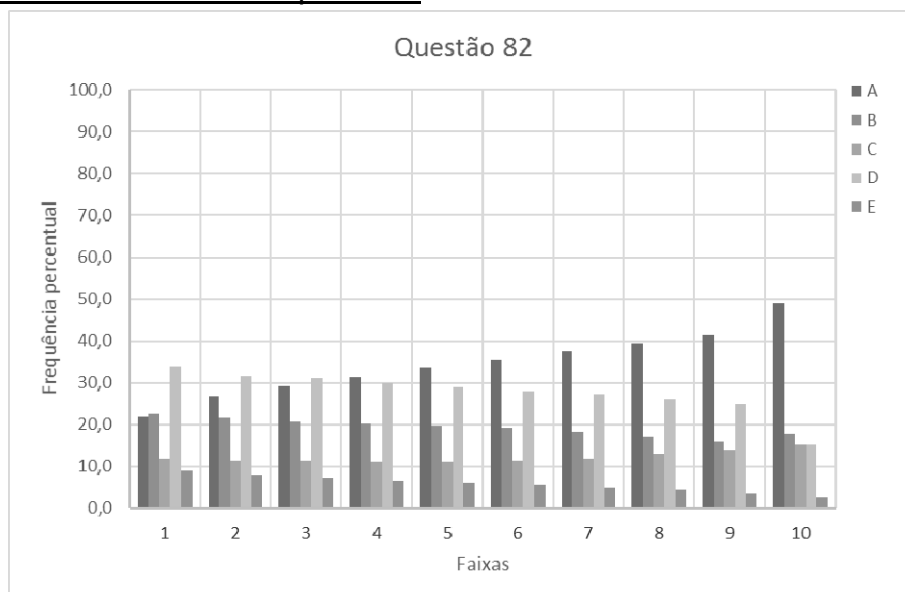


Figura 4.53. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- As duas opções escolhidas com maior frequência pelos estudantes foram A e D (62,3%), as que indicavam uma razão menor que 1 como resposta. Isso mostra que a maior parte dos candidatos identifica que o período do “dó central” era maior que o período do “dó maior”.
- Apesar do gabarito ser a opção mais marcada (36%), a questão é considerada difícil, com dificuldade superior a 2,7 desvios padrão acima da média.
- Observa-se na questão pelo menos duas incorreções: a não especificação das grandezas utilizadas nos gráficos [LANG 2014] e a denominação confusão entre acordes e notas musicais.

Diagnóstico

- A partir da segunda faixa, os distratores mais atrativos são os que indicam valores menores que 1, evidenciando a identificação da relação inversa entre frequência e período pela maior parte dos candidatos.

4.13. Questão 83

A questão 83 aborda circuitos e instrumentos elétricos. Na Figura 4.54, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.55 destaca-se o esquema do circuito, na Figura 4.56 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.57 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.58 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

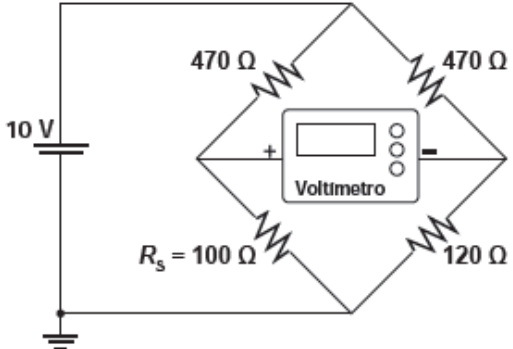
<p>Medir temperatura é fundamental em muitas aplicações, e apresentar a leitura em mostradores digitais é bastante prático. O seu funcionamento é baseado na correspondência entre valores de temperatura e de diferença de potencial elétrico. Por exemplo, podemos usar o circuito elétrico apresentado, no qual o elemento sensor de temperatura ocupa um dos braços do circuito (R_s) e a dependência da resistência com a temperatura é conhecida.</p> 	<p>Para um valor de temperatura em que $R_s = 100 \Omega$, a leitura apresentada pelo voltímetro será de</p> <ul style="list-style-type: none">A + 6,2 V.B + 1,7 V.C + 0,3 V.D - 0,3 V.E - 6,2 V.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.54. O texto da questão 46.

Competência e habilidade

C2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

Resolução:

- No circuito representado no item, Figura 4.54, não é mencionado se o voltímetro é ou não ideal, hipótese feita aqui. Na Figura 4.55, apresentamos novamente o esquema do circuito.
- Para o valor de $R_s = 100 \Omega$, entre os pontos *a* e *d* indicados na Figura 4.55, há duas resistências em paralelo compostas pelas resistências em série $R_{S1}=(470+100)\Omega= 570 \Omega$ e $R_{S2}=(470+120)\Omega= 590 \Omega$. A resistência equivalente entre *a* e *b* vale aproximadamente 280Ω .

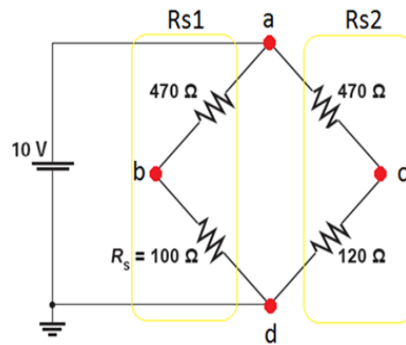


Figura 4.55. O esquema do circuito.

- Verificamos que a ddp entre b e c será determinada pelo voltímetro através do cálculo da corrente em cada ramo do circuito, assim deve-se encontrar i_1 e i_2 e então descobrir a ddp entre os pontos a e b e os pontos a e c , por consequência a ddp entre b e c .

$$U = R \cdot i$$

$$10 = 570 \cdot i_1 \rightarrow i_1 = 1/57 \text{ A}$$

$$10 = 590 \cdot i_2 \rightarrow i_2 = 1/59 \text{ A}$$

$$U_{AB} = 470 \cdot 1/57 = 8,24 \text{ V} \rightarrow V_b = 10 - 8,24 = 1,76 \text{ V}$$

$$U_{BC} = 470 \cdot 1/59 = 7,97 \text{ V} \rightarrow V_c = 10 - 7,97 = 2,04 \text{ V}$$

Assim a ddp entre BC será:

$$U_{BC} = 1,76 - 2,04 = -0,3 \text{ V}$$

- A resposta correta é a alternativa D.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,4
Nulos	0,1
A	24,8
B	27,9
C	23,9
D	12,2
E	10,6
Total	100,0

Para um valor de temperatura em que $R_s = 100 \Omega$, a leitura apresentada pelo voltímetro será de

- A + 6,2 V.
- B + 1,7 V.
- C + 0,3 V.
- D - 0,3 V.
- E - 6,2 V.

Figura 4.56. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -1,14$; $b = -4,52$; $c = 0,11$.

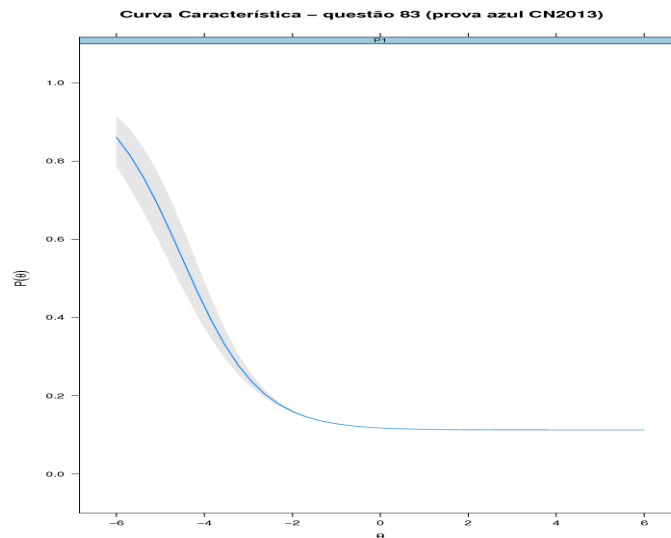


Figura 4.57. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

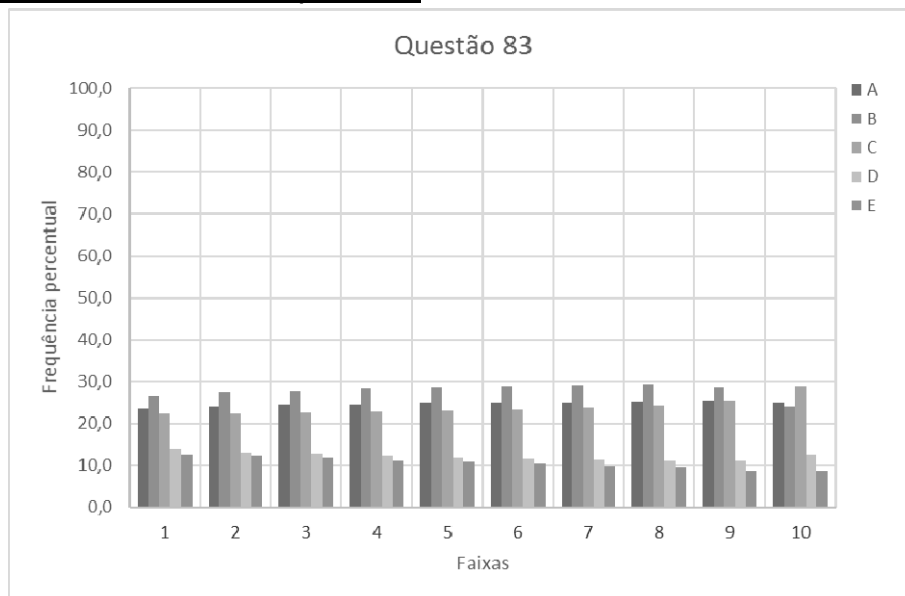


Figura 4.58. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- A CCI apresenta inclinação negativa, isto é, discriminação negativa; esta curva portanto indica que a questão não é adequada ao modelo utilizado. Os alunos de baixa aptidão tem mais chances de acertar essa questão que alunos de maior aptidão.

- O texto do item é confuso e não é claro quanto à pergunta; questões com mais de um passo e muita manipulação matemática são consideradas difíceis.
- Algumas das alternativas correspondem a possíveis erros, tais como aqueles obtidos por manipulação algébrica direta. Por exemplo, a divisão da tensão 10V pela resistência equivalente em cada ramo do circuito fornece o valor da alternativa B com erro na ordem de grandeza:

$$U = R.i$$

$$10 = 570.i_1 \qquad 10 = 590.i_2$$

$$i_1 = 0,017 \text{ A} \qquad i_2 = 0,017 \text{ A}$$

Diagnóstico

- Nota-se uma preferência por alternativas que apresentam valores de tensão positivos, A, B e C (76,6%), distribuídos de forma aproximada entre as três opções. Isso mostra que os candidatos não entendem valores negativos para a tensão, evidenciando a falta de compreensão do conceito.
- Entre os candidatos de melhores escores (faixa 10) a alternativa C foi a mais marcada, apresentando o valor correto em módulo para a ddp.
- Em todas as outras faixas, a alternativa B teve maior frequência, o que reforça a hipótese de manipulação algébrica.

4.14. Questão 85

A questão 85 aborda temas de eletromagnetismo. Na Figura 4.59, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.60 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.61 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.62 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

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

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

- A $5 \times 10^{-1} \text{ T}$.
- B $5 \times 10^{-2} \text{ T}$.
- C $5 \times 10^1 \text{ T}$.
- D $2 \times 10^{-2} \text{ T}$.
- E $2 \times 10^0 \text{ T}$.

Figura 4.59. O texto da questão 85.

Competência e habilidade

C6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

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

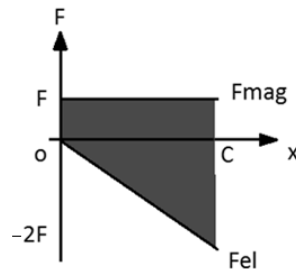
Resolução

- Para que o dispositivo funcione corretamente, é necessário que a barra atinja a catraca no ponto de sua trajetória para o qual sua velocidade é nula, assim acionando o mecanismo uma única vez; caso contrário o mecanismo seria acionado em dois momentos, o de ida e o de volta. Para que isso ocorra é necessário que o trabalho

realizado pela força magnética seja igual em módulo ao trabalho realizado pela força elástica de forma que no ponto de contato a variação da energia cinética seja nula; usando os dados relacionados,

- Corrente elétrica: $i = 6 \text{ A}$;
- Comprimento do fio: $L = 5 \text{ cm}$;
- Velocidade média: $V = 5 \text{ m/s}$;
- Intervalo de tempo até a barra atingir a catraca: $\Delta T = 6 \cdot 10^{-3} \text{ s}$;
- Constante elástica da mola: $K = 5 \cdot 10^{-2} \text{ N/cm}$

pode-se afirmar que as forças elástica e magnética se comportam como no gráfico $F \times d$ a seguir:



- Usando $V = \Delta x / \Delta T$ obtém-se o comprimento a ser percorrido pela barra até atingir a catraca: $\Delta x = 5 \times 6 \times 10^{-3} \text{ m} = 30 \times 10^{-3} \text{ m} = 3 \text{ cm}$.
- Para que a barra chegue ao ponto de contato com velocidade nula, é necessário que a força magnética seja igual à força elástica no ponto médio do deslocamento; caso isso não ocorra, ela permaneceria em movimento para a esquerda mesmo após acionar o dispositivo, gerando um funcionamento incorreto. Logo o ponto em que a $F_{\text{mag}} = F_{\text{elast}}$ será o ponto $x = \Delta x / 2 = 1,5 \text{ cm}$.
- Como os vetores indução magnética e velocidade das cargas em movimento pelo fio são perpendiculares entre si ($\theta = 90^\circ$ e $\text{sen}\theta = 1$) tem-se em módulo:

$$B i L \text{sen}\theta = k x \Rightarrow B = (kx) / (i L \text{sen}\theta) = (5 \times 10^{-2} \times 1,5) / (6 \times 5 \times 10^{-2} \times 1) T$$

$$B = 0,25 T$$

- Não estamos considerando a FEM induzida na barra em seu movimento no campo magnético, que alteraria o valor da corrente; e estamos admitindo que o trabalho da força magnética foi constante em todo o percurso de 0 a 30 mm.
- Observe que não há resposta correta para o item, porém o gabarito indicado pelo INEP corresponde à alternativa A.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,4
Nulos	0,1
A	14,7
B	35,0
C	21,3
D	20,2
E	8,3
Total	100,0

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

- A 5×10^{-1} T.
- B 5×10^{-2} T.
- C 5×10^1 T.
- D 2×10^{-2} T.
- E 2×10^0 T.

Figura 4.60. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 1,99$; $b = 3,33$; $c = 0,14$.

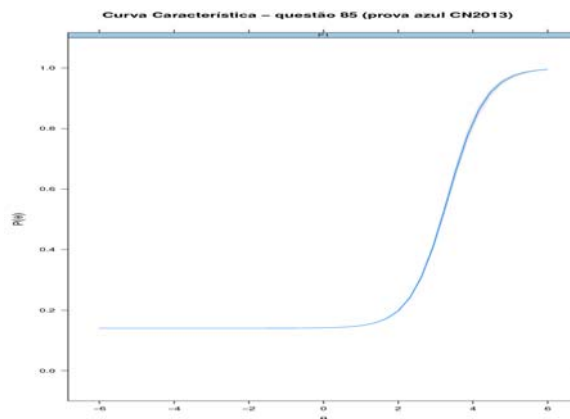


Figura 4.61. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

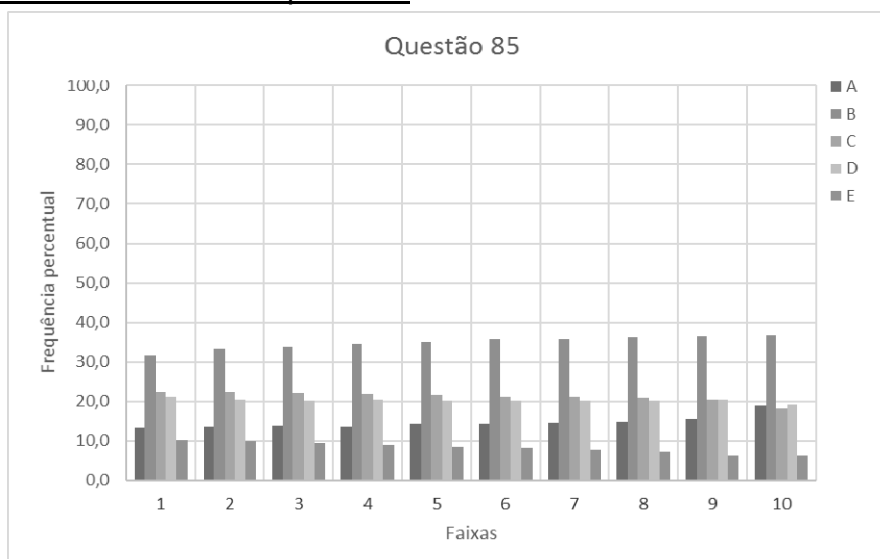


Figura 4.62. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item:

- Há várias incorreções na formulação do item. Para obter a resposta prevista pelo gabarito, é necessário fazer uma suposição (incorreta) que a força magnética é numericamente igual à força elástica no instante de contato do condutor com a trava. Dessa forma o deslocamento da barra até o contato com a catraca seria 3 cm, e

$$B i L \sin \theta = k x \Rightarrow B = (kx) / (i L \sin \theta) = (5 \times 10^{-2} \times 3) / (6 \times 5 \times 10^{-2} \times 1) T$$

$$B = 0,5 T$$

o que leva à resposta indicada no gabarito.

- Existem outras abordagens na análise da questão. Lang (2014a) afirma:
Mesmo que admitamos constante a intensidade da corrente (desprezando os efeitos indutivos), há que se fazer uma suposição sobre a intensidade da força magnética no momento do impacto para bem de se resolver o problema. Se o enunciado da questão explicitasse o que se entende por "dispositivo funcione corretamente" talvez houvesse uma solução única para a questão. - (...) Admitida outra hipótese, por exemplo, que a intensidade da força magnética seja igual à da força elástica, resultaria $B=0,5T$.
- A partir da consulta aos objetos de conhecimento da Matriz de Referência, verifica-se que o item apresenta um nível de dificuldade incomum. Para resolvê-lo, é necessário:
 - Conhecimento da relação entre trabalho e energia
 - Conhecimento de velocidade média
 - Conhecimento da força elástica que atua sobre a barra
 - Conhecimento da força magnética que atua sobre condutores retilíneos
 - Conversão de unidades
 - Desenvolvimento algébrico

Diagnóstico

- O texto da questão certamente dificultou o entendimento de sua pergunta "comando", o que fica evidente na dispersão de frequência de escolha das alternativas, todas muito próximas. A questão não permite nenhuma avaliação sobre a compreensão do tema pelos estudantes.
- O distrator mais marcado em todas as faixas é aquele que apresenta um valor idêntico ao da constante elástica apresentada no texto, evidenciando que a maior parte dos candidatos usou a leitura direta para escolha da sua resposta.

4.15. Questão 87

A questão 87 aborda conceitos básicos de mecânica, com a exigência de interpretação de gráficos. Na Figura 4.63, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.64 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.65 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.66 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

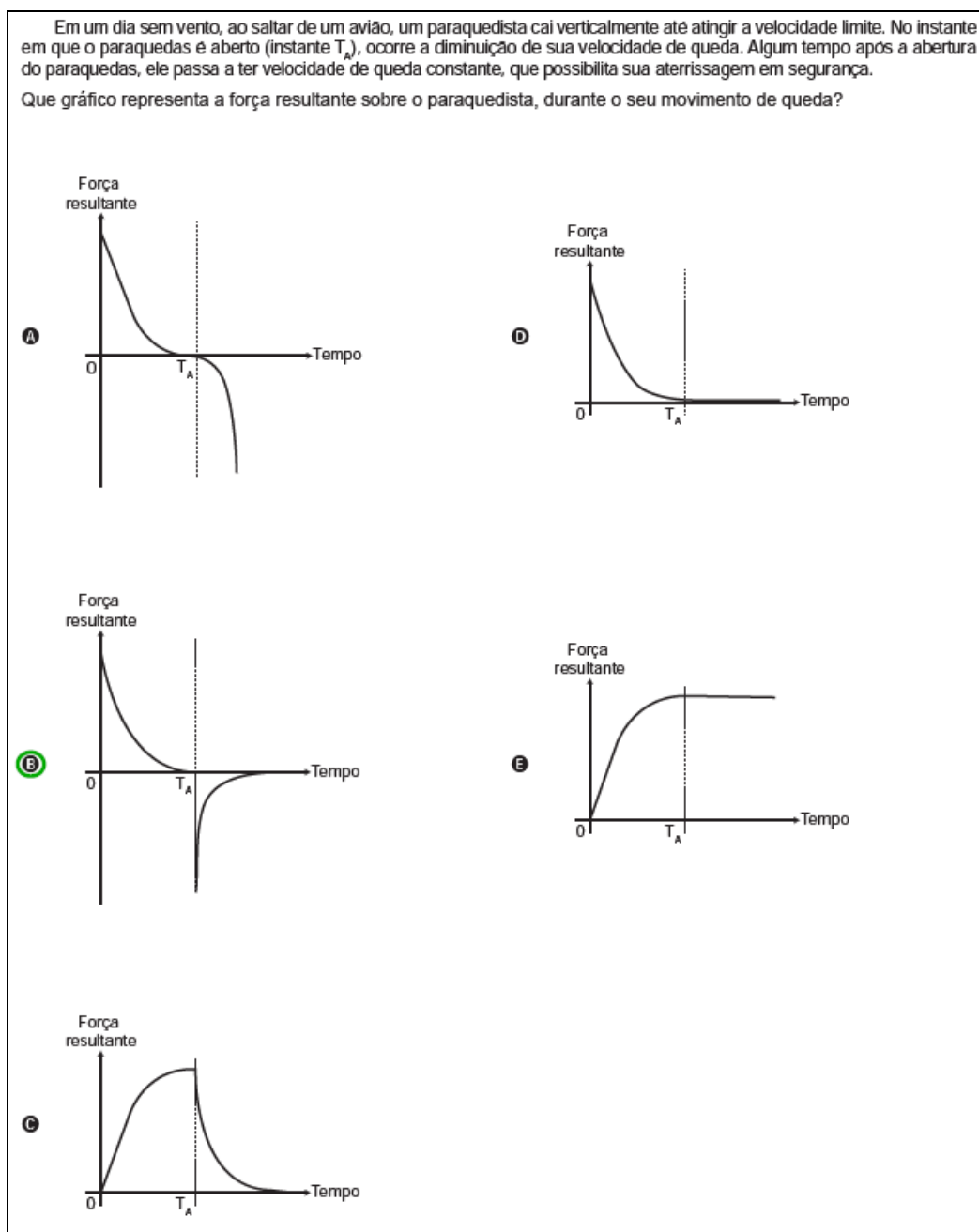


Figura 4.63. O texto da questão 87.

Competência e habilidade

C5 – 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.

Resolução

- Nessa resolução, utiliza-se o eixo vertical com sentido positivo para baixo, o que fornece a componente da aceleração da gravidade positiva. A questão solicita a identificação do gráfico que representa a força resultante em função do tempo. Envolve a compreensão que sobre o paraquedista atuam a força peso e a força de resistência do ar (assunto pouco explorado no ensino médio), mas os conhecimentos necessários para resolvê-la são a segunda lei de Newton e a relação entre velocidade e aceleração.
- No momento que o paraquedista salta a resultante aponta para baixo, uma vez que o peso é maior que a força de resistência ao movimento.
- A força resultante diminui à medida que a velocidade aumenta, pois a força de resistência aumenta com o aumento da velocidade do corpo. Ao atingir a resultante nula o paraquedista atingiu a velocidade terminal.
- Logo após a abertura do paraquedas, a resultante aponta para cima, uma vez que a resistência do ar passa a ser maior que o peso; com isso sua velocidade se reduz a valores inferiores a velocidade terminal. Mais uma vez a resultante vai diminuindo em módulo até que o corpo volte a executar um movimento uniforme.
- O gabarito é letra B.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,2
A	25,4
B	15,2
C	22,3
D	25,7
E	11,0
Total	100,0

Figura 4.64. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -0,89$; $b = -3,60$; $c = 0,10$.

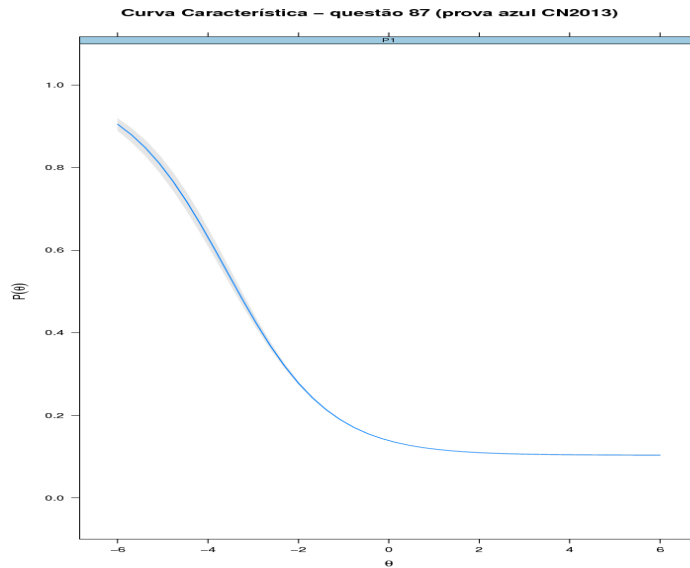


Figura 4.65. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa:

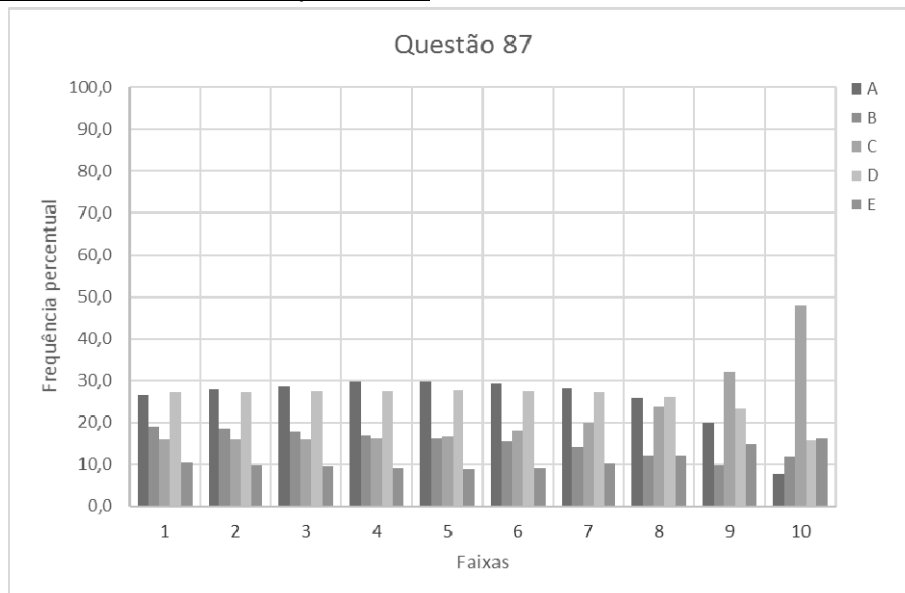


Figura 4.66. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- A CCI tem inclinação negativa, o que indica que o desempenho dos estudantes não está bem descrito pelo modelo utilizado. Alunos de baixa aptidão tem mais chances de acertar essa questão que alunos de maior aptidão.

- As opções mais marcadas (A, C e D) apresentaram frequências de escolha próximas, entre 22 e 25%.
- Não é fácil para os candidatos perceberem que a resultante das forças inicialmente apresenta um valor elevado (para baixo) e diminui até zero; e que, conforme consta no texto, passa a outro valor elevado e negativo (para cima), a partir do qual o corpo inicia uma redução na taxa de aceleração até que a força resultante decaia até zero novamente.
- Não há familiaridade com as situações de queda com força de resistência do ar e nem com a dependência dessa resistência com a velocidade.

Diagnóstico

- Os candidatos não percebem uma distinção clara entre a força resultante que age sobre um corpo e a velocidade do mesmo, ou seja, a força (ou a aceleração) é confundida com o movimento em si.
- Não existe uma compreensão clara da segunda lei de Newton e da diferença entre aceleração e velocidade. Se o corpo está caindo, então sua aceleração é para baixo (e não sua velocidade). Observa-se uma linha de pensamento que considera que se o corpo está caindo, então sua aceleração é para baixo (e não sua velocidade), se o corpo move-se para a direita é porque há necessariamente uma força para a direita (como na ideia medieval do *Impetus*).

4.16. Questão 89

A questão 89 aborda temas de física térmica. Na Figura 4.67, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.68 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 4.69 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 4.70 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70 °C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30 °C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25 °C.</p>	<p>Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?</p> <p><input type="radio"/> A 0,111.</p> <p><input checked="" type="radio"/> B 0,125.</p> <p><input type="radio"/> C 0,357.</p> <p><input type="radio"/> D 0,428.</p> <p><input type="radio"/> E 0,833.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4.67. O texto da questão 89.

Habilidade e competência

C6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

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

Resolução

- Esta é uma questão tradicional sobre troca de calor entre dois corpos. Nesse caso, sem que ocorra mudança de fase, o calor recebido é descrito pela relação $Q = m c \Delta\theta$, onde $\Delta\theta$ é a variação na temperatura.
- Não há nenhuma informação sobre a troca ser isolada do meio externo, mas vamos admitir que a troca de calor ocorre apenas entre as duas quantidades de água que estão a diferentes temperaturas. Assim, pela conservação da energia total, teremos que (usando o índice 1 para a água aquecida e 2 para o reservatório a 25 °C)

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 c_1 \Delta\theta_1 + m_2 c_2 \Delta\theta_2 = 0$$

$$m_1 1(30 - 70) + m_2 1(30 - 25) = 0 \Rightarrow -40m_1 + 5m_2 = 0$$

$$m_1/m_2 = 5/40 = 0,125$$

- O gabarito corresponde à alternativa B.

Frequência das respostas por alternativas

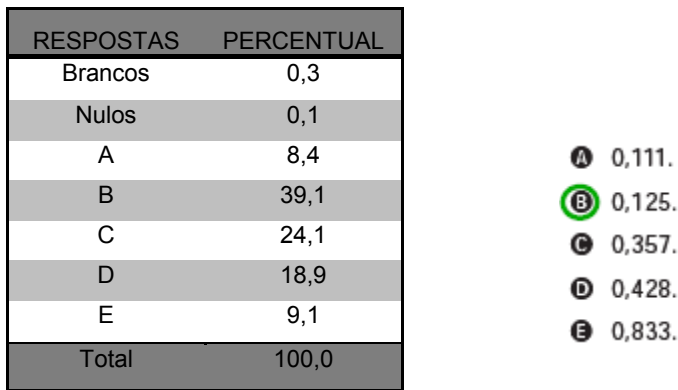


Figura 4.68. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -1,15$; $b = -2,63$; $c = 0,34$.

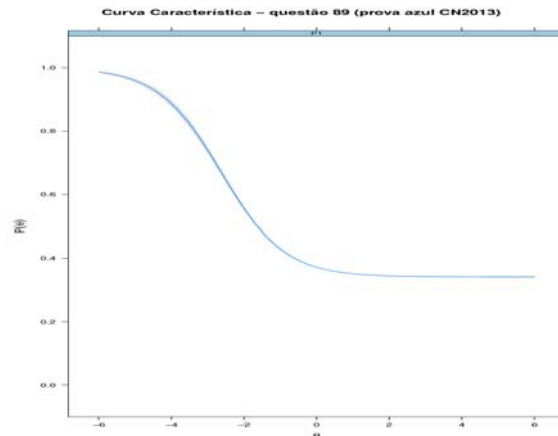


Figura 4.69. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa:

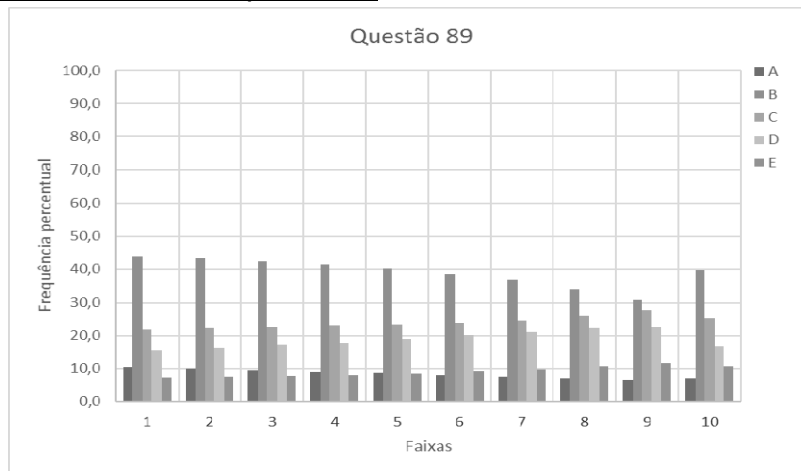


Figura 4.70. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- A CCI tem inclinação negativa, o que indica que o modelo utilizado não está de acordo com os resultados empíricos. Alunos de baixa aptidão têm maior probabilidade de acertar essa questão do que alunos de maior aptidão.
- Observamos que a manipulação algébrica de valores sem nenhum significado físico permite a obtenção de algumas alternativas. A razão entre as variações de temperatura resulta também na opção B, o gabarito:

$$\text{de } 25^{\circ}\text{C para } 30^{\circ}\text{C e de } 70^{\circ}\text{C para } 30^{\circ}\text{C: } \Delta\theta_1/\Delta\theta_2 = 5/40 = 0,125$$

Os distratores C e D são obtidos como resposta usando a mesma lógica, só que para os valores das razões entre as temperaturas e não suas variações: $25/70 = 0,357$ e $30/70 = 0,428$, respectivamente.

Diagnóstico

- Apesar da maior frequência de respostas ocorrer para a alternativa correta (letra B), essa escolha fica mais evidente em alunos de baixa aptidão, como mostra o gráfico por faixas da Figura 4.70.
- Uma possível explicação para isso está na manipulação algébrica dos valores e não a utilização da conservação da energia.

No próximo capítulo, apresentaremos uma discussão complementar usando como base algumas questões aqui apresentadas e aplicadas a uma parcela dos alunos do Colégio Pedro II, através de um questionário com respostas que deveriam ser justificadas, para tentar aprofundar os motivos para os resultados obtidos.

CAPÍTULO 5

Ampliação e aplicação deste estudo

A partir dos resultados apresentados no capítulo anterior, buscamos aprofundar a compreensão em relação ao que faz com que os alunos escolham as alternativas na prova do Enem e disseminar as informações e reflexões desenvolvidas aqui junto a outros professores do ensino médio.

Foram escolhidas algumas questões do Enem e, com elas, elaborados questionários que foram apresentados a alunos do Colégio Pedro II. Junto às questões, solicitávamos que os alunos justificassem a escolha da resposta.

Em momento posterior, foi realizada uma oficina para professores de Física, para discutir os resultados do trabalho desenvolvido. Apresentam-se aqui a descrição e os resultados dessas atividades.

5.1. Aplicação em sala de aula: questionários no Colégio Pedro II

Para melhor compreensão dos resultados obtidos com a análise dos dados globais do Enem 2013, é interessante entender melhor o raciocínio utilizado pelos candidatos na escolha de uma das alternativas de resposta a cada questão.

O Colégio Pedro II é um colégio da rede federal de ensino médio, constituindo um grupo específico e qualificado, como observado dos resultados do Enem 2011 apresentados no trabalho de Lopes (2015), que no capítulo 5 apresenta a discussão dos resultados por tipo de dependência administrativa:

“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.”(p. 73)

O Colégio Pedro II tem um grande número de alunos, professores e *campi*, cobrindo boa parte da região metropolitana do Rio de Janeiro. Um estudo feito com seus estudantes possibilitaria avaliar melhor o resultado que foi apresentado no Enem. Foi solicitado aos professores da equipe de Física a aplicação em suas turmas de algumas questões selecionadas durante o primeiro semestre de 2017.

