

Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituto de Ciências Exatas
Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Pablo Rafael de Oliveira Carlos

UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NO EXAME
NACIONAL DO ENSINO MÉDIO E AS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO-
APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Juiz de Fora
2016

Pablo Rafael de Oliveira Carlos

**UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NO EXAME
NACIONAL DO ENSINO MÉDIO E AS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO-
APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Professor Doutor Wilson de Souza Melo -
UFJF

Juiz de Fora – Minas Gerais
2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Carlos, Pablo Rafael de Oliveira.

UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO E AS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA / Pablo Rafael de Oliveira Carlos. -- 2016.

344 p.

Orientador: Wilson de Souza Melo

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós Graduação em Física, 2016.

1. Ensino de Física. 2. Avaliações de larga escala de Física. 3. Teoria de Resposta ao Item. 4. Proficiência em Física. 5. Exame Nacional do Ensino Médio. I. Melo, Wilson de Souza, orient. II. Título.

Dezembro de 2016

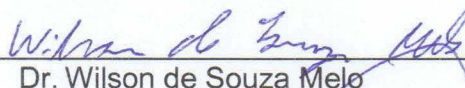
**UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NO EXAME
NACIONAL DO ENSINO MÉDIO E AS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO-
APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

Pablo Rafael de Oliveira Carlos

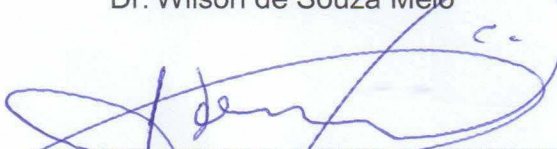
Orientador:
Professor Doutor Wilson de Souza Melo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Juiz de Fora no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:



Dr. Wilson de Souza Melo



Dr. Joaquim José Soares Neto



Dr. Julio Akashi Hernandez

RESUMO

UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS ESTUDANTES NO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO E AS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Pablo Rafael de Oliveira Carlos

Orientador:

Professor Doutor Wilson de Souza Melo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Juiz de Fora no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

No presente trabalho são abordados aspectos importantes das avaliações de larga escala, principalmente as avaliações de Física, os tipos, as características e também a elaboração das matrizes de referência para tais avaliações e dos itens que compõem os instrumentos de avaliação. Discutiremos a Taxonomia de Bloom, a Teoria Clássica dos Testes e a Teoria de Resposta ao Item. É feita uma análise sobre o desempenho dos estudantes concluintes do Ensino Médio que participaram do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) nas edições de 2009 a 2014, para esse objetivo foi utilizado como fonte de dados os microdados do ENEM fornecida pelo INEP. Primeiramente é feita uma breve discussão sobre a base teórica que envolve esse modelo de exame, a Teoria de Resposta ao Item e Teoria Clássica dos Testes. Os alunos foram distribuídos em sete níveis de proficiência, buscou-se uma série de informações estatísticas entre outras medidas psicométricas relevantes. Esse estudo revelou um baixo desempenho em Física dos estudantes que estão concluindo o Ensino Médio no Brasil, evidenciando a necessidade do acompanhamento do ensino nessa disciplina, para assim possibilitar ações políticas e pedagógicas que busquem melhorar a qualidade do ensino científico, sendo assim as avaliações educacionais mostram-se uma excelente ferramenta. Por fim, iremos discorrer a respeito dos aspectos positivos de se avaliar e como os resultados das avaliações podem ser usados para melhorar as práticas pedagógicas no ensino de Física. O produto educacional desenvolvido nesse trabalho de mestrado foi a construção de um guia de elaboração, revisão e aplicação de instrumentos de avaliação no ensino de Física cuja finalidade é dar subsídios aos professores para desenvolver um olhar crítico sobre essas avaliações, além de auxiliar no tratamento dos dados gerados e na utilização desses dados para desenvolver atividades em sala de aula que busquem potencializar o ensino-aprendizagem em Física.

Palavras-chave: Ensino de Física, Avaliações de larga escala de Física, Teoria de Resposta ao Item, Proficiência em Física, Exame Nacional do Ensino Médio.

Juiz de Fora, MG
Dezembro de 2016

ABSTRACT

AN ANALYSIS OF STUDENT PERFORMANCE IN NATIONAL HIGH SCHOOL EXAMINATION AND CONTRIBUTIONS TO THE PHYSICAL EDUCATION - LEARNING

Pablo Rafael de Oliveira Carlos

Supervisor(s):
Professor Doutor Wilson de Souza Melo

Abstract of master's thesis submitted to - Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Juiz de Fora no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), as part of requirements needed to title Mestre em Ensino de Física.

In this work we address important aspects of large-scale assessments, especially the Physics assessments, the types, characteristics and also the preparation of the reference matrices for such assessments and items that make up the evaluation instruments. We discuss Bloom's Taxonomy, the classical theory of tests and the Item Response Theory. We analyse the performance of graduating high school students who participated in the National High School Exam (ENEM) in the 2009 to 2014 editions, for this purpose we used as a data source ENEM microdata provided by INEP. A brief discussion of the theoretical basis is primarily made involving this test model, item response theory and classical theory of tests. The students were divided into seven levels of proficiency, sought a series of statistical information between other relevant psychometric measures. This study revealed a poor performance in Physics of students that are completing high school in Brazil, highlighting the need for monitoring of teaching this discipline, so as to enable political and pedagogical actions that seek to improve the quality of science education, so the educational assessments show is an excellent tool. Finally, we will discuss the positive aspects of assessing and how the results of the evaluations can be used to improve teaching practices in teaching physics. The educational product developed in this master's work was the construction of a preparation guide, review and application of assessment tools in teaching physics whose purpose is to assist teachers to develop a critical eye on these assessments, to help in the treatment of the data generated and to use these data to develop activities in the classroom that seek to enhance the teaching and learning in physics.

Keywords: Physical education, large-scale Physics Assessments, Item Response Theory, Proficiency in Physics, National High School Education Examination.

Juiz de Fora, MG
December 2016

Agradecimentos

À minha amada esposa Carolina por todo amor, apoio, paciência e incentivo principalmente durante minha trajetória acadêmica e pelas numerosas revisões textuais.

Aos meus pais por todo amor, carinho e apoio dado.

Ao meu orientador Professor Wilson de Souza Melo por toda dedicação e ensinamentos dados durante esse trabalho.

Ao professor José Luiz Matheus Valle pelas valiosas contribuições que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Aos professores e demais alunos e colegas do programa de pós-graduação em Ensino de Física da UFJF.

Ao Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação – CAEd, pela dispensa concedida para minha qualificação profissional.

À FAPEMIG pelo recurso financeiro que possibilitou a compra dos kits experimentais.

“Viver num mundo sem tomar consciência do significado do mundo é como vagar por uma imensa biblioteca sem tocar os livros.” (Dan Brown)

Sumário

Capítulo 1 Introdução	1
1.1 O que é avaliar?	2
1.2 Por que avaliar?	5
Capítulo 2 Avaliações de larga escala – estadual, nacional e internacional.....	7
2.1 As avaliações de larga escala e seu papel na educação	7
2.1.1 A avaliação em larga escala e a prática pedagógica.....	7
2.1.2 Breve histórico das avaliações no Brasil e as políticas públicas educacionais	9
2.2 Objetivos.....	10
2.3 Estrutura e funcionamento.....	11
2.4 Avaliações municipais e estaduais	15
2.5 Avaliações nacionais e internacionais	19
Capítulo 3 Organização dos objetivos educacionais: A hierarquização das ações cognitivas.....	23
3.1 A estrutura da Taxonomia original.....	24
3.2 A estrutura da Taxonomia revisada.....	28
Capítulo 4 Medidas educacionais: Os modelos matemáticos TCT e TRI.....	32
4.1 Teoria Clássica dos Testes (TCT)	34
4.2 Teoria de Resposta ao Item (TRI)	36
Capítulo 5 Exame Nacional do Ensino Médio	47
5.1 Metodologia.....	47
5.2 Características do Exame Nacional do Ensino Médio.....	49
5.3 Análise clássica (Parâmetros da TCT).....	53
5.4 Análise Teoria de Resposta ao Item (Parâmetros da TRI)	60
5.5 Escala de proficiência (Mapa de Itens do ENEM)	77
5.6 Os itens âncoras de Física.....	84
Capítulo 6 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e a avaliação.....	90
6.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS	90
6.2 Resultados da escola nas edições do ENEM de 2009 a 2014.....	91
6.3 Exemplo de UEPS sobre Lei de Ohm, potência elétrica, Circuitos elétricos e Medidas elétricas	99
Capítulo 7 Considerações Finais	114
Referências Bibliográficas.....	116
Apêndice A – Exemplos de Sistemas de Avaliação Estadual Que Avaliam Física	124
Apêndice B - Análise dos itens de Física que apresentaram os mais baixos desempenhos	135
Apêndice C – Parâmetros Estatísticos	186
C.1 Análise clássica (Parâmetros da TCT).....	186
C.2 Análise Teoria de Resposta ao Item (Parâmetros da TRI).....	200
Apêndice D - Produto Educacional	208

Capítulo 1

Introdução

Desde a década de 1990 as avaliações de larga escala têm ganhado espaço e mostrado sua verdadeira importância. Avaliar um sistema educacional é levantar dados e informações sobre uma determinada realidade que possibilite diagnosticar e agir de maneira mais condizente com a realidade educacional, potencializando a ação pedagógica dos professores e demais envolvidos no cotidiano escolar.

Embasada principalmente na Constituição Federal de 1988, na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional na qual é assegurado o processo de avaliação nacional do rendimento escolar, cujo objetivo é definir prioridades e as melhorias na qualidade do ensino, seus resultados possibilitam melhorar a gestão escolar permitindo um desenvolvimento maior da qualidade educacional. A possibilidade de efetuar análises mais próximas e mais detalhadas das próprias escolas, das regionais de ensino ou até mesmo da rede estadual e nacional de ensino, auxilia nas tomadas de decisões de todo o contexto escolar, principalmente no que diz respeito às prioridades para promover a evolução da educação.

O objetivo deste trabalho é investigar o nível de conhecimento em Física dos estudantes brasileiros do ensino médio. compreender em que nível da escala de proficiência de Física os alunos brasileiros do ensino médio se encontram. Propor, de acordo com os resultados encontrados, uma possível estratégia pedagógica que possibilite o desenvolvimento da população perante a escala de proficiência de Física.

Apesar do crescente reconhecimento da importância que as avaliações externas tiveram nas últimas décadas, muitos professores e demais agentes do sistema educacional desconhecem seu papel ou não compreendem o seu funcionamento e, conseqüentemente não utilizam os resultados gerados por tais avaliações. Muitas vezes os dados gerados são deixados de lado, o que provoca uma grande defasagem para o processo evolutivo da educação. É pensando nessa necessidade de capacitação dos profissionais envolvidos no ensino que motivou o desenvolvimento desse trabalho de mestrado. O produto educacional desenvolvido ao longo dessa pesquisa de mestrado foi a construção de um Guia de Elaboração, revisão e aplicação de instrumentos de avaliação no ensino de Física cuja finalidade é dar subsídios aos professores para desenvolver um olhar crítico sobre essas avaliações, além de auxiliar no tratamento dos

dados gerados e na utilização desses dados para desenvolver atividades em sala de aula buscando potencializar o ensino-aprendizagem em Física. Espera-se com esse trabalho despertar nos professores de física um maior interesse sobre os aspectos e as possibilidades das avaliações de larga escala.

No capítulo 2 é apresentado de maneira breve o histórico das avaliações de larga escala no Brasil e discute-se sobre as técnicas utilizadas para a elaboração dos instrumentos de avaliação (os testes). São apresentados alguns exemplos de programas estaduais, municipais, nacionais e internacionais de avaliação. Em seguida, no capítulo 3, é realizado um estudo sobre a Taxonomia de Bloom que serve de apoio para as construções de documentos educacionais importantes como currículo mínimo, matriz de referência entre outros. No capítulo 4 são apresentados os modelos matemáticos – Teoria de Resposta ao Item e Teoria Clássica dos Testes – que são utilizados nesses tipos de avaliações e que garantem maior confiabilidade aos dados coletados e resultados gerados.

No capítulo 5 é realizado um estudo das bases de dados das edições de 2009 a 2014 do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Para esse estudo os participantes foram distribuídos ao longo de sete níveis de proficiência. Para as análises estatísticas utilizaram-se os softwares R (versão 3.3.1) e SPSS (versão 22). Foram computados e analisados os níveis de proficiência dos participantes do exame, os itens âncoras de cada edição do teste, os percentuais de acerto e de marcação por alternativa de cada item, além de outros parâmetros estatísticos.

No capítulo 6 é apresentada uma forma de utilizar os dados gerados pelas avaliações para criar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) pautada no estudo dos resultados no ENEM de 2009 a 2014 da escola onde foi aplicada essa sequência didática possibilitando uma intervenção pedagógica mais próxima da realidade da escola estudada. A UEPS gerada nessa dissertação irá compor o produto educacional como um exemplo das possibilidades de trabalhos e atividades que podem ser elaborados e pensados a partir das avaliações externas. Por fim, no capítulo 7, são feitas as considerações finais sobre esse estudo conduzido durante o mestrado em ensino de Física.

1.1 O que é avaliar?

O processo avaliativo é algo que está presente em todas as fases da vida de um ser humano, portanto é importante o entendimento sobre esse momento de reflexão

sobre as ações passadas. Mas de fato o que é avaliar e por qual motivo estamos sempre em algum momento parando para fazer uma avaliação? Antes de tudo é importante deixar claro que o ato de avaliar é uma atitude de olhar para o passado, olhar para o que foi feito e refletir sobre eficácia dessas ações.

Avaliar é o método pelo qual se busca estabelecer a medida de qualidade ou validade de um determinado processo ou ação. Avaliar é no sentido literal tornar válido, estabelecer a valia de algo. Nessa perspectiva fica claro que a avaliação está presente em todos os instantes da vida de um ser pensante, que a todo o momento avalia sobre suas ações ou sobre determinadas atitudes, buscando determinar parâmetros que servirão de medida de qualidade e validade de tal ação. Através da avaliação é possível detectar problemas ao longo de um procedimento possibilitando a correção a fim de se atingir melhores resultados.

De acordo com BLOOM, avaliar é um processo de julgamento a partir de critérios e padrões que permite apreciar o grau de validade ou efetividade de algo [BLOOM, 1973]. Nesse sentido, no contexto da sala de aula, a todo instante, o professor reflete sobre sua abordagem pedagógica, avaliando se foi ou não eficaz, procurando detectar o que deve ser modificado ou ser mantido. Portanto avaliar é refletir se algo está dando certo ou se necessita de algum tipo de intervenção a fim de atingir maiores qualidades e, portanto maior eficácia. A avaliação possibilita ao docente saber os conteúdos que foram e os que não foram assimilados por seus alunos e traz evidências da eficiência das metodologias de ensino utilizadas.

Segundo MARGHOTI avaliar é definir critérios em busca de um objetivo, estabelecer instrumentos e ações, e em todo momento verificar de forma crítica e completa a validade das ações tomadas levando em consideração todos os elementos envolvidos no processo [MARGHOTI ET AL, 2014].

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), a avaliação tem como um de seus objetivos:

“[...] subsidiar o professor com elementos para uma reflexão contínua sobre a sua prática, sobre a criação de novos instrumentos de trabalho e a retomada de aspectos que devem ser revistos, ajustados ou reconhecidos como adequados para o processo de aprendizagem individual ou de todo grupo. Para o aluno, é o instrumento de tomada de consciência de suas conquistas, dificuldades e possibilidades

para reorganização de seu investimento na tarefa de aprender. Para a escola, possibilita definir prioridades e localizar quais aspectos das ações educacionais demandam maior apoio.

[...] a avaliação contemplada nos Parâmetros Curriculares Nacionais é compreendida como: elemento integrador entre a aprendizagem e o ensino; conjunto de ações cujo objetivo é o ajuste e a orientação da intervenção pedagógica para que o aluno aprenda da melhor forma; conjunto de ações que busca obter informações sobre o que foi aprendido e como; elemento de reflexão contínua para o professor sobre sua prática educativa; instrumento que possibilita ao aluno tomar consciência de seus avanços, dificuldades e possibilidades; ação que ocorre durante todo o processo de ensino e aprendizagem e não apenas em momentos específicos caracterizados como fechamento de grandes etapas de trabalho. Uma concepção desse tipo pressupõe considerar tanto o processo que o aluno desenvolve ao aprender como o produto alcançado. Pressupõe também que a avaliação se aplique não apenas ao aluno, considerando as expectativas de aprendizagem, mas às condições oferecidas para que isso ocorra. Avaliar a aprendizagem, portanto, implica avaliar o ensino oferecido— se, por exemplo, não há a aprendizagem esperada significa que o ensino não cumpriu com sua finalidade: a de fazer aprender [PCN, 1997].”

Uma vez definido o conceito de avaliação, pode-se melhor entender os objetivos das avaliações de larga escala – ou avaliações externas. No contexto da educação, esses tipos de avaliações procuram identificar fatores intra e extra-escolares que podem afetar todo o sistema educativo. As avaliações de larga escala geram numerosos dados que são utilizados para nortear as tomadas de decisões tanto no âmbito político quanto no pedagógico almejando maior qualidade do sistema educacional. Seus resultados possibilitam melhorar a gestão, efetuar análises mais próximas e detalhadas do sistema educacional que irá auxiliar nas tomadas de decisões de todo o contexto escolar. Além disso, para o professor os dados gerados por essas avaliações possibilitam delinear um

plano de ensino mais condizente com as necessidades reais da escola, o que possivelmente irá potencializar a eficácia de sua abordagem em sala de aula.

1.2 Por que avaliar?

De acordo com o artigo 205 da constituição federal de 1988

“A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho [Brasil, 1988].”

A educação é um direito de todo cidadão, no entanto somente disponibilizar uma vaga em uma escola não é garantia de que o direito de educação está sendo cumprido. Além da vaga é preciso garantir que a educação ofertada seja de qualidade, e é nesse ponto que inicia o papel das avaliações externas de grande escala.

A avaliação externa é a ferramenta mais adequada para suprir a necessidade de se produzir dados que mostrem se o direito dos cidadãos a uma educação eficiente e de qualidade está sendo cumprida ou não, e quando não está a avaliação é capaz de nortear o caminho para atingir tal objetivo, apontando as prioridades das ações que devem ser tomadas a fim de solucionar os problemas do sistema.

O processo avaliativo do sistema educacional está previsto na Lei de Diretrizes e Bases da Educação. De acordo com a LDB, 9394/96: Art. 9º.

“A união incumbir-se-á de: [...]

V - Coletar, analisar e disseminar informações sobre a educação;

VI - Assegurar processo nacional de avaliação do rendimento escolar no ensino fundamental, médio e superior, em colaboração com os sistemas de ensino, objetivando a definição de prioridades e a melhoria da qualidade do ensino [LDB, 1996].”

E ainda de acordo com a meta 7 do Plano Nacional da educação de 2011-2020:

“Fomentar a qualidade da educação básica em todas as etapas e modalidades, com melhoria do fluxo escolar e da aprendizagem [...].

7.32) fortalecer, com a colaboração técnica e financeira da União, em articulação com o sistema nacional de avaliação, os sistemas estaduais de avaliação da educação básica, com participação, por adesão, das redes municipais de ensino, para orientar as políticas públicas e as práticas pedagógicas, com o fornecimento das informações às escolas e à sociedade [Portal MEC].”

A partir da análise dessas leis, fica claro o papel esperado das avaliações de larga escala, com a necessidade de se criar um sistema de monitoramento da qualidade e do andamento da educação nacional, a avaliação é responsável por coletar, analisar e difundir dados que darão subsídios para o entendimento do sistema educacional e apontar as necessidades de intervenção.

Capítulo 2

Avaliações de larga escala – estadual, nacional e internacional.

2.1 As avaliações de larga escala e seu papel na educação

2.1.1 A avaliação em larga escala e a prática pedagógica

É importante que os agentes envolvidos no processo educativo do aluno tenham pleno conhecimento sobre as possibilidades e aplicabilidades das avaliações externas de larga escala, caso contrário os dados levantados não serão devidamente utilizados, e a realidade da escola não será fielmente revelada.

A avaliação não é um assunto desconhecido pelos educadores, na verdade a avaliação faz parte do contexto pedagógico. Trata-se de um instrumento através do qual o professor pode acompanhar o progresso de seus alunos, analisar mais criticamente o desenvolvimento dos trabalhos, além de seu próprio desempenho [SANTOS, 2013].

Segundo SOLIGO (2011), a avaliação faz parte da atividade docente, mas apesar disso muitas vezes são feitas interpretações equivocadas dos resultados gerados, como por exemplo, apresentação dos resultados em forma de ranking sem contextualização e sem integrar à realidade. Para evitar essa interpretação errônea sobre a avaliação é importante que seus processos e resultados sejam apropriados pelos gestores, professores e toda a comunidade escolar. Segundo o autor, a avaliação se constitui em uma ferramenta de diagnóstico que possibilita a reflexão sobre as condições de aprendizagem nas escolas e no sistema de ensino.

A avaliação em larga escala faz o levantamento de dados sobre o perfil cognitivo e socioeconômico dos alunos e, assim seus resultados podem auxiliar na hora de escolher a melhor forma de ensinar. A prática pedagógica pode ser mais bem planejada de acordo com a situação de cada escola ou até mesmo cada sala de aula, e dessa forma potencializar a possibilidade de aprendizagem por parte dos discentes.

O levantamento do nível de proficiência dos alunos de uma determinada escola possibilita ao professor conhecer a população na qual ele irá se inserir, conhecendo fatores intra e extraescolares que podem influenciar no processo de aprendizagem do aluno, assim o docente poderá escolher técnicas e materiais de acordo com o que irá encontrar. Possibilita ainda para o professor conhecer os subsunçores dos alunos o que

segundo a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel formam a base para que novas informações se ancoram de maneira significativa.

Para o ensino de Física as avaliações podem ir mais profundamente na busca de informações sobre a maneira como as habilidades relacionadas a essa disciplina se desenvolvem durante o processo de aprendizagem dos discentes. As ferramentas de “medida do conhecimento” utilizadas por esse tipo de avaliação permitem ao pesquisador melhor entender as fases de desenvolvimento das habilidades e competências de física que poderão auxiliar o professor em sua prática docente. Nas áreas de conhecimento que já utilizam há mais tempo desse mecanismo de pesquisa como a matemática e a língua portuguesa, já foi possível a construção de uma escala de proficiência que permite visualizar como as habilidades se ancoram e quando estas começam eclodir. O conhecimento desses fatores é de extrema importância para o docente desenvolver um trabalho em sala de aula mais eficaz, garantindo maior qualidade de seu trabalho. As avaliações em Ciências e mais especificamente em Física são relativamente novas e ainda apresentam poucas edições de aplicações de testes, dessa forma ainda não existe uma escala de proficiência como a de matemática e língua portuguesa. O INEP já deu o primeiro passo em direção à construção de uma escala de proficiência de Física com o chamado Mapa de itens que basicamente é um instrumento que permite ancorar os itens e seus descritores em uma escala de proficiência através do estudo dos itens âncoras que será discutido no capítulo 4. Nesse mapa, até o presente momento o INEP inseriu os itens das edições do ENEM de 2009 a 2012 [Portal INEP, 2015]. Como parte da pesquisa realizada no âmbito desse mestrado foi feito um mapeamento dos itens âncoras do ENEM na tentativa de completar esse Mapa de itens.

A interpretação das escalas de proficiência permitirá ao professor de Física compreender diversos fatores sobre o conhecimento de seus alunos. De acordo com OLIVEIRA,

[...] Uma boa análise de uma escala de proficiência deve oferecer informações relevantes sobre o desenvolvimento cognitivo dos alunos, descrevendo, por meio de resultados apresentados através de escores de proficiência, níveis distintos de ações e operações mentais utilizadas pelos alunos ao resolverem os desafios cognitivos expressos nos itens dos testes. A interpretação da escala deve apresentar, portanto, as habilidades desenvolvidas e consolidadas pelos alunos, como

características de etapas próprias de seu desenvolvimento cognitivo, dentro de cada área do conhecimento avaliada [OLIVEIRA, 2008].

2.1.2 Breve histórico das avaliações no Brasil e as políticas públicas educacionais

A avaliação em larga escala busca fazer um retrato da atual situação da educação, os resultados gerados podem ser usados na elaboração de políticas públicas educacionais mais condizentes com a realidade de cada estado, região ou escola.

Possibilita o acompanhamento do andamento do sistema educacional brasileiro o que permite tomar as devidas providências a fim de melhorar cada vez mais o sistema, visando o avanço educacional do país. Segundo FREITAS a avaliação em larga escala

[...] é um instrumento de acompanhamento global de redes de ensino com o objetivo de traçar séries históricas do desempenho dos sistemas, que permitam verificar tendências ao longo do tempo, com a finalidade de reorientar políticas públicas [FREITAS, 2009].

Até o início dos anos de 1990, não se tinha plena consciência se as políticas educacionais de fato estavam dando resultados positivos para o sistema educacional brasileiro, pois não existiam medidas de avaliações que apresentassem resultados confiáveis a respeito da qualidade do ensino no país. Com a criação do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) implementado pelo Ministério da Educação (MEC) por meio do INEP em 1990, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) em 1998 e a Prova Brasil em 2005, passou-se a produzir informações que orientam as políticas educacionais.

A partir de 2007 o Brasil passou a adotar o IDEB, Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, como indicador da qualidade da educação básica. Tal indicador permite definir metas e acompanhar a qualidade do ensino básico do Brasil. O cálculo do IDEB leva em consideração a aprovação escolar, os dados do Censo Escolar, e a média de desempenho obtidas nas avaliações em larga escala [CASTRO, 2009]. De acordo com o INEP

“O Ideb é mais que um indicador estatístico. Ele nasceu como condutor de política pública pela melhoria da qualidade da educação, tanto no âmbito nacional, como nos estados,

municípios e escolas. Sua composição possibilita não apenas o diagnóstico atualizado da situação educacional em todas essas esferas, mas também a projeção de metas individuais intermediárias rumo ao incremento da qualidade do ensino. [Portal INEP, 2015]”

Além disso, algumas avaliações como o ENEM vem sendo utilizadas como critério de seleção para ingresso em universidades com o Sistema de Seleção Unificada (SISU) que consiste em um sistema informatizado do Ministério da Educação, por meio do qual instituições públicas de ensino superior oferecem vagas a candidatos participantes do Enem [Portal MEC SISU, 2015]. Existe ainda o Programa Universidade para Todos (PROUNI) criado pelo Governo Federal em 2004, que concede bolsas de estudo integrais e parciais (50%) em instituições privadas de ensino superior, em cursos de graduação e sequenciais de formação específica, a estudantes brasileiros, sem diploma de nível superior [Portal MEC PROUNI, 2015].

Em resumo, de acordo com MARGHOTI

[...] pode-se afirmar que, desde a Constituição Federal de 1988, passando pelas sucessivas Medidas Provisórias, pela LDB de 96, pelo Plano Nacional de Educação e por vários Decretos, constata-se um avanço no desenvolvimento e implementação de Políticas de Avaliação em Larga Escala para aferição quantitativa e qualitativa da Educação Nacional. [MARGHOTI ET AL, 2014].

2.2 Objetivos

As avaliações em larga escala têm como objetivo principal a coleta de dados que possibilitam uma análise criteriosa buscando diagnosticar a qualidade da educação pública. Essa análise e interpretação dos dados dão suporte à elaboração de políticas públicas que visam a melhoria da qualidade educacional. Além disso, permite o acompanhamento de perto do rumo do sistema educativo do país.

Através de instrumentos de avaliações (testes padronizados e questionários contextuais) cuidadosamente elaborados, as avaliações têm como objetivo buscar informações sobre os conteúdos adquiridos e os processos cognitivos envolvidos na resolução de um determinado item (problema). E ainda com a avaliação é possível recolher dados que podem fornecer informações de aspectos socioeconômicos tanto das

escolas quanto dos alunos e a forma de como esses aspectos interferem no processo de aprendizagem dos alunos.

Portanto, as avaliações objetivam a busca da melhoria da qualidade da educação através do fornecimento de informações a respeito do andamento do sistema como um todo, possibilitando que providências adequadas sejam tomadas de acordo com cada situação apresentada pelos resultados.

2.3 Estrutura e funcionamento

As avaliações possuem um papel fundamental na hora de medir o desempenho dos estudantes e a qualidade e o andamento da educação.

As avaliações em larga escala diferem-se das avaliações comuns aplicadas pelos professores em suas salas de aulas, por apresentarem técnicas de medidas do conhecimento muito mais elaboradas, mais precisas e que são constantemente aperfeiçoadas, o que permite obter uma gama muito maior de informações, diferentemente das interpretações individuais dos professores em suas avaliações internas.

2.3.1 Item versus questão

Nesse tipo de avaliação são utilizadas questões padronizadas denominadas itens, que normalmente medem uma única dimensão do conhecimento, ou seja, mede uma única habilidade. Isso permite enxergar melhor o déficit apresentado por cada indivíduo avaliado. Esses itens apresentam diferentes níveis de complexidade, o que possibilita estimar em qual ponto da escala de proficiência um aluno se encontra.

Os itens diferem-se das questões normalmente utilizadas em provas e testes aplicados pelos professores em suas salas de aulas, por medirem uma única habilidade ou dimensão do conhecimento. As avaliações internas normalmente utilizam questões que abordam uma variada gama de problemas que demandam do aluno a retomada ou movimentação de diversas habilidades para resolução correta da questão, esse tipo de avaliação apresenta como principal problema a impossibilidade de se aferir precisamente a dificuldade apresentada pelo aluno durante o processo de desenvolvimento da questão, o que prejudica o ensino e aprendizagem uma vez que fica impossível o professor ter ciência de onde o aluno apresenta dificuldades. Esse entre outros fatores é que determina as vantagens das avaliações externas em relação às avaliações internas.

Existem pelo menos dois tipos de itens utilizados em avaliações de larga escala e que permitem o emprego de teorias estatísticas para a análise dos resultados. 1 os itens dicotômicos, os quais admitem duas possibilidades, acerto ou erro. Esse tipo de item é conhecido como itens de múltipla escolha. 2 os itens politômicos, itens de resposta abertas ou resposta livre e itens de múltipla escolha avaliados de maneira gradual, ou seja, apresenta uma ou mais categorias intermediárias de acerto ou erro [ANDRADE, TAVARES, VALLE, 2000]. O Modelo mais utilizado nas avaliações de larga escala são os itens dicotômicos, esses itens são construídos segundo um padrão de elaboração que será discutido mais adiante nesse trabalho, esses padrões de elaboração são necessários para atender às exigências da Teoria de Resposta ao Item que será apresentada e discutida no capítulo 4 dessa dissertação. Apesar de esses itens apresentarem duas possibilidades de correção (acerto ou erro), os erros não são os mesmos, pois cada alternativa assinalada pelo aluno corresponde a um erro e também a um pensamento diferente desenvolvido durante a resolução do item. As alternativas dos itens são pensadas e elaboradas de acordo com possíveis pensamentos a serem desenvolvidos pelo respondente durante o processo de resolução do item. As alternativas são compostas pela alternativa correta (o gabarito) e as demais alternativas (as erradas) são chamadas de distratores. Os distratores são nada mais que alternativas erradas, mas que apresentam como justificativa uma possibilidade plausível de pensamento por parte do aluno respondente.

2.3.2 Matriz de referência e currículo mínimo

A matriz de referência é um documento que norteará todo o processo de elaboração do instrumento de avaliação. Nesse documento é encontrado o conjunto de habilidades que se espera que os alunos que estão na etapa avaliada tenham desenvolvido. De acordo com PDE/SAEB, a Matriz de Referência é o referencial curricular do que será avaliado em cada disciplina e série, informando as competências e habilidades esperadas dos alunos [PDE/SAEB Brasil, 2011].

É de extrema importância que o professor não confunda a matriz de referência com o currículo que deve ser usado para elaborar o plano anual de curso e de aula. A matriz de referência para a avaliação é apenas um recorte do currículo mínimo, contendo apenas as habilidades consideradas mínimas para a etapa de escolarização em questão e habilidades que são possíveis de serem aferidas através dos testes utilizados nas avaliações. As matrizes de referência não englobam todo o currículo escolar. É feito

um recorte com base no que é possível aferir por meio do tipo de instrumento de medida utilizado e que, ao mesmo tempo, é representativo do que está contemplado nos currículos vigentes no Brasil [...]. As matrizes são, portanto, a referência para a elaboração dos itens da Prova [PDE/SAEB Brasil, 2011].

Mesmo não sendo conteúdo e englobando apenas parte do currículo as matrizes são importantes instrumentos para análise e problematização nas escolas. A análise indica a origem das questões e que tipos de conhecimento estão sendo cobrados nos testes [PEREIRA, 2014]. É importante que os agentes envolvidos no processo de ensino tenham conhecimento sobre a elaboração das matrizes. Esse processo de elaboração leva em conta a hierarquização dos conhecimentos e dessa forma utiliza-se de um instrumento para padronização da linguagem empregada nesses tipos de documentos, a Taxonomia de Bloom que é abordada no capítulo 3 dessa dissertação. Quando conhecidas as matrizes curriculares torna-se possível analisar os resultados dos testes verificando o que e quanto os alunos apreenderam no percurso desenvolvido até então. Possibilita perceber onde estão as deficiências que atingem a maioria dos alunos [PEREIRA, 2014].

A matriz é dividida em tópicos ou domínios relacionados ao conteúdo. Cada domínio é constituído por um conjunto de descritores. O descritor está relacionado a uma determinada habilidade e um conhecimento do conteúdo a ser avaliado. O descritor é uma associação entre conteúdos curriculares e operações mentais desenvolvidas pelos alunos, traduzindo determinadas habilidades e competências. Essa associação apresenta um resultado que orienta todo o processo de construção dos itens do teste de proficiência escolar [OLIVEIRA, 2008].

Portanto, todo o instrumento de avaliação é elaborado de acordo com a matriz de referência, esse instrumento deve ser pensado de forma a abordar todos os descritores da matriz garantindo assim que sejam avaliadas todas as habilidades presentes nesse documento.

2.3.3 Elaboração do instrumento de avaliação

O instrumento utilizado nas avaliações de larga escala são os testes padronizados. Esses testes são construídos de acordo com as habilidades contidas e descritas nas matrizes de referência do sistema avaliativo.

Os cadernos do teste são constituídos por um ou mais Blocos Incompletos Balanceados (BIB). O BIB é formado por um conjunto de itens sendo uma parcela da

quantidade total de itens que compõe o teste. Esses blocos individualmente não cobrem toda a matriz, ou seja, não contemplam todas as habilidades presentes na matriz, daí o nome incompleto, são balanceados segundo critérios como níveis de dificuldade, posicionamento adequado dos itens para evitar gabaritos repetidos em sequência dificultando o acerto por padrão de respostas. Cada bloco de itens busca abordar todos os domínios da matriz, é interessante que cada bloco apresente o mesmo nível de dificuldade, pois assim os cadernos também irão apresentar os mesmos níveis de dificuldade evitando que alunos que respondem a cadernos diferentes façam testes mais ou menos difíceis, ou seja, cada aluno será avaliado com instrumentos que apresentam os mesmos níveis de dificuldades. Além disso, o ideal é que o bloco seja montado de maneira a iniciar com itens mais fáceis seguidos de itens mais difíceis e finalizando com itens mais fáceis, dessa forma evita do aluno desanimar no início do teste por não conseguir resolver os primeiros itens ao mesmo tempo em que evita que ele deixe de responder os itens no final do bloco por fadiga.

Os testes são constituídos por uma parcela de itens novos (itens pré-testados em outra população, mas que apresentam características parecidas com a população que se pretende avaliar) e outra parcela (cerca de 35% a 40%) de itens que já foram aplicados na população em questão, esses itens servirão para equalizar os itens novos. A quantidade de itens em cada nível de dificuldade é escolhida segundo a quantidade de alunos em cada um desses níveis, portanto, se um teste for aplicado em uma população que possui cerca de 20% dos alunos em uma determinada faixa da escala, o teste deve conter 20% dos seus itens com parâmetro de dificuldade nessa mesma faixa. Esses parâmetros de dificuldades serão melhores esclarecidos no capítulo referente à Teoria de Resposta ao Item. Essa distribuição dos itens garante que o instrumento avaliativo elaborado seja mais adequado à população que será avaliada, o que possibilita obter informações mais precisas. Para melhor explicar a importância dessa adequação do instrumento, imagine que se pretende medir o comprimento de uma mesa, para essa tarefa uma régua de um metro de comprimento parece ser um instrumento adequado. Imagine agora que se queira medir o tamanho de um campo de futebol, para esse caso não é muito adequado usar o mesmo instrumento de medida utilizado na medida da mesa, claro que seria possível realizar a medida, no entanto o resultado encontrado seria carregado de erros associados à medida. Para essa nova tarefa o ideal é utilizar outro instrumento de medida de comprimento como, por exemplo, o teodolito que basicamente é um instrumento óptico muito utilizado para medir as dimensões de

grandes extensões de terra, estradas, etc. A escolha do instrumento de medida mais adequado é de extrema importância para garantir que os resultados obtidos ao final do processo de medida sejam mais confiáveis.

Por fim, deve-se definir um padrão de medida para possibilitar a comparação dos dados obtidos o que permitirá uma interpretação desses resultados. Da mesma forma que para medir o comprimento de um objeto é definido o metro como unidade padrão, é preciso definir uma escala de “medida de conhecimento” essa unidade padrão de conhecimento é definida pela escala de proficiência. De acordo com OLIVEIRA, os resultados obtidos com a aplicação do instrumento de avaliação,

[...] são interpretados por meio das escalas de proficiência que apresentam ordenadamente, em um continuum, o desempenho dos avaliados, do nível mais baixo ao mais alto. Então, os resultados da avaliação em larga escala são demonstrados em uma escala de proficiência apresentada em níveis, como, por exemplo, a escala de proficiência do SAEB, que varia aproximadamente de 0 a 500 pontos, de modo a conter, de forma bem distribuída, em uma mesma métrica, os resultados do desempenho escolar dos alunos da 4ª e 8ª séries do Ensino Fundamental e 3ª série do Ensino Médio.

Assim, os alunos situados em um nível mais alto da escala revelam dominar não só as habilidades do nível em que se encontram, mas também aqueles níveis anteriores. Quem está no terceiro nível de proficiência domina também as habilidades características no segundo nível e no primeiro; quem está no último nível revela também as habilidades de todos os níveis anteriores. Analisar cuidadosamente a descrição das habilidades características de cada nível de proficiência produz um diagnóstico do desempenho escolar [OLIVEIRA, 2008].

2.4 Avaliações municipais e estaduais

Apesar de existirem sistemas nacionais de avaliação alguns estados e municípios brasileiros optaram por desenvolverem seus próprios sistemas de avaliação. Mas qual é a vantagem disso? Esses estados e municípios sentiram uma crescente necessidade de controle sobre o processo avaliativo para assim possibilitar o levantamento de

informações mais contextualizadas sobre o processo de aprendizagem de seus alunos. [BROOKE, CUNHA, FALEIROS, 2011].

As vantagens em se desenvolver sistemas próprios de avaliação é a possibilidade de se criar um instrumento de avaliação mais adequado com a realidade de cada estado ou município. Cada estado apresenta uma característica própria de seu sistema educacional que muitas vezes não é refletido em um sistema com abrangência nacional como o ENEM ou o SAEB. Muitos desses estados utilizam itens que fazem parte do sistema nacional de avaliação possibilitando assim uma comparabilidade dos resultados gerados pelo sistema próprio com os resultados nacionais. De acordo com BROOKE, CUNHA e FALEIROS dois fatores que contribuíram para a expansão da utilização das avaliações de grande escala na gestão da educação foram:

[...] a) a disseminação de um modelo de reforma educacional na década de 1990 calcado na avaliação educacional e voltado para a melhoria da qualidade; e b) a incorporação pelos governos de metodologias de gestão baseadas em critérios de eficiência e de planejamento estratégico e voltadas para a melhoria nos resultados dos serviços públicos. No caso dos governos subnacionais brasileiros, deve-se acrescentar um terceiro fator: c) o incentivo criado pela inauguração de um indicador nacional de desenvolvimento educacional e pela liderança do MEC ao fixar o foco nos resultados e no uso da avaliação educacional entre as diretrizes principais do Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação [BROOKE, CUNHA, FALEIROS, 2011].

Em 2007 com a criação do IDEB e a incorporação da média de desempenho dos estudantes na Prova Brasil, as avaliações externas passam a incentivar a criação de sistemas de avaliações em níveis estaduais e municipais. A partir de 2007 observou-se que além dos estados que já possuíam algum sistema próprio outros começaram a se inserir nesse meio, além disso, há evidências de que os estados que implementaram avaliações apresentaram, em comparação com os outros estados, maior elevação da proficiência média em matemática entre 1997 e 2005, esse fato serve de incentivo para que os outros estados brasileiros criem seus sistemas avaliativos para monitorar a educação em seu território [BROOKE, CUNHA, FALEIROS, 2011].

O quadro 2.1 abaixo apresenta os estados brasileiros e seu respectivo programa de avaliação quando há.

Estado	Sistema	Sigla
Acre	Sistema Estadual de Avaliação da Aprendizagem Escolar	SEAPE
Alagoas	Avaliação de Aprendizagem da Rede Estadual de Ensino de Alagoas	AREAL
Amapá	Não há	
Amazonas	Sistema de Avaliação do Desempenho Educacional do Amazonas	SADEAM
Bahia	Sistema de Avaliação Baiano da Educação	SABE
Ceará	Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará	SPAECE
Espírito Santo	Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo	PAEBES
Goiás	Sistema de Avaliação Educacional do Estado de Goiás	SAEGO
Maranhão	Avalia Maranhão	Avalia Maranhão
Mato Grosso	Não há	
Mato Grosso do Sul	Sistema de Avaliação da Educação da Rede Pública de Mato Grosso do Sul	SAEMS
Minas Gerais	Sistema Mineiro de Avaliação da Educação Pública	SIMAVE
Pará	Sistema Paraense de Avaliação Educacional	SisPAE
Paraíba	Não há	
Paraná	Sistema de Avaliação da Educação Básica do Paraná	SAEP
Pernambuco	Sistema de Avaliação Educacional de Pernambuco	SAEPE
Piauí	Sistema de Avaliação Educacional do Piauí	SAEPI
Rio de Janeiro	Sistema de Avaliação da Educação do Estado	SAERJ

	do Rio de Janeiro	
Rio Grande do Norte	Não há	
Rio Grande do Sul	Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar do Rio Grande do Sul	SAERS
Rondônia	Sistema de Avaliação Educacional de Rondônia	SAERO
Roraima	Não há	
Santa Catarina	Não há	
São Paulo	Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo	SARESP
Sergipe	Exame de Avaliação da Educação Básica do Estado de Sergipe	EXAEB-SE
Tocantins	Sistema de Avaliação da Aprendizagem Permanente do Estado do Tocantins	sisAPTO

Quadro 2.1: Sistemas estaduais de avaliação.

Todos os sistemas de avaliação apresentados no quadro 2.1 avaliam pelo menos Língua Portuguesa e Matemática, apenas o SADEAM, o SABE, o sisAPTO, o SARESP e o PAEBES, avaliam Física. As avaliações nas áreas de Ciências da Natureza e particularmente em Física são muito escassas, o que dificulta a realização de um estudo mais amplo sobre o ensino de Física no país, diferentemente das áreas de Língua Portuguesa e Matemática que desde os anos 2000 vem sendo, através dos sistemas de avaliações, coletadas e estudadas informações sobre o ensino dessas disciplinas.

No quadro 2.2 abaixo são apresentados alguns sistemas municipais de avaliação.

Município	Sistema	Sigla
Belo Horizonte	Sistema de avaliação da educação pública da Prefeitura de Belo Horizonte	AVALIA BH
Campo Grande	Avaliação Externa de Desempenho dos Alunos da Rede Municipal de Ensino de Campo Grande	AVALIA REME
Curitiba	Sistema Municipal de Avaliação do Rendimento Escolar de Curitiba	SIMARE
Florianópolis	Prova Floripa	PROVA

		FLORIPA
Ipojuca	Sistema de Avaliação Educacional Municipal do Ipojuca	SAEMI
Salvador	Avaliação Externa da Rede Pública Municipal de Ensino de Salvador	PROVA SALVADOR
Teresina	Sistema de Avaliação Educacional de Teresina	SAETHE

Quadro 2.2: Sistemas municipais de avaliação.

Dos programas municipais de avaliação apresentados no quadro 2.2 os que possuem avaliação na área de Ciências da Natureza são: SAEMI, PROVA FLORIPA, SIMARE e AVALIA BH. As matrizes de referência para estes sistemas de avaliações são compostas por habilidades referentes às disciplinas de Biologia, Física e Química. Cada bloco (BIB) é constituído de itens que abordam as três disciplinas. Isso ocorre nas etapas de 3º ao 9º ano do Ensino Fundamental, pois nessas etapas as disciplinas Biologia, Física e Química são ensinadas em uma única disciplina chamada de Ciências.

No apêndice A será feita uma breve apresentação das características dos programas estaduais de avaliações que avaliam a disciplina Física. Também é apresentado nesse apêndice os descritores de Física para cada um desses programas de avaliação.

2.5 Avaliações nacionais e internacionais

2.5.1 Sistema de avaliação da educação básica (SAEB)

A preocupação do Estado brasileiro com a coleta e análises de informações a cerca da qualidade e do andamento da educação vem aumentando desde as décadas de 1980 e 1990. O Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) foi criado em 1990. Organizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) órgão ligado ao Ministério da Educação (MEC), com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade da educação e para a universalização do acesso à escola, oferecendo subsídios concretos para a formulação, reformulação e o monitoramento das políticas públicas voltadas para a Educação Básica [Portal INEP].

O SAEB é constituído por três avaliações:

- **Avaliação Nacional da Educação Básica – ANEB:** Avaliação amostral de alunos das redes públicas e privadas do país, matriculados no 5º ano e 9º ano do Ensino Fundamental e no 3º ano do Ensino Médio, realizada bianualmente, tem como principal objetivo avaliar a qualidade, a equidade e a eficiência da educação brasileira. Apresenta

os resultados do país como um todo, das regiões geográficas e das unidades da federação.

- **Avaliação Nacional do Rendimento Escolar - ANREsc (também denominada "Prova Brasil"):** Avaliação censitária (busca abranger toda ou a maioria dos alunos do período escolar que se pretende avaliar) dos alunos do 5º ano e 9º ano do Ensino Fundamental das escolas públicas das redes municipais, estaduais e federais, com o objetivo de avaliar a qualidade do ensino ministrado nas escolas públicas. É realizada bianualmente e participam desta avaliação as escolas que possuem, no mínimo, 20 alunos matriculados nos anos avaliados, sendo os resultados disponibilizados por escola e por ente federativo.

- **A Avaliação Nacional da Alfabetização – ANA:** Avaliação censitária dos alunos do 3º ano do Ensino Fundamental das escolas públicas realizada anualmente. O objetivo principal é avaliar os níveis de alfabetização e letramento em Língua Portuguesa, alfabetização Matemática e condições de oferta do Ciclo de Alfabetização das redes públicas. A ANA foi incorporada ao SAEB pela Portaria nº 482, de 7 de junho de 2013. [Portal INEP].

A partir do ano de 1995 o SAEB passou a adotar a Teoria de Resposta ao Item o que lhe conferiu uma confiabilidade ainda maior dos resultados gerados.

2.5.2 Exame nacional do ensino médio (ENEM)

Criado em 1998 o ENEM tem como objetivo avaliar os estudantes na saída do ciclo da educação básica. O teste é aplicado anualmente avaliando as áreas de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências Humanas e Ciências da Natureza. A partir de sua edição de 2009 o ENEM foi reestruturado para possibilitar a aplicação da Teoria de Resposta ao Item. Além do fornecimento de informações sobre a qualidade da educação ao final do Ensino Médio, os resultados do ENEM são utilizados como mecanismo de ingressos nas instituições federais de ensino superior, além do programa ProUni (Programa Universidade para Todos) com ofertas de descontos para ingresso em Faculdades particulares.

A estrutura de funcionamento do ENEM será mais detalhada no capítulo 5 dessa dissertação, nessa parte do trabalho o objetivo foi apresentar os sistemas de avaliação de abrangência nacional de forma mais informativa.

2.5.3 Programme for international student assessment (PISA) - programa internacional de avaliação de estudantes -

O PISA foi iniciado no ano de 2000, é desenvolvido sob a responsabilidade da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), sendo coordenado em cada país por uma Coordenação nacional, no caso do Brasil pelo INEP [Portal INEP].

Suas aplicações ocorrem a cada 3 anos, com a participação de alunos com idade de 15 anos. São avaliadas as áreas de Leitura, Matemática e Ciências, dando maior ênfase em cada edição a uma dessas três áreas. As edições do PISA que tiveram como foco as avaliações em Ciências foram a de 2006 e de 2015.

O quadro 2.3 abaixo apresenta os resultados atingidos pelo Brasil desde a edição do programa aplicada no ano 2000.

	Pisa 2000	Pisa 2003	Pisa 2006	Pisa 2009	Pisa 2012
Número de alunos participantes	4.893	4.452	9.295	20.127	18.589
Leitura	396	403	393	412	410
Matemática	334	356	370	386	391
Ciências	375	390	390	405	405

Quadro 2.3: Resultados¹ do Brasil na participação nas cinco últimas edições do PISA [Portal INEP].

A escala de proficiência do PISA é apresentada no quadro 2.4 abaixo. Observe nesse quadro que o Brasil desde sua primeira participação manteve-se no nível mais baixo, o que evidencia o grande problema com a educação científica nacional. O baixo desempenho do Brasil nas edições do PISA demonstra a falta de investimento em letramento científico no país e mostra a importância de se monitorar o andamento da educação brasileira em Ciências. Observa-se que a maioria dos envolvidos nos desenvolvimentos de políticas educacionais dá muito foco em resultados de Matemática e Língua Portuguesa ignorando o grande problema que vem se alastrando no Brasil, o precário ensino de Ciências.

¹ Os resultados do PISA de 2015 não foram disponibilizados até o presente momento. Para demais informações sobre os resultados de cada país, pode ser acessado o endereço eletrônico do INEP disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/internacional-novo-pisa-resultados>>.