Foram escolhidas, dentre as questões de Física da prova de Ciências da Natureza de 2013, 7 itens considerados coerentes, para os quais as respostas dos alunos possibilitariam refinar o estudo anterior. Cada aluno participante recebia duas questões, preferencialmente uma de caráter qualitativo e outra de caráter quantitativo, sobre um mesmo tema de estudo (e por este motivo são apenas 7 as questões apresentadas).

O questionário foi montado com questões componentes da prova de Ciências da natureza do ENEM 2013 conforme a Tabela 5.1.

Questionário	Questão 1	Questão 2
A	48 (Garrafa pet calor)	89 (Aquecedor solar)
B	75 (Chuveiro)	72 (Amperímetro)
C	79 (Fluido elétrico)	72 (Amperímetro)
D	76 (Atrito)	87 (Gráfico)

Tabela 5.1. A estrutura dos questionários

O material entregue aos alunos está apresentado no Apêndice 2. Este questionário possui, em sua abertura, a identificação do Colégio, um pequeno texto dirigido ao aluno e a identificação da série e do campus, como mostra a Figura 5.1.



		COLÉGIO PEDRO II – DEPARTAMENTO DE FÍSICA			
PESQUISA EM APRENDIZAGEM EM FÍSICA RIO DE JANEIRO, DE		DE 2017			
PROFESSOR:		TURMA:		CAMPUS:	
<p><i>Caro aluno,</i></p> <p><i>Solicitamos a você que nos ajude a entender melhor como você está aprendendo física. Para isso, pedimos que você resolva as duas questões apresentadas a seguir (da prova de Ciências da Natureza do Enem). Ao escolher a alternativa, escreva uma justificativa (com suas palavras, cálculos, esquemas ou desenhos) que nos permita entender o porquê de sua escolha. Caso você não saiba explicar, escreva simplesmente “não sei”.</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Agradecemos muito a colaboração.</i></p>					

Figura 5.1. A introdução do questionário aplicado aos alunos.

Como pode ser visto nos questionários mostrados no Apêndice 2, as questões são apresentadas na formatação original do ENEM, seguida por um espaço livre para justificativa da escolha da alternativa.

5.2. A aplicação do questionário

Foram preparados 1200 questionários dos 4 modelos, igualmente distribuídos, ou seja, 300 de cada tipo, e retornaram para análise um total de 634 questionários devidamente preenchidos, como indicado na Tabela 5.2.

Tipo do questionário	Número de questionários
A	193
B	129
C	153
D	159

Tabela 5.2. Questionários aplicados.

O questionário foi aplicado em todos os *campi* do Colégio Pedro II no estado do RJ, com os alunos do segundo e terceiro anos do ensino médio regular ou integrado (associado à educação técnica), por seus respectivos professores (incluindo o autor deste trabalho), no período de 11 de abril a 18 de maio de 2017.

Os professores de Física do Colégio foram convidados a ajudar na aplicação dos questionários, recebendo as instruções para sua aplicação durante a reunião de equipe de Física do Colégio Pedro II, realizada em abril de 2017 no *campus* Engenho Novo II. Em seguida, por mensagem eletrônica, receberam mais detalhes sobre a aplicação. Como discutido com os professores, não era necessário que os alunos tivessem tido contato acadêmico com o assunto das questões. Porém é importante salientar que, devido ao conteúdo programático do Colégio Pedro II, os alunos da 2 série já teriam estudado o conteúdo relativo aos questionários A e D e os da 3 série já teriam estudado o conteúdo relativo aos questionários B e C.

No Anexo 2, apresenta-se a distribuição curricular atual da disciplina Física nos três anos do Ensino Médio do Colégio Pedro II. Desta distribuição, pode-se verificar que quase a totalidade dos alunos já tinha entrado em contato com o conteúdo abordado nas questões apresentadas.

5.3. A análise das respostas aos questionários

Após a aplicação dos questionários, foi feita a digitalização das folhas de respostas e iniciou-se o processo de análise por meio da categorização das respostas de uma das questões apresentada em um dos questionários. O tempo disponível não possibilitou o estudo, até a presente data, de todos os questionários aplicados. Concentramo-nos na análise da questão 1 do questionário D, sobre a força de atrito que atua nos pés durante o ato de andar.

Na Tabela 5.3, apresentamos a categorização feita para essa questão. Foi preparada uma planilha em que constavam, além dos dados básicos de identificação, cada uma das categorias usadas na análise das respostas. Com esses dados, foram feitas algumas análises, apresentadas a seguir.

Categorização das respostas - Pergunta D1 (2013-CN76)	
Categoria 1: formato da justificativa	
• textual	(Text)
• diagrama ou esquema	(Diag)
• ambos (texto e diagrama)	(Amb)
Categoria 2: característica do diagrama ou esquema	
• branco total	(NA)
• chute (não sei, esquema mnemônico ou similares)	(Chute)
• com representação da força de atrito no diagrama	(Fat)
• com representação de diagrama de forças	(DF)
Categoria 3: característica do texto	
• branco total	(NA)
• chute (não sei, esquema mnemônico ou similares)	(chute)
• menção à força de atrito sem justificativa (força de atrito é contrária ao movimento)	(SJ)
• menção à força de atrito com justificativa e sem consistência interna (força de atrito é contrária ao movimento...)	(SC)
• Explicação correta	(EC)
Categoria 4: sobre o diagrama de forças	
• com apresentação de diagrama de forças correto	(Cor)
• com apresentação de diagrama de forças com normal ou peso incorretas	(NPI)
• com apresentação de diagrama de forças com atrito incorreto	(Inc)
• com apresentação de força espúria	(FE)
Categoria 5: sobre a força de atrito – diagramática ou textual	
• força de atrito apresentada no diagrama ou no texto como paralela e com mesmo sentido do movimento	(Fav)
• força de atrito apresentada no diagrama ou no texto como paralela e com sentido contrário ao movimento	(Cont)
• força de atrito apresentada no diagrama ou no texto como perpendicular ao movimento	(Perp)

Tabela 5.3. As classificações utilizadas para as justificativas da Questão D1

A análise quantitativa revela dados interessantes sobre a aprendizagem em diferentes séries. Um bom exemplo é a evolução do número de alunos que assinalam incorretamente, no diagrama de forças, o sentido da força de atrito na transição entre a 2ª série e a 3ª série do ensino médio: assinalam sentido contrário ao movimento 37% dos estudantes da 2ª série e 71% dos alunos da 3ª série. É surpreendente verificar que, nas respostas dos estudantes da 3ª série, os alunos desenham no diagrama o sentido da força de atrito incorretamente com maior frequência do que os alunos da 2ª série. Na Tabela

5.4, está representada a distribuição de escolha dentre as cinco alternativas de resposta por série a esta questão.

		ESCOLHA							Total
		branco	A	B	C	D	E	TOTAL	
SÉRIE	1	Nº de alunos	0	0	0	0	0	0	0
		%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	2	Nº de alunos	1	9	11	4	3	2	30
		%	3,3%	30,0%	36,7%	13,3%	10,0%	6,7%	100,0%
	3	Nº de alunos	4	7	82	16	3	3	115
		%	3,5%	6,1%	71,3%	13,9%	2,6%	2,6%	100,0%
Total		Nº de alunos	5	16	93	20	6	5	145
		%	3,4%	11,0%	64,1%	13,8%	4,1%	3,4%	100,0%

Tabela 5.4. Distribuição da frequência por distratores e série

Da Tabela 5.4, pode-se observar que os estudantes do Colégio Pedro II que responderam ao questionário apresentam um desempenho diferenciado: as respostas (A), (D) e (E) são pouco escolhidas por eles, com percentuais de marcação muito inferiores aos dos concluintes do ENEM 2013: as três opções indicam forças em direções que não o plano. As respostas correspondentes à força com a direção no plano tem resultados diversos: para o sentido contrário ao movimento, há 64% de marcações no Colégio Pedro II e 30% entre os concluintes do ENEM, e para o mesmo sentido do movimento há 14% das marcações no Colégio Pedro II e 20% entre os concluintes do ENEM, o que reforça a hipótese feita na análise da questão, de que o processo de aprendizagem estimula uma compreensão incorreta.

Na Tabela 5.5, mostra-se uma parte da tabela da análise da questão D1. Cada uma das linhas da planilha corresponde à resposta dada por cada um dos alunos: a resposta foi transcrita nas colunas F e G, e a classificação foi feita a partir da justificativa (coluna G) e observação (coluna H). As demais colunas correspondem às classificações apresentadas na Tabela 5.3.

A análise das respostas mostrou que apenas 2% dos alunos deu a resposta correta, seja por meio de diagramas ou de texto. A maior parte, 66%, indica de alguma forma que a força de atrito (Fat) é contrária ao movimento. Os alunos apresentaram algum tipo de diagrama de corpo livre (DF) em suas respostas em 66% dos casos, como mostra a tabela 5.6.

Justificativa	Observação	formato justif.	Caract. Diagrama	Caract. Texto	Sobre o diagrama	Sobre a Fat
	atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		FE	Cont
não sei		Text		Chute		
	atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		Inc	Cont
Não sei / Talvez seja pelo fato de que se o atrito for contrário ao movimento da pessoa, ele não vai conseguir subir?	diagrama de forças correto, atrito paralelo e no mesmo sentido do movimento	Amb	DF	EC	Cor	Fav
Letra B	atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		FE	Cont
	diagrama de forças incompleto, atrito paralelo e no mesmo sentido do movimento	Diag	DF		NPI	Fav
	atrito paralelo e contrário	Diag	DF		NPI	Cont
	atrito paralelo e contrário	Diag	DF		Inc	Cont
	atrito paralelo e no mesmo sentido do movimento / rasurado	Diag	Fat		NPI	Fav
A força de atrito permite que andemos sem deslizar e é sempre contrário ao movimento do corpo e paralela à superfície de apoio.	atrito paralelo e contrário	Amb	DF	SC	NPI	Cont
Fat -> Sentido contrário ao movimento, ela é o atrito	atrito paralelo e contrário	Amb	DF	SJ	FE	Cont
Fat = Força de atrito, Normal = N, P = peso, Fr = força resultante	atrito paralelo e contrário	Amb	DF	SJ	NPI	Cont
	atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		Inc	Cont
	atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		FE	Cont
	atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		NPI	Cont

Tabela 5.5. Planilha com a categorização das respostas para ilustração.

FORMATO	Frequência	Percentual
Diag	61	39,9%
Amb	40	26,1%
Text	52	34,0%
TOTAL	153	100,0%

Tabela 5.6. Percentual do formato das respostas dos alunos do CPII

Na maior parte dos diagramas há alguma representação da força de atrito, seja de forma correta ou não, como indica a Tabela 5.7.

CARACT DIAGRAMA	Frequência	Percentual
Fat	41	38,7%
DF	36	34,0%
NA	4	3,8%
chute	25	23,6%
TOTAL	106	100,0%

Tabela 5.7. Percentual da característica dos diagramas das respostas dos alunos do CPII

Em apenas 6,5% dos casos em que se apresentava um diagrama a resposta estava correta, os outros 93,5% dos casos apresentava algo errado: uma força espúria, normal e peso incorretos ou diagrama incorreto, conforme a tabela 5.8.

SOBRE O DIAGRAMA	Frequência	Percentual
FE	24	31,2%
Inc	30	39,0%
Cor	5	6,5%
NPI	18	23,4%
TOTAL	77	100,0%

Tabela 5.8. Percentual sobre as forças apresentadas nos diagramas das respostas dos alunos do CPII

Finalmente, reiteramos que o número de alunos que afirmam de alguma forma que a força de atrito é contrária ao movimento (77%) é substancialmente maior que dos alunos que identificam a força de atrito a favor do movimento (15%), evidenciado na tabela 5.9. Verificamos também que o percentual dos alunos do CPII do segundo e terceiro anos do ensino médio que comentem esse equívoco (76,7%) é maior que o percentual dos concluintes do Enem 2013 (30,1%).

SOBRE A FAT	Frequência	Percentual
Cont	89	76,7%
Fav	17	14,7%
Perp	10	8,6%
TOTAL	116	100,0%

Tabela 5.9. Percentual sobre as características da força de atrito nos diagramas das respostas dos alunos do CII

5.4. Uma constatação importante

A análise da questão D1 sobre o atrito revelou um dado interessante. Em uma análise superficial, a maior parte dos professores pode considerar essa questão como fácil, talvez pelo fato de ser uma questão conceitual, mas aos olhos de muitos estudantes ela é, de fato, uma questão capciosa.

Mais do que isso, ela revela muito sobre a discrepância do que se ensina e do que se aprende sobre atrito e aponta para graves erros conceituais que aparentam ser construídos pela educação formal [CALDAS 1999].

No Colégio Pedro II, a maior parte dos alunos foi atraída pelo distrator B, como mostra a Tabela 5.5, que indicava a força de atrito “*paralela ao plano e com sentido contrário ao movimento*”, assim como os candidatos do Enem 2013. No entanto a frequência de erro no CII foi ainda maior.

Como justificar esse erro ainda mais evidente por parte dos alunos de uma das melhores instituições de ensino do país? Segundo a análise apresentada no capítulo 4, a respeito da questão 76 de CN 2013, os alunos que fazem a prova do Enem e obtêm maiores escores têm mais chance de errar essa questão; este fato também é observado entre os alunos do CII.

	Alunos do CII (2º ano)	Alunos do CII (3º ano)	ENEM 2013
Letra B (contrária)	36,7%	71,3%	30,1%
Letra C (A favor) – Gab	13,3%	13,9%	19,9%

Tabela 5.10. Percentual de escolha (atrito contrário / a favor)

Não sabemos o motivo pelo qual os alunos do 2º ano não são tão atraídos pelo distrator que indica a força de atrito contrária ao movimento

quanto os alunos do 3º ano. Talvez isso esteja relacionado ao fato do estudo desse tema ocorrer exatamente no 2º ano, o que poderia fazer com que houvesse menor marcação do distrator B. No entanto, independente dessa explicação, fica cada vez mais evidente que há algo de errado no que se constrói na mente dos alunos acerca de força de atrito.

De fato, o que os professores acham que ensinam é muito diferente do que os alunos aprendem.

5.5. Oficina para professores sobre o Enem

Além das análises dos resultados dos concluintes do ensino médio no Enem 2013 e dos questionários aplicados em sala de aula no Colégio Pedro II, foi realizada mais uma atividade relacionada a este trabalho: uma oficina sobre o Enem, direcionada a professores de Física das redes públicas e privadas.

O minicurso *“Estudo dos resultados do Enem – Um diagnóstico do ensino de Física no Brasil”*, com a participação dos professores Bruno Rinaldi (CPII), José Christian Lopes (CPII), Gustavo Rubini (UFRJ), Marcelo S.O. Massunaga (UENF) e Marta F. Barroso (UFRJ), foi ministrado, como atividade de extensão, no dia 10 de Julho de 2017 no *campus* São Cristovão – Prédio da reitoria, auditório Pinheiro Guimarães, de 14 às 18 h, com a autorização e divulgação da pró-reitoria de pós-graduação, pesquisa, extensão e cultura.

Essa oficina teve por objetivo apresentar a professores os resultados dos estudos que vêm sendo realizados sobre o Enem [GONÇALVES JR 2012; GONÇALVES JR 2014; LOPES 2015]: o estudo das questões de física do ENEM, a compreensão sobre como fazer a análise do desempenho a partir dos dados disponibilizados pelo INEP, o que são a Teoria da Resposta ao Item e a curva característica do item, e os resultados obtidos a partir do estudo dessas informações, com objetivo de elaborar um diagnóstico mais preciso sobre o que os alunos concluintes do ensino médio aprenderam ao final da educação básica.

Na Figura 5.2, são apresentadas algumas imagens da realização da oficina.



Figura 5.2. Fotos da oficina para professores no CPII

5.6. Conteúdo da oficina

A oficina foi composta por quatro momentos diferentes, onde foram feitas apresentações acerca do tema e a discussão entre os participantes.

Em um primeiro momento o prof. G. Rubini apresentou o contexto da criação da prova do ENEM, sua estrutura, pontuando a matriz de referência e os parâmetros de formulação dos Itens e como foram obtidos os dados estudados.

Posteriormente, os professores. J. Christian Lopes e B. Rinaldi apresentaram duas questões da prova de Ciências da Natureza do Enem de anos diferentes aos participantes. As questões consideradas estão apresentadas nas Figuras 5.3 (a questão 70 da prova de 2011) e 5.4 (a questão 76 da prova de 2013).

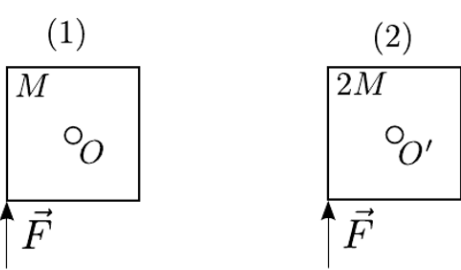
As questões foram entregues aos participantes, pedindo-se a eles que respondessem a duas perguntas:

- 1. Escolha uma das alternativas, justificando sua escolha.*
- 2. Qual você imagina que seria a escolha da maior parte de seus alunos? Por quê?*

Discutiram-se esses dados juntamente com a análise qualitativa das questões e seus distratores.

Também foi apresentada a ideia de construção da curva característica de um item de uma prova. Para isso, foi utilizada uma questão aplicada aos estudantes de Física I da UFRJ, apresentada na Figura 5.5.

Duas chapas quadradas (1) e (2) de lados iguais têm massas M e $2M$, respectivamente, e estão presas em uma parede vertical pelos seus centros O e O' , em pinos em torno dos quais podem girar sem atrito. Aplica-se em cada uma delas uma mesma força \vec{F} , vertical de baixo para cima, como mostra a figura. A opção que correlaciona os módulos de seus torques τ_1 e τ_2 e suas acelerações angulares α_1 e α_2 imediatamente após a aplicação de \vec{F} é



(1) M O

(2) $2M$ O'

\vec{F} \vec{F}

(a) $\tau_1 = \tau_2$; $\alpha_1 > \alpha_2$
 (b) $\tau_1 = \tau_2$; $\alpha_1 = \alpha_2$
 (c) $\tau_1 = \tau_2$; $\alpha_1 < \alpha_2$
 (d) $\tau_1 > \tau_2$; $\alpha_1 > \alpha_2$
 (e) $\tau_1 < \tau_2$; $\alpha_1 = \alpha_2$

Figura 5.5. Questão de Física I – UFRJ

Os dados desta prova, envolvendo cerca de 700 alunos, foram utilizados para ilustrar o que significa a construção da curva característica de um item.

Finalmente o prof. G. Rubini conduziu uma apresentação mais técnica sobre a Teoria de Resposta ao Item, mostrando as diferenças entre os métodos clássicos para avaliar a aprendizagem dos alunos (a Teoria Clássica dos Testes) e a TRI, seus modelos estatísticos, postulados, suposições e forma de obtenção de escores.

O material utilizado para a oficina de professores está apresentado no Apêndice 3, na forma de transparências.

5.7. Finalização

Os trabalhos apresentados aqui, relativos ao estudo das questões de física da prova do Enem 2013, resultaram em materiais instrucionais diferenciados. No capítulo anterior, apresentamos uma análise qualitativa e quantitativa de cada uma das questões de Física da prova de Ciências da Natureza de 2013 com diagnósticos sobre a aprendizagem em física em cada um dos itens; esta análise está disponível para professores em detalhes no Apêndice 1.

Nesse capítulo, apresentamos a aplicação de um questionário em sala de aula no ensino médio, respondido por mais de 600 alunos em todos os campi do Colégio Pedro II. Este questionário, bem como a categorização das respostas dos alunos é mostrada no Apêndice 2.

Por fim, o material utilizado no minicurso sobre o Enem está disponível no Apêndice 3, para uso por outros professores do ensino médio.

CAPÍTULO 6

Considerações finais

Em 2009 o ENEM passou por uma grande reformulação e com isso tornou-se a mais importante forma de acesso às instituições de ensino superior, tanto públicas quanto privadas do país. O exame que se propunha a avaliar os estudantes ao fim da educação básica pode fazer mais do que isso. Avaliou escolas, classificando-as quanto ao desempenho dos seus alunos na prova do ENEM, gerando um controverso ranking, classificou alunos para universidades, certificou em nível médio, e possibilitou a comparação entre o desempenho dos alunos em anos sucessivos. Sua característica, com questões mais conceituais e contextualizadas, mudou bastante a forma de se pensar o currículo escolar. A mudança no paradigma de ensino das ciências naturais, especialmente da Física, de algo mais técnico e abstrato para algo mais conceitual, com valores agregados ao cotidiano das pessoas parece estar presente de forma cada vez mais natural em nossa prática.

Muitas análises e críticas foram feitas a respeito do ENEM:

- Sobre sua metodologia, tanto na formulação das questões que tem todo um parâmetro de construção, quanto na obtenção das notas (score) dos candidatos que utiliza a Teoria de Resposta ao Item e não a teórica clássica, o que apesar de ser muito mais complexo, apresenta diversas vantagens do ponto de vista da psicometria.
- Sobre seu formato de aplicação, por ser muito extenso e cansativo e aplicados em dias consecutivos, em um sábado e um domingo do mesmo final de semana, até a reformulação ocorrida em 2017, quando passa a ser aplicado em dois domingos sucessivos. Há que se ressaltar que para o bom funcionamento da Teoria da Resposta ao Item é necessária a aplicação de muitas questões.

A prova de Ciências da Natureza possibilita um estudo detalhado a respeito do que os alunos aprenderam em ciências ao final da educação básica.

Neste trabalho, estudamos as questões da prova do ENEM 2013. A partir da análise dos indicadores qualitativos do que as questões avaliam combinada com os dados quantitativos do desempenho individual de cada um dos alunos, foi possível fazer uma análise da aprendizagem dos alunos concluintes do ensino médio. No geral, conclui-se que a aprendizagem de física ao final do ensino médio, segundo o que é concebido como ter aprendido física pelo ENEM, é deficiente.

Apresentamos aqui os resultados dessa análise para as questões de Física da prova (16 das 45), com um diagnóstico sobre os aspectos de ensino de Física em cada um dos itens. Esse material se transformou em um produto para os professores da educação básica (Apêndice 1). Foram aplicados questionários a alunos do ensino médio do Colégio Pedro II para estudar um pouco melhor o que faz com que as alternativas sejam escolhidas; os questionários e as respostas a eles são apresentados no Apêndice 2. A oficina de discussão com professores sobre esses resultados e a lista de presença dos participantes é apresentado como um material instrucional para professores no Apêndice 3.

Os resultados podem ser úteis para que seja feita uma reflexão a respeito do que os alunos de fato aprenderam ao final do ensino médio.

Referências

- [ALONSO 1972] M. Alonso e E.J. Finn, Física: um curso universitário, vol. 1, São Paulo: Editora Edgard Blücher, p. 13.
- [ANDRADE 2000] D.F. Andrade, H.R. Tavares e R.C. Valle, Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações, São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 2000.
- BABBIE, E – Métodos de pesquisa de Survey – Belo Horizonte, Ed. UFMG, 1999
- [BARROSO 2015] M.F. Barroso, G. Rubini e M.S.O. Massunaga, Estudo dos Resultados do Enem: o desempenho global dos estudantes concluintes na prova de Ciências da Natureza nos exames de 2009 a 2012. Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Ensino de Matemática e Ciências – LIMC – NOTA TÉCNICA 01/2015. Disponível em <http://www.if.ufrj.br/~marta/limc-notastecnicas/limc-nt-15-01.pdf>. (2015)
- [BARROSO 2017] M.F. Barroso, G. Rubini e M.S.O. MASSUNAGA, Brazilian National High School Examination: assessing student's learning in Physics. Disponível em <https://arxiv.org/abs/1707.04181>. (2017)
- [BLACK 1999] P. Black. *Testing: Friend or Foe? The theory and practice of assessment and testing*. London: Routledge Falmer, 1998, p. 24-36.
- [BRITTON 2007] E.D. Britton e S.A. Schneider, Large-Scale Assessments in Science Education. In: S. K. Abell e N.G. Lederman (ed.), *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah: Laurence Erlbaum Associates, 2007, p. 1007-1040.
- [CALDAS 1999] H. Caldas e E. Saltiel. *Atrito: O que diz a Física, o que os alunos pensam e o que os livros explicam*, Vitória: EDUFES, 1999.
- [GONÇALVES Jr 2012] W.P. Gonçalves Jr, *Avaliação de Larga Escala e o Professor de Física*, dissertação de Mestrado, UFRJ/IF, 2012.
- [GONÇALVES Jr 2014] W.P. Gonçalves Jr. e M.F. Barroso, As questões de Física e o desempenho dos estudantes no ENEM, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 1, 1402, 2014.
- [HAMBLETON 1991] R. Hambleton, H. Swaminathan e H. J. Rogers, *Fundamentals of Item Response Theory*, Newbury Park: SAGE Publications, 1991, p. 1-31.
- [KLEIN 1995] R. Klein e N. Fontanive, *Avaliação em Larga Escala: uma Proposta Inovadora*. Brasília: Em Aberto, Abr/Jun 1995.
- [LANG 2014a] F.S. Lang e M. Barbosa. Análise do ENEM-2014 pelo Conselho do IF UFRGS. 2014. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=614:analise-do-enem-2014-pelo-conselho-do-if-ufrgs&catid=150:opinio&Itemid=316 Acesso em 15/10/2017.
- [LANG 2014b] F.S. Lang. Comentários críticos sobre cinco questões de Física na prova de Ciências da Natureza – Enem 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/enem2013.pdf> Acesso em 15/11/2017.
- [LIBRANZ 2006] H. H Libranz e A. Libranz, Efeitos da interferência eletromagnética em aeronaves causados por dispositivos eletrônicos portáteis (PEDs). *Exacta [en linea]* 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81040105>> ISSN 1678-5428 Acesso em: 11/12/2016.

- [LOPES 2015] J.C. Lopes, *As questões de Física do ENEM 2011*, Dissertação de Mestrado, UFRJ/IF, 2015.
- [MEC 2009] MEC/INEP, Guia de Elaboração de Itens, 2009.
- [PASQUALI 2003] L. Pasquali, *Fundamentos da Teoria da Resposta ao Item – TRI*, v.2 n.2, Brasília, 2003, p. 99-110. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/avp/v2n2/v2n2a02.pdf>>.
- [PLAUSKA 2013] G. Plauska. Uma aula introdutória à mecânica dos fluidos. Dissertação de Mestrado, UFRJ/IF, 2013. Disponível em: http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2013_Geraldo_Plauska/dissertacao_Geraldo_Plauska.pdf Acesso em 15/11/2017.
- [PERRENOUD 1999] P. Perrenoud. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.
- [RODRIGUES 2014] E. V. Rodrigues. Uma revisão da questão da garrafa PET da prova ENEM 2013. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* v. 31, n.2, p. 421-428, ago 2014.

ANEXO I

**A Matriz de Referência do ENEM
Publicação MEC/INEP**



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 sócio-ambientais 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.

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 idéias 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 idéia 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: H₂, O₂, N₂, Cl₂, NH₃, H₂O, HCl, CH₄. 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 e 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.

ANEXO II

A grade curricular do ensino médio no Colégio Pedro II

Colégio Pedro II - 1ª Série do Ensino Médio - Ementa de Física		
	Física 1 - TERMOLOGIA E INTRODUÇÃO À CINEMÁTICA	Física 2 - ÓPTICA GEOMÉTRICA E INTRODUÇÃO À CINEMÁTICA
1º Trimestre	Termometria:	Princípios da Óptica Geométrica:
	- os estados físicos da matéria	- propagação retilínea da luz
	- temperatura, termômetros e escalas termométricas	- câmara escura e formação de imagem
	- dilatação térmica	- sombra, penumbra e eclipses
	Calorimetria 1:	Reflexão da Luz:
	- calor e energia interna	- conceito e leis da reflexão
- propagação do calor	- espelho plano	
- calor específico e capacidade térmica	- espelhos esféricos	
Calorimetria 2:	- aplicações	
2º trimestre	- trocas de calor (equação fundamental da calorimetria)	Refração da Luz:
	- calor latente de mudança de fase	- conceito e leis da refração
	- trocas de calor com mudança de fase	- lentes esféricas
3º Trimestre	- diagrama de fases	- olho humano
	Gás Ideal:	- instrumentos ópticos
	- modelo microscópico de gás ideal	
	- transformações gasosas	Introdução à Cinemática Escalar:
	- equação de estado (Clapeyron)	- movimento, posição e deslocamento
		- velocidade média e instantânea
	- movimento uniforme	

Colégio Pedro II - 2ª Série do Ensino Médio - Ementa de Física		
	Física 1 - CINEMÁTICA, GRAVITAÇÃO, EQUILÍBRIO E FLUIDOS E TERMODINÂMICA	Física 2 - ESTÁTICA E DINÂMICA DA PARTÍCULA
1º trimestre	Cinemática Escalar (continuação): (inserir M.U.)	Força e Princípios da Dinâmica:
	- aceleração média e instantânea	- grandezas vetoriais e suas propriedades
	- movimento uniformemente variado	- força de tração, força normal e força peso
	- lançamento vertical e queda livre	- força de atrito e seus coeficientes estático e dinâmico
	Cinemática Vetorial:	- força elástica, lei de Hooke e dinamômetro
	- vetor velocidade e composição de movimentos	- 1ª lei de Newton: a inércia e o equilíbrio
2º Trimestre	- aceleração tangencial, aceleração centrípeta e vetor aceleração	- 2ª lei de Newton: o princípio fundamental
	- lançamento de projétil	- 3ª lei de Newton: ação e reação
	Movimento Circular e de Rotação	Trabalho e Energia:
	- posição e deslocamento angular	- trabalho realizado por uma força
	- velocidade angular, período e frequência	- potência e rendimento
	- relações as entre grandezas lineares e angulares	- energia cinética
3º Trimestre	- força centrípeta e dinâmica do movimento circular	- teorema do trabalho-energia
		- energia potencial gravitacional
		- energia potencial elástica
		- energia mecânica
		- forças conservativas e conservação da energia mecânica
3º Trimestre	Gravitação Universal	Impulso e Quantidade de Movimento:
	- geocentrismo e heliocentrismo	- impulso de uma força
	- as leis de Kepler	- quantidade de movimento e sua conservação
	- a lei da Gravitação de Newton	- teorema do impulso
	Termodinâmica:	- colisões
	- trabalho realizado por um gás	
- 1ª lei da termodinâmica		

Colégio Pedro II - 3ª Série do Ensino Médio - Ementa de Física		
	Física 1 - ELETRICIDADE	Física 2 - ONDAS E ELETROMAGNETISMO
1º Trimestre	A Carga Elétrica:	Conteúdos faltosos da segunda série conforme a necessidade do campus
	- breve histórico	Hidrostática
	- processos de eletrização	Equilíbrio do corpo extenso
	- a carga elementar e a unidade coulomb	Introdução ao Movimento Ondulatório:
	Eletrodinâmica 1:	- conceito de onda (mecânica ou eletromagnética)
	- a corrente elétrica e seus efeitos	- relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda
	- intensidade de corrente elétrica	- propagação de onda (unidimensional) em uma corda
	- diferença de potencial elétrico	- propagação de onda (bidimensional) em uma superfície líquida
	- potência (e energia) fornecida ou dissipada em um circuito elétrico	- reflexão, refração e difração de uma onda
	- resistência elétrica e lei de ohm	- interferência uni e bidimensional
2º Trimestre		- interferência de ondas luminosas
		Onda Estacionária:
	Eletrodinâmica 2:	- conceito de onda estacionária
	- resistividade e dimensões de um resistor	- séries harmônicas
	- associação de resistores em paralelo	- ressonância
	- associação de resistores em série	Acústica:
	- associação mista de resistores	- intensidade sonora
	- gerador elétrico e força eletromotriz	- altura de um som
- instrumentos de medidas elétricas	- timbre de um som	
3º Trimestre	- conceito e definição de campo elétrico	- linhas de indução magnética
	- campo criado por cargas pontuais	- magnetismo terrestre e bússola
	- linhas de força	- força magnética sobre uma carga elétrica em movimento
	- campo criado por um condutor eletrizado	- movimento de uma carga elétrica em um campo magnético
	- rigidez dielétrica e poder das pontas	Campo Magnético criado por Correntes Elétricas:
	Eletrostática 2: Campo Elétrico Uniforme	- campo gerado por um fio retilíneo muito longo
	Eletrostática 3: Potencial Elétrico	- campo criado por uma espira e por um solenóide
	- conceito e definição de potencial elétrico	- o eletroímã e suas aplicações
	- potencial criado por cargas pontuais	Força Magnética sobre Correntes Elétricas:
	- superfícies equipotenciais	- força sobre um condutor retilíneo em um campo magnético
	- potencial criado por um condutor eletrizado	- torque sobre uma espira e motores elétricos
		Indução eletromagnética:
		- fluxo magnético
		- corrente elétrica induzida e lei de Lenz
	- força eletromotriz induzida e lei de Faraday	
	- aplicações: microfone, auto-falante, cartões magnéticos etc	

APÊNDICE 1



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



**Como usar as questões do Enem para avaliar o ensino de física:
aplicação às questões de Física da prova de CN de 2013**

Bruno Bernardo Rinaldi

Marta Feijó Barroso

Gustavo Rubini

Material instrucional associado à 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.

Rio de Janeiro

Dezembro de 2017

Apêndice 1 - 137

Como usar as questões do Enem para avaliar o ensino de física: aplicação às questões de Física da prova de CN de 2013.

Esse estudo pretende apresentar a professores de física e de ciências uma ferramenta de diagnóstico da aprendizagem dos estudantes ao final do ensino médio a partir dos resultados do ENEM. Especificamente, nesse material abordamos a prova de Ciências da Natureza de 2013 do ENEM (a numeração refere-se à prova azul) e as questões de Física que a compõem.

O objetivo é fornecer um recurso de diagnóstico baseado em dados empíricos que possa auxiliar os professores em relação ao que seus alunos aprendem em Física e quais são suas dificuldades nesse processo.

O uso dos dados do ENEM nos permite observar a situação de forma mais ampla do que a de nossas salas de aula: são todos os alunos concluintes do ensino médio no país, cerca de 1 milhão e 300 mil respostas, que são tabuladas e analisadas, questão a questão, tanto em relação ao que pretendem avaliar quanto ao desempenho dos alunos ao respondê-las.

O estudo dos aspectos qualitativos das questões corresponde a analisar o seu texto, as habilidades e competências que pretende avaliar, a resolução e o que indicam os distratores (do ponto de vista do erro que o estudante comete ao escolhê-lo), entre outros.

Os aspectos quantitativos referem-se aos dados de desempenho dos candidatos em cada questão, a frequência de respostas corretas e das alternativas incorretas (chamadas de distratores), a análise da distribuição das respostas por faixas estratificadas de notas (os candidatos são classificados em dez faixas com a mesma quantidade numérica, desde os dez por cento de menores notas aos 10 por cento de maiores notas), o que nos permite identificar a tendência de opção por certa resposta em função da nota do candidato, isto é, do que ele aprendeu.

Essa análise combinada revela muito sobre o que se ensina e o que se aprende em Física, com dados confiáveis e bastante expressivos. O processo de diagnóstico que pretendemos estabelecer passa pela observação dos aspectos qualitativos e quantitativos de cada um dos itens.

Este estudo propõe aos colegas professores uma forma de analisar os dados relativos as questões de Física da prova de 2013. O trabalho

apresentado aqui pode ser aplicado em outras avaliações, tanto em larga escala como na sala de aula, e nos ajuda a refletir a respeito dos resultados e a dar subsídios para um melhor fazer pedagógico.

O ENEM utiliza um modelo de correção que não mede diretamente o número de acertos no exame, a chamada Teoria de Resposta ao Item. Trata-se de um modelo psicométrico usado para medir as competências e habilidades de um candidato com foco em cada um dos itens do exame e não no exame como um todo. Sua principal vantagem em relação ao modelo clássico (Teoria Clássica de Testes – TCT) é a capacidade de estabelecer uma nota com independência do grau de dificuldade do exame e do grau de proficiência dos candidatos. Em outras palavras, candidatos de diferentes habilidades podem ser comparados entre si mesmo que tenham sido submetidos a exames de dificuldades diferentes.