Nível	Limite inferior	O que os estudantes em geral podem fazer em cada nível
6	707,9	Estudantes no Nível 6 da escala de ciências conseguem identificar com segurança, explicar e aplicar conhecimento científico e conhecimento sobre ciências em uma grande variedade de situações complexas de vida. Conseguem relacionar diferentes fontes de informações e explicações e utilizar evidências extraídas dessas fontes para justificar suas decisões. Demonstram claramente e de maneira consistente, pensamento e raciocínio científicos avançados, e utilizam seu conhecimento científico para lidar com situações científicas e tecnológicas não conhecidas. Estudantes neste nível conseguem utilizar o conhecimento científico e desenvolver argumentos para justificar recomendações e decisões focadas em situações pessoais, sociais e globais.
5	633,3	Estudantes no Nível 5 de proficiência conseguem identificar componentes científicos de muitas situações complexas da vida, aplicar conceitos científicos e conhecimento sobre ciências a essas situações, e comparar, selecionar e avaliar evidências científicas adequadas em resposta a situações da vida. Os estudantes neste nível conseguem utilizar habilidades desenvolvidas de pesquisa, relacionar adequadamente conhecimentos e ter discernimento crítico em relação às situações. Conseguem elaborar explicações baseadas em evidências e argumentos gerados por sua análise crítica.
4	558,7	Estudantes no Nível 4 de proficiência lidam de maneira eficaz com situações e questões que possam envolver fenômenos explícitos que exigem inferências sobre o papel da ciência ou da tecnologia. Conseguem selecionar e integrar explicações de diferentes disciplinas da ciência ou da tecnologia e relacioná-las diretamente a aspectos de situações da vida. Estudantes nesse nível conseguem refletir sobre suas ações e comunicar suas decisões utilizando evidências e conhecimentos científicos.
3	484,1	Estudantes no Nível 3 de proficiência conseguem identificar questões científicas descritas claramente em diferentes contextos. Conseguem selecionar fatos e identificar conhecimentos necessários para explicar fenômenos, assim como aplicar modelos simples ou estratégias de pesquisa. Estudantes neste nível conseguem interpretar e utilizar conceitos científicos de diferentes disciplinas e aplicá-los diretamente. Conseguem elaborar afirmações curtas utilizando fatos e tomar decisões baseadas em conhecimento científico.
2	409,5	Estudantes no Nível 2 de proficiência têm conhecimentos científicos adequados para elaborar explicações científicas possíveis em contextos conhecidos, ou para tirar conclusões baseadas em investigações simples. São capazes de desenvolver raciocínio direto e de fazer interpretações literais de resultados de pesquisas científicas ou de resoluções de problemas tecnológicos.
1	334,9	Estudantes no Nível 1 de proficiência têm um conhecimento científico tão limitado que pode ser aplicado apenas a algumas poucas situações conhecidas. Conseguem apresentar explicações científicas óbvias e que resultem diretamente de evidências oferecidas.

Quadro 2.4: Escala de proficiência em Ciências do PISA [Relatório Nacional PISA, 2012].

Capítulo 3

Organização dos objetivos educacionais: A hierarquização das ações cognitivas

Com as elaborações de currículos, matrizes e outros documentos educacionais perceberam-se uma necessidade de padronização da comunicação, ou seja, uma forma padronizada de linguagem que possibilita o diálogo entre quem elabora e quem lê os documentos. Dessa forma, no ano de 1956, Benjamin S. Bloom entre outros pesquisadores, organizou a chamada Taxonomia de Bloom, uma ferramenta que cumpre com esse objetivo de padronização das linguagens utilizadas em documentos educacionais. Segundo BLOOM a taxonomia tem a finalidade de classificar objetivos do sistema educacional bem como facilitar a troca de informações sobre os desenvolvimentos curriculares e os planos de avaliação [BLOOM ET AL,1972, pag. 1].

Entre as diversas aplicações da taxonomia destacam as seguintes: Auxiliar na especificação de objetivos em currículos, subsidiar o planejamento de aula, ajudar no preparo de programas de avaliação, facilitar a comunicação, favorecer trocas de ideias e materiais entre especialistas da educação.

Diferente de uma simples classificação dos objetivos educacionais, a taxonomia vai além, formando uma espécie de hierarquia entre tais objetivos, dessa forma diferentes ações cognitivas são classificadas em diferentes níveis de complexidade. A partir disso, verifica-se que um ensino adequado de um determinado conteúdo deve almejar o desenvolvimento de habilidades mais complexas a partir do desenvolvimento de habilidades consideradas mais simples. Como exemplo, para que um estudante de física consiga compreender adequadamente os conceitos relacionados às Leis de Newton, ele precisa conhecer de antemão alguns outros conceitos básicos e algumas grandezas e terminologias como, vetores, grandezas de natureza escalares e vetoriais, entre outros, portanto ele precisa desenvolver habilidades mais simples para que essas habilidades lhe sirvam de ancoradouro para o desenvolvimento de habilidades mais complexas. Assim o professor ao elaborar as atividades de ensino deve levar em consideração essa sequência adequada, é nesse ponto que a taxonomia pode ajudar, dando uma verdadeira contribuição para uma adequada e mais precisa categorização desses níveis de complexidade das ações cognitivas.

A Taxonomia visa a classificação dos comportamentos esperados dos alunos após receberem a explanação de um determinado conteúdo por meio de uma

determinada técnica utilizada pelo docente. Os autores deixam claro que não pretendem classificar a metodologia utilizada nem o relacionamento de aluno e professor, e sim a classificação do comportamento esperado, ou seja, o modo de agir, o sentimento e o pensamento desenvolvidos nos alunos como resultado de sua interação com alguma atividade de ensino [BLOOM ET AL,1972, pag. 11].

É importante ainda deixar claro que o resultado final não necessariamente vai ser igual ao esperado, uma vez que nem todo aluno responde igualmente a uma mesma intervenção pedagógica.

Passados cerca de 40 anos da publicação da taxonomia original, percebeu-se a necessidade de revisão no material original devido às novas teorias e tecnologias educacionais que surgiram nesses últimos anos.

3.1 A estrutura da Taxonomia original

A Taxonomia original é estruturada em três domínios: Cognitivo, Afetivo e o Psicomotor. O domínio cognitivo está relacionado às atividades pertinentes à cognição, memória, às habilidades e capacidades intelectuais. No domínio afetivo estão relacionados objetivos como mudanças de interesses, atitudes e valores e esse domínio é afetado pelo cognitivo. O terceiro relaciona-se às habilidades manipulativas ou motoras [BLOOM ET AL,1972, pag. 6].

O domínio cognitivo foi o mais utilizado nessa pesquisa, por essa razão será feito abaixo um maior detalhamento da estrutura desse domínio.

3.1.1 Domínio cognitivo

Na taxonomia original o domínio cognitivo é dividido em seis níveis que são apresentados na imagem abaixo em ordem crescente de nível de complexidade.

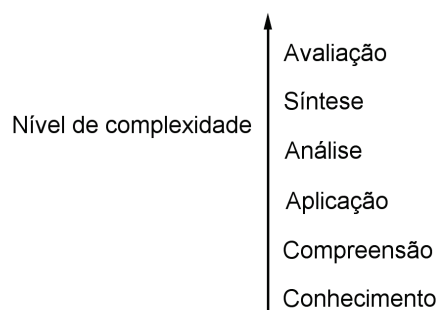


Figura 3.1: Níveis cognitivos de acordo com a taxonomia original. [Fonte: BLOOM ET AL, 1973].

Um objetivo educacional é composto por um verbo que traz a descrição do processo cognitivo pretendido e um substantivo que descreve o conhecimento que se

espera, por exemplo, o descritor D39 do SADEAM do 3º ano do Ensino Médio traz o objetivo “Diferenciar massa e peso de um corpo e suas unidades de medida”, o verbo “diferenciar” expressa o processo cognitivo no nível de análise enquanto o substantivo “massa e peso” expressa o conhecimento que se pretende desenvolver.

No nível do Conhecimento o aluno apenas lembra-se de algo sem necessariamente aplicar, ou entender. Neste nível ele apenas evoca informações específicas e isoladas como terminologia, fatos específicos e convenções, este é o nível de mais baixa complexidade, mas que é importante para que se estabeleçam os demais níveis de cognição. Um exemplo desse nível pode ser observado na matriz de referência do PAEBES do 3º Ano do Ensino Médio o descritor D42 que traz a descrição: Identificar as principais unidades de medidas físicas no Sistema Internacional de Unidades.

No manual original os próximos cinco níveis são classificados como capacidades e habilidades intelectuais. O nível de Compreensão é o nível mais baixo dessa classe, o aluno já inicia o entendimento de algum conteúdo, mas ainda não consegue estabelecer relações entre eles. Esse nível representa para o aluno o entendimento da mensagem literal contida em uma comunicação podendo ser modificada mentalmente por ele sendo expressa de maneira mais significativa [BLOOM ET AL,1972, pag. 77], nesse momento ocorre uma reorganização de seus conhecimentos, e essa reorganização servirá de suporte para novos conhecimentos e habilidades. Novamente recorrendo à matriz de referência do PAEBES, o descritor D68 - Interpretar grandezas físicas (potência, voltagem, intensidade de corrente, entre outros) em aparelhos eletroeletrônicos -, é um bom exemplo desse nível da taxonomia.

No nível Aplicação o aluno já é capaz de utilizar conceitos aprendidos anteriormente para resolver determinados problemas em uma situação nova ou mesmo um procedimento em alguma situação específica. De acordo com o manual original a diferença entre os níveis de compreensão e aplicação pode ser observada na seguinte situação:

“[...] um problema, ao nível da categoria da compreensão, requer que o aluno conheça suficientemente a abstração para demonstrar seu uso quando é necessário. A “aplicação”, entretanto, requer uma etapa além dessa. Em um problema novo para o aluno, ele deverá aplicar as abstrações apropriadas sem que lhe tenha sido sugerido quais são essas

abstrações ou sem que lhe seja ensinado como usá-las naquela situação [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 103].”

A figura 3.2 abaixo, extraída do manual original, traz um pequeno resumo do processo de resolução de problemas na categoria de aplicação.

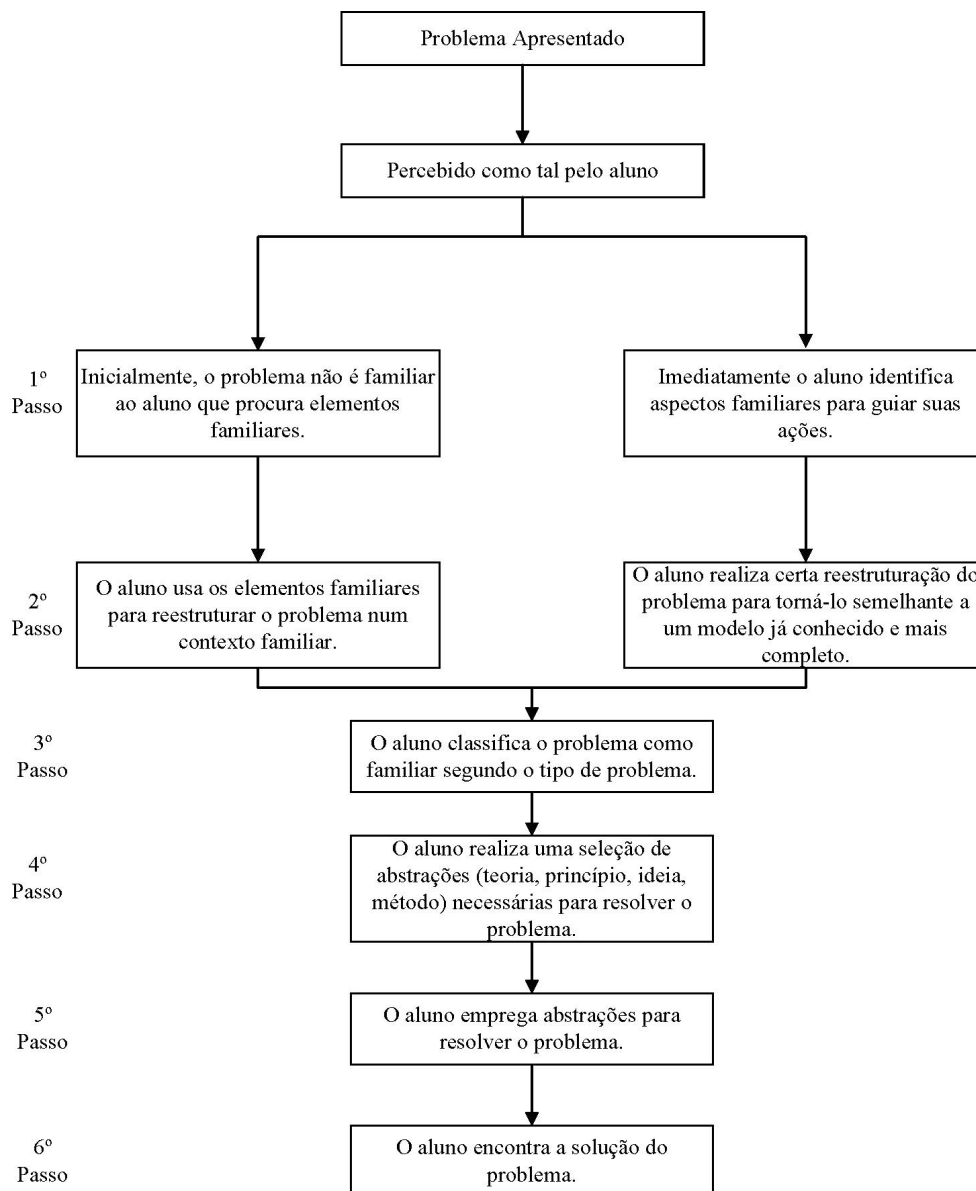


Figura 3.2: Resumo esquemático do processo de resolução de problemas na categoria de aplicação [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 104].

Um exemplo dessa categoria taxonômica pode ser extraído da matriz de referência do 3º ano do Ensino Médio do SADEAM, o descritor D03 - Aplicar o Princípio da Conservação da Energia Mecânica para resolver situações-problema envolvendo um corpo deslocando-se próximo à superfície da Terra.

O nível de Análise envolve o uso de desfragmentação de problemas mais complexos em problemas conhecidos que podem ser solucionados isoladamente, mas que se relacionam. De acordo com a taxonomia original no nível cognitivo de análise,

“[...] focaliza o desdobramento do material em suas partes constitutivas, a percepção de suas inter-relações e os modos de organização. Orienta-se, também, em relação às técnicas e instrumentos que se empregam para comunicar o significado ou estabelecer o resultado final de uma comunicação [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 123].”

O desenvolvimento desse nível de cognição é sem dúvida de extrema importância, principalmente na Física. Um exemplo para o nível de análise pode ser verificado no descritor D27 - Diferenciar calor e temperatura. – retirado da matriz de referência do 2º ano do Ensino Médio do SABE.

No nível de Síntese o aluno já é capaz de relacionar as partes de um todo e criar algo novo, ele consegue juntar tudo que aprendeu separadamente e compreender de fato como o todo funciona, como ocorre no ensino de Física, em que são ensinados diversas partes separadas como conceitos de massa, força, inércia entre outros conceitos e o entendimento de todos esses conceitos leva ao entendimento de um campo maior, a mecânica. A habilidade de síntese está relacionada à possibilidade de desenvolver a habilidade de criação. De acordo com o manual original entende-se por síntese

“[...] a união de elementos e partes, de modo a formar um todo. É um processo de trabalhar com elementos, partes, etc. e combiná-los para que constituam uma configuração não claramente percebida antes. [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 137].”

É importante destacar que nesse nível, diferentemente dos níveis mais baixos de compreensão, aplicação e análise, a habilidade de síntese possibilita ao aluno reunir informações de diversas fontes e reorganizá-lo de uma maneira que não era claramente percebida antes e dessa forma chegar a conclusões mais completas a respeito do conteúdo sintetizado. Essa habilidade é avaliada principalmente por meio de redações como as aplicadas nas avaliações do ENEM.

Atividades relacionadas à essa habilidade podem potencialmente proporcionar uma experiência mais ampla do que as atividades tradicionais de aquisição de ideias e conceitos [BLOOM ET AL, 1972]. Um bom exemplo de atividades relacionadas à

habilidade de síntese é o projeto mão na massa cuja principal finalidade é o ensino de Ciências buscando a construção do conhecimento por meio do levantamento de hipóteses e sua verificação através da experimentação, da observação direta do ambiente e de pesquisas bibliográficas, enfatizando o registro escrito e as conclusões pessoais e coletivas [PORTAL ABC NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA - MÃO NA MASSA].

Por último, no nível mais complexo encontra-se a Avaliação, nesse nível o aluno já é capaz de julgar ou avaliar um problema a partir de evidências e critérios [BLOOM ET AL, 1972]. Trata-se do final do desenvolvimento cognitivo e traz como novidade o fato de o aluno começar a atribuir valores. Esse nível possui vínculo com o desenvolvimento de comportamentos relacionados ao domínio afetivo. Segundo BLOOM o processo de avaliação

“[...] implica no uso de critérios e de padrões que permitem apreciar o grau de precisão, efetividade, economia ou suficiência de pormenores. [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 157].”

Observe que a taxonomia original possui um caráter unidimensional, ou seja, ela descreve apenas o processo cognitivo (verbos). Com a revisão da taxonomia proposta em 2001, uma das alterações mais marcantes é que a taxonomia revisada passa a ter duas dimensões, a dimensão do conhecimento e a dimensão do processo cognitivo. Mais abaixo será feito um detalhamento de cada uma dessas dimensões.

3.2 A estrutura da Taxonomia revisada

Com o passar dos anos após a publicação da taxonomia original, diversas novas tecnologias e teorias educacionais foram surgindo, e dessa forma percebeu-se a crescente necessidade de uma revisão do material original a fim de inserir esses novos conhecimentos.

Assim como na versão original, a taxonomia revisada tem por objetivo auxiliar o professor na escolha do que ensinar e do como ensinar, tornando mais claro o alinhamento entre o ambiente de aprendizagem e as atividades com o objetivo pretendido, tendo em vista que cada objetivo exige um tipo diferente de abordagem instrucional e também de avaliação. É de extrema importância manter um alto grau de alinhamento entre esses elementos, caso contrário as atividades instrucionais não influenciarão no desempenho dos discentes nas avaliações.

A diferença mais marcante entre a taxonomia revisada e a original é o caráter bidimensional que surge no novo manual com a divisão em duas dimensões separadas: 1º o substantivo representando a dimensão do conhecimento e 2º o verbo representando o como fazer, ou seja, o aspecto cognitivo.

3.2.1 Dimensão do conhecimento

Na taxonomia revisada a dimensão do conhecimento é dividida em quatro tipos que são listados juntamente com sua descrição no quadro 3.1 abaixo.

Dimensão do conhecimento	
Tipo de conhecimento	Descrição
Fatual	Os elementos básicos que os alunos precisam saber para estarem familiarizados com uma disciplina ou resolver problemas nesta disciplina.
Conceitual	As inter-relações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que os permita funcionar juntos.
Procedimental	Como fazer alguma coisa, métodos de perguntar e critérios para usar habilidades, algoritmos, técnicas e métodos.
Metacognitivo	O conhecimento da cognição em geral, assim como a consciência e o conhecimento da própria cognição.

Quadro 3.1²: Dimensão do conhecimento [Krathwohl et al, 2001].

3.2.2 Dimensão dos processos cognitivos

Segundo os autores da versão revisada da taxonomia, o processo cognitivo pode ser entendido como o meio pelo qual o conhecimento é adquirido ou construído e usado para resolver problemas diários e eventuais [ANDERSON et al, 2001].

As estruturas de verbos para essa dimensão foi mantida, no entanto as seis categorias foram renomeadas. A mudança mais significativa observada nessa dimensão foi a inversão do nível de complexidade das duas últimas categorias, a síntese e a avaliação.

Nessa nova versão da taxonomia os verbos em ordem de complexidade são apresentados no quadro 3.2 abaixo juntamente com uma breve descrição de seu significado. Vale ressaltar que seus significados são basicamente os mesmos da taxonomia original.

² Esse quadro foi retirado da tradução do manual revisado realizada pelo Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora CAEd/UFJF.

Dimensão dos Processos Cognitivos	
Categoria (VERBOS)	Descrição
Lembrar	Buscar conhecimento relevante da memória de longa duração. Subcategorias: Reconhecer e Relembrar.
Compreender	Construir significado de mensagens instrucionais, inclusive a comunicação oral, escrita e gráfica. Subcategorias: Interpretar, Exemplificar, Classificar, Sumarizar, Inferir, Comparar e Exemplificar.
Aplicar	Executar ou usar um procedimento em uma situação dada. Subcategorias: Executar e Implementar.
Analisar	Dividir o material em suas partes constituintes e determinar como as partes se relacionam uma com as outras e com a estrutura completa. Subcategorias: Diferenciar, Organizar e Atribuir.
Avaliar	Fazer julgamentos baseado em critérios e padrões. Exemplo de verbos: Verificar e Criticar.
Criar	Colocar elementos juntos para formar um todo coerente e funcional; reorganizar elementos em um novo padrão ou nova estrutura. Subcategorias: Gerar, Planejar e Produzir.

Quadro 3.2³: Dimensão dos Processos Cognitivos [Krathwohl et al, 2001].

Observe no quadro anterior que os significados de cada categoria são basicamente os mesmos da taxonomia original, assim como os níveis crescente de complexidades, destacando novamente que as categorias avaliar e criar foram mudadas de posição quanto ao nível de complexidade.

O Quadro 3.3 abaixo mostra a tabela completa da nova taxonomia. O objetivo instrucional será posicionado em uma das células dessa tabela, e, portanto, um objetivo passa agora a ser a interseção da dimensão do conhecimento com o processo cognitivo.

A dimensão do conhecimento	A dimensão do Processo Cognitivo					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.

³ Esse quadro foi retirado da tradução do manual revisado realizada pelo Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora CAEd/UFJF.

	Lembrar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
A. Fatural						
B. Conceitual						
C. Procedimental						
D. Metacognitivo						

Quadro 3.3: Tabela bidimensional de Bloom [Krathwohl et al, 2001].

Um exemplo de alocação de um objetivo de ensino na tabela de Bloom pode ser feita com o descritor D52 - Diferenciar fissão de fusão nuclear, retirado da matriz do SABE do 3º Ano do Ensino Médio, o verbo diferenciar está relacionado com a categoria analisar da dimensão do processo cognitivo, nesse descritor o aluno deve ser capaz de diferenciar o procedimento de fissão nuclear do procedimento de fusão nuclear, portanto esse descritor pode ser alocado na célula C4.

O desenvolvimento do conhecimento dos alunos segue certa hierarquia e conforme avançam em seus estudos eles devem ser capazes de aplicar e transferir seus conhecimentos. E para que eles atinjam esse nível de complexidade os professores devem elaborar um planejamento de ensino rigoroso, coerente e bem estruturado, e nesse ponto a ferramenta fundamental que pode contribuir significativamente para atingir tais objetivos é a Taxonomia de Bloom. Ela permite que o professor tenha uma visão menos turva sobre o desenvolvimento do conhecimento de determinados conteúdos de sua disciplina, possibilitando a elaboração de atividades instrucionais e avaliativas mais condizentes e com maior potencial para o ensino, elevando as chances de promover uma aprendizagem significativa para o indivíduo.

Além disso, serve para os especialistas em avaliação no momento de criar as questões avaliativas que irão compor os instrumentos de avaliação, onde se deve ter bem claro o objetivo que se pretende avaliar, pois um dos pré-requisitos da Teoria de Resposta ao Item é que o item seja unidimensional e, portanto ter um objetivo de avaliação bem planejado.

Capítulo 4

Medidas educacionais: Os modelos matemáticos TCT e TRI

Nesse capítulo serão apresentadas modelos estatísticos utilizados nas análises dos resultados das avaliações, sem se preocupar em aprofundar em cada um, mas de maneira suficiente para permitir uma correta e melhor compreensão pedagógica dos parâmetros estatísticos, o que possibilitará ao professor um melhor entendimento sobre o assunto. Caso o leitor se interesse em um maior aprofundamento dos conceitos estatísticos envolvidos, são disponibilizados diversos trabalhos na rede como ANDRADE, TAVARES, VALLE, (2000), BAKER (2001) e PASQUALI, PRIMI (2003). Para o propósito dessa pesquisa de mestrado o que será apresentado abaixo foi o suficiente.

Os modelos matemáticos apresentados nesse capítulo buscam posicionar em uma escala os traços de indivíduos ou grupos que não podem ser diretamente observados, os chamados traços latentes. Apesar de não serem medidas diretamente observáveis como o caso da altura de uma pessoa, sabe-se que as ações dos indivíduos são afetadas pela existência ou não de um traço latente (ou habilidade), por exemplo, pode-se estimar a altura de uma pessoa com base em seu comportamento ou conjunto de tarefas que ele é capaz ou não de realizar, criando-se uma escala e posicionando cada uma dessas possíveis tarefas nessa escala, e com base no conjunto de respostas fornecidas pelo indivíduo sobre quais tarefas ele é ou não capaz de realizar é possível obter uma estimativa da altura do indivíduo.

Um exemplo para melhor compreender como é feito o critério de estimativa de proficiência de um aluno, foi retirado do material utilizado em oficinas ministradas a serviço do CAEd para professores de física das redes de ensino.

Para estimar a altura de uma pessoa podem-se usar os seguintes itens:

- Item 1: Você consegue guardar as malas no bagageiro interno de um ônibus?
- Item 2: Você consegue subir ou descer dois degraus de cada vez em uma escada?
- Item 3: Para conversar com as pessoas, você precisa olhar para baixo?