O modelo de TRI que o ENEM utiliza é o modelo logístico de três parâmetros, que determina uma curva característica de cada item da prova com os parâmetros: Dificuldade, discriminação e pseudo-azar.

A discriminação (a) indica a capacidade de um item em distinguir candidatos de maior e menor habilidade. Seu valor é tomado como sendo a inclinação da reta tangente ao ponto de inflexão da curva característica do item. Na Figura 1, apresentamos um gráfico de dois itens com diferentes discriminações. O item representado pela curva mais escura tem discriminação menor do que o item apresentado pela curva mais clara.

A dificuldade do item (b) corresponde ao valor em que a probabilidade de acerto no item ultrapassa o valor médio do item, e pode ser medido pelo valor da habilidade que corresponde ao ponto de inflexão da curva. Na Figura 2, apresentamos três curvas características com diferentes dificuldades (mas com as mesmas discriminações e os mesmos parâmetros de pseudo-azar). A curva mais escura representa uma questão cuja dificuldade é baixa, a curva clara contínua é média e a curva clara tracejada é alta.

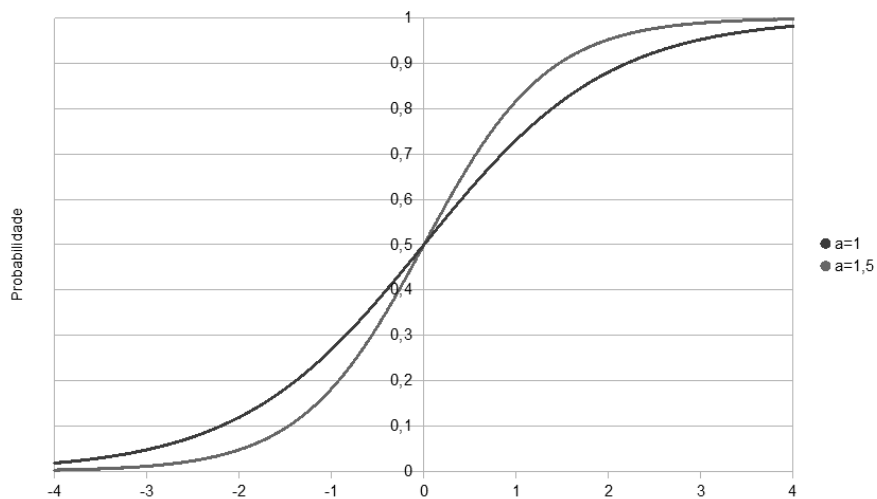


Figura 1. Curvas características de dois itens com diferentes discriminações.

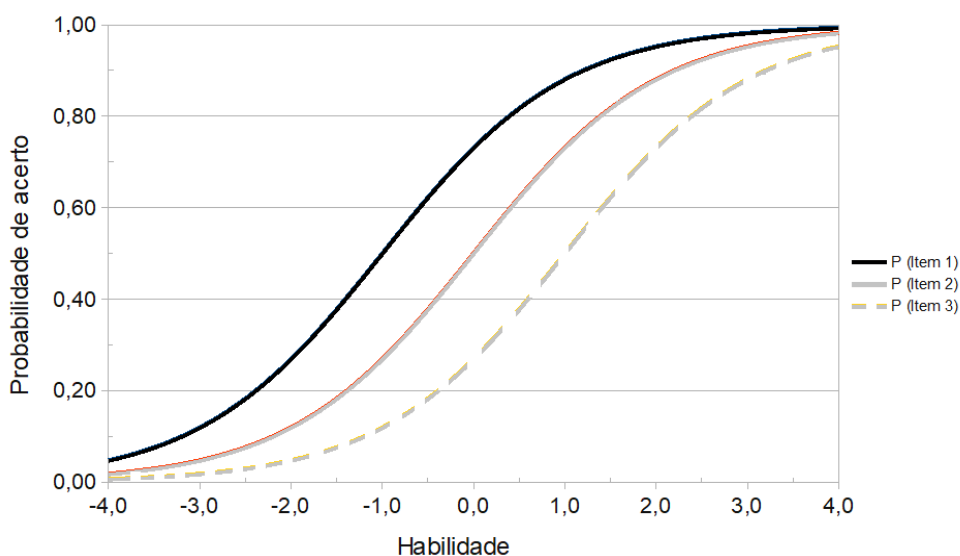


Figura 2. Curvas características de itens com diferentes dificuldades.

O parâmetro denominado de pseudo-azar (c) descreve a probabilidade de um candidato com habilidade muito baixa acertar a questão. Corresponde ao valor da probabilidade de acerto dado pela assíntota inferior da curva característica do item. Na Figura 3, apresentamos duas curvas características com diferentes parâmetros de pseudo-azar. A curva mais escura tem parâmetro c nulo, e a curva mais clara tem o parâmetro correspondente a uma probabilidade de acerto de 20% para alunos com habilidade muito baixa.

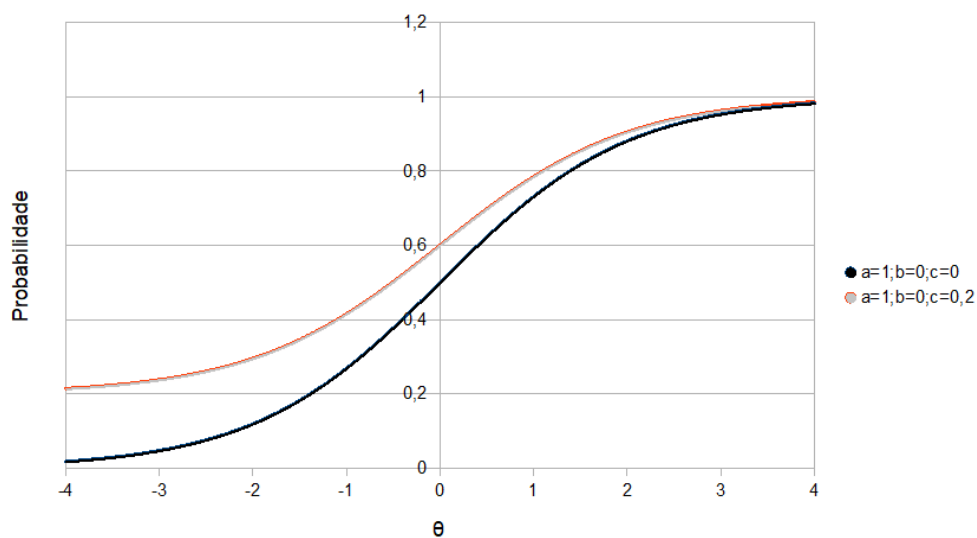


Figura 3. Curvas características de itens com diferentes parâmetros de pseudo-azar.

A seguir, apresentamos uma visão geral da prova. Na Figura 4 podemos ver o conjunto de curvas características de todos os itens da prova do Enem 2013¹. Estão assinaladas, com asterisco, as questões de Física.

Observa-se que o modelo utilizado não está adequado (apresentando discriminação negativa), para 6 questões, 5 delas de Física. Há mais uma questão de Física cuja curva revela que a questão não discrimina os alunos (uma reta praticamente constante).

¹ G. Rubini, comunicação privada. Resultados obtidos como parte dos trabalhos de doutoramento, a partir da utilização dos dados do INEP manipulados dentro do ambiente estatístico R e seus pacotes.

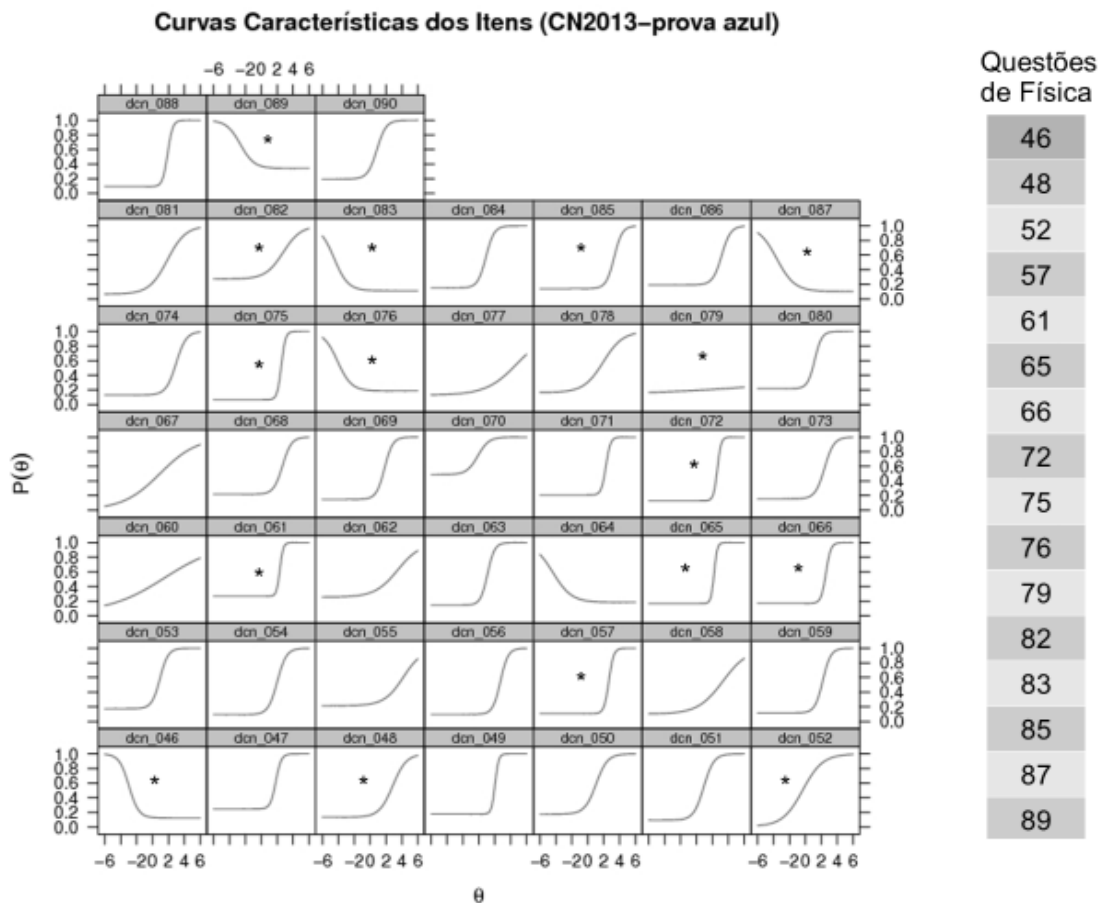


Figura 4. Curvas características de todas as questões da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013; estão assinaladas as questões de Física (fonte: G. Rubini).

Na Figura 5, apresentamos um gráfico que indica, para cada uma das questões da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013, o percentual de acerto na questão. As questões de Física estão destacadas em tonalidade mais escura. À direita do gráfico, são apresentados os totais de acerto em cada uma das disciplinas (normalizadas para valores entre 0 e 10). Destas informações, observa-se que o total de acertos na prova é muito pequeno (inferior a um terço das questões estão corretas), e que o total de acertos das questões de Física é inferior às demais, sendo que o total de acertos em Biologia é superior a todas as demais disciplinas.

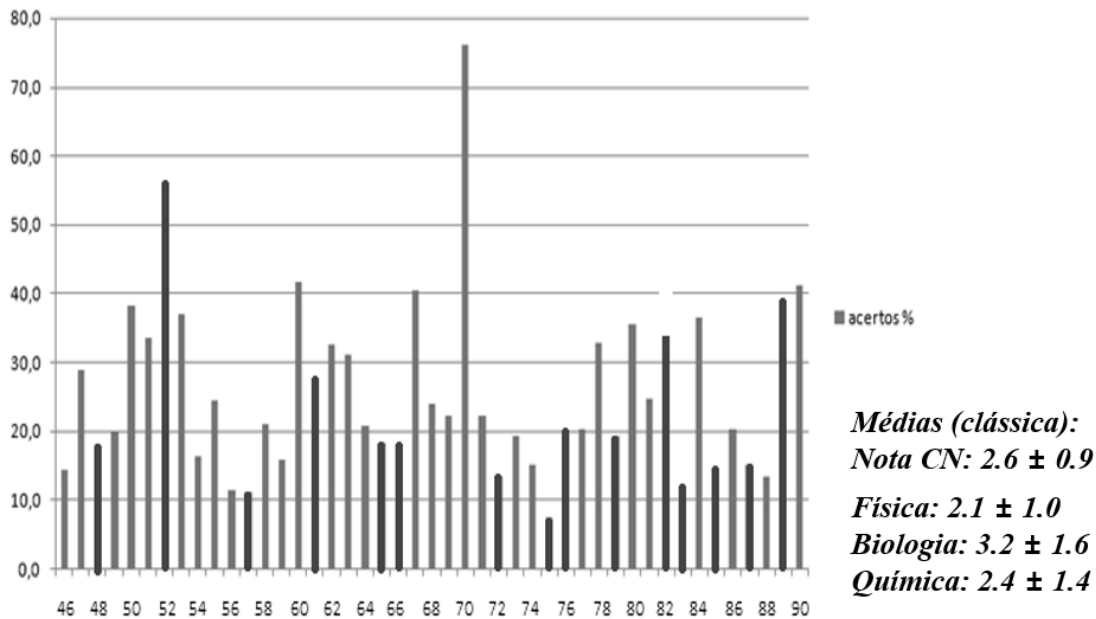


Figura 5. Curvas características de todas as questões da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2013; estão assinaladas as questões de Física.

Em cada uma das seções a seguir, apresentamos as questões de Física da prova de Ciências da Natureza do Enem 2013, com as seguintes informações:

- o texto e as alternativas da questão, ou seja, a resposta correta (gabarito), as alternativas incorretas (distratores),
- a competência e habilidade da questão, usando a informação divulgada pelo INEP, embora o processo de identificar a habilidade a partir da questão seja difícil e muitas vezes surjam divergências entre classificações.
- a resolução da questão e sua coerência do ponto de vista da Física, a frequência da escolha das alternativas pelos concluintes do ensino médio em 2013 e o percentual de acerto na questão.
- A curva característica do item, que expressa a probabilidade de acerto na questão em função do escore do aluno.
- O gráfico por faixa que mostra a frequência percentual de cada alternativa escolhida pelos alunos para dez grupos de alunos, as faixas. Cada faixa possui igual número de alunos. A primeira faixa agrupa os

10% dos alunos de menor aptidão e assim por diante até a faixa 10, que agrupa os 10% com maior aptidão.

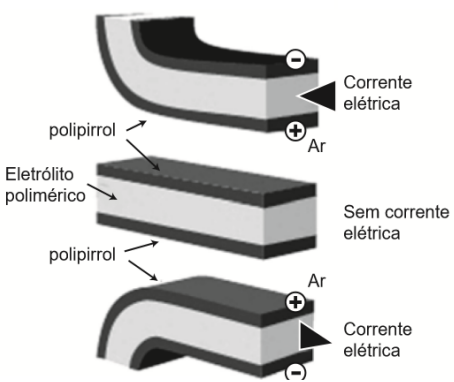
- Ao final, apresenta-se uma discussão sobre o que a questão revela a respeito da aprendizagem pelos alunos do tema da questão.

Apresentamos abaixo as questões, suas resoluções, discussões e dados estatísticos.

1. Questão 46

A questão 46 propõe uma discussão sobre músculos artificiais. Na Figura 6, apresentamos o texto da questão, na Figura 7 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 8 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 9 apresentamos a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

Músculos artificiais são dispositivos feitos com plásticos inteligentes que respondem a uma corrente elétrica com um movimento mecânico. A oxidação e redução de um polímero condutor criam cargas positivas e/ou negativas no material, que são compensadas com a inserção ou expulsão de cátions ou ânions. Por exemplo, na figura os filmes escuros são de polipirrol e o filme branco é de um eletrólito polimérico contendo um sal inorgânico. Quando o polipirrol sofre oxidação, há a inserção de ânions para compensar a carga positiva no polímero e o filme se expande. Na outra face do dispositivo o filme de polipirrol sofre redução, expulsando ânions, e o filme se contrai. Pela montagem, em sanduíche, o sistema todo se movimenta de forma harmônica, conforme mostrado na figura.



A camada central de eletrólito polimérico é importante porque

- A absorve a irradiação de partículas carregadas, emitidas pelo aquecimento elétrico dos filmes de polipirrol.
- B permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico.
- C mantém um gradiente térmico no material para promover a dilatação/contração térmica de cada filme de polipirrol.
- D permite a condução de elétrons livres, promovida pela aplicação de diferença de potencial, gerando corrente elétrica.
- E promove a polarização das moléculas poliméricas, o que resulta no movimento gerado pela aplicação de diferença de potencial.

Figura 6. O texto da questão 46.

Competência e habilidade

C6 – 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.

Resolução

- Segundo o texto da questão, o músculo artificial, assim como qualquer músculo, responde à presença de corrente elétrica com sua contração. O eletrólito polimérico é constituído por um sal inorgânico. O fluxo de cargas em meios desse tipo ocorre através de íons e não por elétrons

livres, como o que ocorre em condutores metálicos. Portanto a corrente elétrica se estabelece através do fluxo de íons.

- O distrator D (de maior frequência entre as respostas) apresenta a informação de corrente elétrica através do fluxo de elétrons livres.
- O gabarito do Inep corresponde à letra B.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulo	0,1
A	18,6
B	14,5
C	19,6
D	30,0
E	17,0
Total	100,0

A camada central de eletrólito polimérico é importante porque

- A absorve a irradiação de partículas carregadas, emitidas pelo aquecimento elétrico dos filmes de polipirrol.
- B permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico.
- C mantém um gradiente térmico no material para promover a dilatação/contração térmica de cada filme de polipirrol.
- D permite a condução de elétrons livres, promovida pela aplicação de diferença de potencial, gerando corrente elétrica.
- E promove a polarização das moléculas poliméricas, o que resulta no movimento gerado pela aplicação de diferença de potencial.

Figura 7. A frequência das respostas por distratores

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -1,63$; $b = -2,96$; $c = 0,12$.

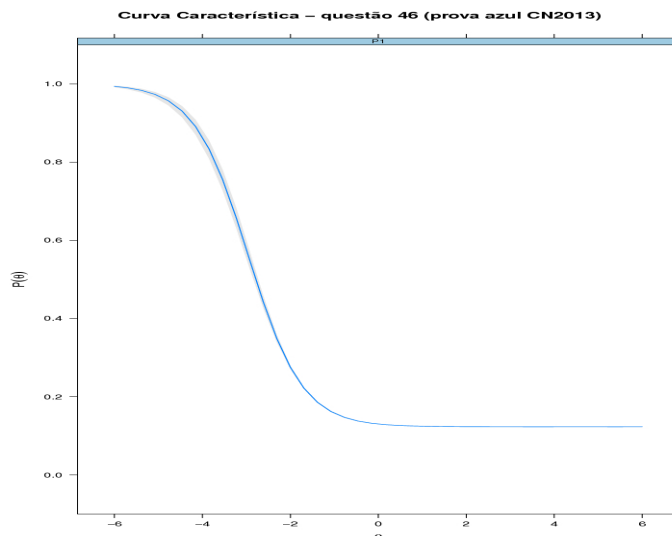


Figura 8. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência dos distratores por faixa

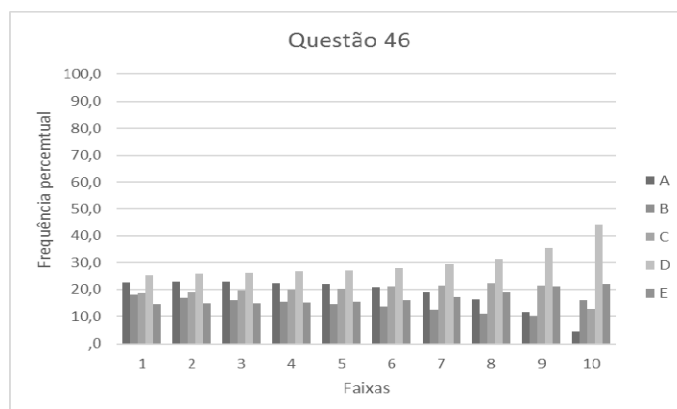


Figura 9. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- Na escolha da disciplina associada ao item, observaram-se alguns traços interdisciplinares, pois são mencionados conhecimentos de Física, Química e Biologia. No entanto, o objeto de conhecimento utilizado para a resolução adequada é o associado a fenômenos elétricos (carga e corrente elétrica), constante no 5º objeto de conhecimento de Física na Matriz de Referência.
- Na curva característica do item, na Figura 4.5, há uma inclinação negativa, indicando uma probabilidade maior de acerto para alunos de baixa aptidão, o que revela que a questão não é adequada.
- O gráfico da Figura 4.6 indica que alunos de maior aptidão tiveram pior desempenho na questão, e também que há um percentual de escolha similar para as cinco alternativas até o grupo da faixa 7.

Diagnóstico

- Verificamos que a maior parte dos candidatos e os de melhores desempenho escolhem a opção D, que mostra a situação de fluxo de cargas em condutores a partir de elétrons livres, que é o caso mais discutido na literatura sobre eletrodinâmica no ensino médio e justifica que os candidatos de melhor desempenho errem a questão.

2. Questão 48

A questão 48 aborda temas de física térmica. Na Figura 10, apresentamos o texto da questão, na Figura 11 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 12 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 13 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

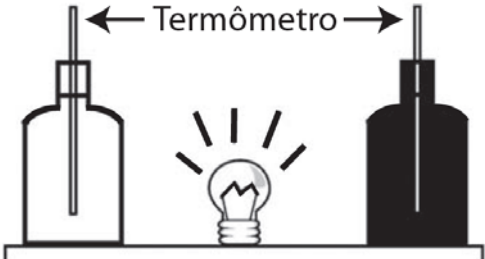
<p>Em um experimento foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e a outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas: a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e b) após a lâmpada ser desligada e atingirem equilíbrio térmico com o ambiente.</p> 	<p>A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> A igual no aquecimento e igual no resfriamento.<input type="radio"/> B maior no aquecimento e igual no resfriamento.<input type="radio"/> C menor no aquecimento e igual no resfriamento.<input type="radio"/> D maior no aquecimento e menor no resfriamento.<input checked="" type="radio"/> E maior no aquecimento e maior no resfriamento.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 10. O texto da questão 48.

Competência e habilidade

C6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

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.

Resolução:

- A lâmpada incandescente irradia calor igualmente para as duas garrafas; as duas absorvem esse calor em taxas específicas segundo a lei de Stefan-Boltzmann.
- A absorção desse calor depende de características do material, que nesse caso é o mesmo (Polietileno Tereftalato – PET) para as duas garrafas, e também de sua cor. A que está pintada de preto tem maior taxa de absorção que a garrafa pintada de branco.
- Por consequência a garrafa preta apresenta maior variação de temperatura no aquecimento.

- No resfriamento, ambas voltam às condições iniciais de equilíbrio com o ambiente; assim a variação da temperatura da garrafa preta também será maior.
- O gabarito fornecido pelo Inep indica como correta a resposta E.

Frequência das respostas por alternativas:

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulo	0,2
A	10,3
B	18,2
C	9,5
D	43,5
E	18,3
Total	100,0

A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi

- A igual no aquecimento e igual no resfriamento.
- B maior no aquecimento e igual no resfriamento.
- C menor no aquecimento e igual no resfriamento.
- D maior no aquecimento e menor no resfriamento.
- E maior no aquecimento e maior no resfriamento.

Figura 11. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 1,17$; $b = 2,86$; $c = 0,13$.

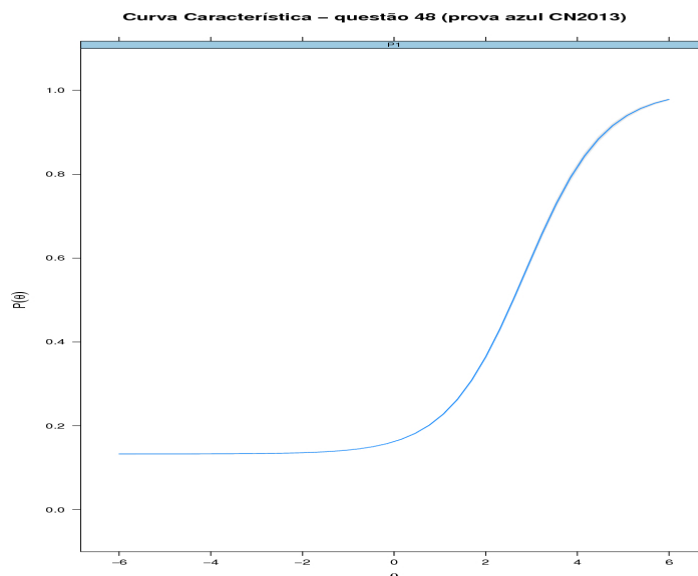


Figura 12. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

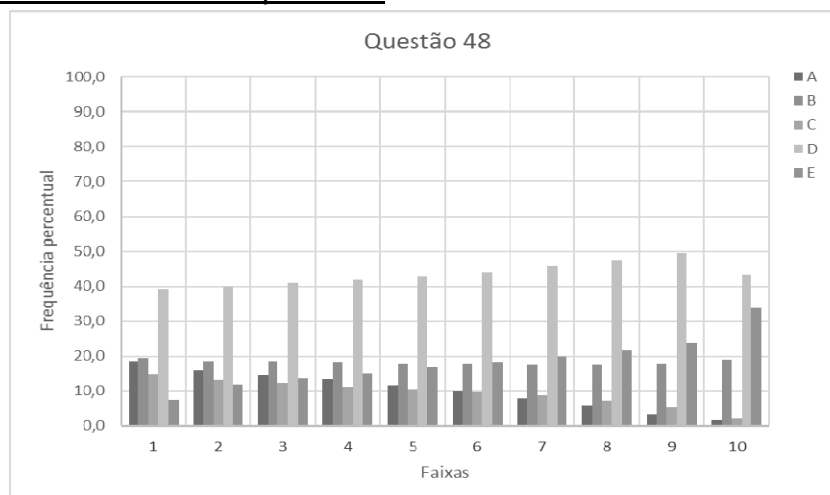


Figura 13. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- A pergunta feita na questão solicita a relação entre as taxas de variação da temperatura, o que seria impossível de estabelecer com esses dados; a pergunta deveria ser sobre as variações de temperatura.
- As variações de temperatura ocorrem entre dois momentos diferentes, aquecimento e resfriamento até a temperatura ambiente (temperatura inicial).
- A opção D indica que corpos escuros “retêm mais calor” por mais tempo do que corpos claros; isso justifica uma preferência por esse distrator, tanto na análise geral, quanto na análise por faixas de aptidão dos estudantes.
- Pode-se observar que a partir da faixa 6 o gabarito passa a ser a segunda opção mais marcada pelos candidatos, o que mostra que boa parte dos alunos de maior proficiência conseguem identificar a relação correta.

Diagnóstico

- As respostas que indicam maior aquecimento para o corpo escuro do que para o corpo claro (opções B, D e E) são escolhidas por 81% dos concluintes.
- Não parece existir a compreensão que um bom receptor será também um bom emissor de calor; se o corpo escuro absorve mais calor e, por consequência, tem uma maior variação de temperatura, isso ocorrerá tanto no aquecimento quanto no resfriamento.

- O desempenho dos alunos neste item indica que há uma percepção entre os estudantes que corpos escuros tendem a “acumular” mais calor do que corpos claros. A compreensão do conceito de calor não é de uma forma de energia em fluxo entre os corpos mas de algo que pode ser acumulado por eles, como o “fluido calórico” de Lavoisier.

3. Questão 52

A questão 52 explora propriedades de ondas eletromagnéticas. Na Figura 14, apresentamos o texto da questão, na Figura 16 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 17 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 18 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.</p>	<p>A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> A terem fases opostas.<input type="radio"/> B serem ambas audíveis.<input type="radio"/> C terem intensidades inversas.<input type="radio"/> D serem de mesma amplitude.<input checked="" type="radio"/> E terem frequências próximas.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 14. O texto da questão 52.

Competência e Habilidade

C5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

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

Resolução

- Os efeitos da superposição de ondas (interferência) são observadas de forma mais efetiva quando as frequências das ondas envolvidas são próximas, pois aparelhos emissores e receptores de ondas eletromagnéticas utilizam filtros de frequência de ondas portadoras.
- Alguns estudos indicam que celulares e assemelhados, ou *portable electronic devices (PED's)*, podem gerar interferência eletromagnética em aviônicos. Segundo Librantz e Librantz (2006),

Entre os aparelhos suspeitos, estão laptops e palmtops, reprodutores e gravadores de áudio, jogos e brinquedos eletrônicos, laser pointers, celulares, rádios de comunicação e pagers. Desacoplamentos ou desvios de pilotos automáticos, indicações erráticas em displays e, até mesmo, o desligamento inadvertido da aviãoica ou variações não comandadas nas superfícies de comando.

Ainda nesse estudo, defendem que a relação entre a potência típica dos aparelhos e os campos elétricos gerados por eles não criam variações significativas em função da distância dos aviônicos; na Figura 4.12, é mostrada a dependência do campo elétrico com a distância para

aparelhos com diferentes potências, e os autores atestam que (LIBRANZ 2006):

Embora muitos casos de EMI, relatados no decorrer de anos, sejam creditados a esses PEDs, é muito difícil a confirmação do efeito, em razão da dificuldade de reprodução dos eventos.

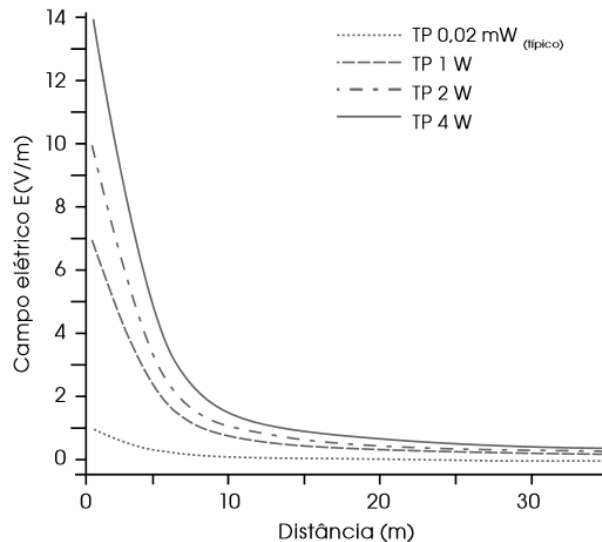


Figura 15. Intensidade do campo elétrico em função da distância p/ potências típicas (fonte: LIBRANZ 2006)

- O estudo não é conclusivo quanto à responsabilidade dos PED's em gerar interferência eletromagnética nos equipamentos de navegação, mas indica que isso pode ocorrer independentemente da existência de contato entre esses PED's e antenas externas.
- A comunicação entre pilotos e torres de comando se dá na faixa de 118 a 136 MHz; aparelhos que operem nessa faixa podem gerar interferências e conseqüentemente falhas na comunicação. No entanto é interessante observar que telefones celulares 3G ou 4G, mais recentes no país, operam em faixa de frequência superior (entre 800 e 2500 MHz).
- A propriedade das ondas emitidas que pode justificar a solicitação de desligamento dos PED's dentro de aviões é, portanto, a frequência e a eventualidade da frequência ser próxima à utilizada pelos aviões.
- O gabarito apresentado pelo Inep corresponde à letra E.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,1
Nulo	0,2
A	8,4
B	9,1
C	12,4
D	13,7
E	56,1
Total	100,0

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- A terem fases opostas.
- B serem ambas audíveis.
- C terem intensidades inversas.
- D serem de mesma amplitude.
- E terem frequências próximas.

Figura 16. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 0,79$; $b = -0,34$; $c = 0,01$.

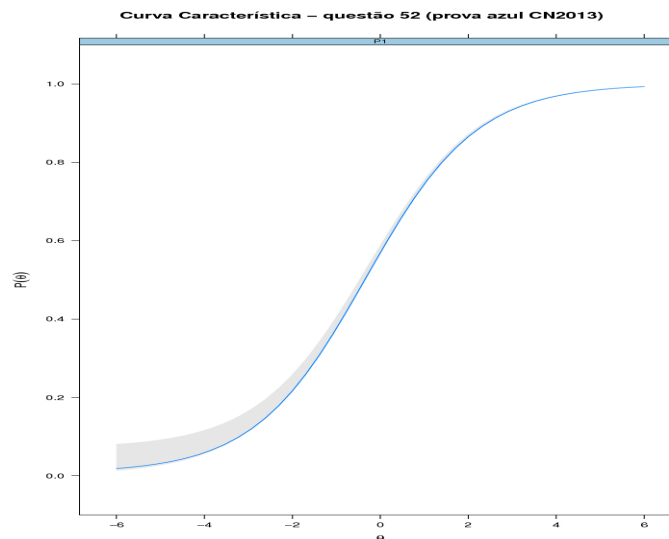


Figura 17. A curva característica do item.

Frequência das alternativas por faixa

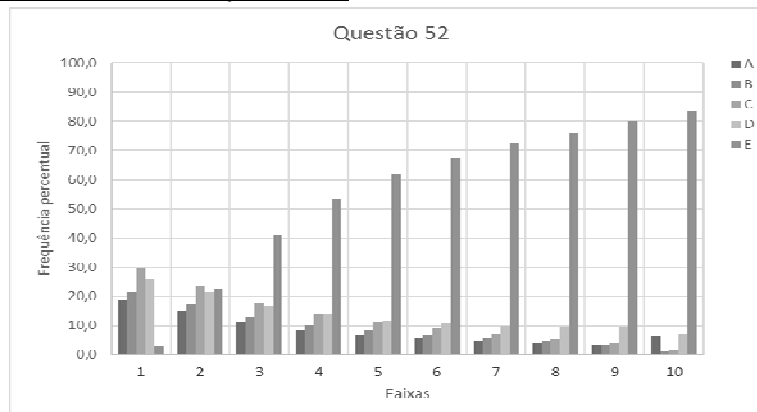


Figura 18. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item

- A correlação entre transmissões de rádio e frequência é objeto de muito debate e é difundida na educação básica, tornando o item de baixa dificuldade, como indicado na CCI.
- As características mais mencionadas em relação a fenômenos ondulatórios são frequência e intensidade.

Diagnóstico

- Verificamos no gráfico de escolha das alternativas por faixas, na Figura 4.15, que a partir da segunda faixa a opção correta (letra E) atrai mais de 40% dos candidatos. À medida que observamos o desempenho de alunos com escores mais altos (faixas mais elevadas), o percentual de acertos aumenta.
- Essa análise sugere que os alunos percebem a relação entre o fenômeno de interferência ondulatória e a frequência, mesmo que não tenham amplo entendimento desses conceitos.

4. Questão 57

A questão 57 propõe uma discussão relativa a efeitos experimentais em hidrodinâmica elementar. Na Figura 19, apresentamos o texto da questão, na Figura 20 uma foto do experimento realizado correspondente à questão, na Figura 21 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 22 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 23 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.


<p>Para realizar um experimento com uma garrafa PET cheia d'água, perfurou-se a lateral da garrafa em três posições a diferentes alturas. Com a garrafa tampada, a água não vazou por nenhum dos orifícios, e, com a garrafa destampada, observou-se o escoamento da água conforme ilustrado na figura.</p> 	<p>Como a pressão atmosférica interfere no escoamento da água, nas situações com a garrafa tampada e destampada, respectivamente?</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="radio"/> A Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.<input type="radio"/> B Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.<input type="radio"/> C Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.<input type="radio"/> D Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; regula a velocidade de escoamento, que só depende da pressão atmosférica.<input type="radio"/> E Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 19. O texto da questão 57.

Competência e habilidade

C5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

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

Resolução

- A questão está incorreta, tanto no que se refere à garrafa destampada quanto à garrafa tampada.
- Quando a garrafa está tampada, e há mais de um furo, há escape de água, conforme apresentado nas imagens do experimento [LANG 2014b] e discutido cuidadosamente no artigo de Rodrigues [RODRIGUES 2014].

- Com a garrafa destampada, a imagem apresentada na questão sugere que o alcance dos jatos emitidos em diferentes alturas teriam valores proporcionais à sua pressão hidrostática. Isso não é correto.
- A pressão em cada ponto do líquido depende da sua pressão hidrostática, mas isso não assegura uma maior velocidade de lançamento. Existem diversas variáveis que podem influenciar nesse valor, tal como a área de seção transversal do furo, a viscosidade do líquido e a altura do furo no lançamento, considerado horizontal. O assunto foi analisado em uma dissertação de mestrado da UFRJ [PLAUSKA 2013].
- A foto apresentada na Figura 4.17, feita por S. Benvenuti [LANG 2014b], mostra o comportamento dos jatos na prática.



Figura 20. Jatos de água em garrafa PET [LANG 2014]

- Ainda nesses comentários, Lang [2014b] afirma:
 NÃO há diferença de pressão entre pontos de um fluido estático se tais pontos estiverem no mesmo nível, isto é, se estiverem sobre uma superfície equipotencial gravitacional (neste caso uma superfície horizontal). Portanto se a pressão externa à garrafa junto a um orifício for maior do que a pressão interna, o ar seria forçado para dentro da garrafa. E sendo menor, a água é forçada para fora da garrafa. Para a água não sair por um orifício, a pressão externa e a pressão interna no orifício devem ter o mesmo valor. Entretanto não existe uma única pressão interna à garrafa pois a pressão dentro da garrafa é variável espacialmente, ao longo da coluna de água. Entre dois pontos em níveis diferentes de um fluido, o ponto superior se encontra a uma pressão MENOR que o ponto inferior.
- Em resumo, a questão não possui resposta correta, e apresenta uma incorreção no seu texto base.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,1
Nulos	0,1
A	11,4
B	28,4
C	26,3
D	18,9
E	14,7
Total	100,0

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

- A Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.
- B Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- C Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- D Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; regula a velocidade de escoamento, que só depende da pressão atmosférica.
- E Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.

Figura 21. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 3,42$; $b = 2,66$; $c = 0,11$.

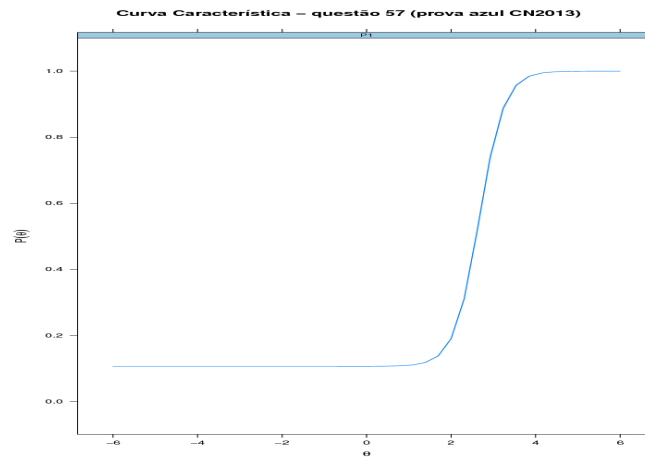


Figura 22. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

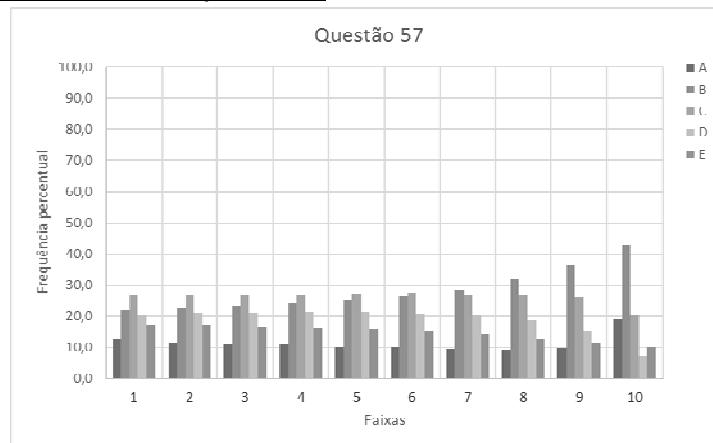


Figura 23. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- Todas as opções apresentam basicamente a mesma ideia, que a pressão atmosférica pode impedir a saída da água.
- As alternativas apresentam a ideia que a pressão atmosférica se altera significativamente em pequenas variações de altura, e que a pressão hidrostática é tanto maior quanto maior for a profundidade. Justificativa que fica alinhada à figura apresentada, onde o jato teria um alcance maior por ter maior pressão hidrostática.

Diagnóstico

- Apesar da questão estar incorreta, podemos identificar alguns aspectos sobre a aprendizagem em hidrostática.
- Os distratores escolhidos com maior frequência apresentam a ideia de que a *“velocidade de escoamento é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo”*, totalizando 55% das marcações, evidenciando a ideia de que a pressão atmosférica se altera de forma significativa ao longo de pequenas variações de alturas, como a altura da garrafa.
- Isso indica que os candidatos não entendem bem como funciona a pressão atmosférica.

5. Questão 61

A questão 61 propõe uma discussão relativa ao funcionamento de elevadores hidráulicos. Na Figura 24, apresentamos o texto da questão, na Figura 25 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 26 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 27 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldades de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo é usada uma bomba elétrica, para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga, e dessa forma acionar um pistão que movimentará a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área da cabeça do pistão seja cinco vezes maior do que a área da tubulação que sai da bomba. Desprezando o atrito e considerando uma aceleração gravitacional de 10 m/s^2, deseja-se elevar uma pessoa de 65 kg em uma cadeira de rodas de 15 kg sobre a plataforma de 20 kg.</p>	<p>Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?</p> <p><input type="radio"/> A 20 N</p> <p><input type="radio"/> B 100 N</p> <p><input checked="" type="radio"/> C 200 N</p> <p><input type="radio"/> D 1 000 N</p> <p><input type="radio"/> E 5 000 N</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 24. O texto da questão 61.

Competência e habilidade

C1– 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.

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

Resolução

- Em um elevador hidráulico, supõe-se que um fluido conecta dois extremos de uma tubulação; um desses extremos sustenta uma plataforma de apoio para cadeira de rodas. Pelo princípio de Pascal sabemos que a pressão hidrostática depende exclusivamente da altura; se os dois lados do tubo estão à mesma altura, e como a pressão corresponde à razão entre o módulo da força aplicada e a área, tem-se

$$\frac{|\vec{F}_1|}{A_1} = \frac{|\vec{F}_2|}{A_2}$$

- Para que o elevador que porta um cadeirante suba com velocidade constante é necessário que o somatório das forças sobre o conjunto plataforma mais cadeirante seja nulo. Aplicando os valores dados,

escrevendo \vec{F}_c para a força do fluido sobre a plataforma e \vec{P}_c para o peso do conjunto,

$$\vec{F}_c + \vec{P}_c = 0;$$

e, em módulo,

$$|\vec{F}_c| = (65 + 15 + 20) \cdot 10 = 1000N$$

- Se \vec{F}_b representa a força do pistão sobre a bomba, voltando ao princípio de Pascal com razão entre as áreas $A_c/A_b = 5$,

$$\frac{|\vec{F}_b|}{5} = \frac{|\vec{F}_c|}{1} \Rightarrow 5|\vec{F}_b| = 1000 \Rightarrow |\vec{F}_b| = 200N.$$

- O gabarito apresentado pelo Inep corresponde à resposta C.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,1
A	7,9
B	22,3
C	27,6
D	33,2
E	8,7
Total	100,0

Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?

- A 20 N
- B 100 N
- C 200 N
- D 1 000 N
- E 5 000 N

Figura 25. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 4,98$; $b = 2,34$; $c = 0,27$.

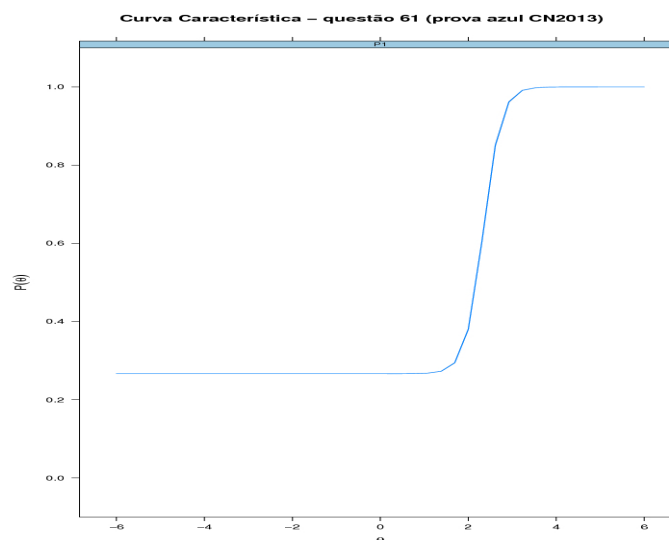


Figura 26. A curva característica do item (fonte: G.Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

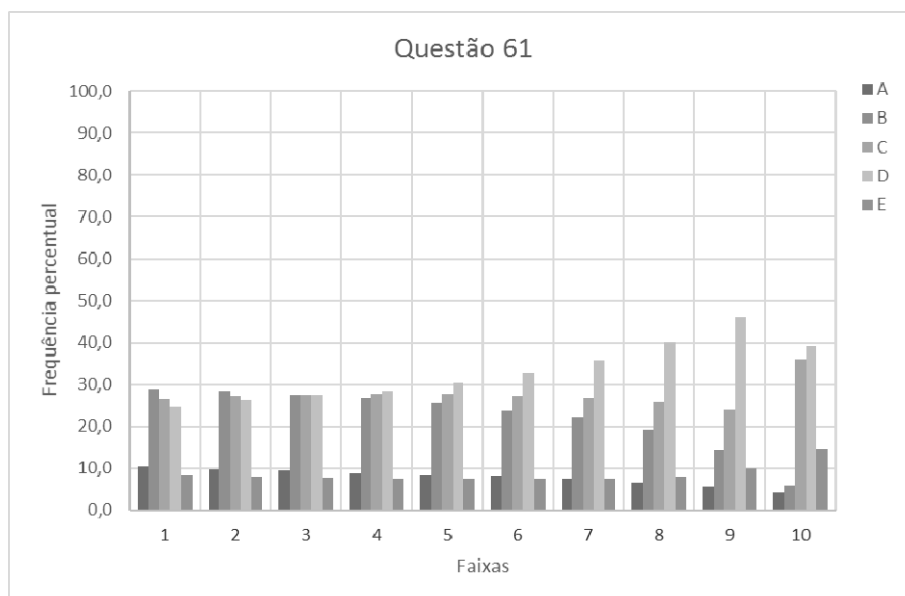


Figura 27. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do ítem

- As alternativas apresentam respostas numéricas.
- Questões que requerem conhecimentos específicos e manipulações algébricas em geral apresentam percentual de acerto mais baixo [GONÇALVES JR 2014] do que questões conceituais.

Diagnóstico

- Verificamos que as alternativas mais escolhidas foram as opções que apresentavam a soma dos pesos, (D), escolhida por um terço dos concluintes, e a massa total, (B), escolhida por 22%. Nessas alternativas, não foi levado em consideração o princípio de Pascal, indicando a possibilidade que os estudantes façam uma manipulação algébrica direta dos dados numéricos.

6. Questão 65

A questão 65 refere-se a propriedades de ondas, a partir de uma “ola”. Na Figura 28, apresentamos o texto da questão, na Figura 29 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 30 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 31 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

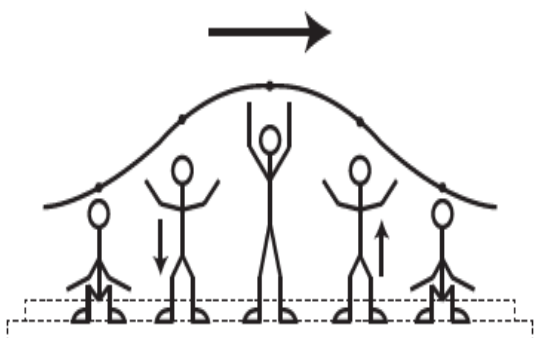
<p>Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a <i>ola mexicana</i>. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.</p> 	<p>Calcula-se que a velocidade de propagação dessa “onda humana” é 45 km/h, e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm.</p> <p>Disponível em: www.ufsm.br. Acesso em: 7 dez. 2012 (adaptado).</p> <p>Nessa <i>ola mexicana</i>, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de</p> <ul style="list-style-type: none">A 0,3.B 0,5.<input checked="" type="radio"/> C 1,0.D 1,9.E 3,7.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 28. O texto da questão 65.

Competência e habilidade

C1 – 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.

Resolução

- Trata-se de uma questão de física ondulatória básica, na qual basta encontrar a frequência. Para isso, deve-se inicialmente determinar o comprimento da onda. É dada a informação que a onda completa um ciclo a cada 16 pessoas distanciadas 0,8m entre si; assim a onda terá comprimento de onda $\lambda = (16 - 1) \cdot 0,8 = 12m$. Se a velocidade de propagação da onda é de $45km/h = 45 \times 10^3 m / 3,6 \times 10^3 s = 12,5m/s$, podemos escrever para a frequência

$$f = v/\lambda \Rightarrow f = 12,5/12 \text{ s}^{-1} = 1,04 \text{ Hz}$$

- O gabarito apresentado pelo Inep corresponde à alternativa C.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,3
Nulos	0,1
A	11,5
B	22,0
C	18,3
D	30,3
E	17,4
Total	100,0

Nessa *ola* mexicana, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de

- A 0,3.
- B 0,5.
- C 1,0.
- D 1,9.
- E 3,7.

Figura 29. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 5,34$; $b = 2,22$; $c = 0,17$.

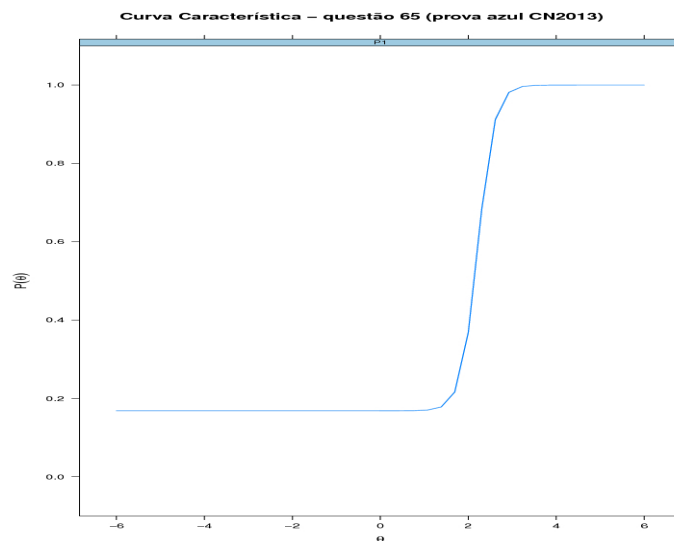


Figura 30. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa:

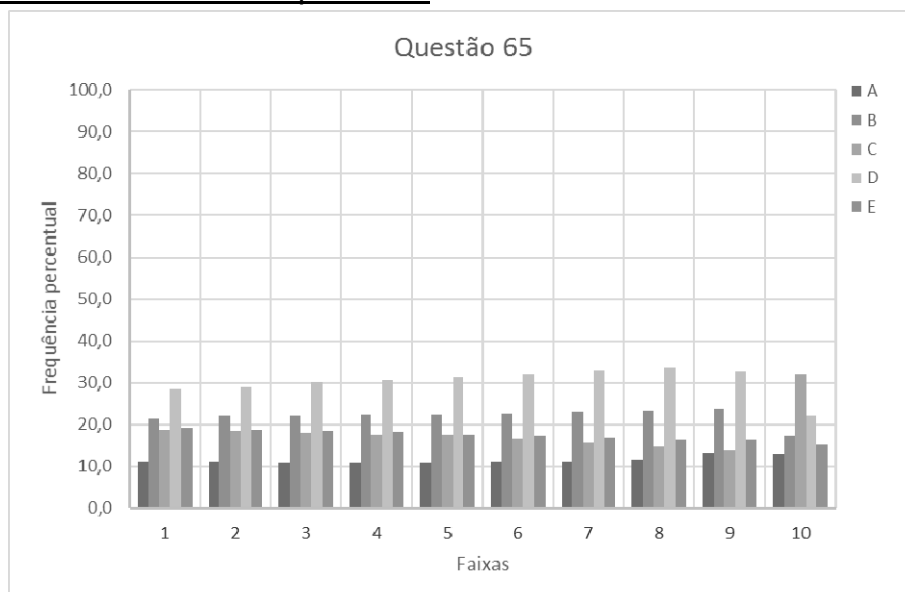


Figura 31. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item

- As alternativas apresentam respostas numéricas.
- É possível observar que 52% das escolhas apresentam erros possíveis encontrados através de manipulações diretas com operações algébricas básicas dos valores apresentados.
- Na resposta D, o valor 1,9 é o mais próximo dentre as opções da divisão direta entre 80 cm e 45 km/h: $80/45 = 1,78$.
- Já na resposta B, o valor 0,5 é obtido na divisão direta dos valores 80 cm por de 16 pessoas, com erro na ordem de grandeza, muitas vezes ignorada pelos candidatos: $80/16 = 5$.

Diagnóstico

- Observa-se que questões com mudanças de unidades e aplicações de fórmulas parecem ser muito difíceis para os estudantes. Nessa questão, o parâmetro de dificuldade corresponde a mais de 2 desvios padrão acima da média.
- A análise revela pouco, ou nenhum entendimento, relativo ao significado das grandezas, ou a relação entre elas, exigidos no item.

7. Questão 66

A questão 66 aborda a relação entre velocidades angular e linear, usando polias. Na Figura 32, apresentamos o texto da questão, na Figura 33 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 34 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 35 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

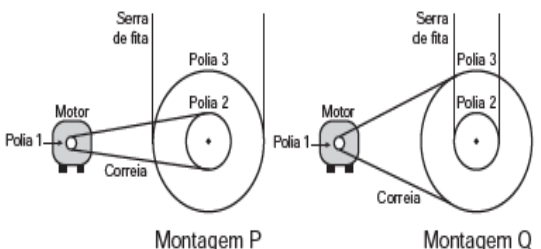
<p>Para serrar ossos e carnes congeladas, um açougueiro utiliza uma serra de fita que possui três polias e um motor. O equipamento pode ser montado de duas formas diferentes, P e Q. Por questão de segurança, é necessário que a serra possua menor velocidade linear.</p>  <p>Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?</p>	<p>A Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.</p> <p>B Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.</p> <p>C P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.</p> <p>D P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.</p> <p>E Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 32. O texto da questão 66.

Competência e habilidade

C2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

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.

Resolução

- Esse item apresenta um texto confuso, porém é possível entender a condição requerida na operação do equipamento: ele deve apresentar a menor velocidade linear possível na serra.
- Isso ocorrerá quando o motor (polia 1), de frequência constante, for acoplado por meio de uma correia à maior polia, gerando assim menor frequência de rotação nessa polia, já que todos os pontos da correia de transmissão apresentam mesma velocidade linear $\omega_1 R_1$, onde R_i é o raio

da polia i ($i=1,2,3$). Na montagem P, $\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2$, e na montagem Q, $\omega_1 R_1 = \omega_3 R_3$. As polias 2 e 3 são solidárias, com a mesma velocidade angular $\omega_2 = \omega_3$ nas duas montagens.

- Na montagem P, a serra possui velocidade $v = \omega_3 R_3 = \omega_2 R_3$ e $v = \omega_3 R_3 = (\omega_1 R_1 / R_2) R_3 = \omega_1 R_1 (R_3 / R_2) > \omega_1 R_1$.
- Na montagem Q, a serra possui velocidade $v = \omega_2 R_2 = \omega_3 R_2$ e $v = \omega_3 R_2 = (\omega_1 R_1 / R_3) R_2 = \omega_1 R_1 (R_2 / R_3) < \omega_1 R_1$.
- Deve-se acoplar portanto a polia 1 à polia 3, com menor frequência de rotação, e a serra na polia 2, de menor raio e menor velocidade linear. Assim a montagem Q é a mais indicada.
- A resposta correta corresponde à alternativa A.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,1
A	17,9
B	21,3
C	22,9
D	16,9
E	20,5
Total	100,0

- Ⓐ Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.
- Ⓑ Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
- Ⓒ P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
- Ⓓ P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.
- Ⓔ Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.

Figura 33. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 3,35$; $b = 2,59$; $c = 0,17$.

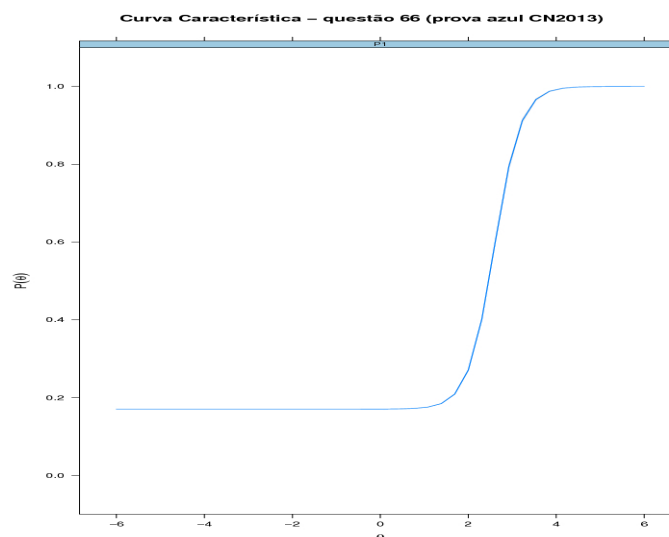


Figura 34. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

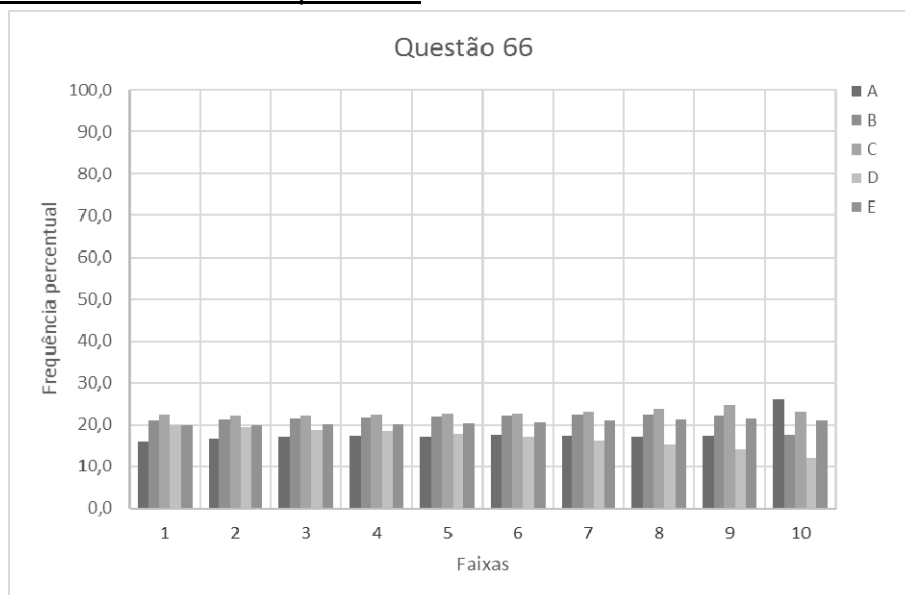


Figura 35. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item:

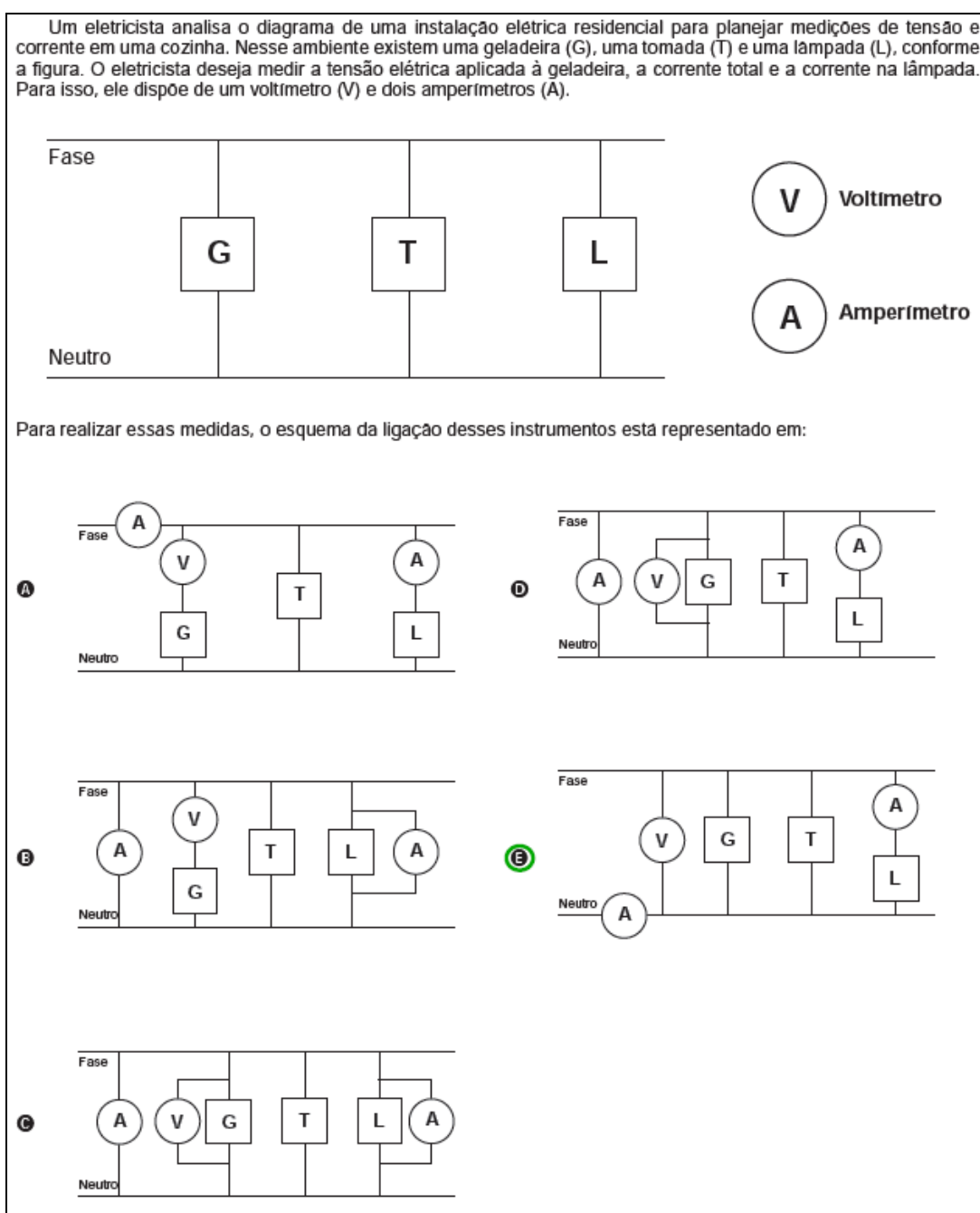
- A questão revela-se muito difícil (cerca de 2,5 desvios padrão acima da média), e a Figura 4.32 indica que todas as alternativas são marcadas de forma similar em praticamente todas as faixas de desempenho.
- A relação entre as velocidades em diferentes pontos da correia, a relação entre a velocidade e o raio da polia, e a relação entre velocidade e frequência são apresentados nas opções.

Diagnóstico

- As opções mais marcadas, B e C (com 44,1% das escolhas), mencionam no texto “*a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico*”, sugerindo uma relação inversa entre velocidade angular e velocidade, o que sugere que a maior parte dos candidatos não entende adequadamente os conceitos associados à cinemática da rotação.
- Os resultados indicam uma tentativa de resolução do item por interpretação do texto desconsiderando conceitos físicos, ou seja, apenas observando o distrator que apresenta a expressão “*menor velocidade*”.
- Isso evidencia uma dificuldade na compreensão da relação entre velocidade linear, angular e frequência.

8. Questão 72

A questão 72 discute aspectos de instalações elétricas residenciais. Na Figura 36, apresentamos o texto da questão, na Figura 37 a configuração adequada para colocação dos instrumentos de medida na instalação elétrica, na Figura 38 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 39 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 40 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.



Competência e habilidade

C2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

Resolução

- A colocação correta de aparelhos de medidas nos circuitos elétricos pressupõe o conhecimento do funcionamento de voltmímetro e amperímetro, que devem ser colocados respectivamente em paralelo e em série aos elementos dos quais se quer obter a medida de tensão ou corrente.
- Para medir a tensão na geladeira G, a corrente da lâmpada L e a corrente total do circuito, a configuração adequada está indicada na Figura 37.

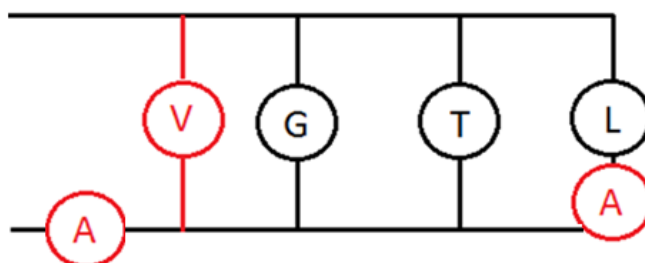


Figura 37. A configuração dos instrumentos de medida na instalação.

- O esquema que representa esse tipo de ligação está melhor representado na alternativa E.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,1
A	15,1
B	16,8
C	34,6
D	19,7
E	13,4
Total	100,0

Figura 38. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 4,34$; $b = 2,62$; $c = 0,13$.

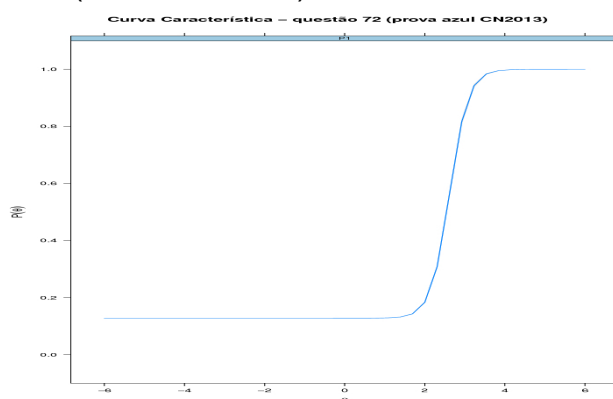


Figura 39. A curva característica do item.

Frequência das alternativas por faixa

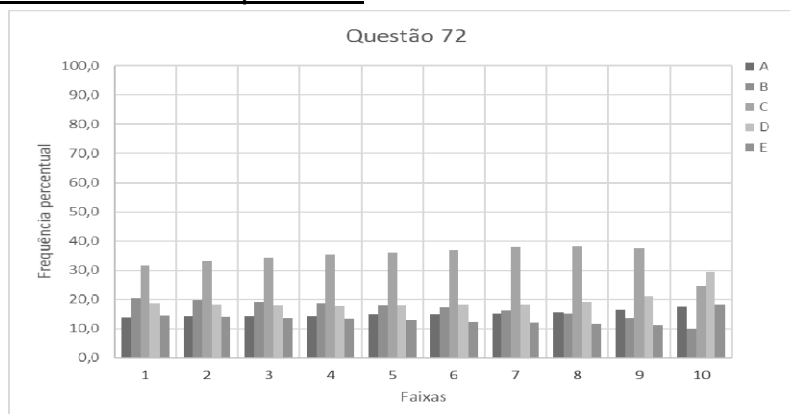


Figura 40. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item

- A opção E (o gabarito) foi menos marcada, e a opção C, com os instrumentos ligados em paralelo, foi a mais marcada (por faixa).
- As opções B, C e D indicam o amperímetro que mede a corrente total no circuito em paralelo, e foram escolhidas por mais de 70% dos estudantes. Nessas três opções, há um curto entre a fase e o neutro do circuito, o que evidencia a falta de entendimento que um amperímetro ideal (resistência nula) causaria esse efeito e que os aparelhos não funcionariam nessa configuração.

Diagnóstico

- O desempenho na questão, evidenciado pela CCI, comprova a dificuldade dos candidatos com circuitos elétricos e suas representações.
- As escolhas mostram a falta de entendimento do tipo de ligação dos aparelhos, bem como dos conceitos de tensão e corrente elétrica.

9. Questão 75

A questão 75 propõe uma discussão a resistividade a partir de uma situação que menciona um chuveiro elétrico. Na Figura 41, apresentamos o texto da questão, na Figura 42 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 43 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 44 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>O chuveiro elétrico é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em energia térmica, o que possibilita a elevação da temperatura da água. Um chuveiro projetado para funcionar em 110 V pode ser adaptado para funcionar em 220 V, de modo a manter inalterada sua potência.</p> <p>Uma das maneiras de fazer essa adaptação é trocar a resistência do chuveiro por outra, de mesmo material e com o(a)</p>	<p><input type="radio"/> A dobro do comprimento do fio.</p> <p><input type="radio"/> B metade do comprimento do fio.</p> <p><input type="radio"/> C metade da área da seção reta do fio.</p> <p><input type="radio"/> D quádruplo da área da seção reta do fio.</p> <p><input checked="" type="radio"/> E quarta parte da área da seção reta do fio.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 41. O texto da questão 75.

Habilidade e competência

C2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

Resolução

- A pergunta refere-se a que a potência dissipada em calor nos dois casos seja a mesma; assim, devemos apresentar as características de uma resistência que satisfaça essa condição.
- Desconsiderando a variação da resistividade em função da temperatura e considerando as tensões com valores constantes nos dois casos, temos que $P = U^2/R = U i$. Com $U_1 = 110V$ e $U_2 = 220V$, obtemos $P_1 = P_2$ quando

$$\frac{110^2}{R_1} = \frac{220^2}{R_2} \Rightarrow R_2 = 4 R_1$$

- Se a resistência na segunda situação deve ser quatro vezes maior que a resistência na primeira situação, usamos a relação entre resistência R , resistividade ρ , área A e comprimento ℓ

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

- Podemos afirmar que há duas formas da resistência na segunda situação cumprir essa exigência:
 - ter comprimento 4 vezes maior que a resistência da primeira situação; ou
 - ter área de seção transversal quatro vezes menor que a resistência da primeira situação; essa alternativa está apresentada na letra E, que é a opção correta nesse item.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulo	0,1
A	42,9
B	20,6
C	16,4
D	12,2
E	7,5
Total	100,0

- Ⓐ dobro do comprimento do fio.
- Ⓑ metade do comprimento do fio.
- Ⓒ metade da área da seção reta do fio.
- Ⓓ quádruplo da área da seção reta do fio.
- Ⓔ quarta parte da área da seção reta do fio.

Figura 42. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 3,95$; $b = 2,53$; $c = 0,07$.