Supondo três indivíduos submetidos a esse teste, com as respostas de acordo com o quadro 4.1 abaixo:

Nome	Item 1	Item 2	Item 3
Carolina	Sim	Não	Não
Priscila	Sim	Sim	Não
Leonardo	Sim	Sim	Sim

Quadro 4.1: Resposta para os itens para estimar a altura.

Esses itens podem ser posicionados em uma escala de altura como mostrado na figura 4.1 abaixo. Com base nas respostas dadas por cada respondente, é possível alocar nessa mesma escala tanto os itens quanto a altura do indivíduo.

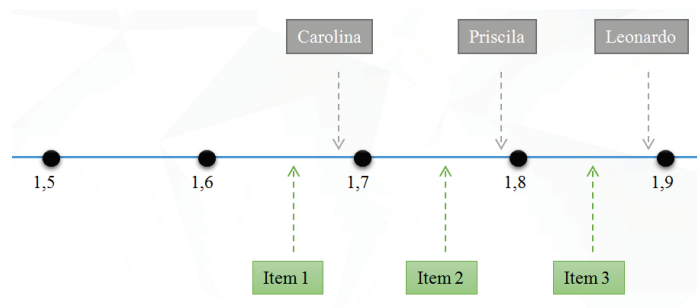


Figura 4.1: Escala para medida de altura.

Assim, conclui-se que a estimativa para as alturas de Carolina, Priscila e Leonardo são respectivamente 1,69 m, 1,79 m e 1,89 m.

Durante a aprendizagem, o comportamento é afetado pelo conhecimento, um exemplo: uma criança durante seu desenvolvimento não sabe que não se deve colocar o dedo em uma tomada energizada, sem esse conhecimento a criança em algum momento tentará colocar o dedo na tomada; a partir do momento em que ela experimentar um choque devido a sua ação, a criança passará a ter o conhecimento dos prejuízos associados essa atitude, e daí em diante irá ponderar sobre a plausibilidade de se colocar o dedo na tomada; portanto seu comportamento foi modificado pela aquisição de um novo conhecimento. Sendo assim, a partir de evidências baseadas nas ações dos avaliandos (respostas dadas nos itens) é possível avaliar se o indivíduo possui ou não um determinado conhecimento e qual nível desse conhecimento ele desenvolveu. Portanto esse capítulo faz um breve estudo sobre as teorias estatísticas utilizadas para estimar as habilidades dos indivíduos avaliados além de outros parâmetros psicométricos relevantes para analisar a qualidade dos instrumentos avaliativos utilizados.

4.1 Teoria Clássica dos Testes (TCT)

A teoria clássica é formada por um conjunto de técnicas e conceitos que possibilitaram a realização de análises mais detalhadas e confiáveis no campo da psicometria. A TCT pode ser aplicada em diversos casos, como por exemplo, nos instrumentos das avaliações educacionais.

Seus postulados básicos se aproximam do que normalmente se faz em sala de aula. A nota total (ou score) do teste de um aluno pode ser calculada como a soma dos acertos em cada item que compõe o instrumento de avaliação.

Visto que os resultados da TCT trazem informações sobre o resultado final obtido pelo aluno ao ser submetido ao teste avaliativo, é interessante buscar outras técnicas que forneçam informações sobre o sujeito de acordo com suas respostas, ou seja, que busquem analisar as partes e as probabilidades que podem levar ao resultado final. Para essa finalidade, pode-se utilizar a TRI que é apresentado no item 4.2 abaixo. Mesmo a análise clássica não sendo uma análise completa, ela pode ser usada como uma análise preliminar da qualidade dos itens utilizados no teste auxiliando na interpretação da distribuição das respostas dadas em cada item. Portanto, são utilizadas ambas as análises de forma complementar.

4.1.1 Parâmetros descritivos da TCT

Diversos parâmetros podem ser calculados utilizando a análise clássica:

- O índice de dificuldade, calculado pela proporção dos estudantes participantes que acertaram o item, ou seja, o percentual de acerto do item. Quanto menor o percentual de acerto de um item, mais difícil é esse item.
- O índice de discriminação que mostra a capacidade do item de diferenciar os estudantes de maior habilidade daqueles com menor habilidade, ou seja, espera-se que para o item com boa qualidade o percentual de acerto do grupo que possui maior habilidade seja maior que o percentual de acerto do grupo de menor habilidade, e quanto maior for a diferença entre esses percentuais de acerto, maior é a discriminação do item.
- A bisserial, que mostra a relação entre o desempenho do aluno em um item e o desempenho desse mesmo aluno na prova. Esse coeficiente mostra se os alunos que estão acertando o item são os alunos que apresentam o melhor desempenho no geral do teste. Portanto, um valor negativo desse coeficiente mostra que o item possui um problema de interpretação visto que alunos com bom

desempenho no teste (maiores notas) estão errando o item. O cálculo da correlação ponto-bisserial pode ser feito para cada alternativa utilizando a equação apresentada abaixo:

$$\rho_{pb} = \frac{\bar{X} - \bar{X}_T}{S_T} \sqrt{\frac{p}{1-p}}$$

Equação 4.1: Correlação ponto-bisserial [SANTO, 1978].

Em que:

ρ_{pb} é a correlação ponto-bisserial;

\bar{X} é a média dos escores dos alunos que marcaram a determinada alternativa;

\bar{X}_T é a média total dos escores do teste;

S_T é o desvio padrão do teste calculado por: $S_T = \sqrt{X_T^2 - \bar{X}_T^2}$;

p é a proporção dos estudantes que assinalaram a alternativa.

A bisserial pode ser usada para avaliar se existem itens com problemas de elaboração ou com erros de gabarito.

É possível calcular a bisserial de cada alternativa, e nesse caso, espera-se que apenas a alternativa correta apresente valores de bisserial positiva, pois a proporção de alunos com maiores notas assinalando essa alternativa é maior que a proporção dos alunos com baixos escores. Caso alguma alternativa além do gabarito apresente valores positivos para a bisserial, significa que alunos com elevados escores estão sendo atraídos para essa alternativa, por algum motivo, que pode estar relacionado ao processo cognitivo desenvolvido no procedimento de resolução do item, pode estar confundindo os respondentes levando-os a assinalar a alternativa errada. Nesse caso o ideal é alterar o item buscando outra alternativa que seja plausível ao contexto do item, mas que não seja atrativa a ponto de alterar a medida do item.

- O coeficiente alfa de Cronbach que mostra a consistência interna do instrumento de avaliação. Seu valor varia de 0 a 1, sendo menor a consistência para itens com valores próximos de 0 e maior para os itens com valores próximos de 1. O ideal seria que os itens apresentassem valores para esse coeficiente maiores que 0,8 indicando que existe boa fidedignidade do instrumento [Anjos, 2012]. O coeficiente alfa de Cronbach pode ser calculado pela fórmula abaixo:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2} \right)$$

Equação 4.2: Alfa de Cronbach [Andrade, 2000].

Em que,

n é o número de itens;

$\sum s_i^2$ é a soma das variâncias dos n itens;

s_T^2 é a variância global dos escores dos testes.

Embora a TCT seja bastante útil, essa teoria apresenta alguns problemas tais como: as medidas são totalmente dependentes da população que respondeu ao teste, portanto o teste somente servirá para aquela população ou uma população semelhante, outro problema é que testes diferentes com parâmetros psicométricos diferentes geram resultados diferentes para o mesmo indivíduo, outra limitação da teoria clássica é que se uma mesma habilidade é avaliada por dois instrumentos diferentes os resultados gerados não são expressos na mesma escala, ou seja, não será possível uma comparação direta. Além disso, a teoria pressupõe que a variância dos erros de medida dos indivíduos é a mesma, não levando em consideração que cada aluno pode realizar o teste de maneira mais consistente que outros [Sartes, 2013]. Essas e outras limitações levaram os pesquisadores a buscarem uma nova técnica de análise estatística dos testes que resolvessem essas limitações. Apesar de todos esses pontos problemáticos apresentados a TCT não deve ser descartada das análises dos instrumentos de avaliação, ela juntamente com a TRI devem ser utilizadas de maneira complementar.

4.2 Teoria de Resposta ao Item (TRI)

O objetivo primário das avaliações é medir traços latentes de um indivíduo, ou seja, características que não podem ser diretamente observadas, portanto, trata-se de uma medida indireta. A TRI busca associar a probabilidade de um indivíduo dar a resposta correta a um determinado item e seus traços latentes, ou habilidades que o indivíduo possui de uma determinada área de conhecimento que se pretende medir.

Um diferencial importante que essa teoria possui em relação às demais técnicas de avaliações é que ela permite traçar um comparativo entre populações que foram submetidas a provas que possuem ao menos alguns itens em comum [Andrade, 2000].

A TRI é um conjunto de modelos matemáticos que procuram representar a probabilidade de um indivíduo dar determinada resposta a um item como função dos

parâmetros do item e da habilidade (ou habilidades) do respondente. Essa relação é sempre expressa de tal forma que quanto maior a habilidade, maior a probabilidade de acerto no item. [Andrade 2000].

Existem diversos modelos matemáticos propostos pela TRI que expressam a probabilidade de um aluno acertar o item em função de sua proficiência. E cada modelo pode levar em consideração as seguintes características do instrumento utilizado: Se os itens são dicotômicos ou não dicotômicos, se existe uma ou mais de uma população envolvida e a quantidade de habilidades avaliadas por cada item. Itens que avaliam uma habilidade (ou traço latente) apenas são itens conhecidos como unidimensionais e itens que avaliam mais de uma habilidade são os itens multidimensionais. No caso do ENEM e do PAEBES e demais avaliações realizadas pelo CAEd, as características dos instrumentos são: itens dicotômicos (acerto ou erro) e unidimensionais. Dessa forma o modelo logístico unidimensional de três parâmetros (ML3) é o utilizado nas análises desses instrumentos de avaliação. De acordo com ANDRADE (2000), o modelo ML3 é definido pela função abaixo:

$$P(x_{ij} = 1 / \theta_j) = c_i + \frac{(1 - c_i)}{(1 + e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))})}$$

Equação 4.3: Função de Resposta do Item para o modelo ML3 [Andrade, 2000].

Com $i = 1, 2, 3, \dots, I$ itens e $j = 1, 2, 3, \dots, J$ indivíduos.

X é uma variável que pode assumir dois valores: 1 quando o indivíduo j responde corretamente o item i e 0 quando o indivíduo j erra o item i .

A variável θ é a habilidade ou o traço latente do avaliando. A constante D é um fator de escala igual a 1. Quando se deseja que a função logística forneça resultados semelhantes ao da função ogiva normal o valor da constante D é 1,7.

O parâmetro a é o poder de discriminação do item. O parâmetro b é o nível de dificuldade do item e apresenta a mesma escala da proficiência do aluno e o parâmetro c representa a probabilidade de indivíduos com baixa proficiência acertar o item [Andrade 2000].

Para facilitar a interpretação de cada parâmetro, pode-se realizar uma análise da representação gráfica dessa função logística, essa representação é chamada de Curva Característica do Item e é discutida na seção 4.2.1 abaixo.

Quando não se leva em consideração ou não há a possibilidade de acerto casual, a partir do modelo de três parâmetros é possível obter o modelo logístico unidimensional

de dois parâmetros (ML2), para isso basta fazer $c=0$. Existe também o modelo logístico unidimensional de um parâmetro (ML1) também conhecido como modelo de Rasch, nesse modelo além do parâmetro c ser igual a zero os itens possuem o mesmo poder de discriminação, ou seja, os parâmetros a dos itens são iguais [Andrade 2000].

Para itens não dicotômicos existem o Modelo de Resposta Nominal, o Modelo de Resposta Gradual, o Modelo de Escala Gradual e o Modelo de Crédito Parcial, além dos modelos que envolvem duas ou mais populações. Esses modelos não serão trabalhados nessa dissertação uma vez que escapa ao objetivo dessa pesquisa.

4.2.1 A curva característica do Item (CCI)

Para entender melhor o funcionamento da função logística do modelo de três parâmetros é interessante observar a curva característica do item (CCI) representada na figura 4.2.

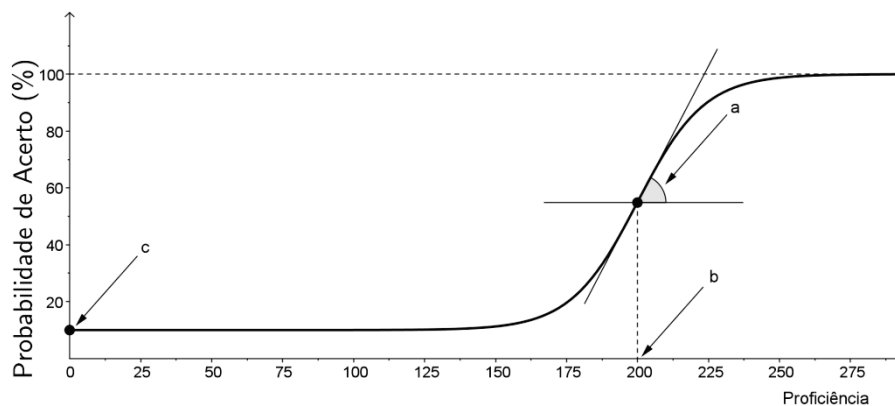


Figura 4.2: CCI modelo logístico de três parâmetros [Fonte: autor].

Essa curva foi construída no programa Geogebra 5.0.57 e possibilita entender melhor como cada um dos três parâmetros pode influenciar no item e na probabilidade de acerto de cada indivíduo. No eixo horizontal encontra-se a proficiência do aluno avaliado e no eixo vertical a probabilidade desse aluno acertar o item.

O valor do parâmetro a é proporcional à derivada no ponto de inflexão da CCI, ou seja, quanto maior o valor desse parâmetro maior será a inclinação da curva do item. Sendo assim, não se espera valores negativos para esse parâmetro, uma vez que isso significaria que quanto maior é a proficiência do aluno menor é a chance dele acertar o item. É possível observar através das figuras 4.3 a e 4.3 b que quanto maior o valor do parâmetro a , maior é a separação entre as probabilidades de dois indivíduos com diferentes proficiências acertar ao item, portanto o indivíduo com maior proficiência tem muito mais chance de acertar o item do que um aluno com baixa proficiência. Já no caso do parâmetro a assumir valores muito baixos, o que se observa é que esses mesmos

dois alunos têm probabilidades de acertar ao item muito próxima mesmo tendo uma diferença de proficiência grande.

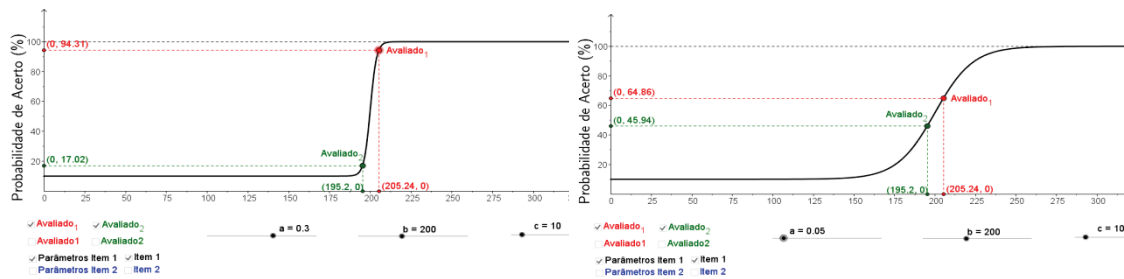


Figura 4.3 a (esquerda): CCI para item com parâmetro $a = 0,3$ e **Figura 4.3 b (direita):** CCI para o item com parâmetro $a = 0,05$ [Fonte: autor].

Observe que as proficiências do avaliado 1 e do avaliado 2 foram mantidas iguais em ambas as figuras. O mesmo ocorre com os parâmetros b e c do item. A diferença de proficiência entre esses dois indivíduos é aproximadamente 10 pontos. No primeiro item, onde o parâmetro a é maior, a diferença de probabilidade de cada um acertar o item é de 77,29%, já no segundo item a diferença cai para 18,92%. Portanto o segundo item em relação ao primeiro é menos adequado para diferenciar o aluno que sabe do que não sabe.

O parâmetro b está relacionado com o nível de dificuldade do item, e, portanto um item com parâmetro b alto requer um nível de proficiência maior por parte do aluno para aumentar suas chances de acertar o item, enquanto o item com baixo parâmetro b requer menos proficiência do aluno para responder corretamente o item. O parâmetro b corresponde à abscissa do ponto de inflexão da curva característica. De acordo com Andrade (2000), o parâmetro b representa a habilidade necessária para uma probabilidade de acertar o item de $(1 + c)/2$. Portanto, quanto maior o valor de b mais difícil é o item [Andrade, 2000].

Nas figuras 4.4 a e 4.4 b abaixo é apresentado o comportamento da curva do item para dois parâmetros b distintos. Note que ao aumentar o parâmetro b do item a curva se desloca para a direita onde o valor da proficiência é maior.

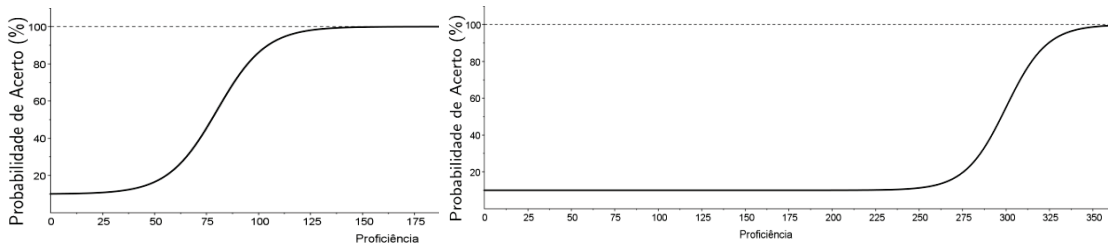


Figura 4.4 a (esquerda): CCI para item com parâmetro $b = 80$ e **Figura 4.4 b (direita):** CCI para o item com parâmetro $b = 300$ [Fonte autor].

É fácil observar agora que o aluno que possui proficiência maior que o valor do parâmetro b do item, possui maior probabilidade de acertar esse item.

O parâmetro c está relacionado com a possibilidade de o aluno com baixa proficiência acertar o item. Isso pode ser observado na CCI como sendo, aproximadamente, a altura onde a função se inicia. Observe nas figuras abaixo os dois itens com parâmetro c diferentes. É nítido, portanto, que itens com parâmetro c muito alto não são adequados.

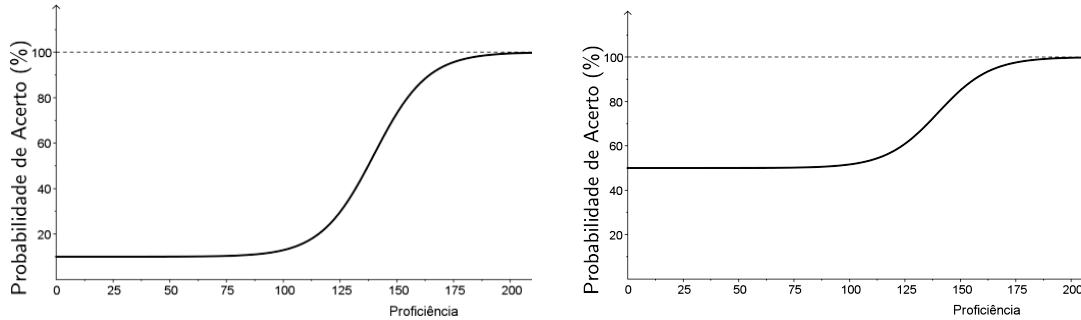


Figura 4.5 a (esquerda): CCI para item com parâmetro $c = 10$ e **Figura 4.5 b (direita):** CCI para o item com parâmetro $c = 50$ [Fonte: autor].

4.2.2 A curva de informação do Item (CII)

Outra ferramenta útil para as análises é a curva de informação do item gerada a partir da função de informação do item definida de acordo com Andrade por:

$$I_i(\theta) = \frac{\left[\frac{d}{d\theta} P_i(\theta) \right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)}$$

Equação 4.4: Função de Informação do Item [Andrade, 2000].

Onde, $I_i(\theta)$ é a informação fornecida pelo item no nível de habilidade θ , $P_i(\theta)$ é a probabilidade de acerto ao item e $Q_i(\theta)$ é a probabilidade de errar o item, ou seja, $Q_i(\theta) = 1 - P_i(\theta)$ [Andrade 2000]. Na figura 4.6 abaixo é apresentado o exemplo de uma curva de informação de um item do ENEM de 2009, essa curva foi gerado no software R versão 3.3.1.

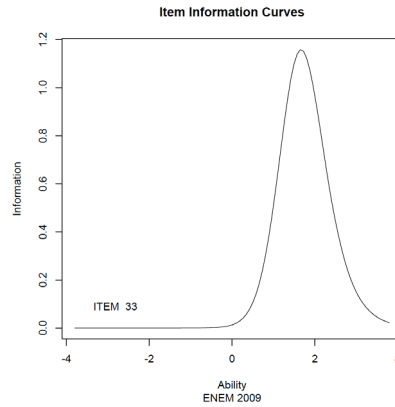


Figura 4.6: Curva de Informação do item do ENEM de 2009 [Fonte: autor].

O eixo vertical fornece a quantidade de informação que o item gera, no horizontal encontra-se a escala de proficiência do aluno, que é a mesma escala do parâmetro b do item. A escala utilizada adota como média o valor zero e desvio-padrão igual a 1, essa escala é comumente utilizada pela TRI e é representada por $(0,1)$. Mais adiante será mostrado como converter da escala $(0,1)$ para a escala $(500,100)$ utilizada para apresentar as notas do ENEM. Dessa forma no eixo horizontal são apresentadas proficiências entre quatro desvios-padrão abaixo da média e quatro desvios-padrão acima da média. Observe nessa curva que o ponto da escala de habilidade em que o item mais fornece informação é o ponto $+1,58$ desvios-padrão que corresponde ao valor do parâmetro b desse item, portanto esse item funciona melhor para avaliar os alunos que se encontra na faixa de $+1$ a $+3$ desvios-padrão de proficiência.

Observe nas figuras 4.7 a e 4.7 b abaixo, como o valor do parâmetro a do item afeta a curva de informação desse item.

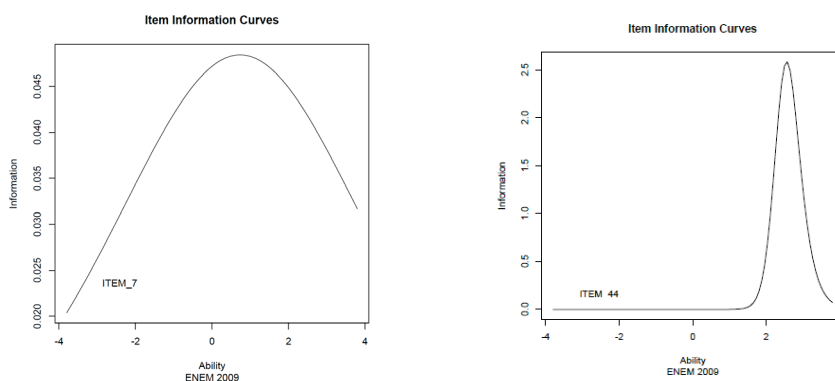


Figura 4.7 a (esquerda): CII para item com parâmetro $a = 0,44$ e **Figura 4.7 b (direita):** CII para o item com parâmetro $a = 3,89$ [Fonte: autor].

Observe que quanto menor o valor do parâmetro a maior é a abertura da CII, assim como menor é a informação fornecida pelo item, em contrapartida quanto maior o

parâmetro a , ou seja, quanto maior o poder de discriminação do item, menor é a abertura da curva de informação e maior é o pico de informação extraída pelo item.

O pico de informação do item encontra-se no entorno do parâmetro b do item, dessa forma o valor do parâmetro de dificuldade irá afetar a curva de informação transladando o pico de informação da curva, de maneira semelhante ao que ocorre na curva característica. Nas figuras 4.8 a e 4.8 b abaixo são apresentados dois exemplos dessa situação.

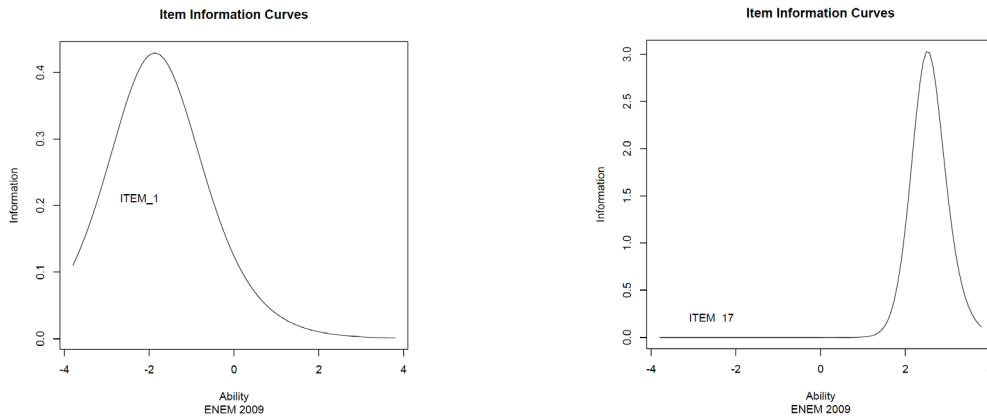


Figura 4.8 a (esquerda): CII para item com parâmetro $b = -1,87$ e **Figura 4.8 b (direita):** CII para o item com parâmetro $b = 2,50$ [Fonte, autor].

Dessa forma o parâmetro b do item indica a região da escala onde o item é mais adequado para a medida.

O parâmetro c também afeta a curva de informação, nesse caso quanto menor o valor do parâmetro de acerto ao acaso, maior a quantidade de informação que o item fornece.

Em resumo, quanto mais o valor da proficiência se aproxima do parâmetro b do item, e quanto maior o valor do parâmetro de discriminação e quanto menor o valor do parâmetro c , maior é a quantidade de informação do item [Andrade 2000].

4.2.3 A curva de informação do teste

A informação fornecida pelo instrumento de avaliação é a soma das informações que cada item do teste fornece. Matematicamente a função de informação do teste é dada por [Andrade, 2000]:

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^I I_i(\theta)$$

Equação 4.5: Função de Informação do Teste [Andrade, 2000].

A figura 4.9 abaixo traz um exemplo de uma curva de informação do teste.

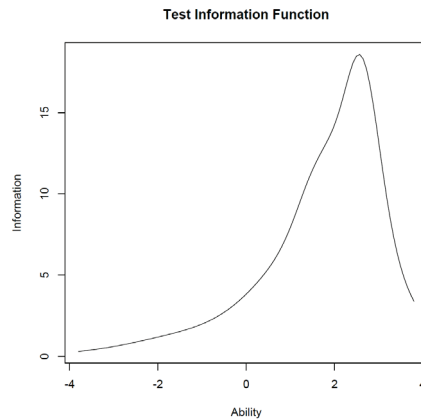


Figura 4.9: Exemplo de uma curva de informação do teste [Fonte: autor].

A partir da análise dessa curva, conclui-se que esse instrumento foi mais adequado para avaliar aqueles estudantes que possuem proficiências entre 1 e 3 desvios-padrão acima da média.

4.2.4 Mudança de escala

É possível realizar uma mudança da escala logística para outras escala como, por exemplo, a escala utilizada no ENEM (500, 100), ou seja, de média de proficiência 500 pontos e desvio padrão igual a 100. A escala utilizada não faz diferença para a análises realizadas à luz da TRI, uma vez que o importante são as relações de ordem que existe entre os pontos da escala [Andrade, 2000]. De acordo com Andrade (2000) a mudança para escala $(\bar{\theta}, \sigma)$ pode ser feita a partir das transformações abaixo:

1. $\theta' = \sigma \cdot \theta + \bar{\theta}$
2. $b' = \sigma \cdot b + \bar{\theta}$
3. $a' = \frac{a}{\sigma}$

Nessas transformações as variáveis linhas, são os valores na nova escala que se pretende mudar. A partir dessa transformação um aluno que na escala logística apresenta uma proficiência de 2 desvios-padrão acima da média, na escala do ENEM a proficiência desse aluno seria $\theta' = 100 \cdot 2 + 500 = 700$, ou seja, continua dois desvios-padrão acima da média.

4.2.5 Características dos itens

O modelo logístico de três parâmetros utilizado nas avaliações do CAEd e do ENEM, pressupõe principalmente dois pontos: a unidimensionalidade e a independência local. Devido a isso os itens utilizados nessas avaliações devem ter características como medir um único traço latente (habilidade), devido ao critério da unidimensionalidade,

além de as respostas de cada item não depender das respostas dadas em outros itens, critério da independência local. Segundo Andrade, para satisfazer o postulado da unidimensionalidade, é suficiente admitir que haja uma habilidade dominante (um fator dominante) [Andrade, 2000].

Muitas vezes a unidimensionalidade do item é interpretada erroneamente como um facilitador na hora de resolver o item, uma vez que os itens desse tipo não exigem a manifestação de outros conhecimentos além do conhecimento avaliado pelo item. É importante notar que mesmo que isso realmente facilite o item, os resultados mostrados nessas avaliações indicam que a maioria dos alunos apresenta grandes dificuldades para resolver esses itens, uma vez que grande parte desses estudantes encontra-se nos níveis mais baixos da escala de proficiência, e, portanto mostra que existe uma deficiência durante o desenvolvimento dessas habilidades.

4.2.6 Escala de proficiência e itens âncora

A escala de proficiência é fundamental para executar a interpretação pedagógica. De maneira semelhante ao que foi feito no exemplo hipotético da estimação de altura, os itens dos testes podem ser alocados na escala juntamente com os participantes. O posicionamento dos itens é feito no momento de equalização do item e na estimação dos parâmetros desse item.

Segundo Andrade, uma escala de proficiência pode ser construída, pois

“Uma vez que todos os parâmetros dos itens e que todas as habilidades dos respondentes — tanto individuais como populacionais — de todos os grupos avaliados estão numa mesma métrica, ou seja, quando todos os parâmetros envolvidos são comparáveis, pode-se então construir escalas de conhecimento interpretáveis. [ANDRADE ET AL, 2000, pag. 109].”

Para tornar possível a construção de uma escala é necessário estabelecer uma conexão entre os valores dos parâmetros dos itens com os conteúdos avaliados pelo item, caso contrário somente será possível dizer que um indivíduo possui mais conhecimento que outro.

As escalas de proficiências são definidas por níveis âncoras (ou níveis de proficiência), cada nível é caracterizado por um conjunto de itens denominados itens âncoras.

O item âncora pode ser entendido como o item que pertence tipicamente a um determinado nível da escala, esse item é resolvido corretamente pela maioria dos alunos pertencente ao mesmo nível âncora do item e errado pela maioria dos alunos de níveis abaixo. Segundo Oliveira o processo de ancoragem permite verificar o que a maioria dos alunos em um ponto-âncora sabe e pode fazer, e o que a maioria dos alunos situados nos níveis imediatamente mais baixos não sabe e não pode fazer [OLIVEIRA, 2008].

O item âncora é definido por Andrade da seguinte forma: considerando os níveis N1 e N2 da escala de proficiência onde o nível $N2 > N1$ um determinado item pertence ao nível N2 da escala se forem satisfeitas ao mesmo tempo:

- 1- $P(U = 1 | \theta = N2) \geq 0,65$;
- 2- $P(U = 1 | \theta = N1) < 0,50$;
- 3- $P(U = 1 | \theta = N2) - P(U = 1 | \theta = N1) \geq 0,30$.

Ou seja,

“[...] para um item ser âncora em um determinado nível âncora da escala, ele precisa ser respondido corretamente por uma grande proporção de indivíduos (pelo menos 65%) com este nível de habilidade e por uma proporção menor de indivíduos (no máximo 50%) com o nível de habilidade imediatamente anterior. Além disso, a diferença entre a proporção de indivíduos com esses níveis de habilidade que acertam a esse item deve ser de pelo menos 30% [ANDRADE ET AL, 2000, pag. 110].”

O INEP utiliza do método de calcular a dificuldade empírica do item, para posicionar o item em um determinado ponto da escala de proficiência (Mapa de Itens). De acordo com o documento “Interpretação Pedagógica das Escalas de Proficiência Exame Nacional do Ensino Médio – Enem” disponível no portal do INEP:

“A posição que cada item ocupa no mapa representa a menor proficiência com a qual pelo menos 65% dos participantes o acertaram. Ou seja, trata-se de um ponto que indica a dificuldade empírica do item, obtida após sua aplicação. Assim, podemos afirmar que pelo menos 65% dos participantes com determinada proficiência acertaram um item posicionado no mapa, no ponto de dificuldade equivalente a essa proficiência [Fonte: Portal INEP].”

É possível também estimar o posicionamento de um item na escala de proficiência, calculando seu “ponto de ancoragem” que corresponde à proficiência necessária para uma probabilidade de 65% de acertar o item.

A partir da equação 4.3, substituindo o valor da probabilidade por 0,65 temos que:

$$0,65 = c_i + \frac{(1 - c_i)}{(1 + e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))})} \rightarrow 1 + e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))} = \frac{1 - c_i}{0,65 - c_i} \rightarrow e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))} = \frac{1 - c_i}{0,65 - c_i} - 1$$

Aplicando o logaritmo em ambos os lados da equação,

$$\ln[e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))}] = \ln\left[\frac{1 - 0,65}{0,65 - c_i}\right] \rightarrow \theta_j = b_i - \frac{\ln\left[\frac{1 - 0,65}{0,65 - c_i}\right]}{Da_i}, \text{ portanto o ponto de}$$

ancoragem do item é dado por:

$$P_{\text{Ancoragem}} = b_i - \frac{\ln\left[\frac{1 - 0,65}{0,65 - c_i}\right]}{1,7a_i}$$

Equação 4.6: Ponto de Ancoragem do Item [Oliveira, 2008].

No capítulo 5 serão apresentados os resultados encontrados para os coeficientes estatísticos apresentados até aqui, bem como a análise de item âncora para as edições de 2009 a 2014 do ENEM.

Capítulo 5

Exame Nacional do Ensino Médio

Nesse capítulo serão apresentados os dados gerados na pesquisa conduzida durante o mestrado.

5.1 Metodologia

As bases de dados pesquisadas são disponibilizadas no portal do INEP na internet. Os arquivos foram disponibilizados para serem abertos no programa SPSS, juntamente com o código do programa para a leitura dos arquivos. Após a abertura dos dados, foi necessário realizar um tratamento e uma seleção das variáveis de interesse para a pesquisa. O quadro 5.1 abaixo apresenta os processos utilizados em cada base para a prática dessa pesquisa.

Etapa	Processo	Subprocesso
1	Leitura dos dados SPSS	-
2	Selecionar casos "concluintes do em"	-
3	Separar por níveis (N1 a N7) *ausentes	CN
		MT
4	Separar por região	1 - Norte: Amazonas (13), Pará (15), Acre (12), Rondônia (11), Roraima (14), Amapá (16), Tocantins (17)
		2 - Nordeste: Maranhão (21), Piauí (22), Ceará (23), Rio Grande Do Norte (24), Paraíba (25), Pernambuco (26), Bahia (29), Alagoas (27), Sergipe (28)
		3 - Sudeste: Rio De Janeiro (33), São Paulo (35), Minas Gerais (31), Espírito Santo (32)
		4 - Sul: Paraná (41), Santa Catarina (42), Rio Grande Do Sul (43)
		5 - Centro-Oeste: Mato Grosso (51), Mato Grosso Do Sul (50), Goiás (52), Distrito Federal (53)
5	Análise de frequência de participação	Percentual por estado
		Percentual por região
6	Separar vetor de resposta	-
7	Agrupar itens	Classificar por id da prova
		Separar bases por id
		Reposicionar demais bases de acordo com um id de referência

8	Reagrupar as bases	Dados - mesclar arquivos - adicionar casos.
9	Análise de acerto ou erro de item	1 - acerto, 0 - erro.
10	Percentual de marcação	Percentual de acerto por item
		Percentual de marcação por alternativa de cada item
11	Percentual de acerto por descritor	-
12	Média de proficiência	Por região
		Por nível
		Nacional
		Por estado
13	Distribuição por nível de proficiência	CN (nacional e por estado)
		MT
14	Para cada item, média de proficiência dos que acertaram o item e desvio padrão	-
15	Gráficos	Percentual por nível no Brasil
		Percentual por nível regiões
		Percentual por nível estado
		Percentual de acerto por descritor
		Percentual de acerto por item
16	Percentual de acerto (usar resultados de etapas anteriores)	Dos itens de habilidades referentes ao 1EM e 2EM.
		Dos itens que exigem maior raciocínio matemático
17	Quantitativo de itens por descritor	Planilha de itens
		Gráficos
18	Separação dos itens	Separar imagens dos itens
		Classificar os itens por disciplinas
		Classificar os itens por conteúdo
19	Análise de itens âncoras	-
20	Parâmetros TRI	Parâmetros a, b e c
21	Parâmetros TCT	Bisserial e alfa de Cronbach
22	Gráficos TRI	ICC
		IIC
		TIF

Quadro 5.1: Processo de tratamento dos dados da pesquisa. [Fonte: Autor].

Foram utilizados os softwares SPSS versão 22 e R x64 3.3.1. As variáveis já disponíveis na base e utilizadas são: número de inscrição, código do município de inscrição, unidade da federação, status de conclusão do ensino médio, código da escola, presença da prova de ciências da natureza, nota na prova de ciências da natureza, nota na prova de matemática, vetor de resposta de ciências da natureza, código do caderno.

Para essa pesquisa foram utilizados apenas os alunos que declararam estar em situação de conclusão do ensino médio no mesmo ano da aplicação do exame. Esses alunos foram agrupados em sete níveis de proficiência de acordo com a nota obtida na prova, calculou-se o percentual de indivíduos em cada um desses níveis. Foi avaliada a média de proficiência nacional, regional e estadual em ciências da natureza e matemática dos alunos presentes na prova de ciências da natureza. O vetor de resposta do aluno foi separado possibilitando fazer o cálculo do percentual de marcação por alternativa de cada item, para isso foi necessário reagrupar a base de dados de acordo com um caderno de referência, uma vez que a posição de cada item muda em cada modelo de caderno. Foi utilizado em todas as edições o caderno azul como referência de posicionamento do item, portanto, nessa dissertação quando mencionado “ITEM_1” refere-se ao primeiro item de ciências da natureza do modelo de caderno azul. Em seguida foi calculada a correlação ponto-bisserial de cada alternativa utilizando a equação 4.1. Utilizando o pacote ltm do programa R foram calculados, através da função “*descript*”, os coeficientes alfa de Cronbach e correlação ponto-bisserial do gabarito, o valor de saída dessa função foi comparado com o valor da bisserial calculada por meio da equação para fins de conferência. Os parâmetros a, b e c da TRI foram calculados utilizando o pacote ltm através da função “*tpm*”. De posse dos valores dos parâmetros e utilizando a equação 4.6 foi calculado o valor do ponto de ancoragem dos itens. Por fim, os dados foram agrupados em uma planilha para facilitar as análises. Por último foi realizada uma análise para verificar a existência de itens âncoras segundo o critério descrito na seção 4.2.6, e o resultado foi comparado, quando possível, com os itens âncoras do Mapa de Itens disponível no portal ENEM.

5.2 Características do Exame Nacional do Ensino Médio

O objetivo do ENEM é aferir as competências e habilidades desenvolvidas pelos estudantes ao final do ensino médio. A ferramenta utilizada para obtenção dos dados são as avaliações por meio de testes padronizados de múltipla escolha nas áreas de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências Humanas e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias. Em seguida os dados obtidos através das avaliações são tratados utilizando a Teoria de Resposta ao Item (TRI). Foi criado em 1998 e até sua edição de 2008 era aplicado todo ano uma única prova contendo 63 questões. A partir da edição de 2009 o ENEM passa a utilizar a

TRI, por esse motivo nesse trabalho serão analisados os resultados das edições de 2009 até 2014.

Toda a logística desde a elaboração dos itens e do instrumento de avaliação até as logísticas de aplicação é de responsabilidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). De acordo com o documento técnico disponibilizado pelo INEP junto com as bases de dados, o ENEM tem como finalidade,

“[...] a avaliação do desempenho escolar e acadêmico ao fim do Ensino Médio, podendo seus resultados ser utilizados para: compor a avaliação da qualidade do Ensino Médio no País; subsidiar a implementação de políticas públicas; criar referência nacional para o aperfeiçoamento dos currículos do Ensino Médio; desenvolver estudos e indicadores sobre a educação brasileira; estabelecer critérios de acesso do participante a programas governamentais; selecionar candidatos para o ensino superior; e constituir parâmetros para a autoavaliação do participante, com vistas à continuidade de sua formação e à sua inserção no mercado de trabalho [Fonte: Portal INEP].”

Os cadernos de provas de Ciências da Natureza são compostos por 45 itens ao todo divididos entre as disciplinas de Biologia, Física e Química. Ao todo são quatro modelos de cadernos diferentes identificados pelas cores: azul, amarelo, branco e rosa, na base de dados cada um desses cadernos recebem um número identificador. Não existem diferenças de itens entre os modelos de cadernos, somente é feita uma nova disposição desses itens para evitar que alunos próximos um do outro durante a realização do exame copiem um do outro, dessa forma todos os participantes respondem aos mesmo 45 itens.

As habilidades avaliadas pelo ENEM estão presentes na matriz de referência apresentada no quadro 5.2 abaixo. Essa matriz é constituída de trinta descritores divididos entre oito competências.

MATRIZ DE REFERÊNCIA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS ENEM	
Descritor	Descrição da Habilidade
	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.

Quadro 5.2: Matriz de Referência do ENEM [Fonte: INEP].

Atualmente o exame é utilizado para acesso ao ensino superior público, e particular (bolsa PróUni), avaliação do ensino e autoavaliação dos alunos e professores, além da certificação para conclusão do ensino médio [Fonte: Portal INEP].

5.3 Análise clássica (Parâmetros da TCT)

Nessa parte do trabalho foram calculados os valores para os parâmetros referentes à análise clássica realizada. Os valores encontrados estão disponíveis no apêndice C.

5.3.1 Percentual de acerto e de escolha por alternativa

Utilizando as ferramentas do programa SPSS foram calculadas as frequências de marcação em cada alternativa dos itens de Ciências da Natureza nas 6 edições do exame pesquisada.

Nos gráficos 5.1 a 5.6 abaixo são apresentados os percentuais de acerto para cada item.

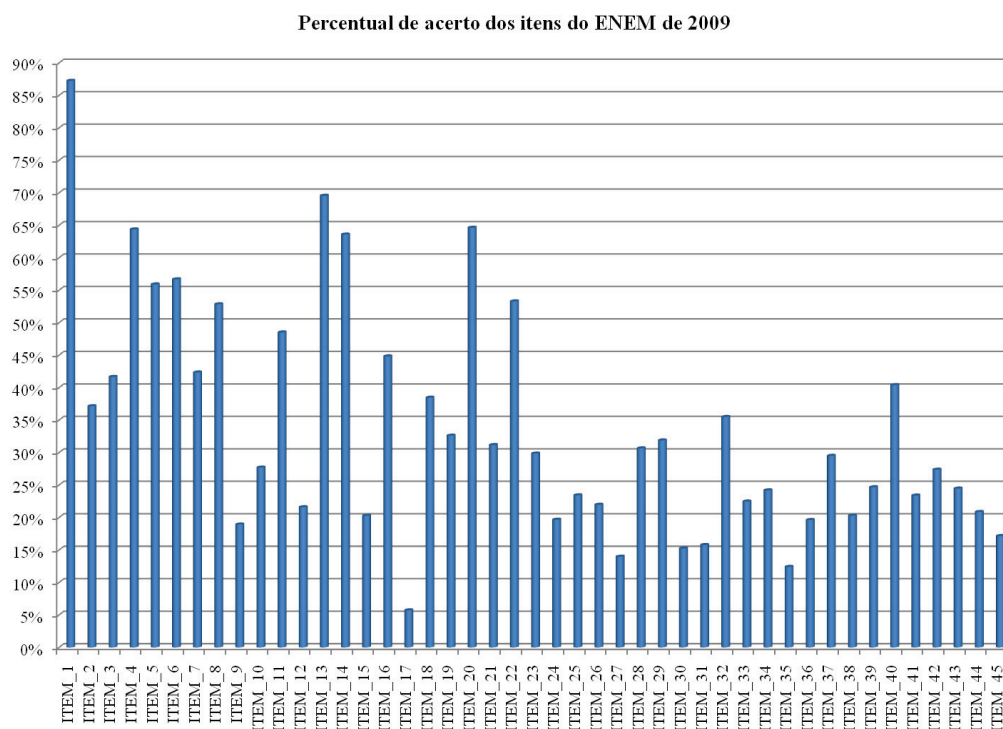


Gráfico 5.1: Percentual de acerto dos itens do ENEM de 2009 [Fonte: Autor].

Percentual de acerto dos itens do ENEM de 2010

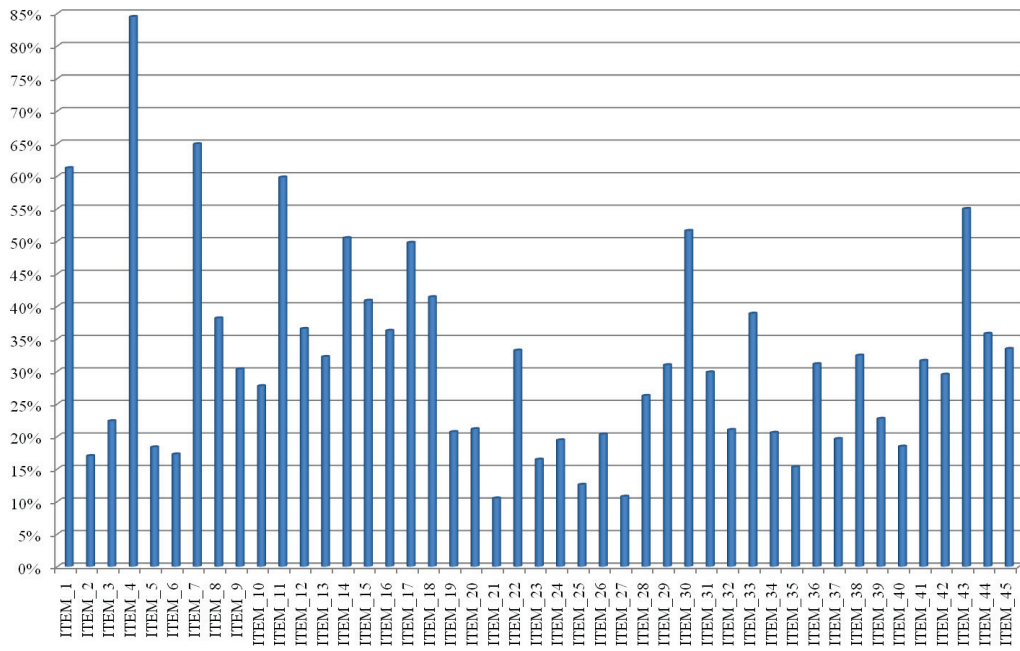


Gráfico 5.2: Percentual de acerto dos itens do ENEM de 2010 [Fonte: Autor].

Percentual de acerto dos itens do ENEM de 2011

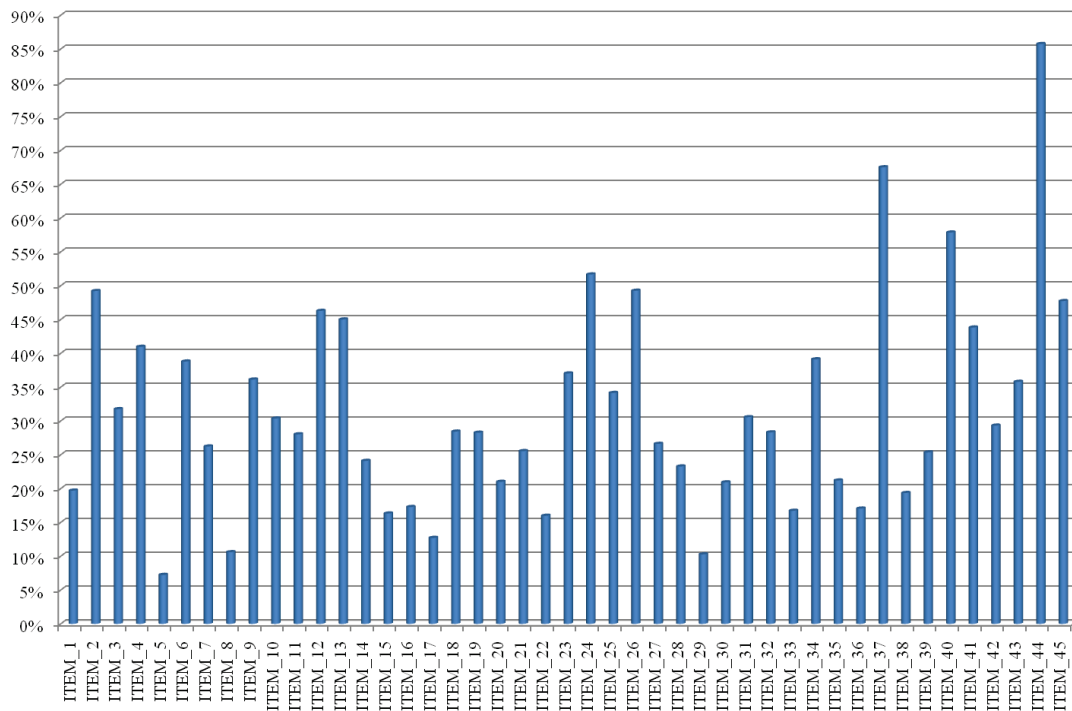


Gráfico 5.3: Percentual de acerto dos itens do ENEM de 2011 [Fonte: Autor].