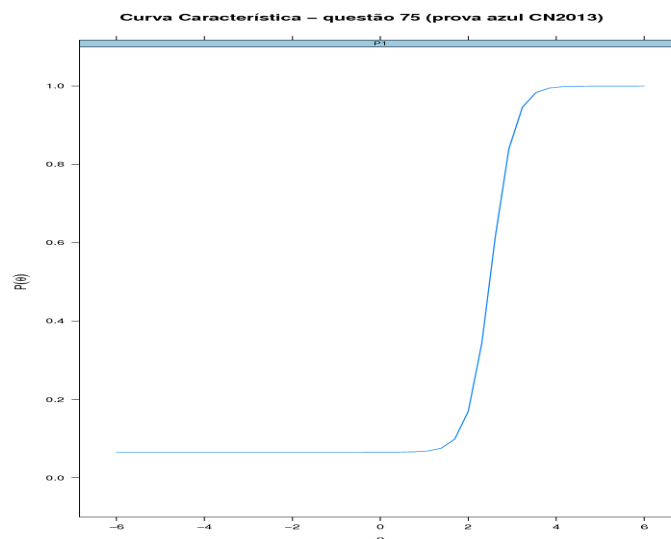


Figura 43. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

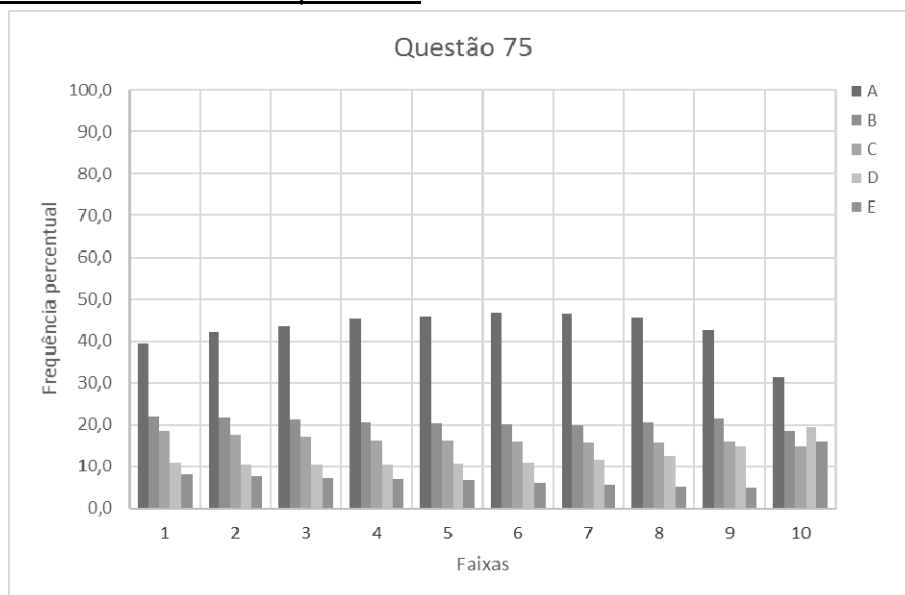


Figura 44. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item:

- Questões que necessitam mais de dois passos em sua resolução costumam ser muito difíceis para os candidatos. Nesse caso, usamos duas leis (potência elétrica e 2ª lei de Ohm) e uma relação entre elas.
- As duas alternativas mais marcadas, A e B, acumularam 63,5% e ambas apresentavam uma relação com o comprimento do fio (direta → o dobro ou inversa → a metade), o que era correlato ao fator de aumento da tensão, de 110V para 220V (duas vezes maior). A alternativa mais marcada foi a alternativa A (43%), inclusive para os alunos de alto desempenho. A alternativa menos escolhida foi a correta.
- Não é feita qualquer indicação de que deva-se desprezar os efeitos da temperatura sobre o resistor. No trecho da questão “é trocar a resistência por outra de mesmo material” deveria haver a observação “admitindo-se que a resistividade não dependa da temperatura” [LANG 2014].

Diagnóstico

- Os resultados indicam a dificuldade da aplicação e correlação entre os conceitos potência e resistência elétrica, bem como dos fatores que influenciam a resistência.
- Os candidatos usam relações de proporcionalidade direta ou inversa (regra de três) ao desenvolver seu raciocínio em busca de uma alternativa.

10. Questão 76

A questão 76 aborda um tema considerado difícil, o do atrito. Na Figura 45, apresentamos o texto da questão, na Figura 46 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 47 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 48 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Uma pessoa necessita da força de atrito em seus pés para se deslocar sobre uma superfície. Logo, uma pessoa que sobe uma rampa em linha reta será auxiliada pela força de atrito exercida pelo chão em seus pés.</p> <p>Em relação ao movimento dessa pessoa, quais são a direção e o sentido da força de atrito mencionada no texto?</p>	<p><input type="radio"/> A Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.</p> <p><input type="radio"/> B Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.</p> <p><input checked="" type="radio"/> C Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.</p> <p><input type="radio"/> D Horizontal e no mesmo sentido do movimento.</p> <p><input type="radio"/> E Vertical e sentido para cima.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 45. O texto da questão 46.

Competência e habilidade

C6 – 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.

Resolução

- A força de contato entre o plano e o pé da pessoa pode ser decomposta em duas forças ortogonais entre si, uma paralela ao plano do contato (atrito) e outra perpendicular à superfície de contato (normal).
- A força de atrito tem a direção paralela à superfície de contato, e aponta no sentido contrário a tendência do deslizamento entre o pé e o plano (para trás), independentemente da aceleração do centro de massa do corpo, pois esse não está sendo considerado um ponto material. Assim podemos dizer que a força de atrito apontará para frente, ou seja, terá o mesmo sentido do movimento.
- O gabarito é dado pela alternativa C.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,2
A	16,7
B	30,1
C	19,9
D	14,3
E	18,7
Total	100,0

- A** Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- B** Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.
- C** Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- D** Horizontal e no mesmo sentido do movimento.
- E** Vertical e sentido para cima.

Figura 47. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -1,15$; $b = -4,09$; $c = -0,19$.

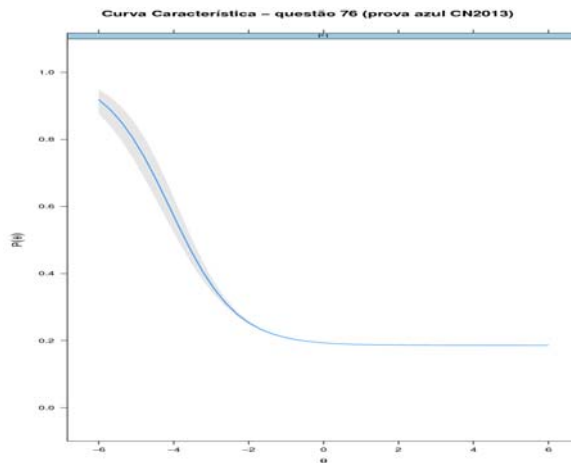


Figura 4.44. A curva característica do item (fonte: G. Rubini). A faixa representa a incerteza na medida a partir do modelo.

Frequência das alternativas por faixa

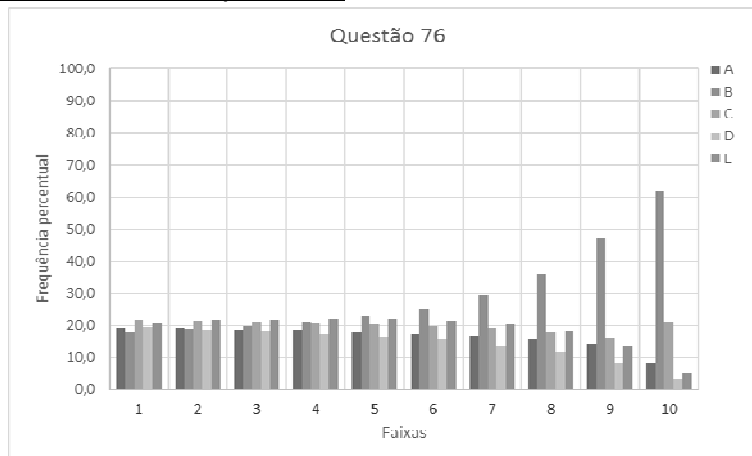


Figura 48. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item

- Foram feitas algumas críticas a essa questão. O texto não informa se a velocidade é ou não constante, sem essa informação é impossível precisar o sentido da força resultante sobre o centro de massa do corpo [LANG 2014b]

Se a velocidade for variável, a aceleração em um dado momento pode ser orientada rampa acima ou rampa abaixo. (...) portanto para que a resposta seja (C - Paralela ao plano e no mesmo sentido do movimento) o enunciado deveria especificar ou que a velocidade é constante ou que a aceleração da pessoa tem orientação rampa acima.

- No entanto, no ato de andar a força de atrito sobre os pés é no mesmo sentido do movimento independentemente do sentido da força resultante aplicada ao centro de massa do corpo que em uma análise mais exata não pode ser considerado como um ponto material.
- Muitos alunos acreditam que as forças de atrito, sejam elas estáticas ou cinéticas, são sempre contrárias ao sentido do movimento de um corpo. Essa ideia não surgiu espontaneamente para o aluno em seu cotidiano; ela foi construída de forma incorreta no processo de aprendizagem, a partir da compreensão do aluno do discurso dos professores e de livros didáticos (que não se preocupam devidamente com os conceitos e realizam uma transposição didática simplista e inadequada). Segundo Caldas e Saltiel (1999)

Na maioria dos livros utilizados no ensino médio declara-se que uma força de atrito cinética se opõe ao sentido do movimento, sem especificar o referencial no qual é definido esse movimento: no melhor dos casos os autores eventualmente falam em termos de movimento relativo das superfícies em contato, mas os exemplos e exercícios resolvidos propostos são tais que o objeto estudado desloca-se, no referencial estudado, em uma superfície considerada fixa; assim o movimento relativo e o movimento do objeto no referencial considerado são idênticos.

- A opção mais marcada e que é a preferida em todas as faixas de notas apresenta no texto um fragmento que afirma que a força de atrito tinha sua direção “paralela ao plano e no sentido contrário ao movimento”.
- Todas as alternativas são escolhidas (por pelo menos 15%) pelos alunos, inclusive as que indica a força de atrito sendo vertical para cima.

Diagnóstico:

- Os distratores A e C tiveram frequências de marcação próximas; isso indica que cerca de 17% dos candidatos não percebem a diferença entre perpendicular e paralelo.
- A CCI tem inclinação negativa; alunos de baixa aptidão têm mais chances de acertar essa questão que alunos de maior aptidão.
- Observa-se da Figura 4.45 que quanto maior a nota do aluno, maior o percentual de estudantes que escolhe a alternativa B, que afirma ser o atrito contrário ao movimento.
- Esse é um grande indicador de que esse tema é aprendido de forma incorreta. Os alunos com melhores escores aprendem que o atrito é sempre contrário ao movimento [CALDAS 1999].

11. Questão 79

A questão 79 avalia conceitos básicos sobre estabelecimento de correntes elétricas. Na Figura 49, apresentamos o texto da questão, na Figura 50 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 51 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 52 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.</p>	<p>De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> A o fluido elétrico se desloca no circuito.<input type="radio"/> B as cargas negativas móveis atravessam o circuito.<input type="radio"/> C a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.<input checked="" type="radio"/> D o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.<input type="radio"/> E as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 49. O texto da questão 79.

Competência e habilidade

C1 – 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.

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

Resolução

- Quando em um circuito elétrico existe uma diferença de potencial entre os polos da fonte, a corrente elétrica se estabelece devido à existência de um campo elétrico que é gerado instantaneamente em todo o circuito condutor; assim os elétrons livres se movem em todos os pontos do circuito simultaneamente, seja de forma contínua ou alternada.
- As cargas entram em movimento quase que instantaneamente ao longo de todo campo elétrico estabelecido; a energia transportada pelas cargas é convertida nas lâmpadas em luz, que acarreta o acendimento da lâmpada.
- O fato da lâmpada acender quase instantaneamente está associado à geração do campo elétrico e não a um suposto deslocamento da carga da fonte até a lâmpada.
- O gabarito é a alternativa D.

Frequência das respostas por alternativas:

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,3
Nulos	0,2
A	18,7
B	13,1
C	13,6
D	19,4
E	34,8
Total	100,0

De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que

- A o fluido elétrico se desloca no circuito.
- B as cargas negativas móveis atravessam o circuito.
- C a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- D o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- E as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

Figura 50. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 0,08$; $b = 28,24$; $c = 0,12$.

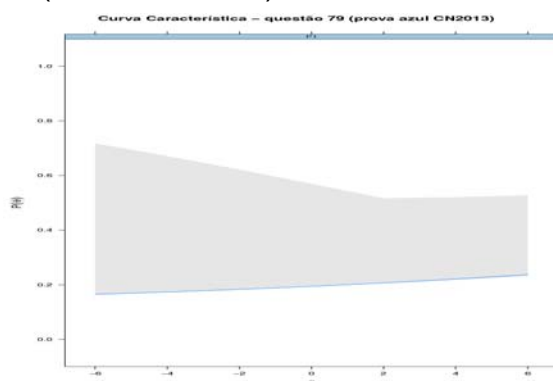


Figura 51. A curva característica do item (fonte: G. Rubini). A região sombreada corresponde à incerteza no cálculo do modelo.

Frequência das alternativas por faixa

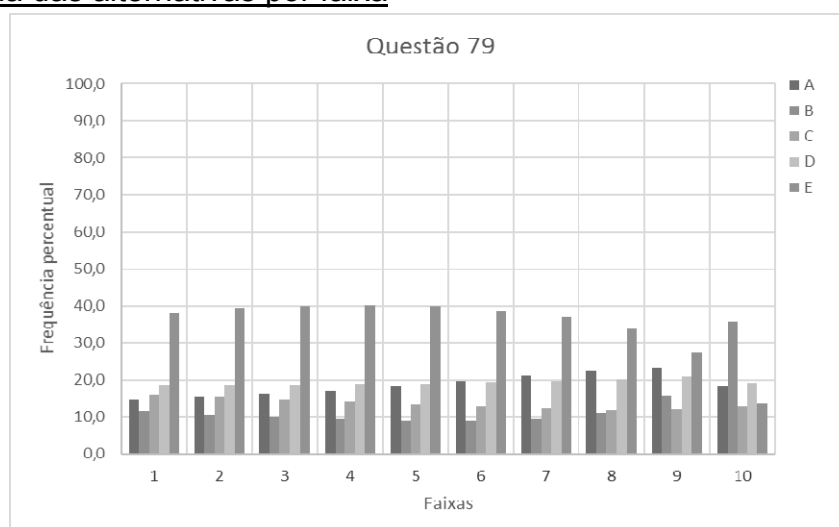


Figura 52. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada faixa uma das 10 faixas de notas

Discussão do item

- O item apresenta a frase “*Associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar*”.
- O conceito de corrente elétrica como um fluido é muito forte dentre os alunos, o que é sugerido pelo distrator A, com 19% das escolhas. O comando da questão diz que “*o fato de a lâmpada acender quase que instantaneamente está relacionado com a rapidez com que...*” e a ideia de que as cargas têm alta velocidade reforça a atração desse distrator.
- A alternativa mais escolhida, D, com 35% das escolhas, apresenta uma visão de que há correntes de diferentes sentidos convergindo para a lâmpada.
- Mais uma vez a CCI não se comporta como esperado, e nesse caso a incerteza nos resultados é muito grande.

Diagnóstico

- É bastante comum entre alunos a noção de que a corrente se perde na passagem de qualquer elemento em um circuito, em favor do funcionamento desse elemento.
- Muitos candidatos marcaram opções que falavam sobre colisões dentro de um filamento, que justificaria essa suposta “perda de corrente”.
- A escolha da alternativa E é dominante em todas as faixas de desempenho, exceto para os 10% dos alunos com maior escore, para os quais a escolha mais marcada corresponde ao distrator B, “as cargas negativas móveis atravessam o circuito”.
- Fica evidente pela análise por faixas de desempenho dos alunos de melhores escores, a ideia de que a corrente elétrica é o movimento de cargas negativas móveis.
- A questão não apresenta um comportamento adequado segundo o modelo da TRI.

12. Questão 82

A questão 82 aborda o tema de modos normais de vibração em uma corda. Na Figura 53, apresentamos o texto da questão, na Figura 54 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 55 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 56 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Em um piano, o Dó central e a próxima nota Dó (Dó maior) apresentam sons parecidos, mas não idênticos. É possível utilizar programas computacionais para expressar o formato dessas ondas sonoras em cada uma das situações como apresentado nas figuras, em que estão indicados intervalos de tempo idênticos (T).</p>	<p>A razão entre as frequências do Dó central e do Dó maior é de:</p>
	<p><input checked="" type="radio"/> A $\frac{1}{2}$</p> <p><input type="radio"/> B 2</p> <p><input type="radio"/> C 1</p> <p><input type="radio"/> D $\frac{1}{4}$</p> <p><input type="radio"/> E 4</p>

Figura 53. O texto da questão 46.

Competência e habilidade

C1 – 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.

Resolução:

- Os gráficos apresentados no texto base da questão não indicam claramente as grandezas medidas, e são reconhecidas como representações das ondas sonoras (ondas longitudinais). Apesar de não haver identificação das grandezas nos eixos das abscissas e das ordenadas, admite-se que as abscissas sejam o tempo.
- Na observação direta dos diagramas, é possível verificar que no período no qual se estabelece uma oscilação completa do “dó central” ocorrem duas oscilações do “dó maior”. Observa-se aqui uma incorreção: dó maior é um acorde, e não uma nota musical uma oitava acima do “dó central”.
- Não levando em conta esta incorreção, pode-se utilizar a relação entre período e frequência para uma onda: $T = 1/f$. Usa-se o índice “c” para indicar o dó central e o índice “m” para indicar o dó uma oitava acima,

$$T_c = 2T_m \Rightarrow 1/f_c = 2(1/f_m) \Rightarrow 2f_c = f_m$$

o que fornece para a razão solicitada o valor $f_c/f_m = 1/2$, que corresponde à alternativa A, o gabarito fornecido pelo INEP.

Frequência das respostas por alternativas:

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,3
Nulos	0,1
A	34,6
B	19,3
C	12,3
D	27,7
E	5,8
Total	100,0

A razão entre as frequências do Dó central e do Dó maior é de:

- A $\frac{1}{2}$
- B 2
- C 1
- D $\frac{1}{4}$
- E 4

Figura 54. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 0,91$; $b = 2,75$; $c = 0,27$.

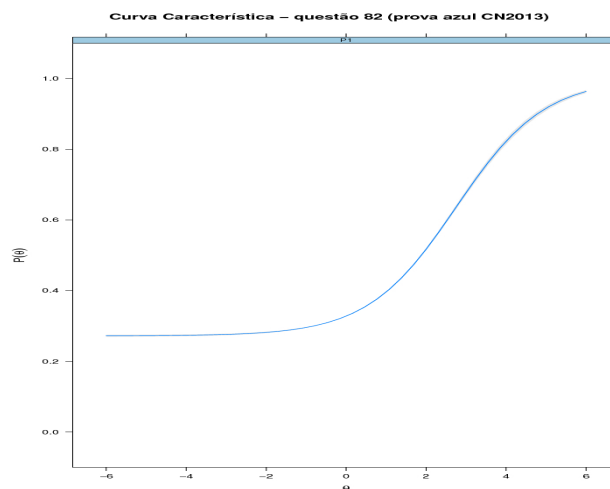


Figura 55. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

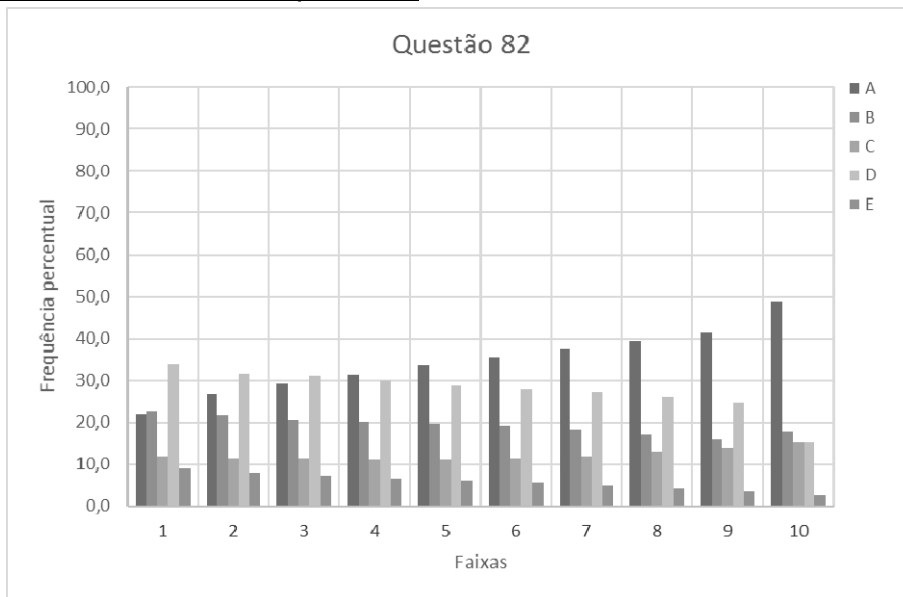


Figura 56. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item

- As duas opções escolhidas com maior frequência pelos estudantes foram A e D (62,3%), as que indicavam uma razão menor que 1 como resposta. Isso mostra que a maior parte dos candidatos identifica que o período do “dó central” era maior que o período do “dó maior”.
- Apesar do gabarito ser a opção mais marcada (36%), a questão é considerada difícil, com dificuldade superior a 2,7 desvios padrão acima da média.
- Observa-se na questão pelo menos duas incorreções: a não especificação das grandezas utilizadas nos gráficos [LANG 2014] e a denominação confusão entre acordes e notas musicais.

Diagnóstico:

- A partir da segunda faixa, os distratores mais atrativos são os que indicam valores menores que 1, evidenciando a identificação da relação inversa entre frequência e período pela maior parte dos candidatos.

13. Questão 83

A questão 83 aborda circuitos e instrumentos elétricos. Na Figura 57, apresentamos o texto da questão, na Figura 4.54 destaca-se o esquema do circuito, na Figura 59 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 60 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 61 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

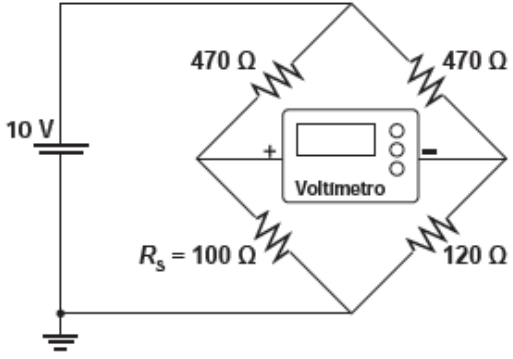
<p>Medir temperatura é fundamental em muitas aplicações, e apresentar a leitura em mostradores digitais é bastante prático. O seu funcionamento é baseado na correspondência entre valores de temperatura e de diferença de potencial elétrico. Por exemplo, podemos usar o circuito elétrico apresentado, no qual o elemento sensor de temperatura ocupa um dos braços do circuito (R_s) e a dependência da resistência com a temperatura é conhecida.</p> 	<p>Para um valor de temperatura em que $R_s = 100 \Omega$, a leitura apresentada pelo voltímetro será de</p> <ul style="list-style-type: none">A + 6,2 V.B + 1,7 V.C + 0,3 V.D - 0,3 V.E - 6,2 V.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 57. O texto da questão 46.

Competência e habilidade

C2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

Resolução

- No circuito representado no item, Figura 4.54, não é mencionado se o voltímetro é ou não ideal, hipótese feita aqui. Na Figura 4.55, apresentamos novamente o esquema do circuito.
- Para o valor de $R_s = 100 \Omega$, entre os pontos a e d indicados na Figura 4.55, há duas resistências em paralelo compostas pelas resistências em série $R_{S1}=(470+100)\Omega= 570 \Omega$ e $R_{S2}=(470+120)\Omega= 590 \Omega$. A resistência equivalente entre a e b vale aproximadamente 280Ω .

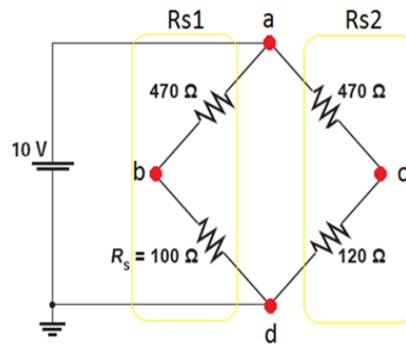


Figura 58. O esquema do circuito.

- Verificamos que a ddp entre b e c será determinada pelo voltímetro através do cálculo da corrente em cada ramo do circuito, assim deve-se encontrar i_1 e i_2 e então descobrir a ddp entre os pontos a e b e os pontos a e c , por consequência a ddp entre b e c .

$$U = R \cdot i$$

$$10 = 570 \cdot i_1 \rightarrow i_1 = 1/57 \text{ A}$$

$$10 = 590 \cdot i_2 \rightarrow i_2 = 1/59 \text{ A}$$

$$U_{AB} = 470 \cdot 1/57 = 8,24 \text{ V} \rightarrow V_b = 10 - 8,24 = 1,76 \text{ V}$$

$$U_{BC} = 470 \cdot 1/59 = 7,97 \text{ V} \rightarrow V_c = 10 - 7,97 = 2,04 \text{ V}$$

Assim a ddp entre BC será:

$$U_{BC} = 1,76 - 2,04 = -0,3 \text{ V}$$

- A resposta correta é a alternativa D.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,4
Nulos	0,1
A	24,8
B	27,9
C	23,9
D	12,2
E	10,6
Total	100,0

Para um valor de temperatura em que $R_s = 100 \Omega$, a leitura apresentada pelo voltímetro será de

- A + 6,2 V.
- B + 1,7 V.
- C + 0,3 V.
- D - 0,3 V.
- E - 6,2 V.

Figura 59. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -1,14$; $b = -4,52$; $c = 0,11$.

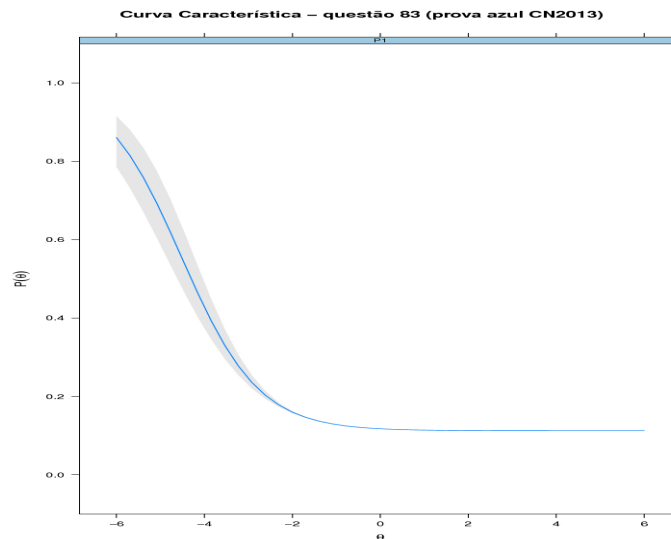


Figura 60. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

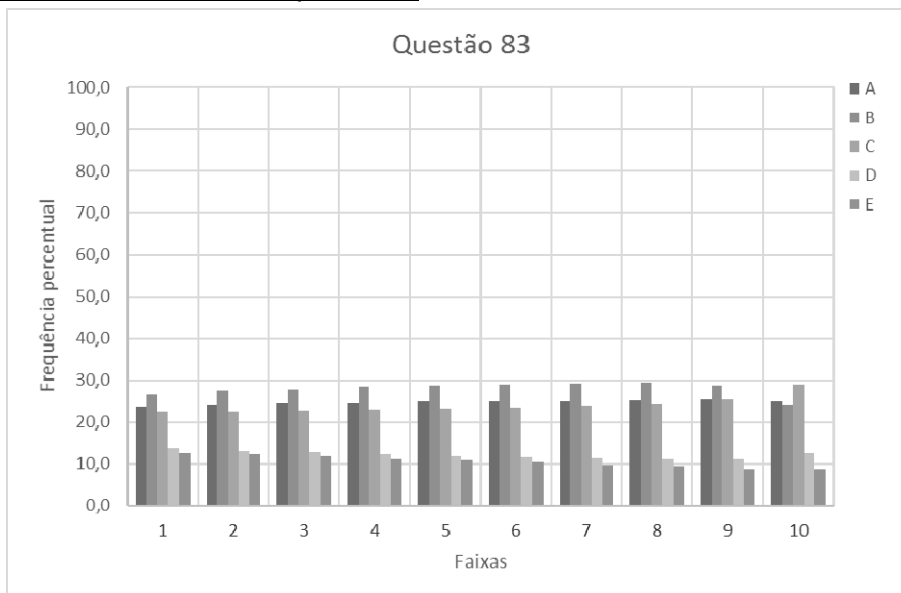


Figura 61. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item:

- A CCI apresenta inclinação negativa, isto é, discriminação negativa; esta curva portanto indica que a questão não é adequada ao modelo utilizado. Os alunos de baixa aptidão tem mais chances de acertar essa questão que alunos de maior aptidão.

- O texto do item é confuso e não é claro quanto à pergunta; questões com mais de um passo e muita manipulação matemática são consideradas difíceis.
- Algumas das alternativas correspondem a possíveis erros, tais como aqueles obtidos por manipulação algébrica direta. Por exemplo, a divisão da tensão 10V pela resistência equivalente em cada ramo do circuito fornece o valor da alternativa B com erro na ordem de grandeza:

$$U = R.i$$

$$10 = 570.i_1 \qquad 10 = 590.i_2$$

$$i_1 = 0,017 \text{ A} \qquad i_2 = 0,017 \text{ A}$$

Diagnóstico

- Nota-se uma preferência por alternativas que apresentam valores de tensão positivos, A, B e C (76,6%), distribuídos de forma aproximada entre as três opções. Isso mostra que os candidatos não entendem valores negativos para a tensão, evidenciando a falta de compreensão do conceito.
- Entre os candidatos de melhores escores (faixa 10) a alternativa C foi a mais marcada, apresentando o valor correto em módulo para a ddp.
- Em todas as outras faixas, a alternativa B teve maior frequência, o que reforça a hipótese de manipulação algébrica.

14. Questão 85

A questão 85 aborda temas de eletromagnetismo. Na Figura 62, apresentamos o texto da questão, na Figura 63 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 64 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 65 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

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

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

- A $5 \times 10^{-1}\text{ T}$.
- B $5 \times 10^{-2}\text{ T}$.
- C $5 \times 10^1\text{ T}$.
- D $2 \times 10^{-2}\text{ T}$.
- E $2 \times 10^0\text{ T}$.

Figura 62. O texto da questão 85.

Competência e habilidade

C6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

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

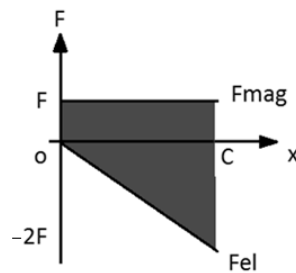
Resolução:

- Para que o dispositivo funcione corretamente, é necessário que a barra atinja a catraca no ponto de sua trajetória para o qual sua velocidade é nula, assim acionando o mecanismo uma única vez; caso contrário o mecanismo seria acionado em dois momentos, o de ida e o de volta. Para que isso ocorra é necessário que o trabalho realizado pela força magnética seja igual em módulo ao trabalho

realizado pela força elástica de forma que no ponto de contato a variação da energia cinética seja nula; usando os dados relacionados,

- Corrente elétrica: $i = 6 \text{ A}$;
- Comprimento do fio: $L = 5 \text{ cm}$;
- Velocidade média: $V = 5 \text{ m/s}$;
- Intervalo de tempo até a barra atingir a catraca: $\Delta T = 6 \cdot 10^{-3} \text{ s}$;
- Constante elástica da mola: $K = 5 \cdot 10^{-2} \text{ N/cm}$

pode-se afirmar que as forças elástica e magnética se comportam como no gráfico $F \times d$ a seguir:



- Usando $V = \Delta x / \Delta T$ obtém-se o comprimento a ser percorrido pela barra até atingir a catraca: $\Delta x = 5 \times 6 \times 10^{-3} \text{ m} = 30 \times 10^{-3} \text{ m} = 3 \text{ cm}$.
- Para que a barra chegue ao ponto de contato com velocidade nula, é necessário que a força magnética seja igual à força elástica no ponto médio do deslocamento; caso isso não ocorra, ela permaneceria em movimento para a esquerda mesmo após acionar o dispositivo, gerando um funcionamento incorreto. Logo o ponto em que a $F_{\text{mag}} = F_{\text{elast}}$ será o ponto $x = \Delta x / 2 = 1,5 \text{ cm}$.
- Como os vetores indução magnética e velocidade das cargas em movimento pelo fio são perpendiculares entre si ($\theta = 90^\circ$ e $\text{sen}\theta = 1$) tem-se em módulo:

$$B i L \text{sen}\theta = k x \Rightarrow B = (kx) / (i L \text{sen}\theta) = (5 \times 10^{-2} \times 1,5) / (6 \times 5 \times 10^{-2} \times 1) T$$

$$B = 0,25 T$$

- Não estamos considerando a FEM induzida na barra em seu movimento no campo magnético, que alteraria o valor da corrente; e estamos admitindo que o trabalho da força magnética foi constante em todo o percurso de 0 a 30 mm.
- Observe que não há resposta correta para o item, porém o gabarito indicado pelo INEP corresponde à alternativa A.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,4
Nulos	0,1
A	14,7
B	35,0
C	21,3
D	20,2
E	8,3
Total	100,0

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

- A 5×10^{-1} T.
- B 5×10^{-2} T.
- C 5×10^1 T.
- D 2×10^{-2} T.
- E 2×10^0 T.

Figura 63. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = 1,99$; $b = 3,33$; $c = 0,14$.

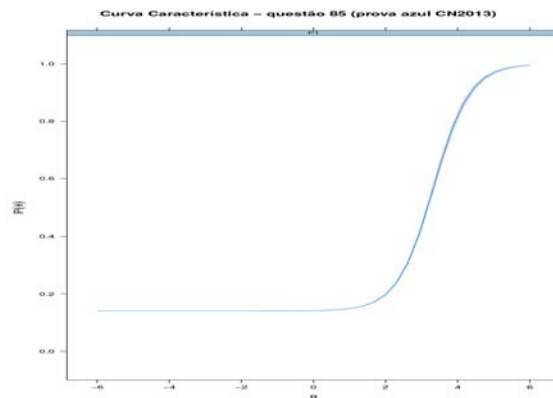


Figura 64. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

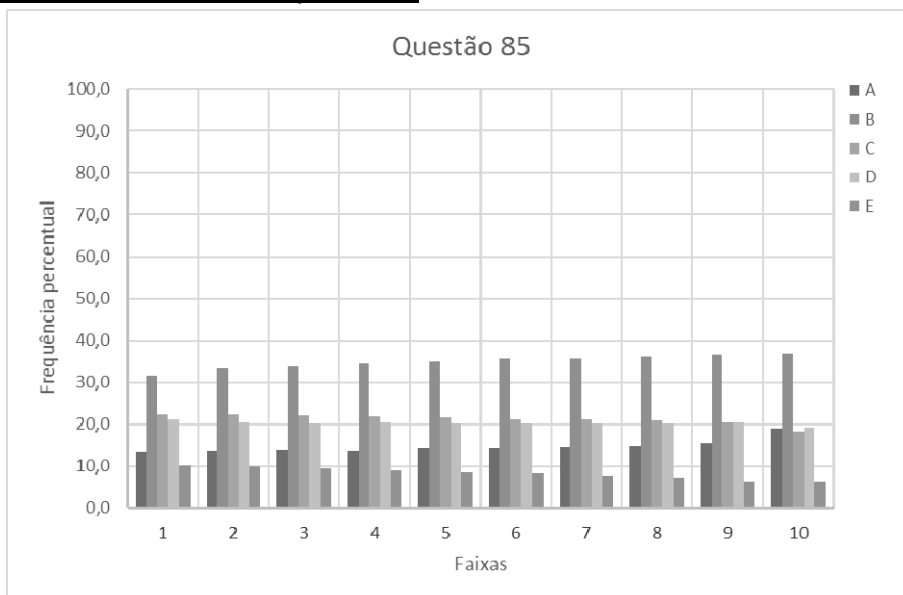


Figura 65. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas.

Discussão do item

- Há várias incorreções na formulação do item. Para obter a resposta prevista pelo gabarito, é necessário fazer uma suposição (incorreta) que a força magnética é numericamente igual à força elástica no instante de contato do condutor com a trava. Dessa forma o deslocamento da barra até o contato com a catraca seria 3 cm, e

$$B i L \sin \theta = k x \Rightarrow B = (kx)/(i L \sin \theta) = (5 \times 10^{-2} \times 3)/(6 \times 5 \times 10^{-2} \times 1)T$$

$$B = 0,5T$$

o que leva à resposta indicada no gabarito.

- Existem outras abordagens na análise da questão. Lang (2014a) afirma:
Mesmo que admitamos constante a intensidade da corrente (desprezando os efeitos indutivos), há que se fazer uma suposição sobre a intensidade da força magnética no momento do impacto para bem de se resolver o problema. Se o enunciado da questão explicitasse o que se entende por "dispositivo funcione corretamente" talvez houvesse uma solução única para a questão. - (...) Admitida outra hipótese, por exemplo, que a intensidade da força magnética seja igual à da força elástica, resultaria $B=0,5T$.
- A partir da consulta aos objetos de conhecimento da Matriz de Referência, verifica-se que o item apresenta um nível de dificuldade incomum. Para resolvê-lo, é necessário:
 - Conhecimento da relação entre trabalho e energia
 - Conhecimento de velocidade média
 - Conhecimento da força elástica que atua sobre a barra
 - Conhecimento da força magnética que atua sobre condutores retilíneos
 - Conversão de unidades
 - Desenvolvimento algébrico

Diagnóstico

- O texto da questão certamente dificultou o entendimento de sua pergunta "comando", o que fica evidente na dispersão de frequência de escolha das alternativas, todas muito próximas. A questão não permite nenhuma avaliação sobre a compreensão do tema pelos estudantes.
- O distrator mais marcado em todas as faixas é aquele que apresenta um valor idêntico ao da constante elástica apresentada no texto, evidenciando que a maior parte dos candidatos usou a leitura direta para escolha da sua resposta.