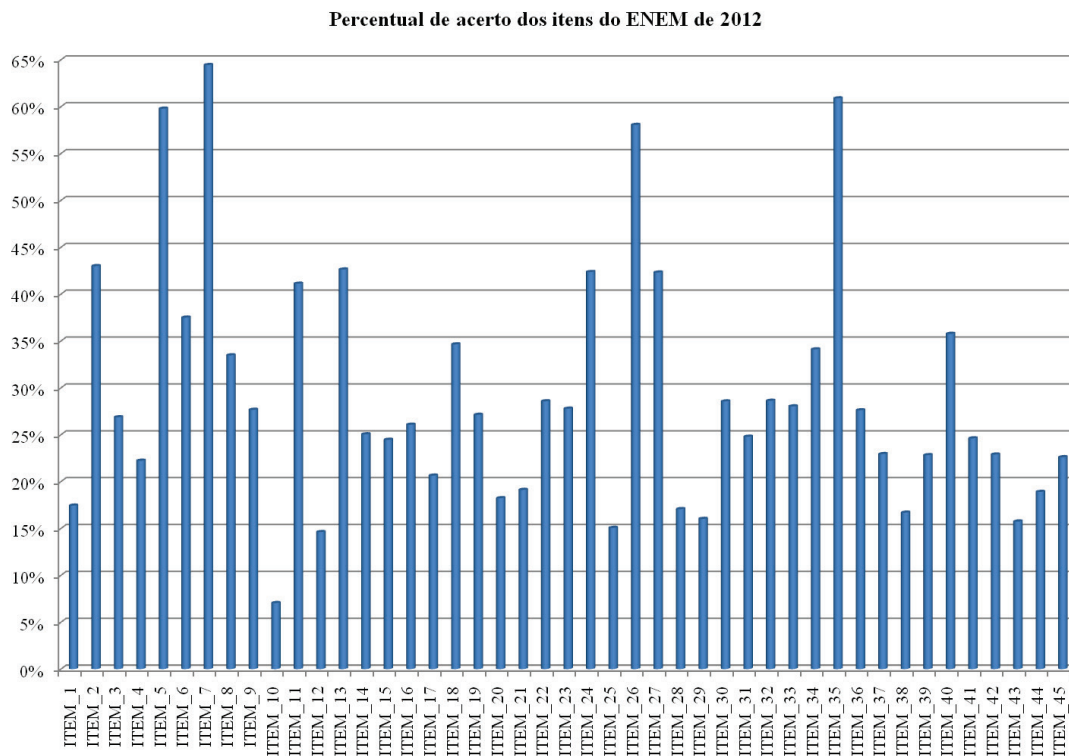


Gráfico 5.4: Percentual de acerto dos itens do ENEM de 2012 [Fonte: Autor].

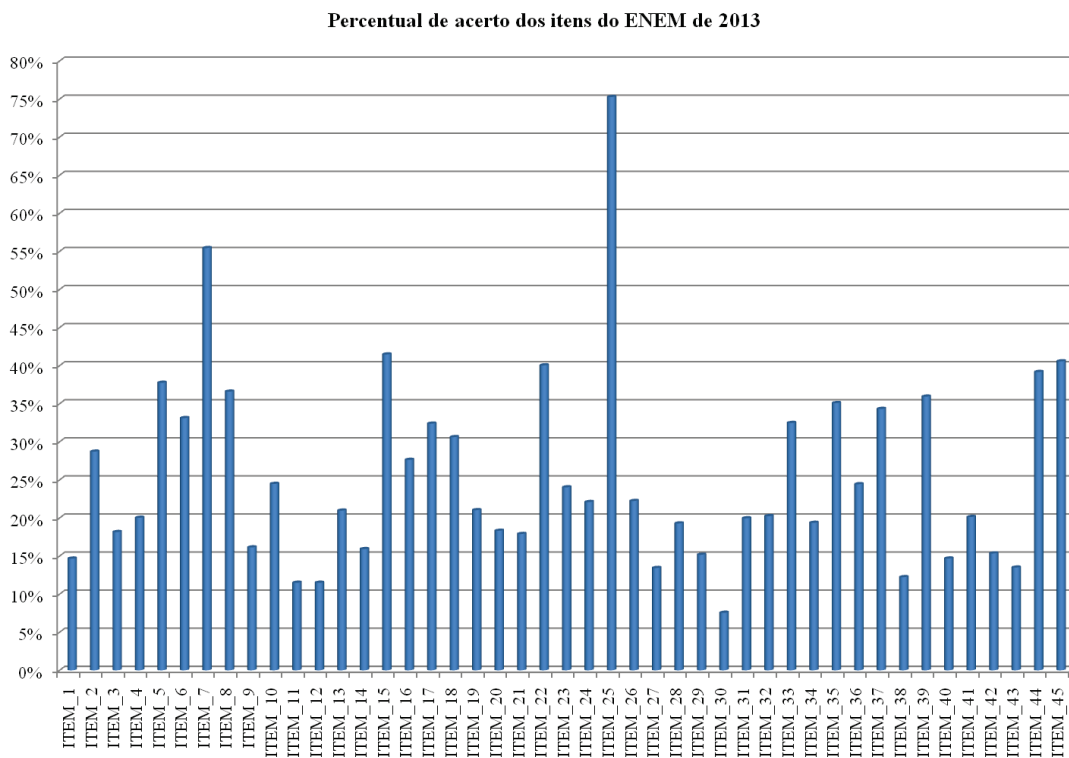


Gráfico 5.5: Percentual de acerto dos itens do ENEM de 2013 [Fonte: Autor].

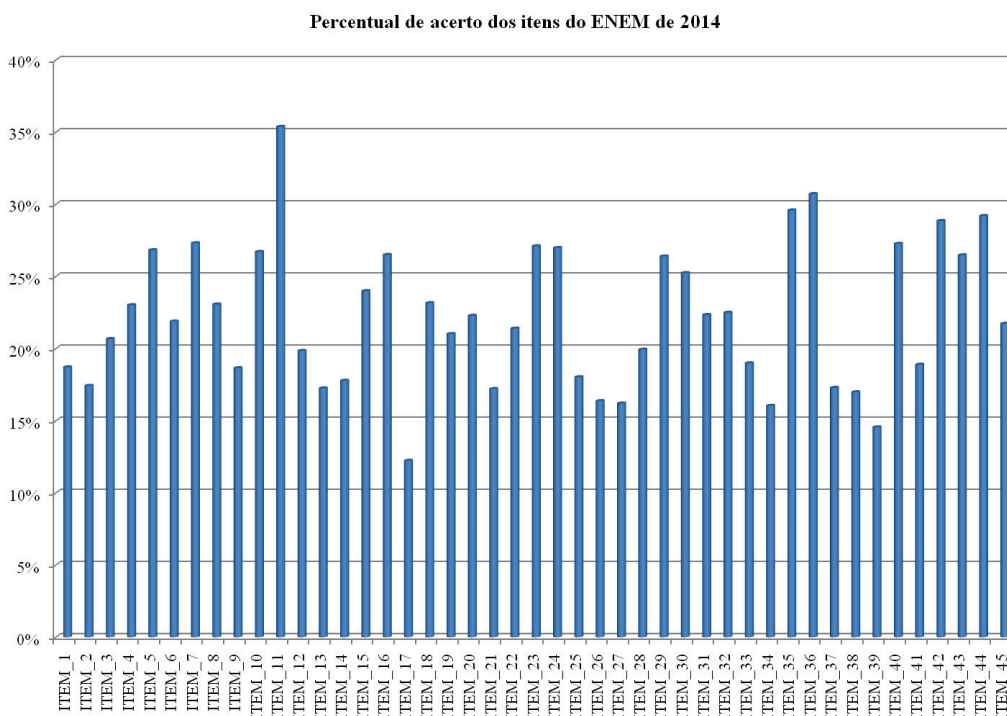


Gráfico 5.6: Percentual de acerto dos itens do ENEM de 2014 [Fonte: Autor].

Observe que a maior parte dos itens dessas edições apresentou percentual de acerto menor que 50%. Destaque para a edição de 2014 em que todos os itens apresentaram percentual de acerto abaixo de 40%.

Nos gráficos a seguir são apresentados os percentuais de acerto por descritor para as edições de 2011 a 2014 do ENEM. Observe que a maioria dos descritores apresentaram percentual de acerto abaixo dos 50%.

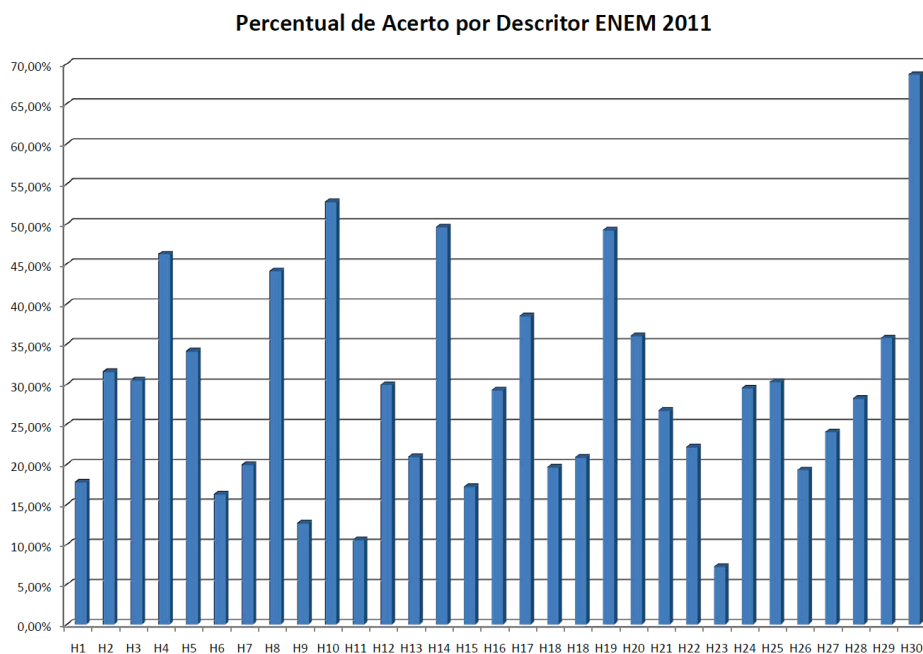


Gráfico 5.7: Percentual de acerto por descritor do ENEM de 2011 [Fonte: Autor].

Na edição de 2011 os descritores H9, H11 e H23 apresentaram os mais baixos percentuais de acerto, abaixo dos 15%, esses descritores foram avaliados pela biologia (H9 e H11), e pela química (H23). Os descritores que foram avaliados com itens de física destacam-se o H1, H6, H7, H18, H21, H22 que apresentaram percentuais de acerto abaixo dos 30%. Os itens que contemplaram esses descritores são itens que pertencem do nível N4 para cima. Esse resultado está de acordo com o esperado uma vez que a média de proficiência da população brasileira, nessa edição do exame, encontra-se no nível N3 e a maioria dos estudantes que participaram estão distribuídos nos níveis N1, N2 e N3. Portanto a maior parte dos estudantes tem maior probabilidade de acertar aqueles itens referentes aos três primeiros níveis da escala e conseqüentemente menores probabilidades de acertar os itens de níveis acima.

As habilidades avaliadas pelos itens de física incluem: Analisar manuais de instalações elétricas. Relacionar as grandezas físicas potência elétrica, corrente elétrica, voltagem e resistência elétrica. Aplicar o princípio de Arquimedes para calcular a densidade de um fluido. Compreender a aplicação do Teorema de Stevin ao funcionamento de equipamentos de uso comum. Reconhecer a aplicação da indução de corrente elétrica em equipamentos como captadores de guitarra elétrica. Compreender as transformações de energia envolvidas no funcionamento de um motor de combustão interna. Identificar cores relacionando-as com os respectivos comprimentos de onda. Verifica-se que a maioria dos estudantes que concluíram o Ensino Médio em 2011, apresentaram um desempenho aquém do esperado para alunos que estão concluindo o ensino básico, não tendo desenvolvido habilidades básicas para o nível de escolarização. A concretização dessas habilidades possibilita o melhor entendimento de aparelhos, instrumentos e máquinas comum no cotidiano. A importância da consolidação dessas habilidades se justifica pela sua aplicação direta no dia a dia do estudante.

Percentual de Acerto por Descritor ENEM 2012

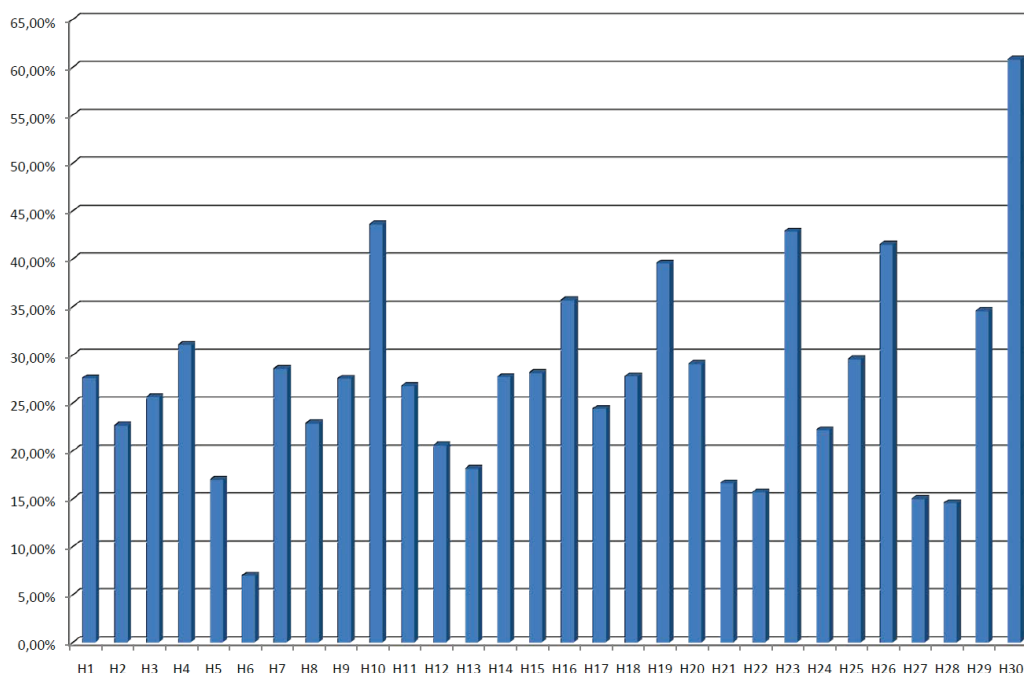


Gráfico 5.8: Percentual de acerto por descritor do ENEM de 2012 [Fonte: Autor].

O padrão observado na edição de 2011 se repete em 2012 com a maioria dos descritores apresentando um percentual médio de acerto abaixo de 45%. Destaque para o descritor H6 que apresentou percentual de cerca de 5%, o item que avaliou esse descritor envolveu a habilidade de compreender o diagrama de força em um corpo em equilíbrio.

Percentual de Acerto por Descritor ENEM 2013

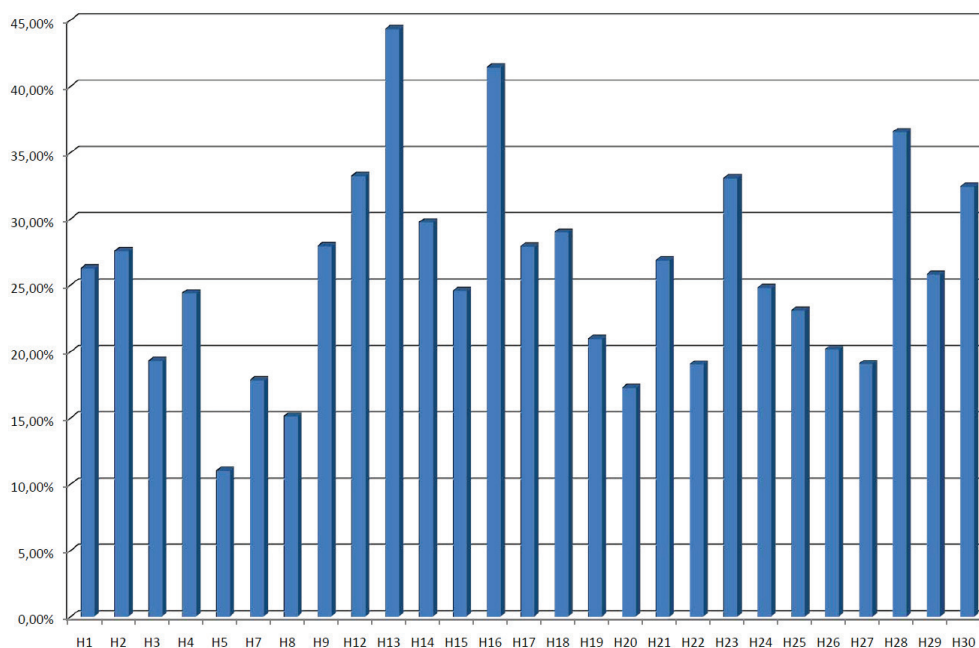


Gráfico 5.9: Percentual de acerto por descritor do ENEM de 2013 [Fonte: Autor].

Na edição de 2013 todos os descritores avaliados apresentaram um percentual de acerto médio abaixo de 45%, um resultado ainda mais preocupante que as edições anteriores. Destaque para o descritor H5 que apresentou o mais baixo percentual, cerca de 10%, os itens que avaliaram esse descritor envolveram habilidades como: compreender as formas de ligação de amperímetros e voltímetros em circuitos elétricos, aplicar a Segunda Lei de Ohm e compreender a associação de resistores.

O resultado mais grave foi verificado na edição de 2014, como se pode verificar no gráfico abaixo todos os itens apresentaram percentual de acerto médio igual ou menor que 35%, o H21 apresentou o menor percentual, cerca de 15%, os itens que abordaram esse descritor envolveram habilidades como: interpretar o conceito de capacidade calorífica e aplicar as Leis de Faraday e Lenz.

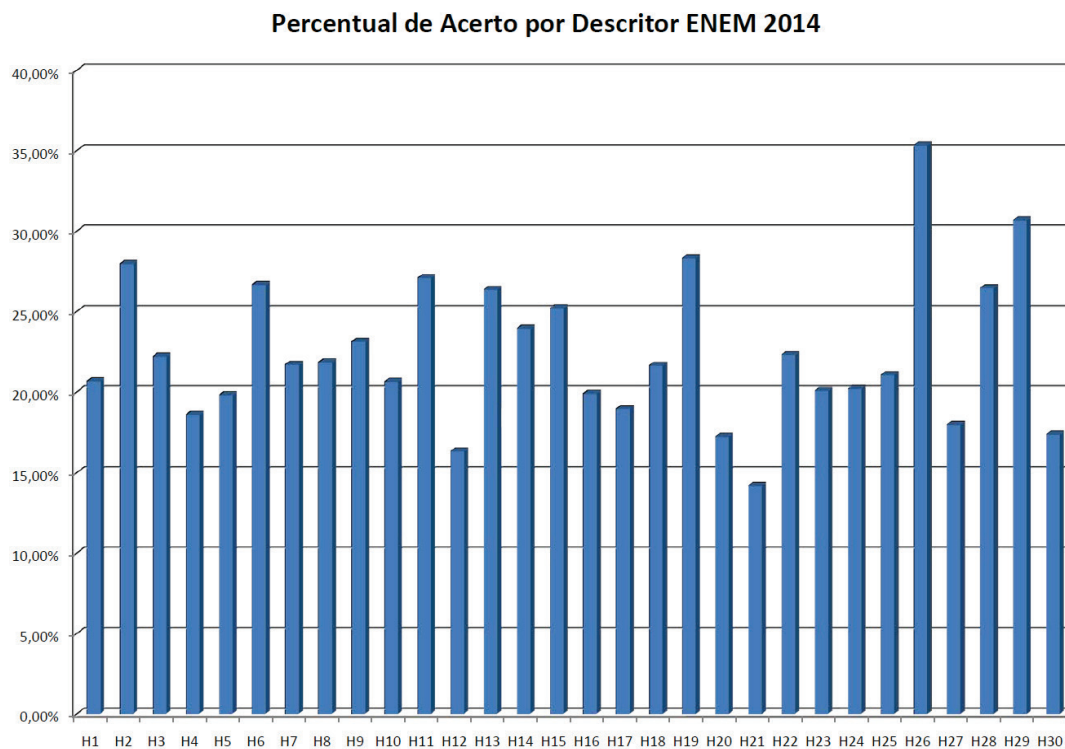


Gráfico 5.10: Percentual de acerto por descritor do ENEM de 2014 [Fonte: Autor].

No geral a maior parte dos itens de Física apresentou percentual de acerto em torno dos 17% evidenciando que a maior parte dos alunos que estão concluindo o ensino médio possuem grande dificuldade com os conceitos e conteúdos da Física, é importante ressaltar que nas avaliações são abordados conteúdos mínimos e considerados importantes para que o aluno conclua o ensino básico apto a exercer ativamente sua cidadania e desenvolver pensamentos críticos.

5.3.2 Correlação ponto-bisserial

Utilizando a equação 4.1 foram calculadas as correlações ponto-bisserial para cada alternativa dos itens do ENEM das edições pesquisadas. Os valores encontrados estão apresentados nos quadros C.7 a C.12 disponível no apêndice C.

Observou-se que a maior parte dos itens apresentou bisserial do gabarito abaixo do valor de 0,3, valor indicado como mínimo adequado, essa situação é agravada na edição de 2014. Destaque para o ITEM_31 de 2009 que apresentou bisserial negativa para o gabarito indicando que alunos com escores altos erraram o item. Note que muitos itens apresentaram distratores com bisserial positiva o que indica que alunos com escores altos optaram por essas alternativas. Isso pode indicar que a alternativa pode estar mal elaborada de maneira a causar confusão no aluno no momento da resolução do item, ou ainda possíveis confusões conceituais por parte desses estudantes.

5.3.3 Coeficiente alfa de Cronbach

Utilizando a função “*descript*” do pacote ltm do R, foram calculados os valores dos coeficientes alfa de Cronbach dos itens do ENEM das edições pesquisadas. Os valores encontrados estão apresentados no quadro C.13 disponibilizado no apêndice C.

Observou-se que nas edições de 2009 até 2012 os valores do coeficiente se mantiveram próximos a 0,8 mostrando uma grande fidedignidade do instrumento, no entanto, na edição de 2013 começa uma queda nos valores desse coeficiente chegando a ficar na ordem 0,4 na edição de 2014, portanto a confiabilidade do teste foi caindo ao longo das edições.

5.4 Análise Teoria de Resposta ao Item (Parâmetros da TRI)

Nessa seção apresentamos os parâmetros a , b e c , calculados para cada item das edições pesquisadas do ENEM. Para essa parte foi gerada uma base de dados para cada edição contendo a informação de acerto (1) ou erro (0) de cada aluno em cada item, essa base foi gerada no programa SPSS e usada para calcular os parâmetros da TRI no software R utilizando o pacote ltm. Foram usados apenas as respostas dos alunos que declararam estar concluindo o Ensino Médio no ano correspondente à edição do exame.

Além dos parâmetros dos itens foram geradas as curvas características e de informação de cada item, além da curva de informação do teste para cada edição do ENEM.

5.4.1 Parâmetros modelo ML3

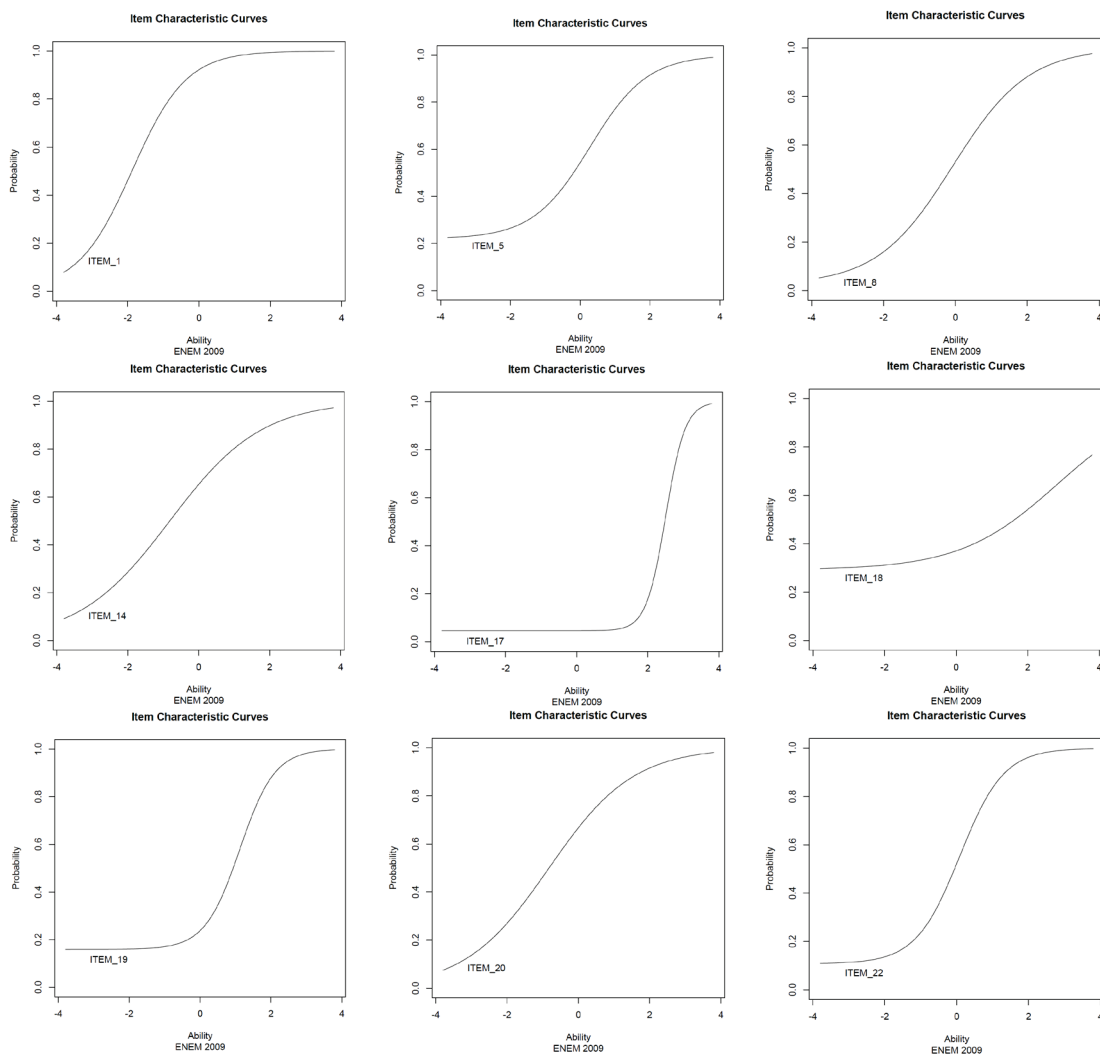
Com a função “*tpm*” do pacote ltm do R, foram gerados os valores na escala logística para os parâmetros a , b e c dos itens. Foi feita uma mudança de escala

utilizando a transformação apresentada na seção 4.2.4. Os valores desses parâmetros estão apresentados nos quadros C.14 a C.19 do apêndice C.

Observou-se que grande parte dos itens apresentou poder de discriminação médio e nível de dificuldade elevado. Deve-se ressaltar os itens: 27 e 31 do ENEM de 2009, 10, 25 e 27 de 2010, 10, 29 e 38 de 2011, 19, 38, 42 e 44 de 2013 e os itens 3, 11, 19, 20, 22, 23, 25, 29, 37 e 44 de 2014 apresentaram parâmetro de discriminação negativos, indicando um mau funcionamento do item, uma vez que quanto maior a proficiência do aluno maior a probabilidade de ele errar o item, esses itens devem ser desconsiderados no momento de estimação dos traços latentes.

5.4.2 Curvas CCI, CII e CIT itens de física

As curvas características e de informação dos itens de física foram geradas utilizando a função “plot” do pacote ltm do R.



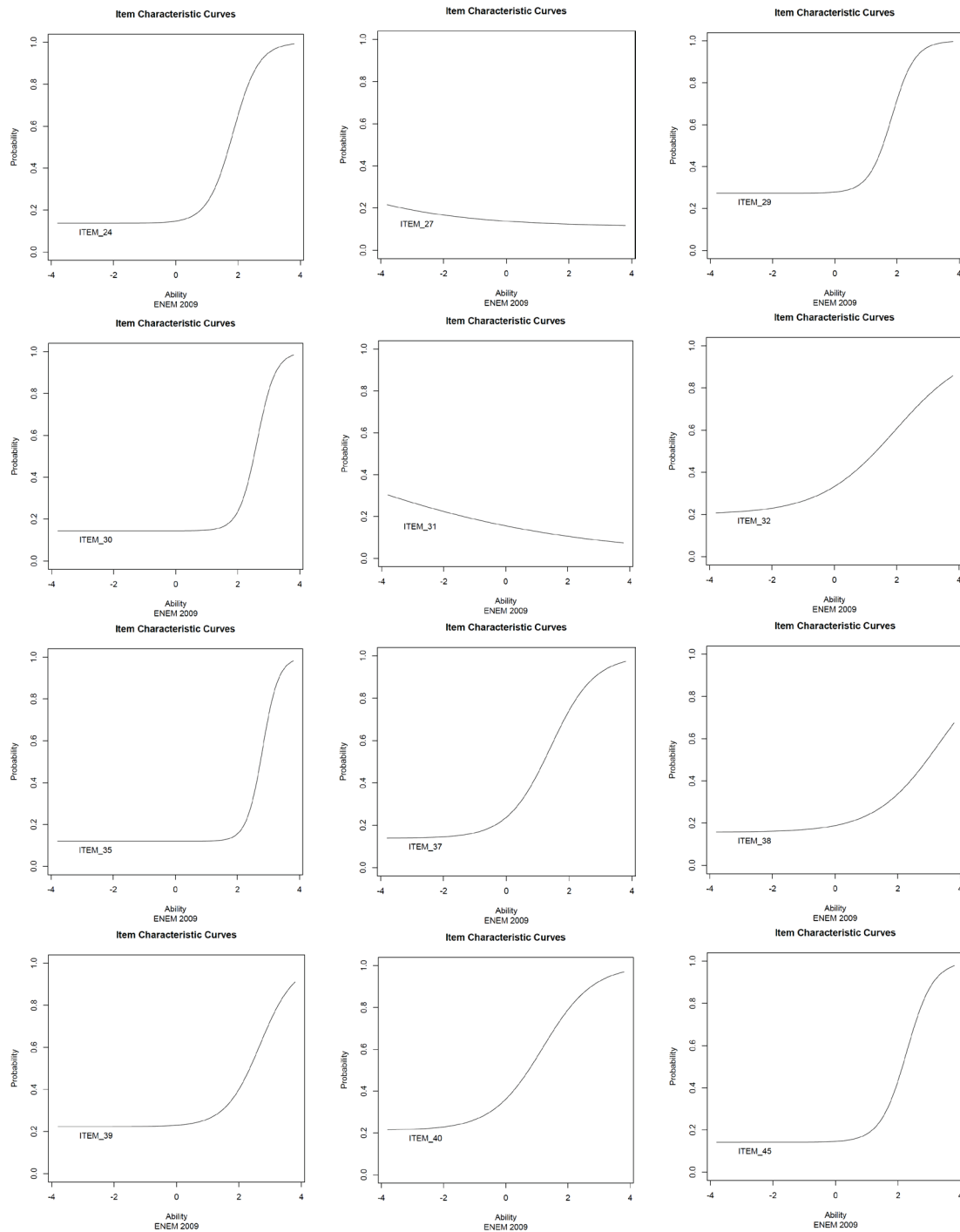
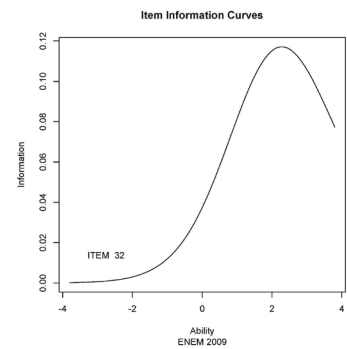
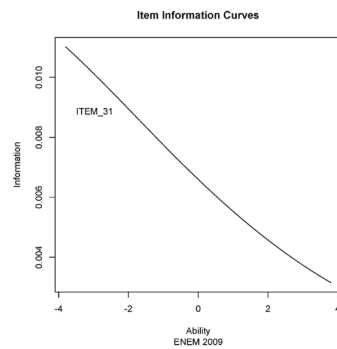
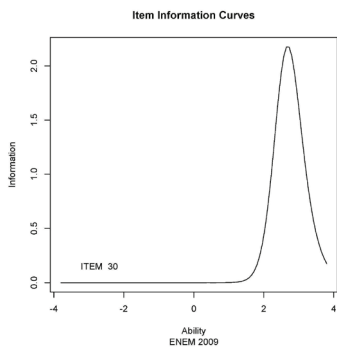
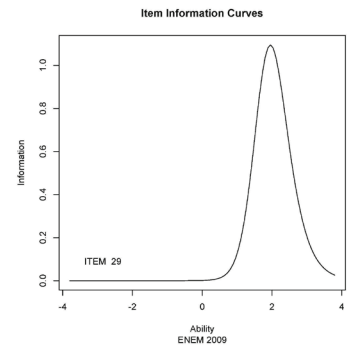
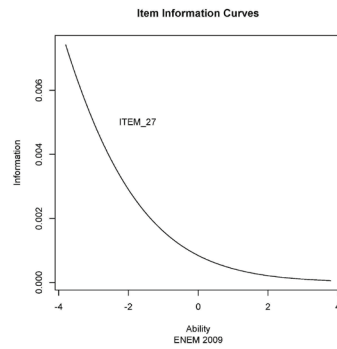
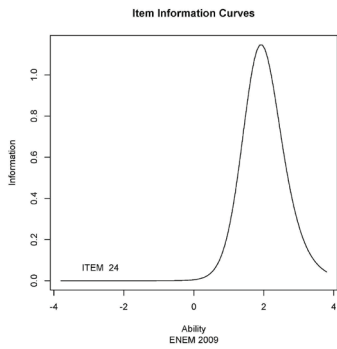
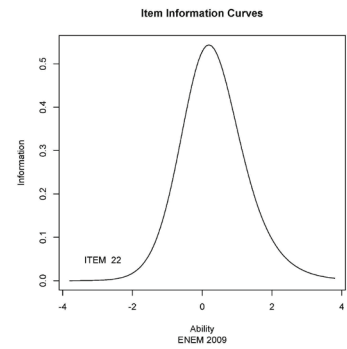
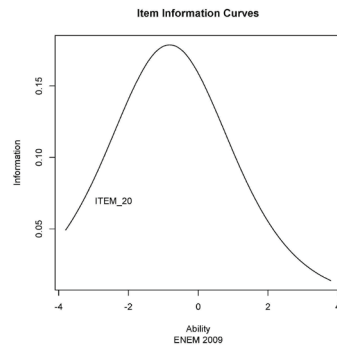
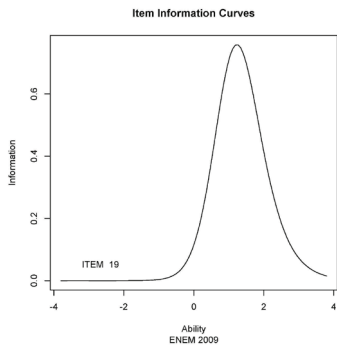
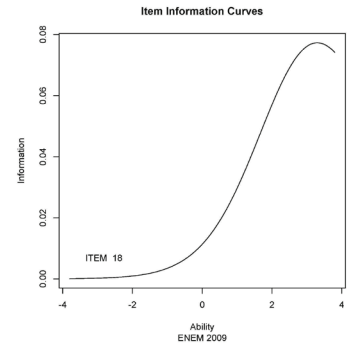
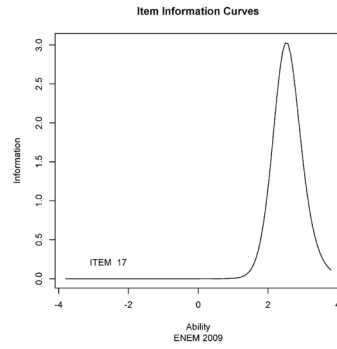
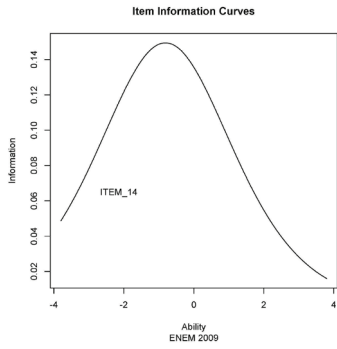
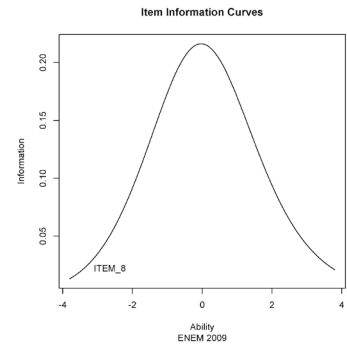
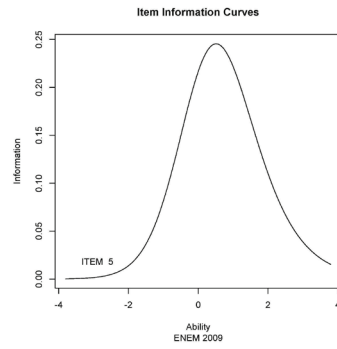
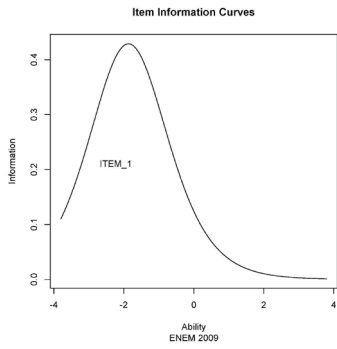


Figura 5.1: Curva Característica dos itens de física do ENEM de 2009 [Fonte: Autor].

Na figura 5.2 abaixo são apresentados as curvas de informação geradas para esses mesmos itens. Analisando essas curvas é possível verificar em qual parte da escala cada item produz maior quantidade de informação, ou seja, a parte da escala que o instrumento é mais adequado.



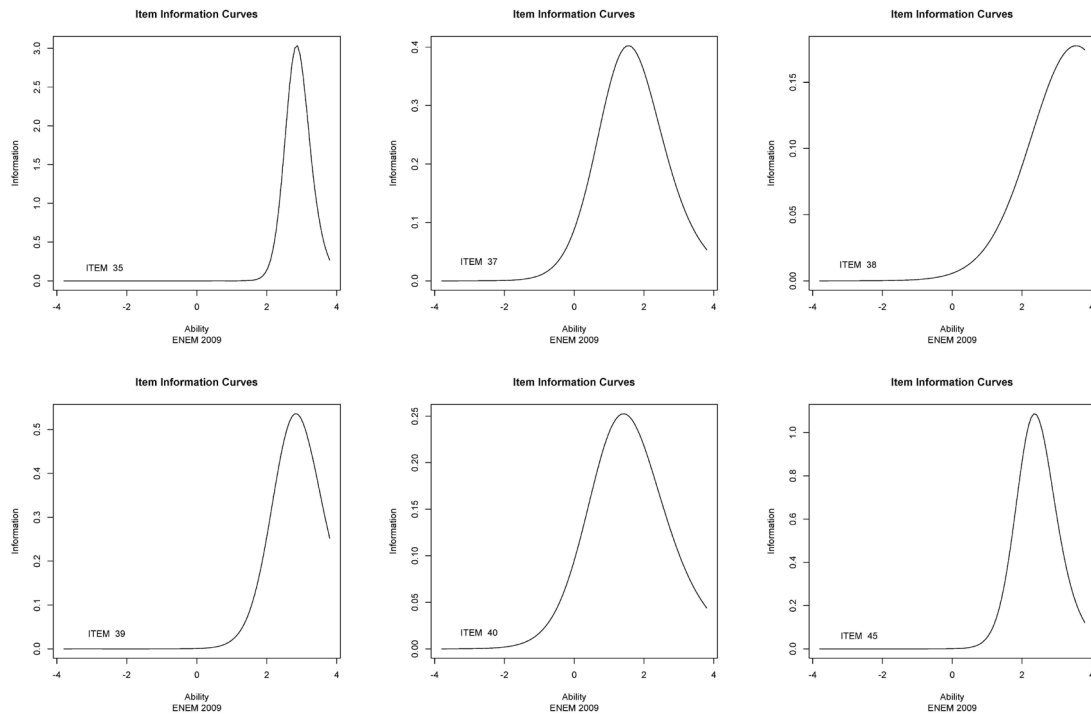


Figura 5.2: Curva de Informação dos itens de física do ENEM de 2009 [Fonte: Autor].

A curva de informação do teste pode ser verificada na figura 5.3 abaixo. De acordo com essa figura esse instrumento foi mais adequado para avaliar aqueles alunos que possuem proficiência em torno de 2 desvios-padrão acima da média, ou seja, cerca de 700 pontos, uma vez que a maioria dos itens produzem maior quantidade de informações nessa faixa de habilidade.

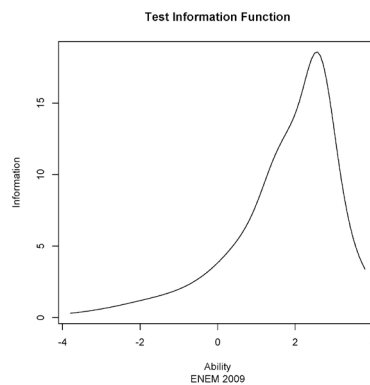


Figura 5.3: Curva de Informação do Teste do ENEM de 2009 [Fonte: Autor].

Para o ENEM de 2010 as curva característica, de informação dos itens bem como a de informação do teste estão disponíveis nas figuras 5.4, 5.5 e 5.6 respectivamente.

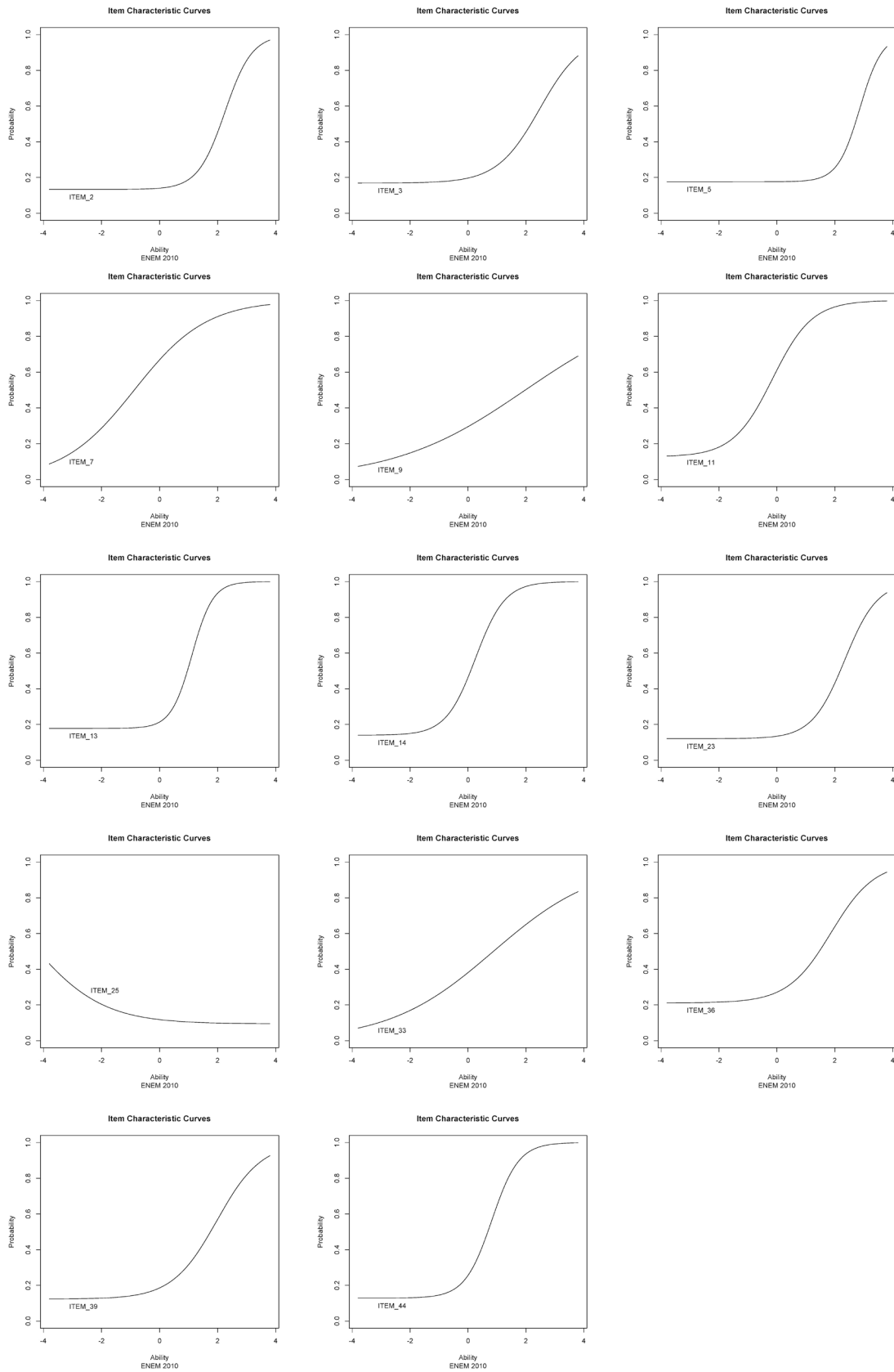


Figura 5.4: Curva Característica dos itens de física do ENEM de 2010 [Fonte: Autor].

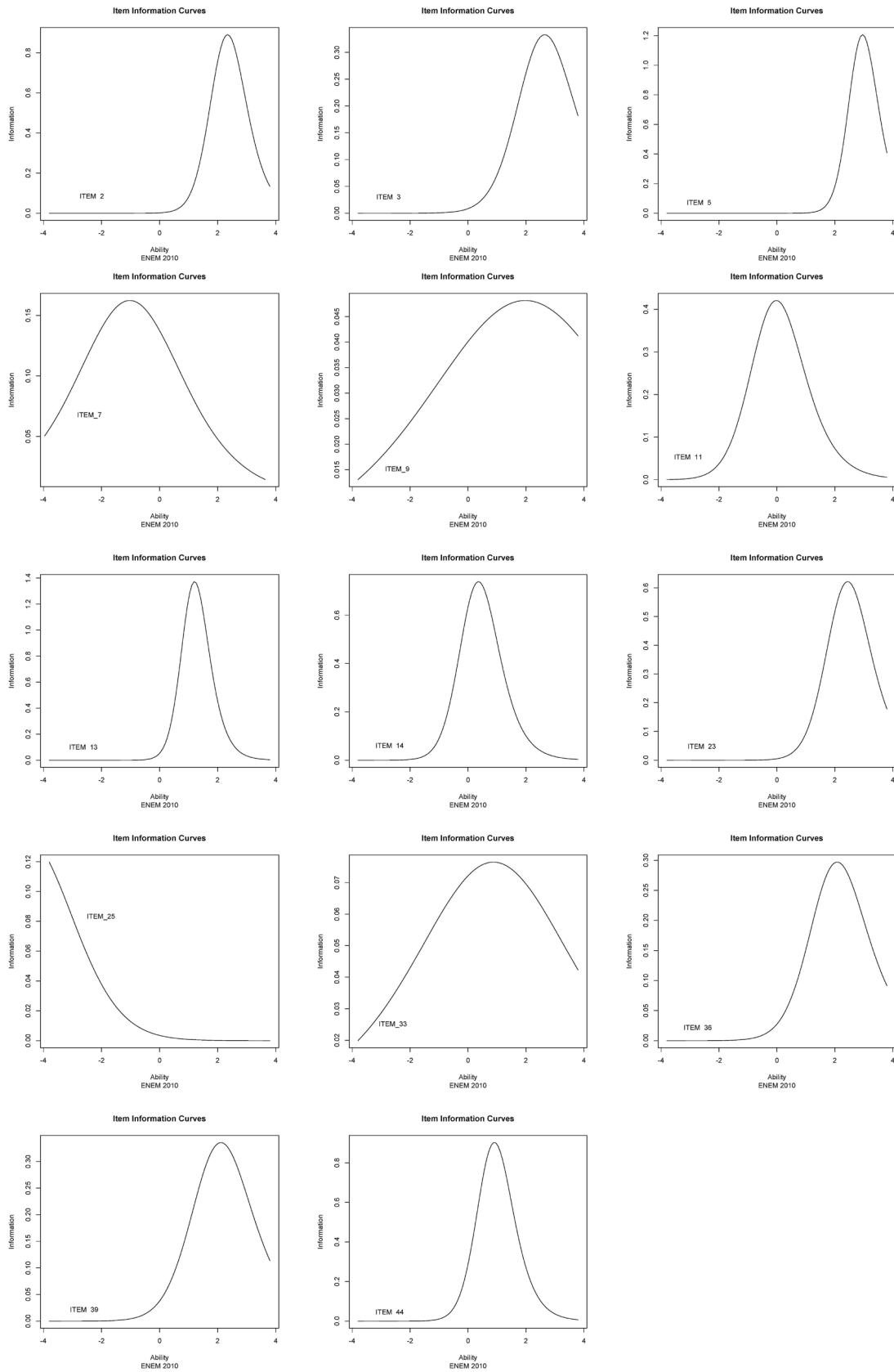


Figura 5.5: Curva de Informação dos itens de física do ENEM de 2010 [Fonte: Autor].

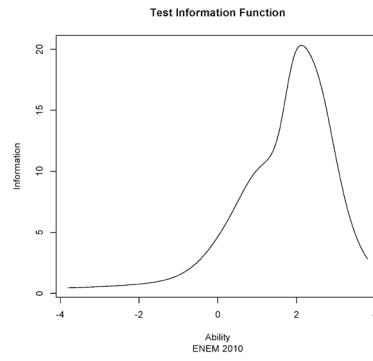
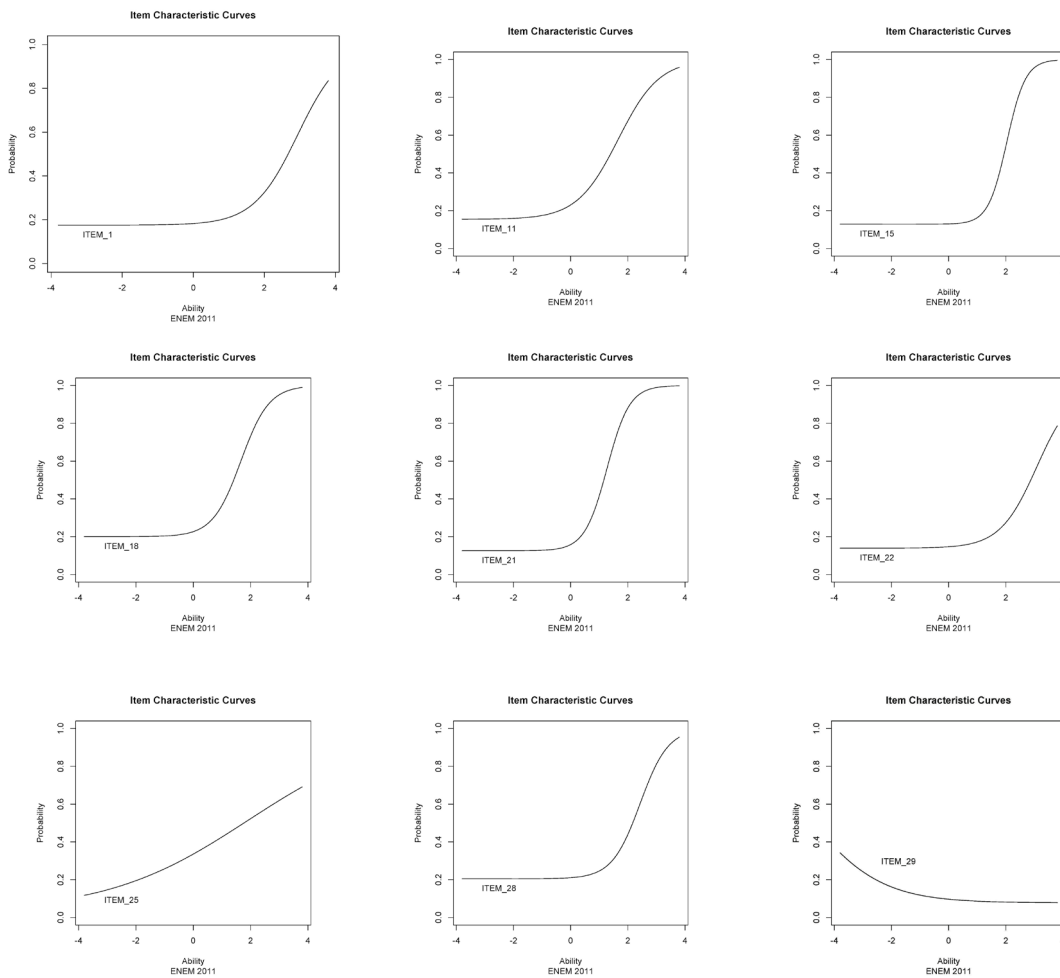


Figura 5.6: Curva de Informação do Teste do ENEM de 2010 [Fonte: Autor].