15. Questão 87

A questão 87 aborda conceitos básicos de mecânica, com a exigência de interpretação de gráficos. Na Figura 66, apresentamos o texto da questão, na Figura 67 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 68 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 69 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

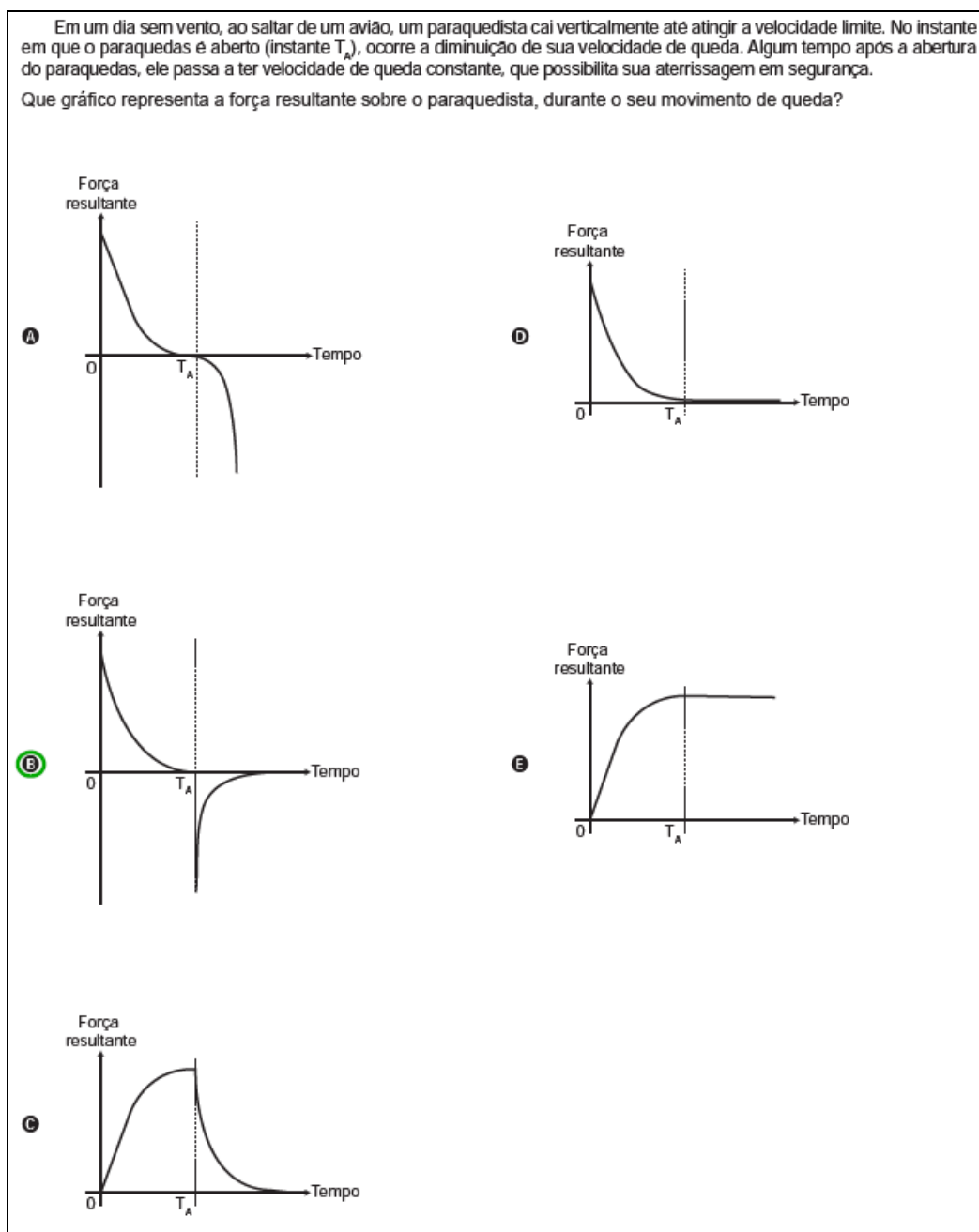


Figura 66. O texto da questão 87.

Competência e habilidade

C5 – 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.

Resolução:

- Nessa resolução, utiliza-se o eixo vertical com sentido positivo para baixo, o que fornece a componente da aceleração da gravidade positiva. A questão solicita a identificação do gráfico que representa a força resultante em função do tempo. Envolve a compreensão que sobre o paraquedista atuam a força peso e a força de resistência do ar (assunto pouco explorado no ensino médio), mas os conhecimentos necessários para resolvê-la são a segunda lei de Newton e a relação entre velocidade e aceleração.
- No momento que o paraquedista salta a resultante aponta para baixo, uma vez que o peso é maior que a força de resistência ao movimento.
- A força resultante diminui à medida que a velocidade aumenta, pois a força de resistência aumenta com o aumento da velocidade do corpo. Ao atingir a resultante nula o paraquedista atingiu a velocidade terminal.
- Logo após a abertura do paraquedas, a resultante aponta para cima, uma vez que a resistência do ar passa a ser maior que o peso; com isso sua velocidade se reduz a valores inferiores a velocidade terminal. Mais uma vez a resultante vai diminuindo em módulo até que o corpo volte a executar um movimento uniforme.
- O gabarito é letra B.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulo	0,2
A	25,4
B	15,2
C	22,3
D	25,7
E	11,0
Total	100,0

Figura 67. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -0,89$; $b = -3,60$; $c = 0,10$.

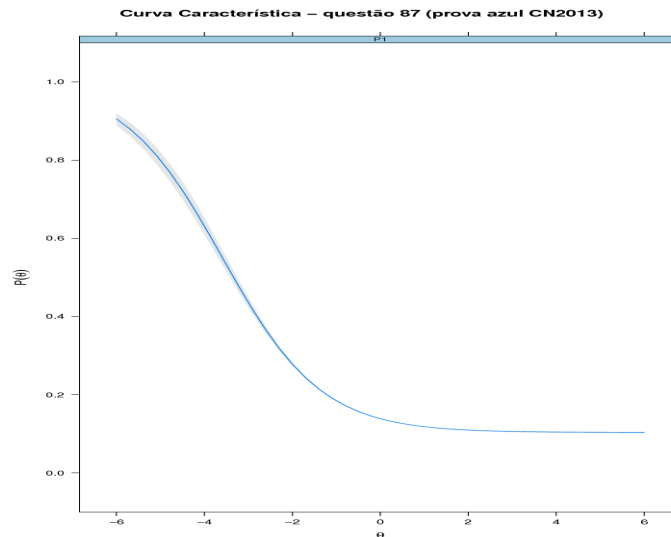


Figura 68. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

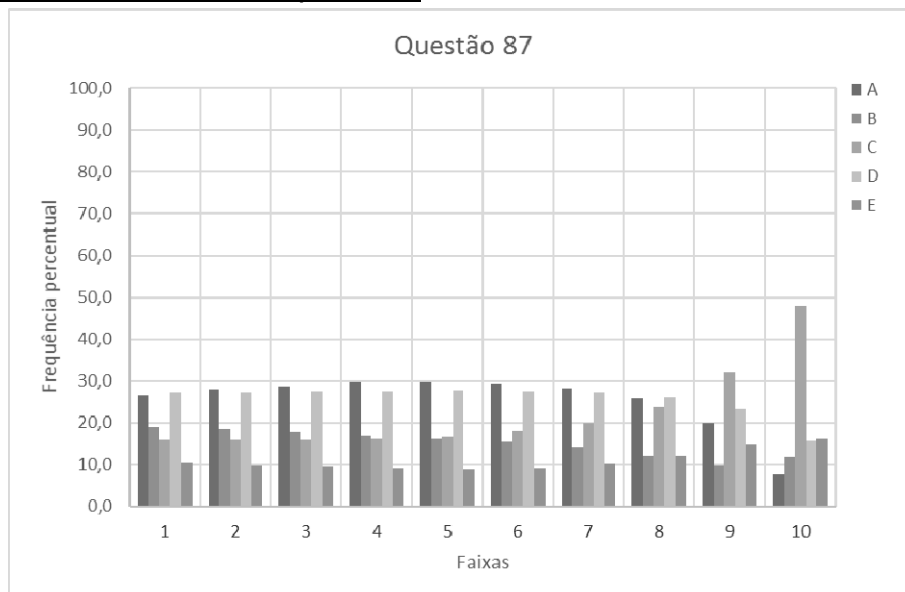


Figura 69. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item

- A CCI tem inclinação negativa, o que indica que o desempenho dos estudantes não está bem descrito pelo modelo utilizado. Alunos de baixa aptidão tem mais chances de acertar essa questão que alunos de maior aptidão.

- As opções mais marcadas (A, C e D) apresentaram frequências de escolha próximas, entre 22 e 25%.
- Não é fácil para os candidatos perceberem que a resultante das forças inicialmente apresenta um valor elevado (para baixo) e diminui até zero; e que, conforme consta no texto, passa a outro valor elevado e negativo (para cima), a partir do qual o corpo inicia uma redução na taxa de aceleração até que a força resultante decaia até zero novamente.
- Não há familiaridade com as situações de queda com força de resistência do ar e nem com a dependência dessa resistência com a velocidade.

Diagnóstico

- Os candidatos não percebem uma distinção clara entre a força resultante que age sobre um corpo e a velocidade do mesmo, ou seja, a força (ou a aceleração) é confundida com o movimento em si.
- Não existe uma compreensão clara da segunda lei de Newton e da diferença entre aceleração e velocidade. Se o corpo está caindo, então sua aceleração é para baixo (e não sua velocidade). Observa-se uma linha de pensamento que considera que se o corpo está caindo, então sua aceleração é para baixo (e não sua velocidade), se o corpo move-se para a direita é porque há necessariamente uma força para a direita (como na ideia medieval do *Impetus*).

16. Questão 89

A questão 89 aborda temas de física térmica. Na Figura 70, apresentamos o texto da questão, na Figura 71 os percentuais de escolha de cada uma das alternativas pelos concluintes do ensino médio, na Figura 72 está a curva característica do item obtida a partir da TRI, e na Figura 73 apresenta-se a distribuição das escolhas de cada uma das alternativas pelos 10 grupos de desempenho da prova de Ciências da Natureza.

<p>Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70 °C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30 °C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25 °C.</p>	<p>Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?</p> <p><input type="radio"/> A 0,111.</p> <p><input checked="" type="radio"/> B 0,125.</p> <p><input type="radio"/> C 0,357.</p> <p><input type="radio"/> D 0,428.</p> <p><input type="radio"/> E 0,833.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 70. O texto da questão 89.

Habilidade e competência

C6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

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

Resolução

- Esta é uma questão tradicional sobre troca de calor entre dois corpos. Nesse caso, sem que ocorra mudança de fase, o calor recebido é descrito pela relação $Q = m c \Delta\theta$, onde $\Delta\theta$ é a variação na temperatura.
- Não há nenhuma informação sobre a troca ser isolada do meio externo, mas vamos admitir que a troca de calor ocorre apenas entre as duas quantidades de água que estão a diferentes temperaturas. Assim, pela conservação da energia total, teremos que (usando o índice 1 para a água aquecida e 2 para o reservatório a 25 °C)

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 c_1 \Delta\theta_1 + m_2 c_2 \Delta\theta_2 = 0$$

$$m_1 1(30 - 70) + m_2 1(30 - 25) = 0 \Rightarrow -40m_1 + 5m_2 = 0$$

$$m_1/m_2 = 5/40 = 0,125$$

O gabarito corresponde à alternativa B.

Frequência das respostas por alternativas

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,3
Nulos	0,1
A	8,4
B	39,1
C	24,1
D	18,9
E	9,1
Total	100,0

- Ⓐ 0,111.
- Ⓑ 0,125.
- Ⓒ 0,357.
- Ⓓ 0,428.
- Ⓔ 0,833.

Figura 71. A frequência das respostas por alternativas.

Curva Característica do item:

Parâmetros dos itens (fonte: G.Rubini): $a = -1,15$; $b = -2,63$; $c = 0,34$.

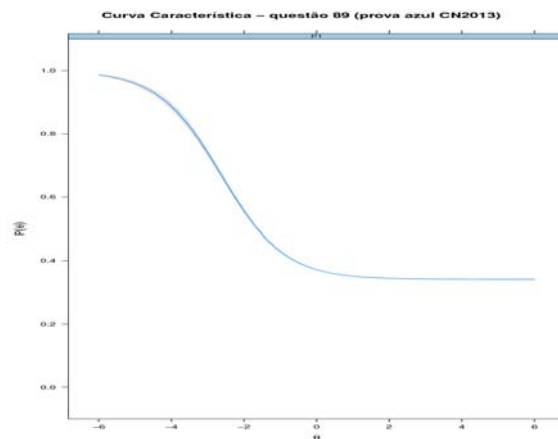


Figura 72. A curva característica do item (fonte: G. Rubini).

Frequência das alternativas por faixa

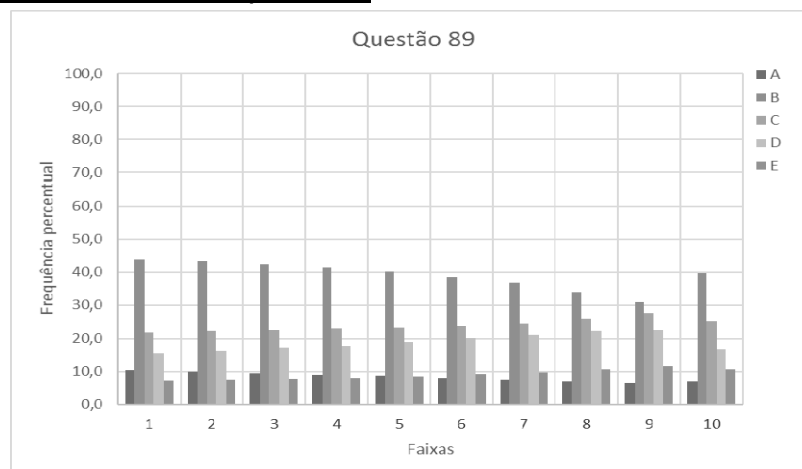


Figura 73. A escolha dos candidatos pelas alternativas para cada uma das 10 faixas de notas

Discussão do item:

- A CCI tem inclinação negativa, o que indica que o modelo utilizado não está de acordo com os resultados empíricos. Alunos de baixa aptidão têm maior probabilidade de acertar essa questão do que alunos de maior aptidão.
- Observamos que a manipulação algébrica de valores sem nenhum significado físico permite a obtenção de algumas alternativas. A razão entre as variações de temperatura resulta também na opção B, o gabarito:

$$\text{de } 25^{\circ}\text{C para } 30^{\circ}\text{C e de } 70^{\circ}\text{C para } 30^{\circ}\text{C: } \Delta\theta_1/\Delta\theta_2 = 5/40 = 0,125$$

Os distratores C e D são obtidos como resposta usando a mesma lógica, só que para os valores das razões entre as temperaturas e não suas variações: $25/70 = 0,357$ e $30/70 = 0,428$, respectivamente.

Diagnóstico

- Apesar da maior frequência de respostas ocorrer para a alternativa correta (letra B), essa escolha fica mais evidente em alunos de baixa aptidão, como mostra o gráfico por faixas da Figura 73.
- Uma possível explicação para isso está na manipulação algébrica dos valores e não a utilização da conservação da energia.

APÊNDICE 2



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



Questionários aplicados aos alunos do Colégio Pedro II

Bruno Bernardo Rinaldi
Marta Feijó Barroso

Material instrucional associado à 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.

Rio de Janeiro
Dezembro de 2017

Apresentamos os quatro modelos de questionários que foram aplicados em todos os *campi* do Colégio Pedro II no estado do RJ, a alunos do segundo e terceiro anos do ensino médio regular ou integrado (associado à educação técnica), por seus respectivos professores, no período de 11 de abril a 18 de maio de 2017, contendo questões de física selecionadas da prova de Ciências da Natureza do Enem 2013.



PROFESSOR:

TURMA:

CAMPUS:

Caro aluno,

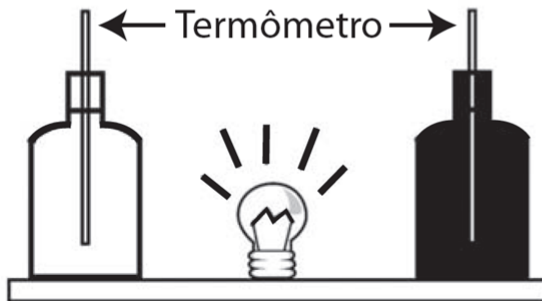
Solicitamos a você que nos ajude a entender melhor como você está aprendendo física.

Para isso, pedimos que você resolva as duas questões apresentadas a seguir (da prova de Ciências da Natureza do Enem). Ao escolher a alternativa, escreva uma justificativa (com suas palavras, cálculos, esquemas ou desenhos) que nos permita entender o porquê de sua escolha. Caso você não saiba explicar, escreva simplesmente “não sei”.

Agradecemos muito a colaboração.

QUESTÃO 1

Em um experimento foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e a outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas: a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e b) após a lâmpada ser desligada e atingirem equilíbrio térmico com o ambiente.



A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi

- A igual no aquecimento e igual no resfriamento.
- B maior no aquecimento e igual no resfriamento.
- C menor no aquecimento e igual no resfriamento.
- D maior no aquecimento e menor no resfriamento.
- E maior no aquecimento e maior no resfriamento.

Justificativa:

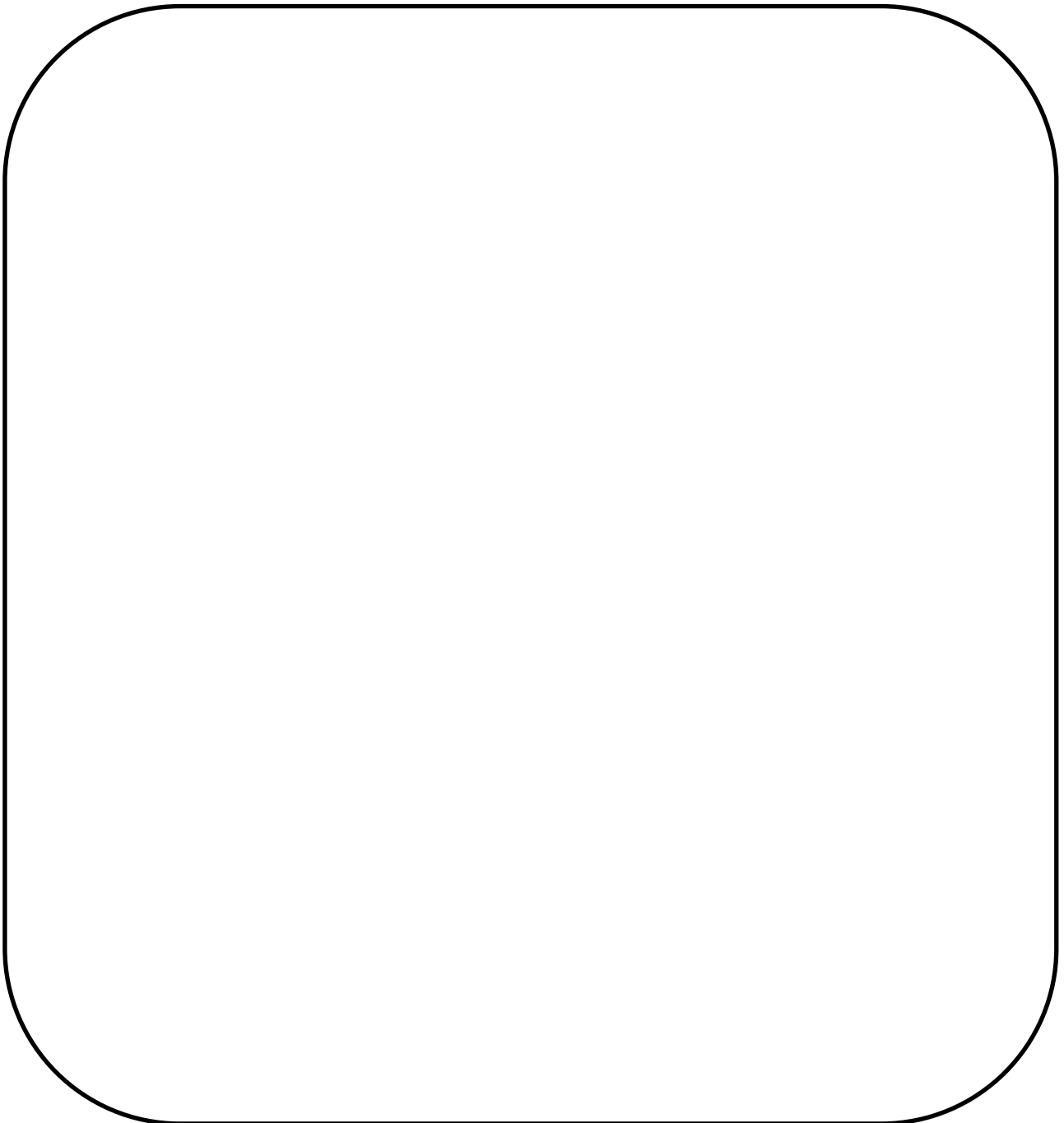
QUESTÃO 2

Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70 °C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30 °C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25 °C.

Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

- A 0,111.
- B 0,125.
- C 0,357.
- D 0,428.
- E 0,833.

Justificativa:





COLÉGIO PEDRO II – DEPARTAMENTO DE FÍSICA

B

PESQUISA EM APRENDIZAGEM EM FÍSICA
RIO DE JANEIRO, DE DE 2017

PROFESSOR:

TURMA:

CAMPUS:

Caro aluno,

Solicitamos a você que nos ajude a entender melhor como você está aprendendo física.

Para isso, pedimos que você resolva as duas questões apresentadas a seguir (da prova de Ciências da Natureza do Enem). Ao escolher a alternativa, escreva uma justificativa (com suas palavras, cálculos, esquemas ou desenhos) que nos permita entender o porquê de sua escolha. Caso você não saiba explicar, escreva simplesmente “não sei”.

Agradecemos muito a colaboração.

QUESTÃO 1

O chuveiro elétrico é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em energia térmica, o que possibilita a elevação da temperatura da água. Um chuveiro projetado para funcionar em 110 V pode ser adaptado para funcionar em 220 V, de modo a manter inalterada sua potência.

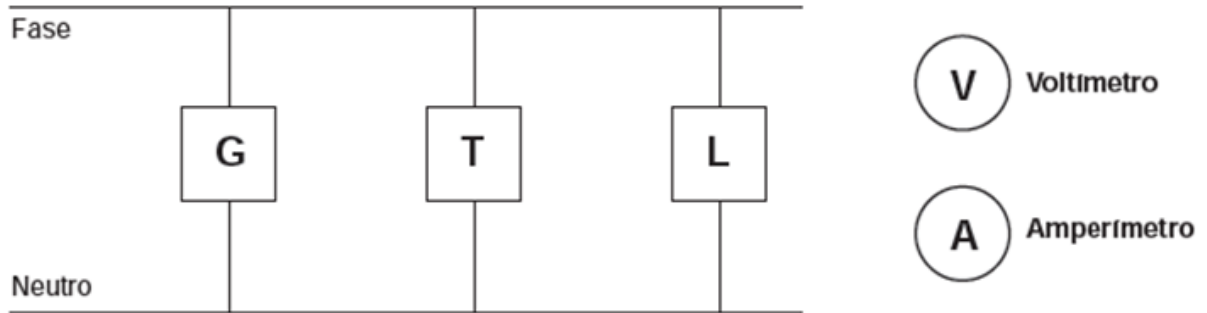
Uma das maneiras de fazer essa adaptação é trocar a resistência do chuveiro por outra, de mesmo material e com o(a)

- A dobro do comprimento do fio.
- B metade do comprimento do fio.
- C metade da área da seção reta do fio.
- D quádruplo da área da seção reta do fio.
- E quarta parte da área da seção reta do fio.

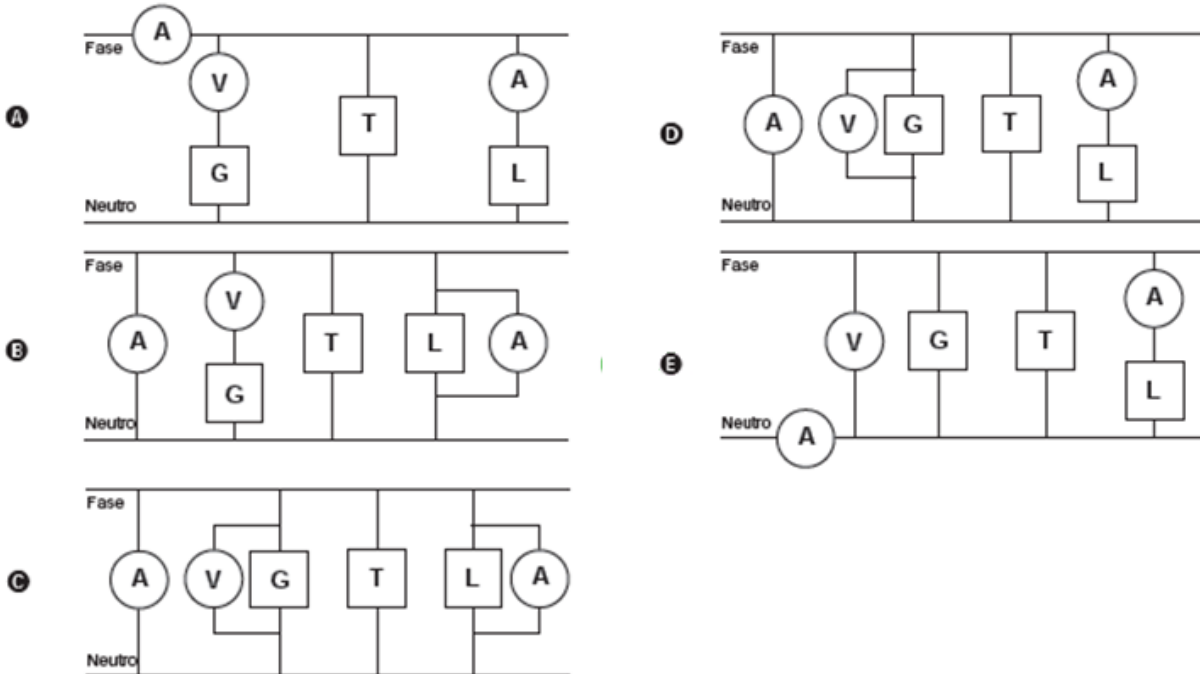
Justificativa:

QUESTÃO 2

Um eletricista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Nesse ambiente existem uma geladeira (G), uma tomada (T) e uma lâmpada (L), conforme a figura. O eletricista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada. Para isso, ele dispõe de um voltímetro (V) e dois amperímetros (A).



Para realizar essas medidas, o esquema da ligação desses instrumentos está representado em:



Justificativa:



COLÉGIO PEDRO II – DEPARTAMENTO DE FÍSICA

C

PESQUISA EM APRENDIZAGEM EM FÍSICA
RIO DE JANEIRO, DE

DE 2017

PROFESSOR:

TURMA:

CAMPUS:

Caro aluno,

Solicitamos a você que nos ajude a entender melhor como você está aprendendo física.

Para isso, pedimos que você resolva as duas questões apresentadas a seguir (da prova de Ciências da Natureza do Enem). Ao escolher a alternativa, escreva uma justificativa (com suas palavras, cálculos, esquemas ou desenhos) que nos permita entender o porquê de sua escolha. Caso você não saiba explicar, escreva simplesmente “não sei”.

Agradecemos muito a colaboração.

QUESTÃO 1

Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.

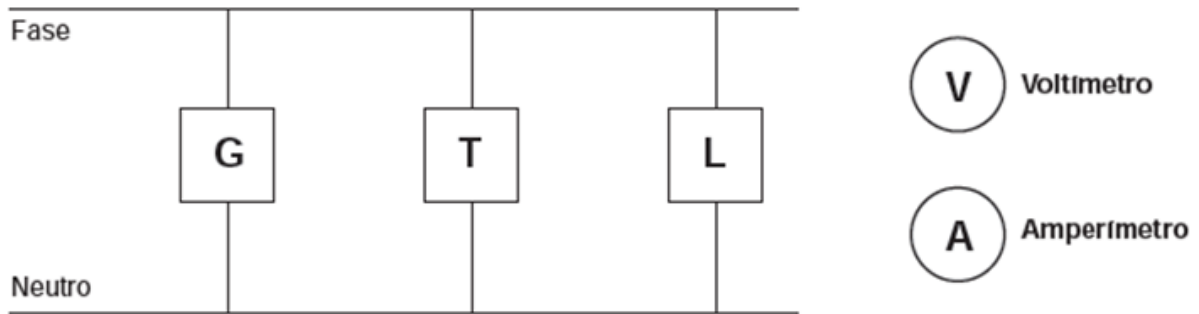
De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que

- A o fluido elétrico se desloca no circuito.
- B as cargas negativas móveis atravessam o circuito.
- C a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- D o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- E as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

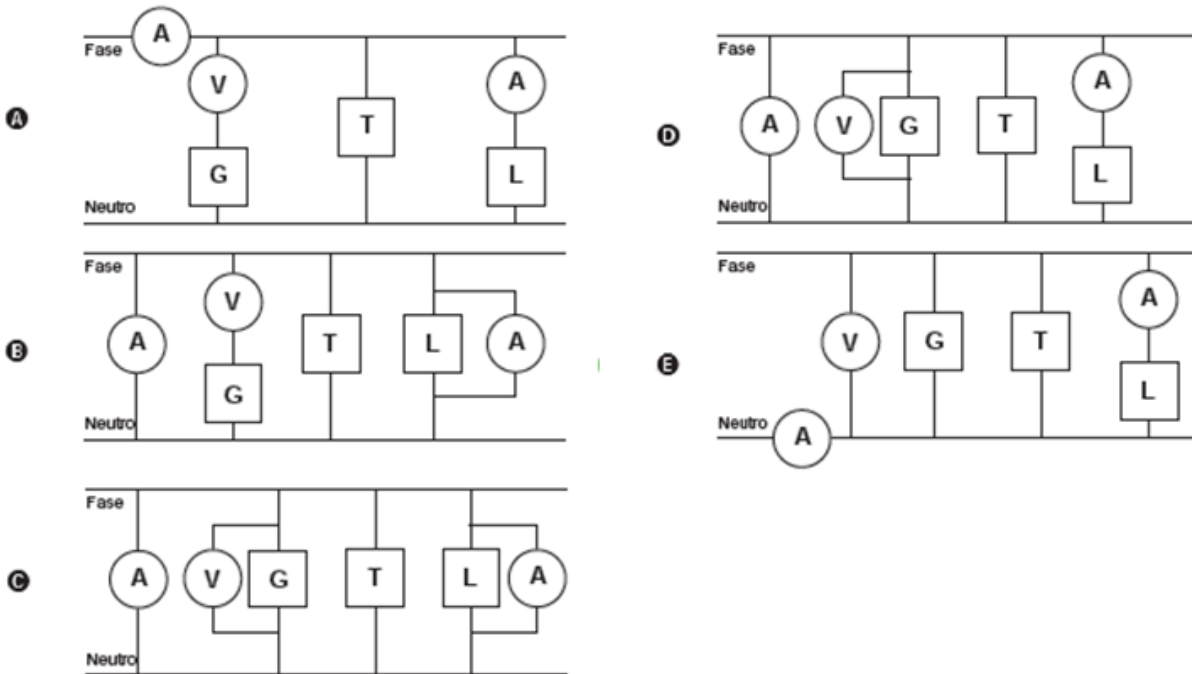
Justificativa:

QUESTÃO 2

Um eletricista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Nesse ambiente existem uma geladeira (G), uma tomada (T) e uma lâmpada (L), conforme a figura. O eletricista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada. Para isso, ele dispõe de um voltímetro (V) e dois amperímetros (A).



Para realizar essas medidas, o esquema da ligação desses instrumentos está representado em:



Justificativa:



COLÉGIO PEDRO II – DEPARTAMENTO DE FÍSICA

D

PESQUISA EM APRENDIZAGEM EM FÍSICA
RIO DE JANEIRO, DE DE 2017

PROFESSOR:

TURMA:

CAMPUS:

Caro aluno,

Solicitamos a você que nos ajude a entender melhor como você está aprendendo física.

Para isso, pedimos que você resolva as duas questões apresentadas a seguir (da prova de Ciências da Natureza do Enem). Ao escolher a alternativa, escreva uma justificativa (com suas palavras, cálculos, esquemas ou desenhos) que nos permita entender o porquê de sua escolha. Caso você não saiba explicar, escreva simplesmente “não sei”.

Agradecemos muito a colaboração.

QUESTÃO 1

Uma pessoa necessita da força de atrito em seus pés para se deslocar sobre uma superfície. Logo, uma pessoa que sobe uma rampa em linha reta será auxiliada pela força de atrito exercida pelo chão em seus pés.

Em relação ao movimento dessa pessoa, quais são a direção e o sentido da força de atrito mencionada no texto?

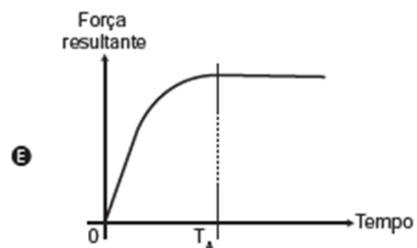
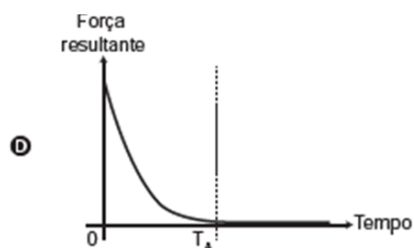
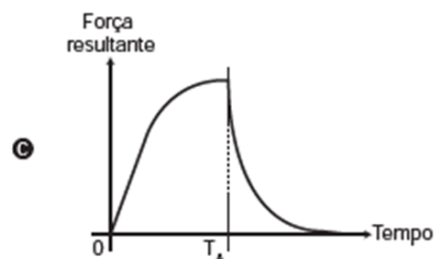
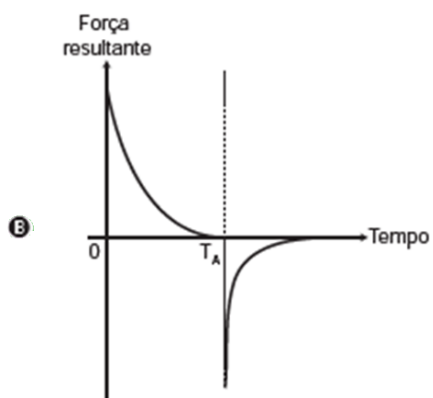
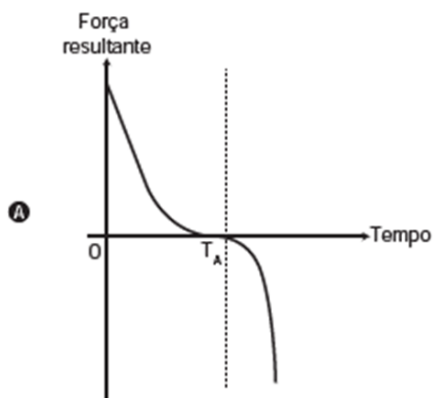
- Ⓐ Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- Ⓑ Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.
- Ⓒ Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- Ⓓ Horizontal e no mesmo sentido do movimento.
- Ⓔ Vertical e sentido para cima.

Justificativa:

QUESTÃO 2

Em um dia sem vento, ao saltar de um avião, um paraquedista cai verticalmente até atingir a velocidade limite. No instante em que o paraquedas é aberto (instante T_A), ocorre a diminuição de sua velocidade de queda. Algum tempo após a abertura do paraquedas, ele passa a ter velocidade de queda constante, que possibilita sua aterrissagem em segurança.

Que gráfico representa a força resultante sobre o paraquedista, durante o seu movimento de queda?



Justificativa:

APÊNDICE 3



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



Minicurso:

**ESTUDO DOS RESULTADOS DO ENEM
UM DIAGNÓSTICO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL**

Bruno Bernardo Rinaldi

José Christian Lopes

Gustavo Rubini

Marcelo Shoey de O. Massunaga

Marta Feijó Barroso

Material instrucional associado à 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.

Rio de Janeiro

Dezembro de 2017

Apêndice 3 - 212

A oficina “*Estudo dos resultados do Enem – Um diagnóstico do ensino de Física no Brasil*” apresentado pelos professores B. Rinaldi e J.C. Lopes do Colégio Pedro II e G. Rubini da UFRJ e com a orientação e participação de M.F. Barroso da UFRJ e M. Massunaga da UENF, abordou não só os dados de desempenho e a sua análise constantes nessa dissertação; mas também aspectos conceituais da Teoria de Resposta ao Item, as características do Enem e dados de outras provas (Enem 2011 e provas da graduação da UFRJ), com o objetivo de ajudar o professor a ter uma visão mais clara sobre avaliações de larga escala e sua aplicação em processos de diagnóstico, tal como o estudo desenvolvido pelo LIMC – UFRJ .


Este material é pensado para os professores do ensino médio de Ciências da Natureza.

Apresentamos o material do minicurso realizado e em seguida a lista de presença dos participantes.



Mini Curso
Estudo dos resultados do Enem
um diagnóstico do ensino de Física no Brasil

Bruno B. Rinaldi, José Christian Lopes, Gustavo Rubini,
Marcelo S.O. Massunaga e M. F. Barroso

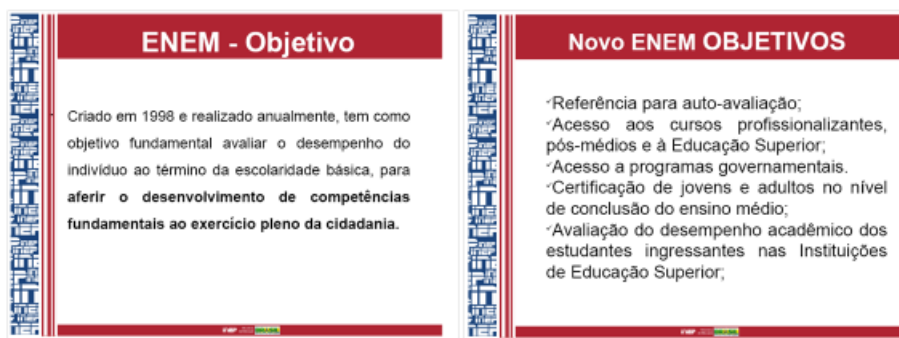
CPII - Departamento de Física
LIMC e IF - UFRJ 

*minicurso integrante da dissertação de mestrado de
Bruno B. Rinaldi (PEF-UFRJ)*

Sumário

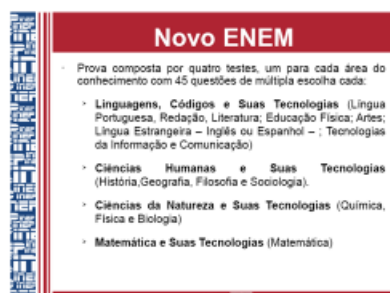
1. Introdução
 - o contexto
 - a estrutura das questões do Enem
 - a Matriz de Referência do Enem
 - os dados disponíveis para estudo
 2. Na prática
 3. A prova de 2011: exemplo e desempenho dos concluintes do CPII
 - a questão 70 da prova de 2011: conteúdo e desempenho dos alunos em geral e dos alunos do CPII
 4. A prova de 2013: exemplo e análise
 - a questão 76 da prova de 2013: conteúdo e desempenho dos alunos; CCI dos distratores; questionários CPII
 5. Enem e Teoria da Resposta ao Item
-
-

1. Introdução



Em 2009, o Ministério da Educação, juntamente com reitores das instituições federais de ensino superior, modifica o Enem, criando o “Novo ENEM”.

Esse exame, modificado em relação ao seu objetivo inicial, serviria como processo de acesso para as recém criadas instituições públicas de ensino superior, e o MEC forneceria um sistema classificatório unificado no país para as instituições que assim o desejassem, o Sistema de Seleção Unificada – SiSU.



Segundo o documento básico do “Novo ENEM” [MEC/INEP, 2009],

“Até 2008, o Enem era uma prova clássica com 63 questões interdisciplinares, sem articulação direta com os conteúdos ministrados no ensino médio, e sem a possibilidade de comparação das notas de um ano para outro. A proposta é reformular o Enem para que o exame possa ser comparável no tempo e aborde diretamente o currículo do ensino médio. O objetivo é aplicar quatro grupos de provas diferentes em cada processo seletivo, além de redação. O novo exame será composto por perguntas objetivas em quatro áreas do conhecimento: linguagens, códigos e suas tecnologias (incluindo redação); ciências humanas e suas tecnologias; ciências da natureza e suas tecnologias e matemática e suas tecnologias. Cada grupo de testes será composto por até 45 itens de múltipla escolha, aplicados em dois dias. (...) A grande vantagem que o MEC está buscando com o novo Enem é a reformulação do currículo do ensino médio. (...) A proposta é sinalizar para o ensino médio outro tipo de formação, mais voltada para a solução de problemas.” (p. 93)



A estrutura das questões do Enem



Guia de Elaboração

e Revisão de Itens



2 ESTRUTURA DO ITEM DE MÚLTIPLA ESCOLHA

A elaboração de itens de múltipla escolha requer que o elaborador tenha domínio tanto da área de conhecimento a ser avaliada quanto dos procedimentos técnicos que envolvem a construção de itens; "compreenda os objetivos educacionais e as características educacionais e psicológicas daquele que se submete ao teste"; e seja criativo para propor "situações novas e engenhosas" (Vianna, 1982, p. 49).

O processo de composição do item desenvolve-se artesanalmente e a versão final será alcançada após várias revisões.

O item de múltipla escolha utilizado nos testes do Inep divide-se em três partes, conforme ilustrado na Figura 1.

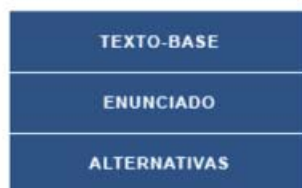


Figura 1 – Partes constitutivas do item

O item deve ser estruturado de modo que se configure uma unidade de proposição e contemple uma única habilidade da Matriz de Referência. Para tanto, devem ser

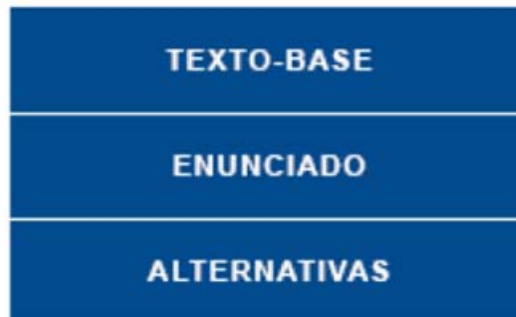


Figura 1 – Partes constitutivas do item

“O item deve ser estruturado de modo a que se configure uma unidade de proposição, e contemple *uma única habilidade* da Matriz de Referência.”

exemplo

Enem 2014 (prova azul)

QUESTÃO 46 =====

Christiaan Huygens, em 1656, criou o relógio de pêndulo. Nesse dispositivo, a pontualidade baseia-se na regularidade das pequenas oscilações do pêndulo. Para manter a precisão desse relógio, diversos problemas foram contornados. Por exemplo, a haste passou por ajustes até que, no início do século XX, houve uma inovação, que foi sua fabricação usando uma liga metálica que se comporta regularmente em um largo intervalo de temperaturas.

YODER, J. G. *Unrolling Time: Christiaan Huygens and the mathematization of nature*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004 (adaptado).

Desprezando a presença de forças dissipativas e considerando a aceleração da gravidade constante, para que esse tipo de relógio realize corretamente a contagem do tempo, é necessário que o(a)

- A comprimento da haste seja mantido constante.
- B massa do corpo suspenso pela haste seja pequena.
- C material da haste possua alta condutividade térmica.
- D amplitude da oscilação seja constante a qualquer temperatura.
- E energia potencial gravitacional do corpo suspenso se mantenha constante.

TEXTO-BASE

ENUNCIADO

ALTERNATIVAS

Enem 2014 (prova azul)

QUESTÃO 46 =====

Christiaan Huygens, em 1656, criou o relógio de pêndulo. Nesse dispositivo, a pontualidade baseia-se na regularidade das pequenas oscilações do pêndulo. Para manter a precisão desse relógio, diversos problemas foram contornados. Por exemplo, a haste passou por ajustes até que, no início do século XX, houve uma inovação, que foi sua fabricação usando uma liga metálica que se comporta regularmente em um largo intervalo de temperaturas.

YODER, J. G. *Unrolling Time: Christiaan Huygens and the mathematization of nature*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004 (adaptado).

TEXTO-BASE

2.1 Texto-base

Motiva ou compõe a situação-problema a ser formulada no item a partir da utilização de um ou mais textos-base (textos verbais e não verbais, como imagens, figuras, tabelas, gráficos ou infográficos, esquemas, quadros, experimentos, entre outros), que poderão ser de dois tipos: (i) formulados pelo próprio elaborador para o contexto do item e (ii) referenciados por publicações de apropriação pública.

Esta parte inicial do item deve apresentar as informações necessárias para a resolução da situação-problema proposta, suprimindo-se elementos de caráter meramente acessório, que possam conferir ambiguidade à interpretação da tarefa a ser realizada ou que demandem dispendioso tempo de leitura. Deve-se evitar a exigência de informações simplesmente decoradas, como fórmulas, datas, termos, nomes, enfim, detalhes que não avaliam a habilidade, mas privilegiam a memorização.

Enem 2014 (prova azul)

Desprezando a presença de forças dissipativas e considerando a aceleração da gravidade constante, para que esse tipo de relógio realize corretamente a contagem do tempo, é necessário que o(a)

ENUNCIADO

2.2 Enunciado

O enunciado constitui-se de uma ou mais orações e não deve apresentar informações adicionais ou complementares ao texto-base; ao contrário, deverá considerar exatamente a totalidade das informações previamente oferecidas.

No enunciado, inclui-se uma instrução clara e objetiva da tarefa a ser realizada pelo participante do teste. Essa instrução poderá ser expressa como pergunta ou frase a ser completada pela alternativa correta.

Enem 2014 (prova azul)

- A** comprimento da haste seja mantido constante.
- B** massa do corpo suspenso pela haste seja pequena.
- C** material da haste possua alta condutividade térmica.
- D** amplitude da oscilação seja constante a qualquer temperatura.
- E** energia potencial gravitacional do corpo suspenso se mantenha constante.

ALTERNATIVAS

2.3 Alternativas

Alternativas são possibilidades de respostas para a situação-problema apresentada, dividindo-se em gabarito e distratores.

2.3.1 Gabarito

O gabarito indica, inquestionavelmente, a única alternativa correta que responde à

2.3.2 Distratores

situação-problema proposta.

Os distratores indicam as alternativas incorretas à resolução da situação-problema proposta. Além disso, essas respostas devem ser plausíveis, isto é, devem parecer corretas para aqueles participantes do teste que não desenvolveram a habilidade em questão (Haladyna, 2004). Isso significa que o distrator plausível deve retratar hipóteses de raciocínio utilizadas na busca da solução da situação-problema apresentada. Como consequência, se esse distrator retrata uma dificuldade real do participante com relação à habilidade, não devem ser criadas situações capazes de induzi-lo ao erro.

A utilização de erros comuns observados em situação de ensino-aprendizagem costuma aumentar a plausibilidade dos distratores. Por outro lado, aqueles que retratam erros grosseiros ou alternativas absurdas, dentro ou não do contexto do item, tendem a induzir a identificação da alternativa correta.



A matriz de referência do Enem

1.1 Matriz de Referência

A Matriz de Referência é o instrumento norteador para a construção de itens. As Matrizes desenvolvidas pelo Inep são estruturadas a partir de competências e habilidades que se espera que os participantes do teste tenham desenvolvido em uma determinada etapa da educação básica. É importante destacar que a Matriz de Referência não se confunde com o currículo, que é muito mais amplo. Ela é, portanto, uma referência tanto para aqueles que irão participar do teste, garantindo transparência ao processo e permitindo-lhes uma preparação adequada, como para a análise dos resultados do teste aplicado.

1.2 Competências e habilidades

Competência é a capacidade de mobilização de recursos cognitivos, socioafetivos ou psicomotores, estruturados em rede, com vistas a estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas para resolver, encaminhar e enfrentar situações complexas. Segundo Perrenoud (*apud* Macedo, 2005, p. 29-30), uma das características importantes da noção de competência é desafiar o sujeito a mobilizar os recursos no contexto de situação-problema para tomar decisões favoráveis a seu objetivo ou a suas metas.

As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do "saber fazer" (Brasil. Inep, 2005, p. 17).

A matriz de referência do Enem é constituída por quatro elementos:

- os eixos cognitivos**
- as competências**
- as habilidades**
- os objetos de conhecimento**



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

MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM 2009

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 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.

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

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.

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.

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

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

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

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

C1. compreender as ciências naturais... como construção humana...

- 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.
-

C2. identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas ...

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.

C3. associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a ...

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.

C4. compreender interações entre organismo e ambiente ... saúde humana...

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.

C5. entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los ...

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.

C6. apropriar-se de conhecimentos de física...

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.

C7. apropriar-se de conhecimentos de química...

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.

C8. apropriar-se de conhecimentos de biologia...

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.

ANEXO

Objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência

3. Ciências da Natureza e suas Tecnologias

3.1 Física

3.2 Química

3.3 Biologia

Objetos de conhecimento - 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 idéia 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.
-

Objetos de conhecimento - Física

- **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.

Objetos de conhecimento - Física

- **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.

Objetos de conhecimento - Física

- 1. Conhecimentos básicos e fundamentais*
- 2. O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas*
- 3. Energia, trabalho e potência*
- 4. A Mecânica e o funcionamento do Universo*
- 5. Fenômenos elétricos e magnéticos*
- 6. Oscilações, ondas, óptica e radiação*
- 7. O calor e os fenômenos térmicos*

A matriz de referência do Enem

domínios cognitivos: 5

competências CN: 8

habilidades CN: 30

objetos de conhecimento: 7+

Cada item (questão)

**deve contemplar uma única habilidade da
Matriz de Referência**



Os dados disponíveis para este estudo

Da página do Inep, www.inep.gov.br
em
<http://portal.inep.gov.br/web/guest/microdados>

é possível baixar um arquivo comprimido com um conjunto de informações sobre o Enem, em particular os denominados *microdados*, os bancos de dados contendo as informações de cada candidato relativa aos questionários preenchidos e às respostas a cada questão das provas.

Não é imediato trabalhar com esses dados (número excessivamente grande para ser aberto em uma planilha típica).

dados sobre as questões da prova - os gabaritos e as habilidades

e os cadernos das provas (em suas diversas cores)

(usamos aqui sempre a numeração da prova azul)

Enem 2013

SEQ	ÁREA	ITEM	Ordem_Azul	Cod.Azul	GAB	HAB
1	CNT	12226	46	12226	B	020
2	CNT	23920	47	23920	B	024
3	CNT	31261	48	31261	E	022
4	CNT	42290	49	42290	D	022
5	CNT	37482	50	37482	A	015
6	CNT	8929	51	8929	B	023
7	CNT	44427	52	44427	E	018
8	CNT	19232	53	19232	B	028
9	CNT	10662	54	10662	D	027
10	CNT	7867	55	7867	A	014
11	CNT	40160	56	40160	B	015
12	CNT	7508	57	7508	A	018
13	CNT	42570	58	42570	A	024
14	CNT	43164	59	43164	A	009
15	CNT	11700	60	11700	B	016
16	CNT	38629	61	38629	C	002
17	CNT	13142	62	13142	B	029
18	CNT	26708	63	26708	C	012
19	CNT	29002	64	29002	B	019
20	CNT	39411	65	39411	C	001
21	CNT	41130	66	41130	A	007
22	CNT	13976	67	13976	C	009

os microdados

MICRODADOS ENEM 2014

LEIA-ME

PASTAS	6 Pastas:
	DADOS
	PLANILHAS
	DICIONÁRIO
	LEIA-ME e DOCUMENTOS TÉCNICOS
	INPUTS
PROVAS e GABARITOS	

	2 Arquivos:	Descrição:
Dados	MICRODADOS_ENEM_2014.csv	Informações gerais sobre a realização das provas, a caracterização do participante e da escola que ele declarou ter frequentado, e as notas das provas objetivas e da redação.
	CONSISTENCIA_CENSO_2014.csv	Informações gerais sobre os alunos concluintes do ensino médio, que participaram do exame e estavam matriculados em uma ou mais escolas, de acordo com o Censo Escolar da Educação Básica 2014, que foram considerados no cálculo do Enem 2014 por Escola.

Planilhas	5 Arquivos:	Descrição:
	ITENS_ENEM_2014.xls ITENS_ENEM_2014.ods	Informações gerais sobre as áreas avaliadas, cadernos, itens, habilidades e gabaritos das provas.
	PLANILHA_ENEM_ESCOLA_2014.xlsx PLANILHA_ENEM_ESCOLA_2014.ods	Planilha com os resultados do Enem 2014 por Escola.
	SISTEMA_ENEM_ESCOLA_2014.xlsx	Sistema com os resultados do Enem 2014 por Escola, que facilita a busca de informações, utilizando filtros.

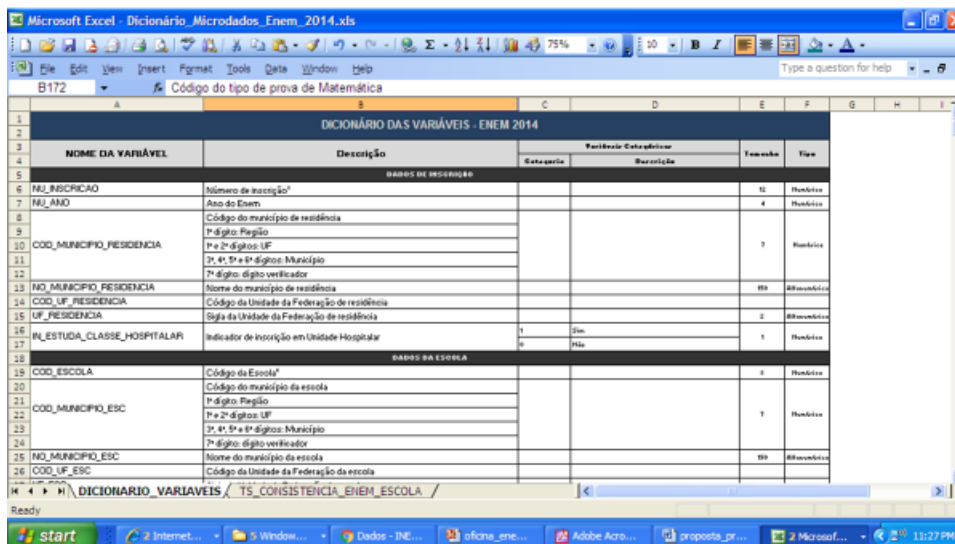
Dicionário	2 Arquivos:	Descrição:
	Dicionário_Microdados_Enem_2014.xlsx Dicionário_Microdados_Enem_2014.ods	Informações gerais sobre as variáveis contidas nas bases e sobre as perguntas e alternativas do questionário aplicado.

Leia-Me e Documentos Técnicos	4 Arquivos:	Descrição:
	Leia-me_Enem_2014.pdf	Breve descrição do Enem, bem como das informações sobre as bases e os arquivos disponibilizados nos Microdados.
	Matriz_Referencia_Enem.pdf	Apresentação da Matriz de Referência, que compreende os eixos cognitivos, as competências e as habilidades avaliadas em cada área de conhecimento do Ensino Médio.
	Portaria_Inep_Enem_por_Escola_2014.pdf	Documento que estabelece os procedimentos para o cálculo e os critérios para a divulgação dos resultados do Exame Nacional do Ensino Médio por Escola 2014.
Nota_Explicativa_Enem_Por_Escola_2014.pdf	Nota que explica os critérios utilizados para a divulgação dos resultados do Enem 2014 por Escola.	

Inputs	4 Arquivos:	Descrição:
	SAS: INPUT_ SPSS_MICRODADOS_ENEM_2014.sas INPUT_SPSS_CONSISTENCIA_CENSO_2014.sas	Programas para leitura dos arquivos de dados no pacote estatístico SAS, com os rótulos (<i>labels</i>) de cada variável.
SPSS: INPUT_SAS_MICRODADOS_ENEM_2014.sps INPUT_SAS_CONSISTENCIA_CENSO_2014.sps	Programas para leitura dos arquivos de dados no pacote estatístico SPSS, com os rótulos (<i>labels</i>) de cada variável.	

Provas e Gabaritos	16 Arquivos:	Descrição
	Caderno1_Azul_Sab.pdf	Todos os cadernos de prova aplicados no Enem 2014.
	Caderno2_Amarelo_Sab.pdf	
	Caderno3_Branco_Sab.pdf	
	Caderno4_Rosa_Sab.pdf	
	Caderno5_Amarelo_Dom.pdf	
	Caderno6_Cinza_Dom.pdf	
	Caderno7_Azul_Dom.pdf	
	Caderno8_Rosa_Dom.pdf	
	Gab_Caderno1_Azul_Sab.pdf	Todos os gabaritos dos cadernos de prova aplicados no Enem 2014.
	Gab_Caderno2_Amarelo_Sab.pdf	
	Gab_Caderno3_Branco_Sab.pdf	
	Gab_Caderno4_Rosa_Sab.pdf	
	Gab_Caderno5_Amarelo_Dom.pdf	
	Gab_Caderno6_Cinza_Dom.pdf	
	Gab_Caderno7_Azul_Dom.pdf	
Gab_Caderno8_Rosa_Dom.pdf		

Dicionário de microdados



NOME DA VARIÁVEL	Descrição	Variáveis Categóricas		Formato	Tipo
		Categoria	Descrição		
DADOS DE INSCRIÇÃO					
NU_INSCRICAO	Número de inscrição?			12	Número
NU_ANO	Ano do Enem			4	Número
COD_MUNICIPIO_RESIDENCIA	Código do município de residência				
	1º dígito: Região				
	1º e 2º dígitos: UF			1	Número
	3º, 4º, 5º e 6º dígitos: Município				
NO_MUNICIPIO_RESIDENCIA	7º dígito: dígito verificador				
	Nome do município de residência			99	Alfanumérico
COD_UF_RESIDENCIA	Código da Unidade da Federação de residência				
UF_RESIDENCIA	Sigla da Unidade da Federação de residência			2	Alfanumérico
PL_ESTUDA_CLASSE_HOSPITALAR	Indicador de inscrição em Unidade Hospitalar	1 0	Sim Não	1	Número
DADOS DA ESCOLA					
COD_ESCOLA	Código da Escola?			1	Número
COD_MUNICIPIO_ESC	Código do município da escola				
	1º dígito: Região				
	1º e 2º dígitos: UF			1	Número
	3º, 4º, 5º e 6º dígitos: Município				
NO_MUNICIPIO_ESC	7º dígito: dígito verificador				
	Nome do município da escola			99	Alfanumérico
COD_UF_ESC	Código da Unidade da Federação da escola				



2. Na prática:

Resolver / discutir

- questão 70 da prova de 2011
- questão 76 da prova de 2013

3. A prova de 2011: exemplo e desempenho dos concluintes do CP II

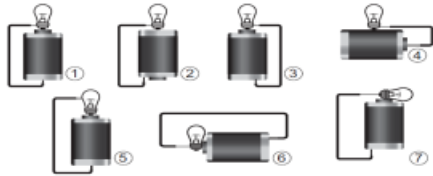
Características consideradas para a análise dos resultados:

- ✓ **Categorização dos itens por componente disciplinar dominante**
 - ✓ **Competências e habilidades**
 - ✓ **Percentual de acerto e marcação das alternativas**
 - ✓ **As curvas características dos itens (CCI ou ICC)**
 - ✓ **Combinação do quantitativo e qualitativo (descrever / entender a aprendizagem dos alunos)**
-

Desempenho dos estudantes do Colégio Pedro II

QUESTÃO 70 Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

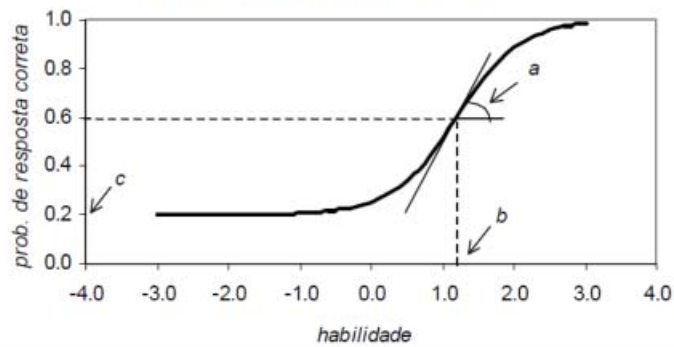
- Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:
- A (1), (3), (6)
 - B (3), (4), (5)
 - C (1), (3), (5)
 - D (1), (3), (7)**
 - E (1), (2), (5)



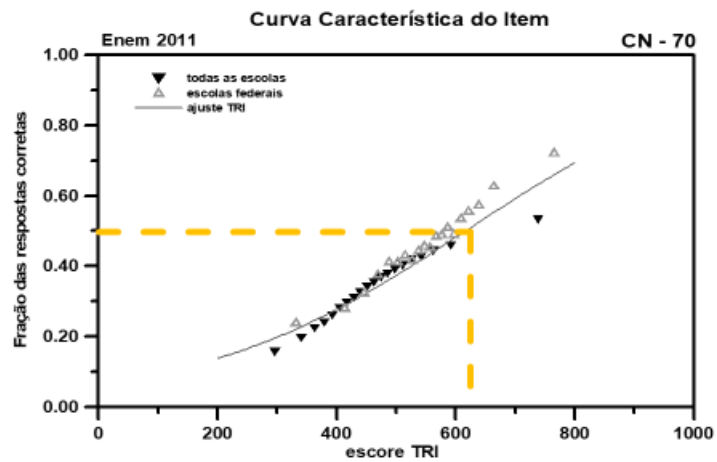
GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. Instalação Elétrica: investigando e aprendendo. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Questão	70 Prova Azul - ENEM 2011									
	Concluintes	CPII	CEN	DCX	EN	HUM	NIT	REA	SC	TIJ
A	25	33	36	26	30	36	40	38	29	31
B	6	1	0	0	2	1	0	1	3	1
C	28	23	16	19	27	23	16	21	26	22
D	34	42	46	51	37	40	44	39	40	44
E	6	1	0	2	3	0	0	1	1	2
TOTAL	100	100	99	98	100	100	100	100	100	100

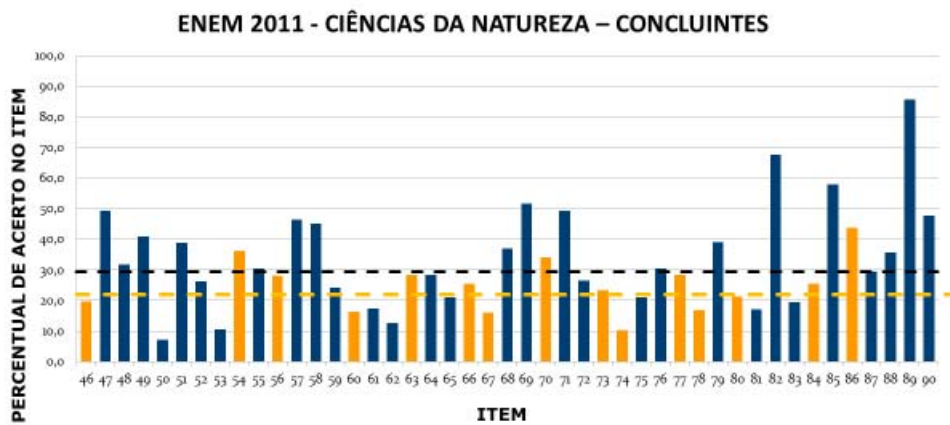
Curva característica do item - CCI



400 500 600 (ANDRADE, 2000, p. 11)



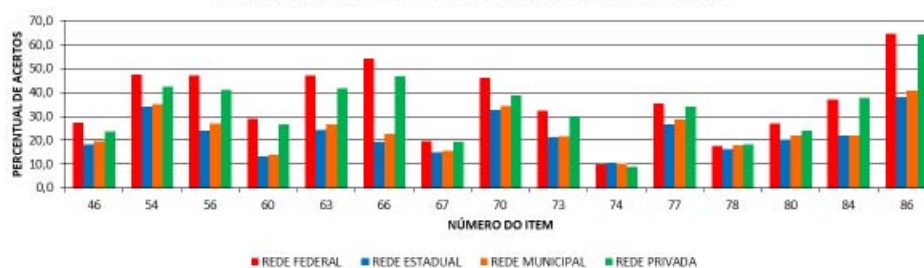
- **difícil;**
- **baixíssimo percentual de acerto casual, menos de 1%;**
- **indicador de discriminação muitíssimo baixo.**

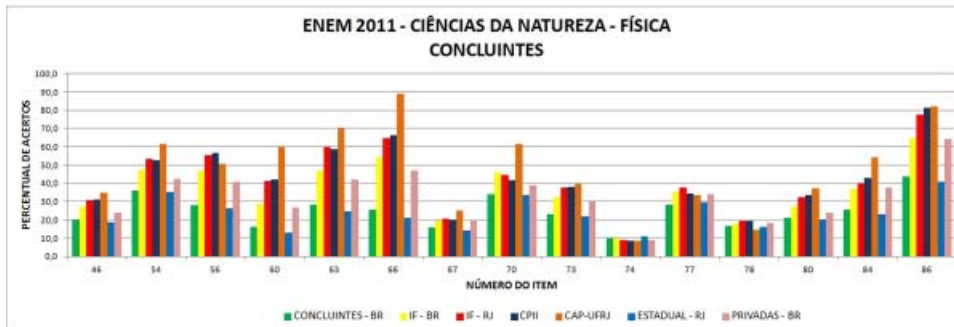


Desempenho dos estudantes (ENEM 2011)

Dep. Adm.	número (%)	média	desvio padrão	mínimo	máximo
Federal	2	547	85	281	851
Estadual	76	440	72	269	812
Municipal	1	455	76	265	780
Privada	21	534	89	269	867
Total	100	461	86	269	867

ENEM 2011 - CIÊNCIAS DA NATUREZA - FÍSICA CONCLUINTE POR DEPENDÊNCIA ADMINISTRATIVA

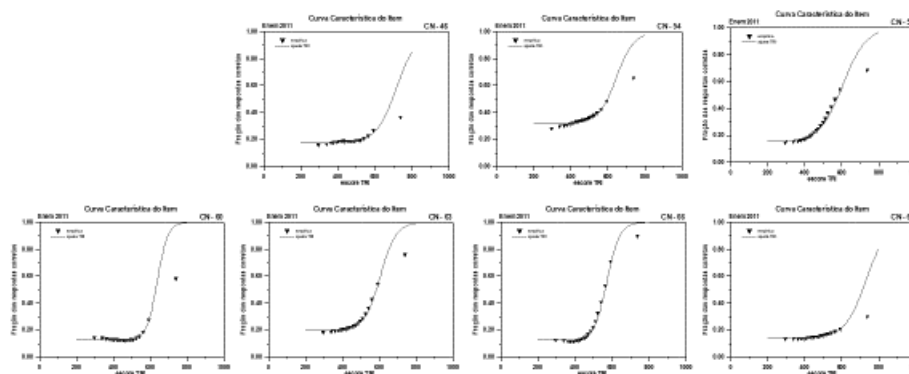


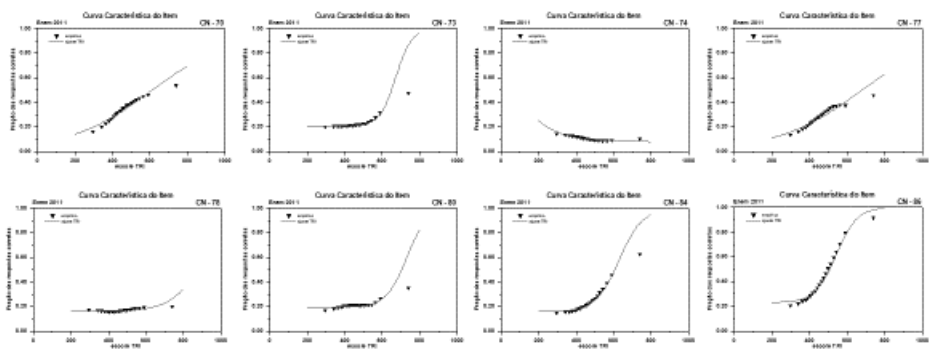


Exemplo

Curvas Características dos Itens

Questões de Física (CN), ENEM 2011
 Concluintes (numeração: prova azul)
 - modelo de 3 parâmetros (R, ltm)
 - empírica (todos, federais)





4. A prova de 2013: exemplo e análise

Números envolvidos e filtros utilizados

	Enem 2009	Enem 2010	Enem 2011	Enem 2012	Enem 2013	Enem 2014
Inscrições	4.148.721	4.626.094	5.380.856	5.791.065	7.173.563	8.722.248
Participantes	2.330.534	3.101.455	3.670.241	3.942.639	4.908.306	5.633.954
Concluintes do Ensino médio	864.827	1.059.227	1.174.429	1.205.063	1.326.681	1.374.821

(Fonte: Os autores, com dados fornecidos pelo Inep)

A divisão disciplinar: ciências da natureza versus física, química e biologia

- o exame seria interdisciplinar; mas as questões possuem às vezes “traços interdisciplinares”
- é possível categorizar as questões em função das disciplinas

***critério para a divisão por disciplinas:
qual o conhecimento disciplinar específico necessário
para escolher o gabarito***

***método de classificação:
1. dois ou mais pesquisadores lêem e resolvem a
questão e classificam a questão por disciplina
independentemente; verificam a habilidade e o objeto
de conhecimento associados;
2. as classificações individuais são comparadas e a
discussão evolui até uma decisão comum***

Ano / Disciplina	2009	2010	2011	2012	2013
Física	16	16	15	16	18
Biologia	20	16	17	13	15
Química	9	13	13	16	12
total	45	45	45	45	45

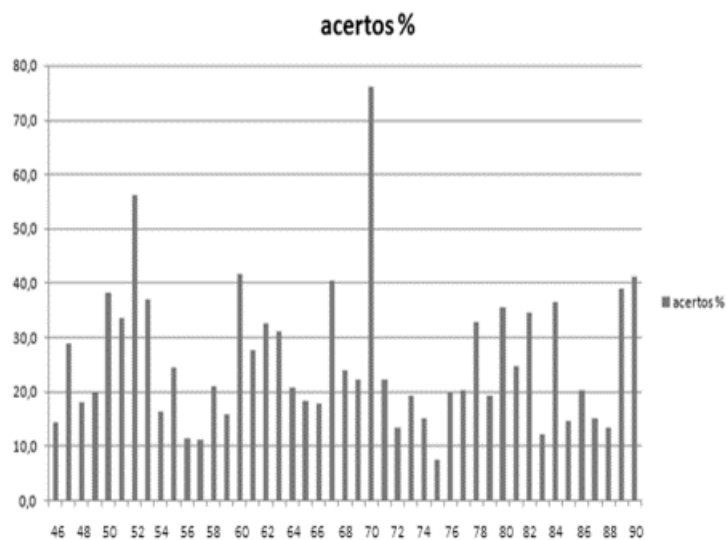
- Há uma distribuição aproximadamente equitativa quanto ao número de questões destinadas a cada componente curricular
-
-

Classificação dos itens de Física 2013 Habilidades, competências e outros parâmetros

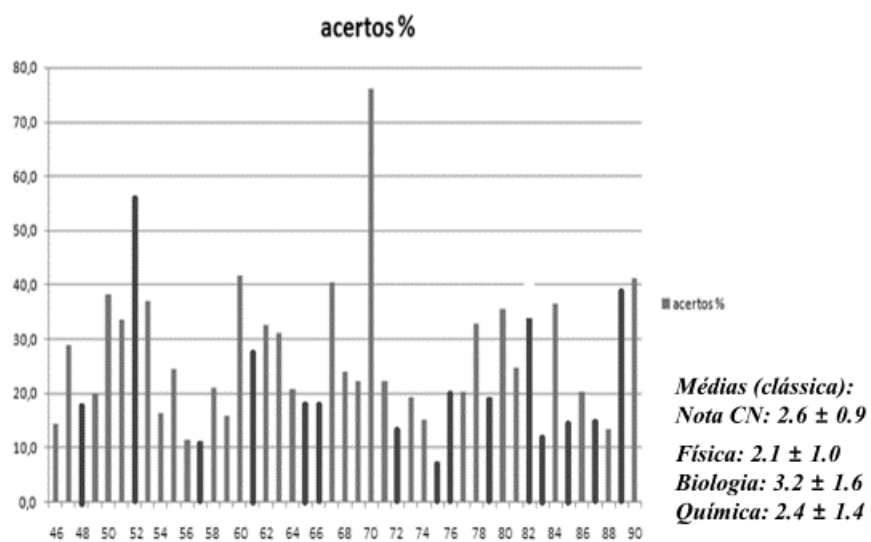
Número	Gabarito	Competência	Habilidade	Obj. Conhec	Ana/Conc	Exige cont?	Lembrete
48	E	C6	H21	O7	C	Não	GARRAFA BRANCA E PRETA
52	E	C1	H1	O6	C	Sim	INTERFERÊNCIA EM AVIÕES
57	A	C1	H3	O2	C	Sim	FUROS GARRAFA PET
61	C	C5	H18	O2	A	Sim	CADEIRA DE RODAS ELEVADOR
65	C	C1	H1	O6	A	Sim	ONDA HUMANA
66	A	C2	H6	O2	C	Sim	SERRA AÇOUQUE
72	E	C2	H6	O5	C	Sim	VOLTÍMETRO AMPERÍMETRO
75	E	C2	H5	O5	A	Sim	CHUVEIRO
76	C	C1	H3	O2	C	Sim	ATRITO NOS PÉS
79	D	C1	H3	O5	C	Não	FLUIDO ELÉTRICO
82	A	C1	H1	O6	C	Sim	DÓ CENTRAL
83	D	C2	H5	O5	A	Sim	VOLTÍMETRO PONTE
85	A	C6	H21	O5	A	Sim	FORÇA MAGNÉTICA FECHADURA
87	B	C5	H17	O2	C	Sim	GRÁFICO FORÇA RESULTANTE
89	B	C6	H23	O7	C	Sim	AQUECEDORES SOLARES

- identificação das **habilidades** e **competências** de cada um dos itens, e do **objeto de conhecimento**;
 - classificação segundo característica **analítica ou conceitual** e **exigência ou não conteúdo específico** para sua resolução.
-

Percentual de acertos de CN em 2013



Percentual de acertos de Física em 2013



Elementos da análise:

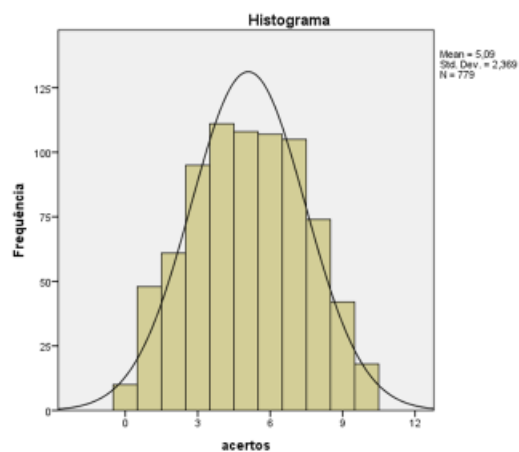
- o texto da questão
- o percentual de escolha das alternativas
- o percentual de acertos
- a curva característica dos itens



Exemplo de construção de CCI empírica

prova de física básica da UFRJ, 2015/1

*distribuição das notas
dos alunos*

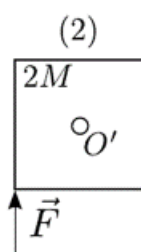
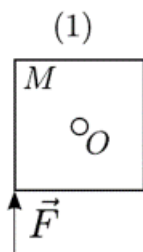


percentual de acertos em cada uma das questões da prova

Prova de Física 1	Frequência de acertos
Questão 1	38,3%
Questão 2	61,5%
Questão 3	63,8%
Questão 4	40,9%
Questão 5	65,9%
Questão 6	24,0%
Questão 7	48,0%
Questão 8	73,6%
Questão 9	52,6%
Questão 10	40,6%

uma das questões

8. Duas chapas quadradas (1) e (2) de lados iguais têm massas M e $2M$, respectivamente, e estão presas em uma parede vertical pelos seus centros O e O' , em pinos em torno dos quais podem girar sem atrito. Aplica-se em cada uma delas uma mesma força \vec{F} , vertical de baixo para cima, como mostra a figura. A opção que correlaciona os módulos de seus torques τ_1 e τ_2 e suas acelerações angulares α_1 e α_2 imediatamente após a aplicação de \vec{F} é

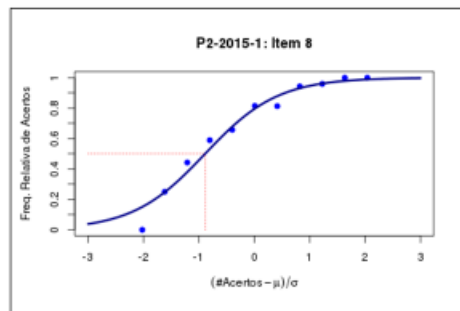
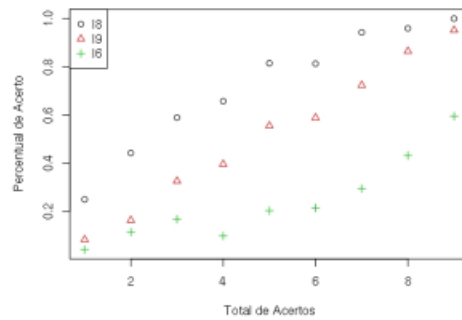


- (a) $\tau_1 = \tau_2$; $\alpha_1 > \alpha_2$
(b) $\tau_1 = \tau_2$; $\alpha_1 = \alpha_2$
(c) $\tau_1 = \tau_2$; $\alpha_1 < \alpha_2$
(d) $\tau_1 > \tau_2$; $\alpha_1 > \alpha_2$
(e) $\tau_1 < \tau_2$; $\alpha_1 = \alpha_2$

Questão 8

Total de acertos	Frequência de acertos
0	0,0%
1	25,0%
2	44,3%
3	58,9%
4	65,8%
5	81,5%
6	81,3%
7	94,3%
8	95,9%
9	100%
10	100%

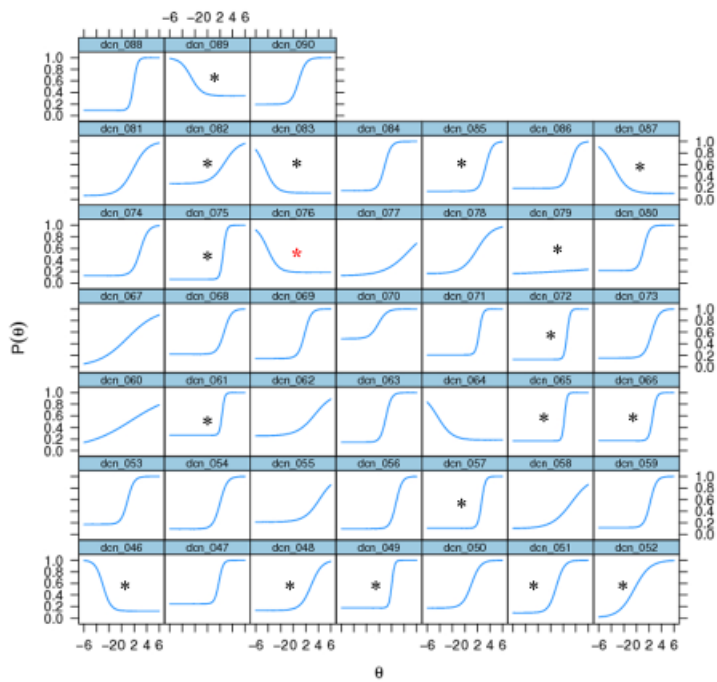
Curva Característica Empírica



Questões de Física

- 46
- 48
- 49
- 51
- 52
- 57
- 61
- 65
- 66
- 72
- 75
- 76
- 79
- 82
- 83
- 85
- 87
- 89

Curvas Características dos Itens (CN2013-prova azul)



Prova de CN 2013 / Azul / Questão 76

QUESTÃO 76

Uma pessoa necessita da força de atrito em seus pés para se deslocar sobre uma superfície. Logo, uma pessoa que sobe uma rampa em linha reta será auxiliada pela força de atrito exercida pelo chão em seus pés.

Em relação ao movimento dessa pessoa, quais são a direção e o sentido da força de atrito mencionada no texto?

- A Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- B Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.
- C Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- D Horizontal e no mesmo sentido do movimento.
- E Vertical e sentido para cima.

Questão 76

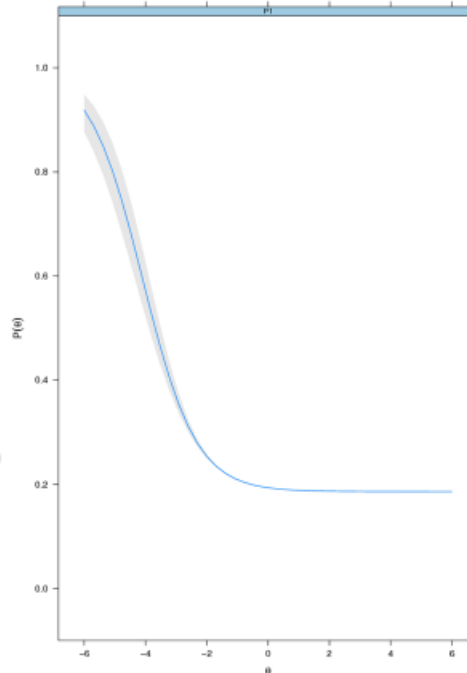
Resolução

- A força de contato entre o plano e o pé da pessoa pode ser decomposta em duas forças ortogonais entre si que atuam de forma paralela e perpendicular ao plano.
- A força de atrito corresponde à componente paralela à superfície de contato, agindo no sentido contrário à tendência do deslizamento entre o pé e o plano (para trás); logo a força de atrito no pé apontará para frente, ou seja, terá o mesmo sentido do movimento do corpo.
- *(a questão trata o corpo como uma partícula?)*

Percentual & CCI

RESPOSTAS	PERCENTUAL
Branco	0,2
Nulos	0,2
A	16,7
B	30,1
C	19,9
D	14,3
E	18,7
Total	100,0

- A Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- B Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.
- C Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.
- D Horizontal e no mesmo sentido do movimento.
- E Vertical e sentido para cima.



Discussão qualitativa do item

- Existem várias críticas a essa questão; segundo Lang, “o texto deveria informar se a velocidade é ou não constante, pois sem essa informação é impossível precisar o sentido da força”.

“Se a velocidade for variável, a aceleração em um dado momento pode ser orientada rampa acima ou rampa abaixo. (...) Portanto para que a resposta seja (C - Paralela ao plano e no mesmo sentido do movimento) o enunciado deveria especificar ou que a velocidade é constante ou que a aceleração da pessoa tem orientação rampa acima.”

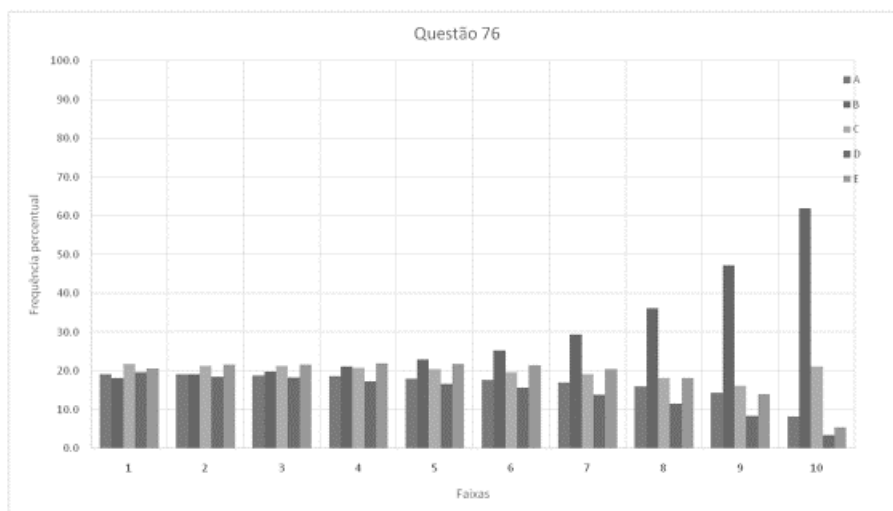
(Lang, F / 2014)

- No entanto, no ato de andar a força de atrito será a favor do movimento independente do sentido da força resultante aplicada ao corpo, que em uma análise mais rigorosa não pode ser considerado como um ponto material.

Discussão qualitativa do item

- Muitos alunos acreditam que as forças de atrito, sejam elas estáticas ou cinéticas, são sempre contrárias ao sentido do movimento de um corpo. Essa ideia não surgiu espontaneamente para o aluno em seu cotidiano; ela foi construída de forma **incorreta** no processo de aprendizagem, a partir da compreensão do aluno do discurso dos professores e de livros didáticos (que não se preocupam devidamente com os conceitos e realizam uma transposição didática simplista e inadequada).
 - “Na maioria dos livros utilizados no ensino médio declara-se que uma força de atrito cinética se opõe ao sentido do movimento, sem especificar o referencial no qual é definido esse movimento: no melhor dos casos os autores eventualmente falam em termos de movimento relativo das superfícies em contato, mas os exemplos e exercícios resolvidos propostos são tais que o objeto estudado desloca-se, no referencial estudado, em uma superfície considerada fixa; assim o movimento relativo e o movimento do objeto no referencial considerado são idênticos.” (CALDAS, H 1999)

Distribuição por faixas / Diagnóstico

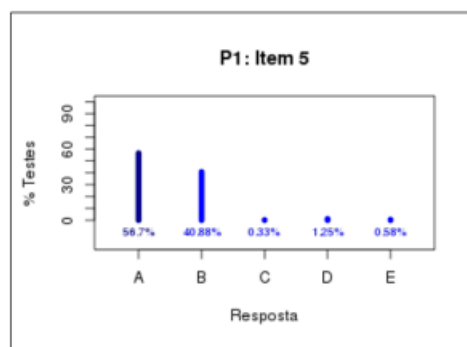
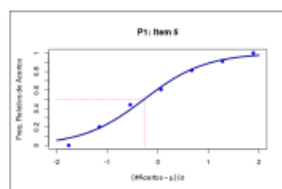


- A opção mais marcada apresentava no texto um fragmento que afirmava que a força de atrito tinha sua direção “*paralela ao plano e no sentido contrário ao movimento*”.
- Os distratores A e B tiveram frequências de marcação próximas; isso indica que os alunos não perceberam a diferença entre **perpendicular e paralelo**.
- A CCI tem inclinação negativa; alunos de baixa aptidão têm mais chances de acertar essa questão que alunos de maior aptidão.
- Esse é um grande indicador de que esse tema é aprendido de forma errônea. Os alunos com melhores escores **APRENDEM** que o atrito é **sempre CONTRÁRIO AO MOVIMENTO** (Caldas, 1999).

Física I – 2017/1 – UFRJ
1201 estudantes, 6 questões (2.9 ± 1.6)

5. Uma pessoa caminha, subindo um plano inclinado, com velocidade constante. Só atuam sobre a pessoa as forças peso, normal e a de atrito que o plano inclinado exerce sobre ela. É correto afirmar que a força de atrito que o plano exerce sobre o pé da pessoa:

- É paralela ao plano, no sentido da velocidade da pessoa.
- É paralela ao plano, no sentido contrário ao da velocidade da pessoa.
- É perpendicular ao plano, no sentido da força normal.
- É perpendicular ao plano, no sentido contrário ao da força normal.
- Tem a mesma direção mas sentido contrário ao da força peso.



Frequências Relativas das Respostas



TOTAIS	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
	56.70%	40.88%	0.33%	1.25%	0.58%

Acertos	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
0	0.00%	89.61%	1.30%	5.19%	2.60%
1	20.10%	75.77%	1.03%	2.58%	0.52%
2	44.09%	53.15%	0.39%	1.57%	0.79%
3	60.50%	37.82%	0.00%	0.42%	0.84%
4	81.28%	17.73%	0.00%	0.49%	0.00%
5	91.19%	8.81%	0.00%	0.00%	0.00%
6	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%



Aplicação aos alunos do CP2

- questão aplicada a alunos do Colégio Pedro II (para identificar o tipo de raciocínio usado na resolução)

	COLÉGIO PEDRO II – DEPARTAMENTO DE FÍSICA	
	PESQUISA EM APRENDIZAGEM EM FÍSICA	
	RIO DE JANEIRO, DE DE 2017	
PROFESSOR:	TURMA:	CAMPUS:

Caro aluno,

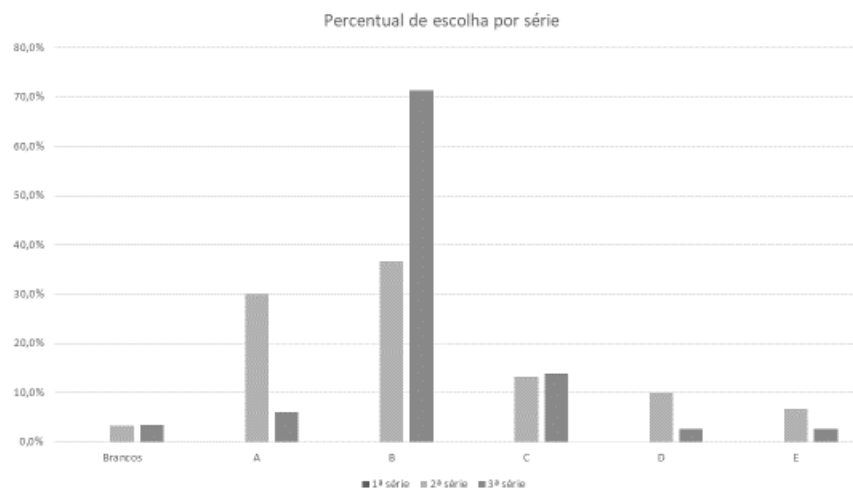
Solicitamos a você que nos ajude a entender melhor como você está aprendendo física. Para isso, pedimos que você resolva as duas questões apresentadas a seguir (da prova de Ciências da Natureza do Enem). Ao escolher a alternativa, escreva uma justificativa (com suas palavras, cálculos, esquemas ou desenhos) que nos permita entender o porquê de sua escolha. Caso você não saiba explicar, escreva simplesmente "não sei".

Agradecemos muito a colaboração.

Números do CP2

		ESCOLHA							Total
		branco	A	B	C	D	E	TOTAL	
SÉRIE	1	Nº de alunos	0	0	0	0	0	0	0
		%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	2	Nº de alunos	1	9	11	4	3	2	30
		%	3,3%	30,0%	36,7%	13,3%	10,0%	6,7%	100,0%
	3	Nº de alunos	4	7	82	16	3	3	115
		%	3,5%	6,1%	71,3%	13,9%	2,6%	2,6%	100,0%
Total		Nº de alunos	5	16	93	20	6	5	145
		%	3,4%	11,0%	64,1%	13,8%	4,1%	3,4%	100,0%

Números do CP2



Categorização das respostas

Escolha	Justificativa	Observação	formato justf.	Caract. Diagrama	Caract. Texto	Sobre o diagrama	Sobre a Fat
B	O atrito age paralelamente a pessoa ou objeto e impulsionando-o, ou seja, age contrariamente ao movimento fazendo com que o objeto/pessoa se desloque para frente.	a força "impulsiona" o movimento mas é contrário.	Text		SC		Cont
B		atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		FE	Cont
B		atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		FE	Cont
B		diagrama de forças incorreto, força paralelo e no mesmo sentido do movimento	Diag	DF		FE	Fav
B		atrito paralelo e contrário	Diag	DF		inc	Cont
B		atrito paralelo e contrário	Diag	Fat		inc	Cont
B	B (riscado)	diagrama de forças incorreto, atrito paralelo e no mesmo sentido do movimento	Diag	DF		NPI	Fav
branco				NA	NA		
C	O movimento de uma pessoa é realizado através da força feita pelos pés dessa pessoa no chão / superfície. Aplicando uma força pra trás com os pés, a superfície reage realizando uma força para frente, ambas paralelas a superfície. A força de atrito é exercidas pelos pés, portanto é paralelo ao plano e no mesmo sentido.	explicação correta	Text		EC		Fav



5. O Enem e a Teoria da Resposta ao Item

A metodologia utilizada pelo ENEM (para obtenção do escore do estudante e análise das questões) é a Teoria da Resposta ao Item.

Esta metodologia vem sendo largamente utilizada, no mundo, desde a década de 70/80, quando tem início a utilização em larga escala de computadores e torna-se mais comum a realização de ajustes matemáticos para modelos.

É a metodologia utilizada pelo PISA e pelo SAEB.

O Enem utiliza o modelo logístico de 3 parâmetros (3PL) da Teoria da Resposta ao Item

psicometria: a medida em ciências sociais (psicologia)

- modelos da psicometria:

TCT – Teoria Clássica dos Testes

o resultado final é a soma das respostas dadas a uma série de itens (fornecendo um escore total); se um teste tem 30 itens (questões), e 1=certo, 0=errado, e há 20 certos, o escore é 20; o foco é o comportamento, ou escore, num teste, constituído de um conjunto de comportamentos

TRI – Teoria da Resposta ao Item

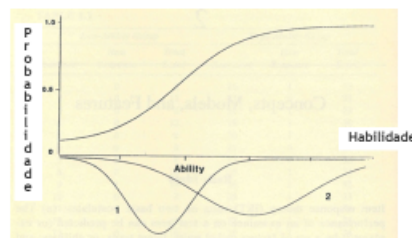
não há interesse num escore total, diretamente; o que se quer saber é a probabilidade de acerto de cada item individualmente, e quais os fatores que afetam esta probabilidade

A TRI – Teoria da Resposta ao Item

dois postulados básicos:

- (a) o desempenho num item do teste pode ser prevista (ou explicada) por um conjunto de fatores denominados traços, traços latentes, ou habilidades;
- (b) a relação entre o desempenho em um item e o conjunto de traços que permitem este desempenho no item pode ser descrita pela uma função monotonamente crescente denominada função característica do item ou curva característica do item (ICC, item characteristic curve)

A curva característica do item especifica que à medida que a **habilidade aumenta**, a **probabilidade de resposta correta a um item aumenta**.



Suposições da TRI

- Unidimensionalidade
 - Traço dominante
- Independência local
 - Desempenho em um item depende apenas da relação entre habilidade da pessoa e a dificuldade do item
 - Consequência: a probabilidade de um determinado padrão de respostas é igual ao produto das probabilidades de cada item
- A unidimensionalidade é uma garantia da independência local
- Existem modelos de TRI multidimensionais!

Principais vantagens sobre a Teoria Clássica dos Testes:

- Falseabilidade
 - Invariância dos parâmetros de habilidade e dos itens
-

Suposições da TRI

- Unidimensionalidade
 - Traço dominante
- Independência local
 - Desempenho em um item depende apenas da relação entre habilidade da pessoa e a dificuldade do item
 - Consequência: a probabilidade de um determinado padrão de respostas é igual ao produto das probabilidades de cada item
- A unidimensionalidade é uma garantia da independência local
- Existem modelos de TRI multidimensionais!

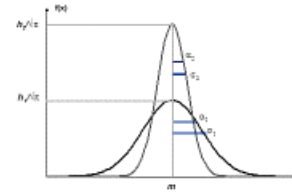
Principais vantagens sobre a Teoria Clássica dos Testes:

- Falseabilidade
 - Invariância dos parâmetros de habilidade e dos itens
-

$$P(-1;1) = 0.683$$

$$P(-2;2) = 0.954$$

$$P(-3;3) = 0.997$$



A média é normalizada em 500 pontos, e o desvio padrão é normalizado para 100 pontos (em 2009):

68,3% das notas estão entre 400 e 600 pontos (1 desvio padrão em torno da média);

95,4% das notas estão entre 300 e 700 pontos (2 desvios padrão em torno da média);

99,7% das notas estão entre 200 e 800 pontos (3 desvios padrão em torno da média).

Enem e TRI

- O Enem utiliza o modelo logístico de 3 parâmetros (3PL)

$$P_i(\theta) = c_i + (1 - c_i) \frac{\exp [a_i(\theta - b_i)]}{1 + \exp [a_i(\theta - b_i)]}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$P_i(\theta)$ é a probabilidade de uma pessoa de habilidade θ responder corretamente o item i

a_i é o parâmetro de discriminação do item i

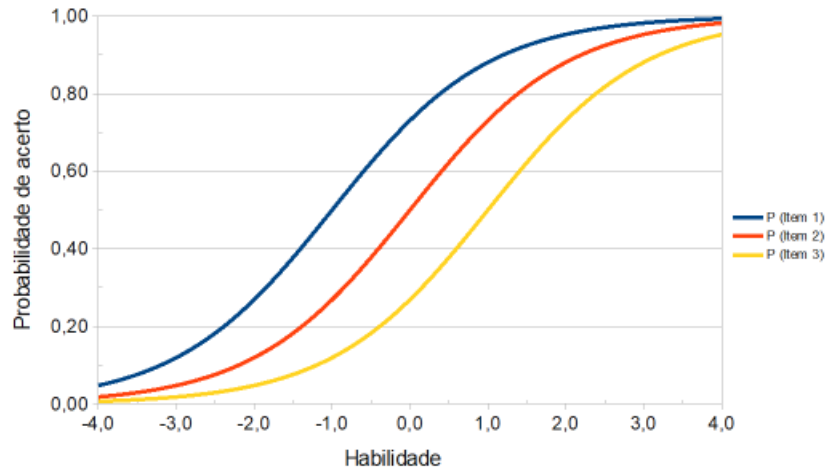
b_i é o parâmetro de dificuldade do item i

c_i é o parâmetro de acerto casual ('chute')

n é o número de itens do teste

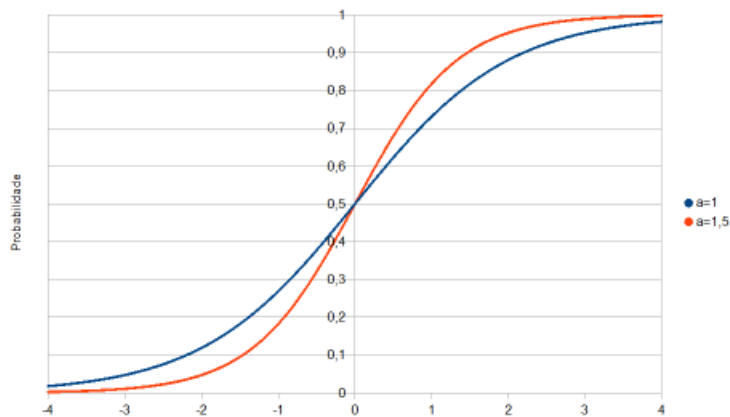
A nota do Enem é padronizada (2009): média de 500 e desvio padrão 100

Parâmetro de Dificuldade



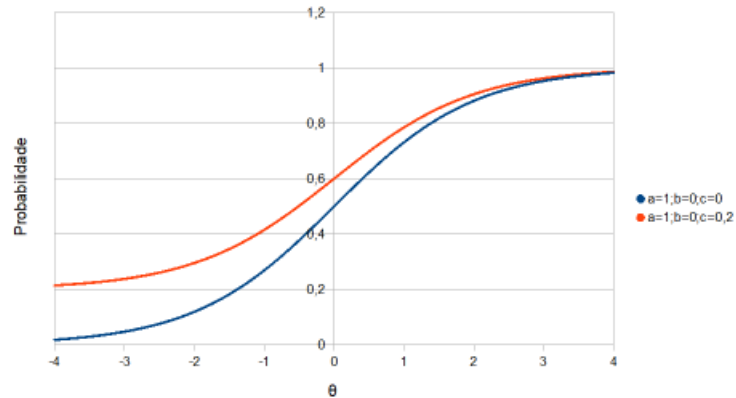
- Parâmetro de dificuldade (b): quão fácil ou difícil é o item em relação aos candidatos. Identificado pelo ponto de inflexão da curva.

Discriminação



- Parâmetro de discriminação (a): representa quão bem o item diferencia os candidatos. Proporcional à tangente no ponto de inflexão da curva

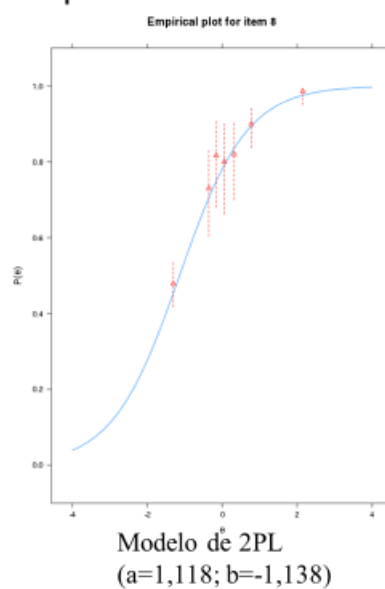
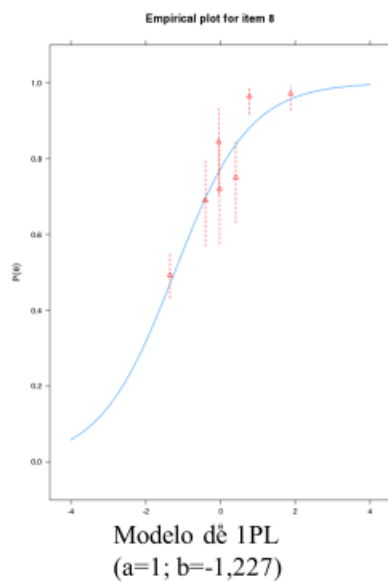
“Chute”



- Parâmetro de acerto casual ou “chute” (c) : representa a probabilidade mínima de um candidato acertar o item, mesmo tendo baixíssima habilidade.

Qualidade do ajuste

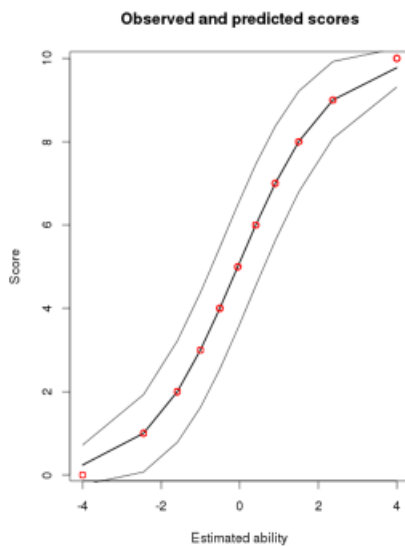
- Gráfico CCI estimada e dados experimentais



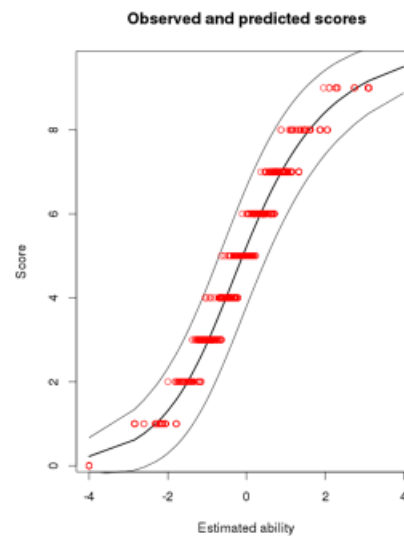
Estimando a nota da TRI

- Enem possui banco de itens calibrados
- Os parâmetros dos itens já são conhecidos (pré-teste)
- Vamos ver como funciona na planilha!
- De modo geral, ao acrescentarmos itens a um teste, maior a precisão da estimativa da habilidade

Estimando a nota na TRI



Modelo de 1PL



Modelo de 2PL

Enem e TRI

- O Enem utiliza o modelo 3PL
- A nota é padronizada para uma média de 500 e desvio padrão 100
 - Até agora usamos a média padronizada 0 e o desvio padrão 1
- Qual é a média de acertos da prova de Ciências da Natureza de 2009 a 2013?
 - **Cerca de 15 questões de um total de 45!!!!**
 - 15 acertos corresponde a uma nota de 500 no Enem!
 - Nota mínima: ~ 263,3 (nenhum acerto)
 - Nota máxima: ~ 903,2 (45 acertos)

Dúvidas comuns a respeito da nota do Enem

- A nota média é 500. O que significa esta nota média 500?
- A nota mínima é 0?
- A nota máxima é 1000?
- Questões “mais difíceis” possuem “peso” maior?
- Vocês têm alguma outra pergunta?

análises desenvolvidas por:

Bruno Rinaldi – profbrunorinaldi@gmail.com

José Christian Lopes – jose_christian@cp2.g12.br

Gustavo Rubini – gustavorubini@if.ufrj.br

Marcelo Shoey Massunaga – shoey@uenf.br

Marta Feijó Barroso – marta@if.ufrj.br

Obrigado pela atenção.

Planilha

Estudos dos Resultados do ENEM			10/07/17
Alunos		E-mail	
Alexander Fidelis da Silva		fidelis.chemistry@gmail.com	F
Anderson José da Fonseca	(?)	fonsecanderson@yahoo.com.br	F
Andriele Ferreira Muri Leite	(?)	andrielemuri@yahoo.com.br	F
Caio de Carvalho Siqueira	OK	caiocsiqueira13@gmail.com	CS
Caius Lao de Oliveira		caius@poli.ufrj.br	F
Daniele Santos de Sousa	OK	danisantos.sousa@gmail.com	F
Eduardo André Rego Moreira da Gama	?	dudufisica@gmail.com	F
Eduardo Folco Capossoli	?	eduardo_capossoli@cp2.g12.br	F
Elizabeth Castanheira		pedagogico2.ipa@notredame.org.br	F
Fabiano Quintino dos Santos		fquintino@yahoo.com.br	F
Felipe Martins Silva	OK	felipems04@gmail.com	OK
Gustavo dos Santos Vicente	OK	gustavosvicente@gmail.com	F
Gustavo Verçosa de Lima Alves		gutovercosa@gmail.com	F
João Pedro Gomes Pinheiro		jppinheiro171@gmail.com	F
José Carlos Maia de Souza	OK	profmaiafisica@gmail.com	F
José Miranda da Rocha		josemirandarocha@gmail.com	F
Layla Costa da Silva	?	laylafisica@gmail.com	F
Luciana e Sá Alves		luciana-sa@bol.com.br	F
Marcelo Vilela da Silva	OK	marcelovilelasilva@gmail.com	F
Marcos Moura	?	roadiemarcos@yahoo.com.br	F
Maria Cristina Ferreira Martins		vidamartins@Gmail.com	F
Maria de Lourdes R. de A. Jeanrenaud		loujeanrenaud@yahoo.com.br	F
Matheus Silva Soares	OK	ms.matheus460@gmail.com	F
Murilo de Freitas Magalhães		murilomagalhaes1977@gmail.com	F
Pedro de Paula Terra		pedro.terra@cp2.g12.br	F
Renan de Souza Rosa	OK	Renandesouza2@gmail.com	F
Ricardo Fagundes Freitas da Cunha	?	ricardocunha@if.ufrj.br	F
Rodrigo Santana Jordão	OK	jordaors1@gmail.com	F
Rojans Coqueiro Rodrigues	?	rojans.rodrigues@gmail.com	F
Sergio Tobias da Silva		sergio_tobias@globo.com	F
Victor Santos Cavalcante de Amorim	OK	victor.srms@fisica.if.uff.br	F