Observe que novamente na edição de 2010 o instrumento foi mais adequado para avaliar aqueles alunos com proficiência em torno de 700 pontos.



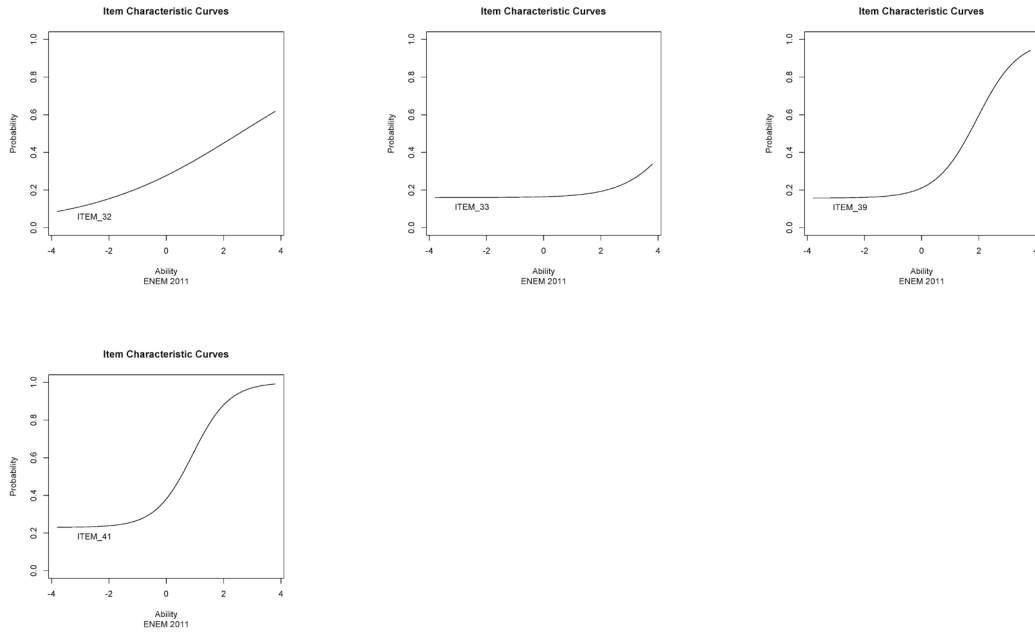
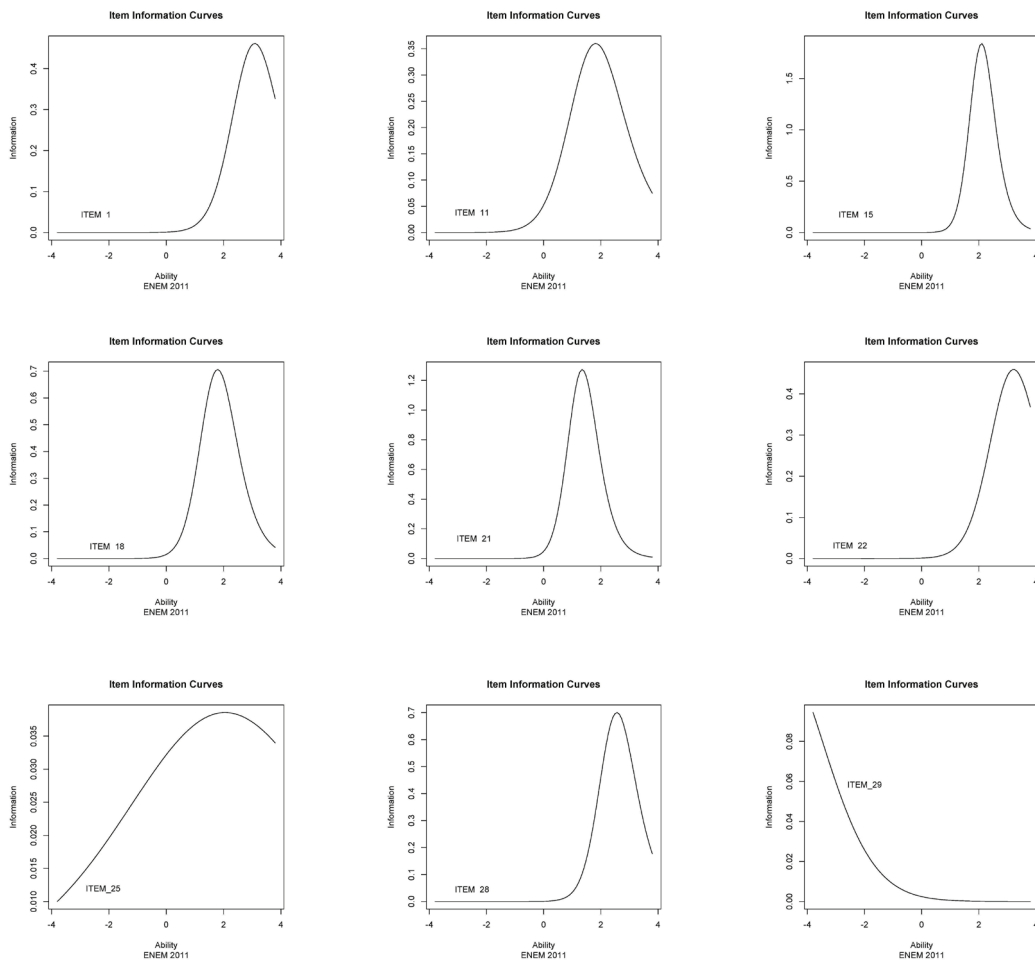


Figura 5.7: Curva Característica dos itens de física do ENEM de 2011 [Fonte: Autor].



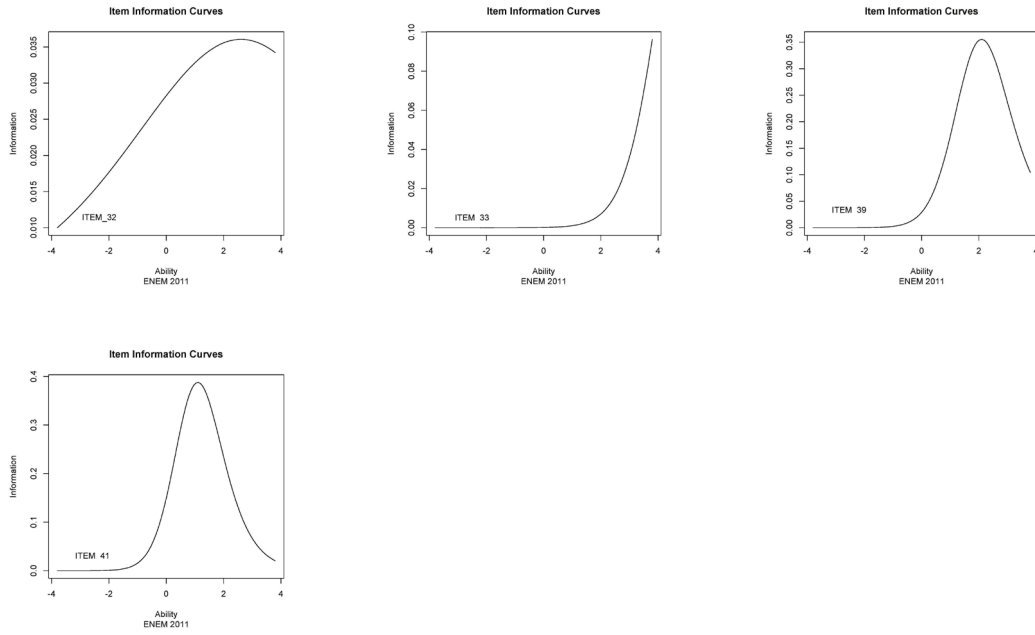


Figura 5.8: Curva de Informação dos itens de física do ENEM de 2011 [Fonte: Autor].

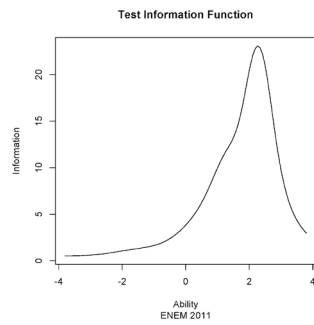
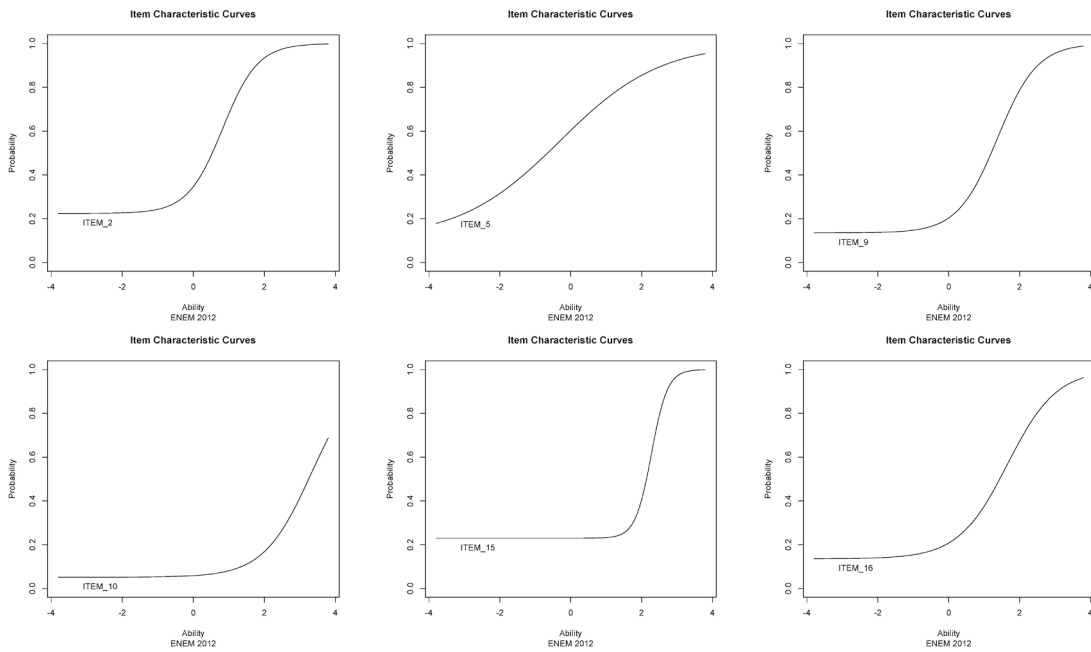


Figura 5.9: Curva de Informação do Teste do ENEM de 2011 [Fonte: Autor].



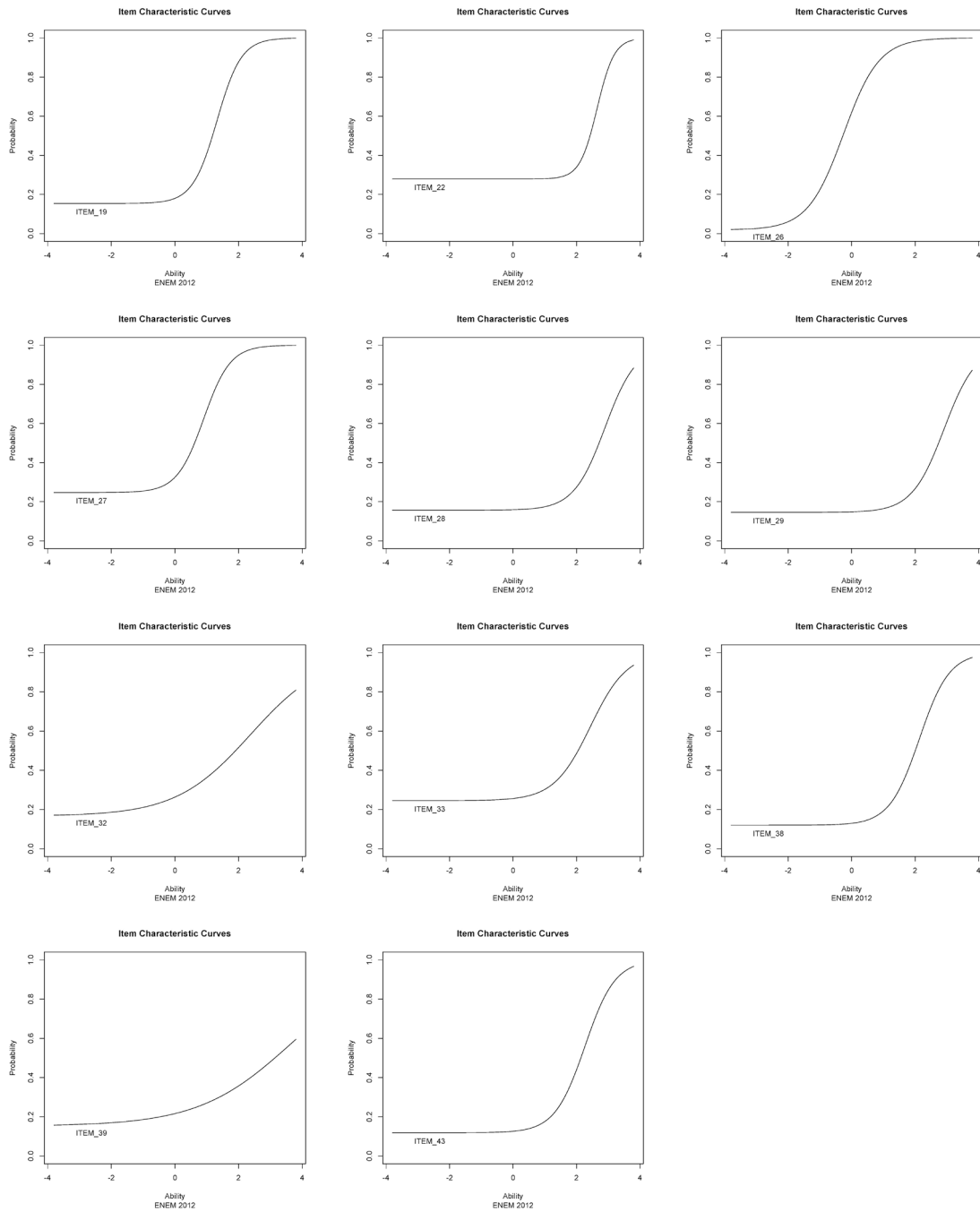
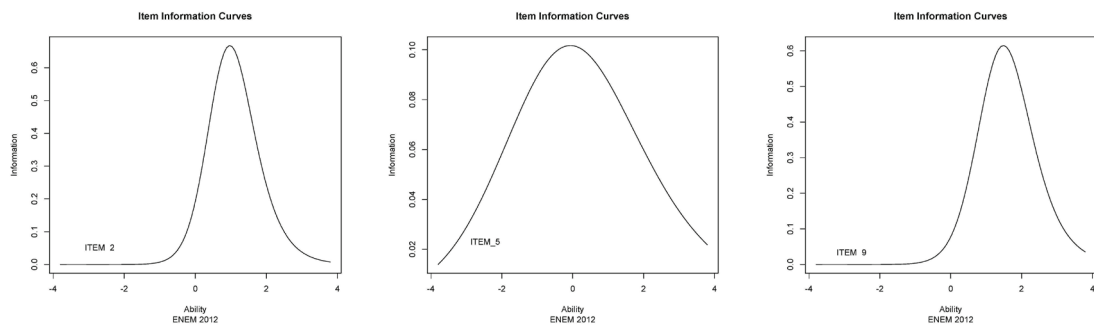


Figura 5.10: Curva Característica dos itens de física do ENEM de 2012 [Fonte: Autor].



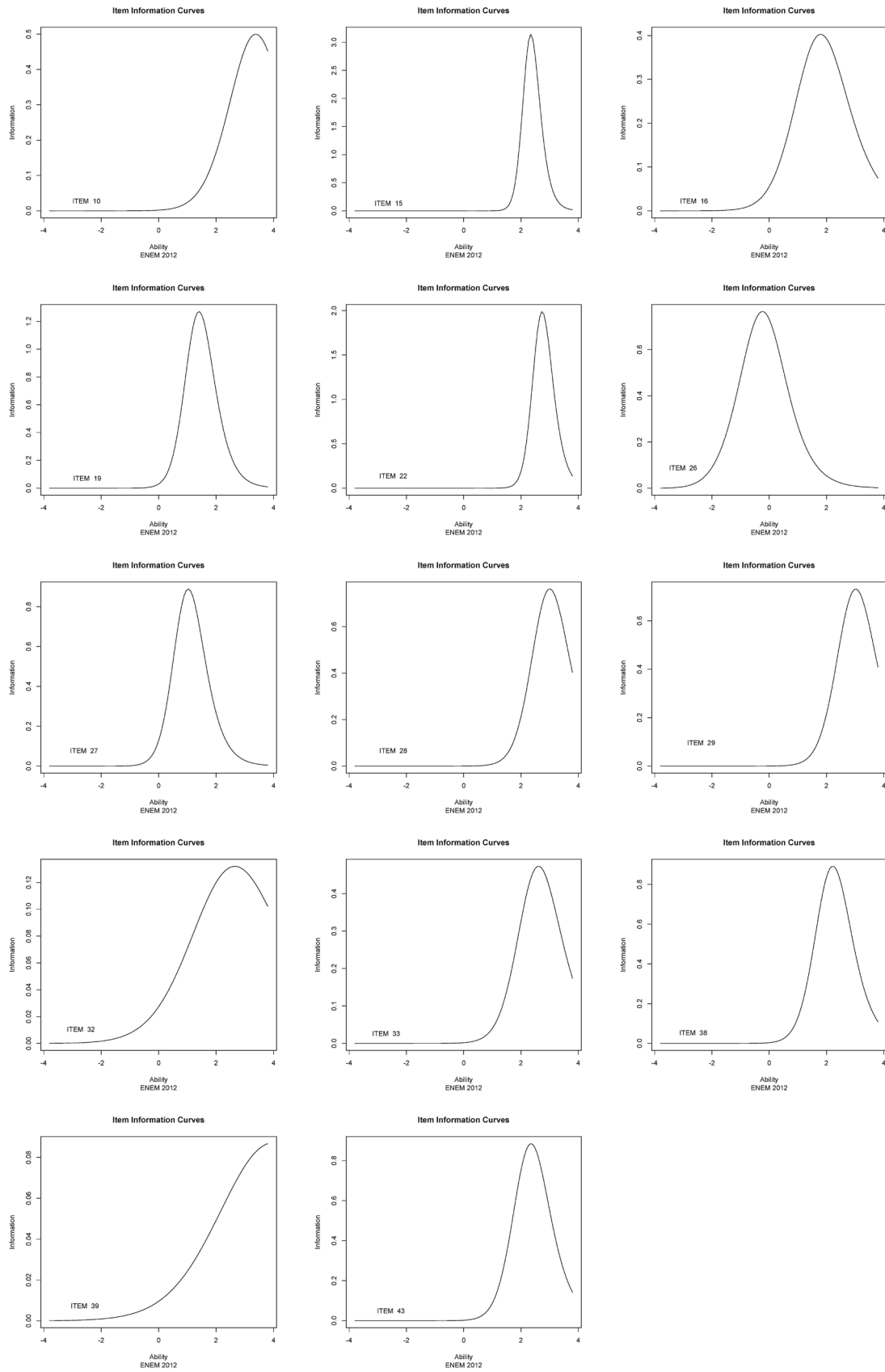


Figura 5.11: Curva de Informação dos itens de física do ENEM de 2012 [Fonte: Autor].

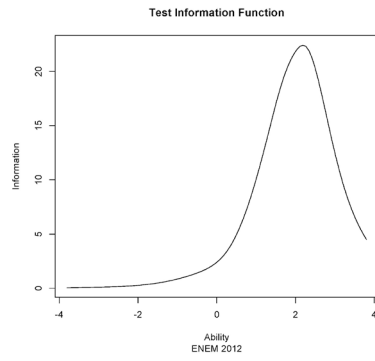
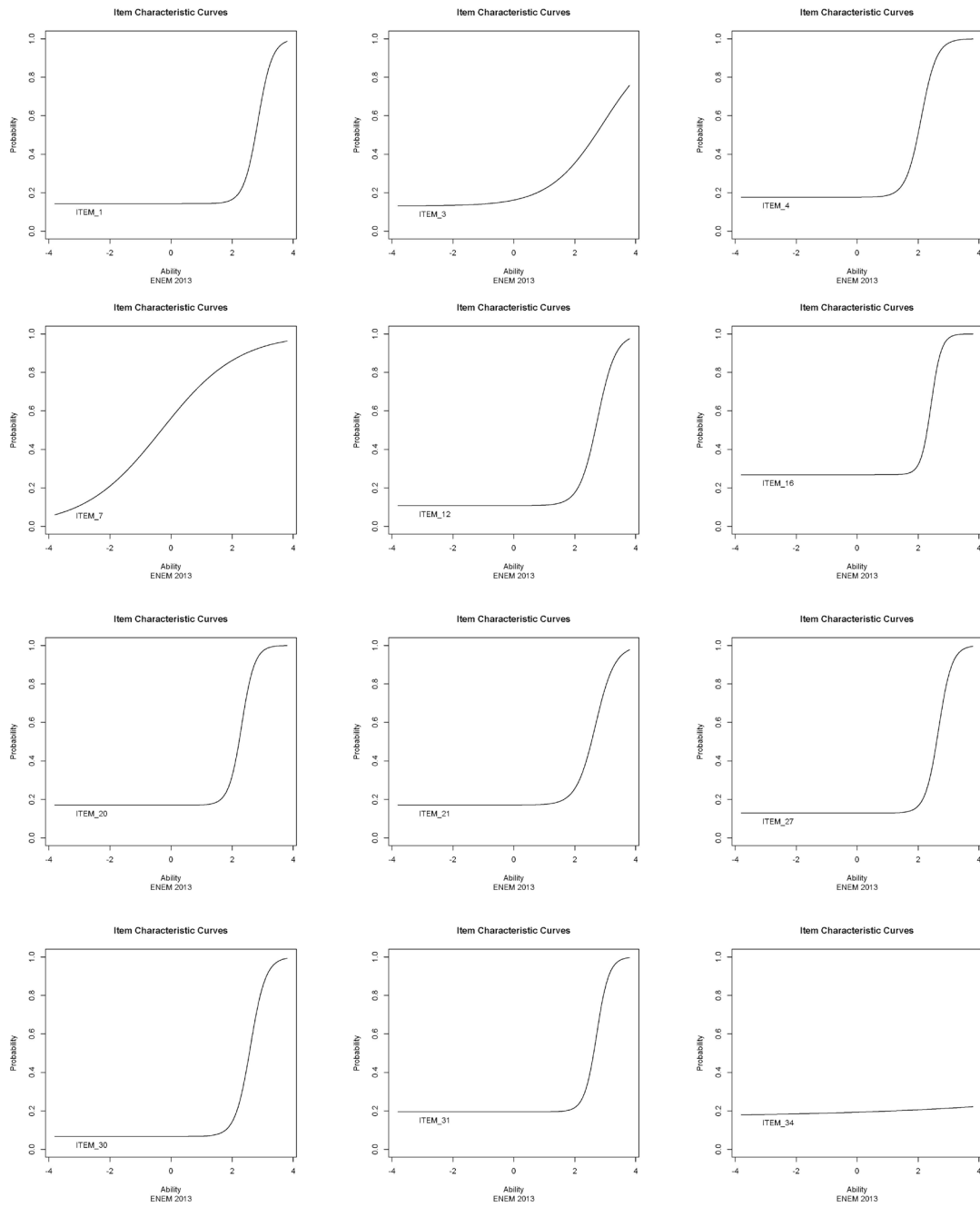


Figura 5.12: Curva de Informação do Teste do ENEM de 2012 [Fonte: Autor].



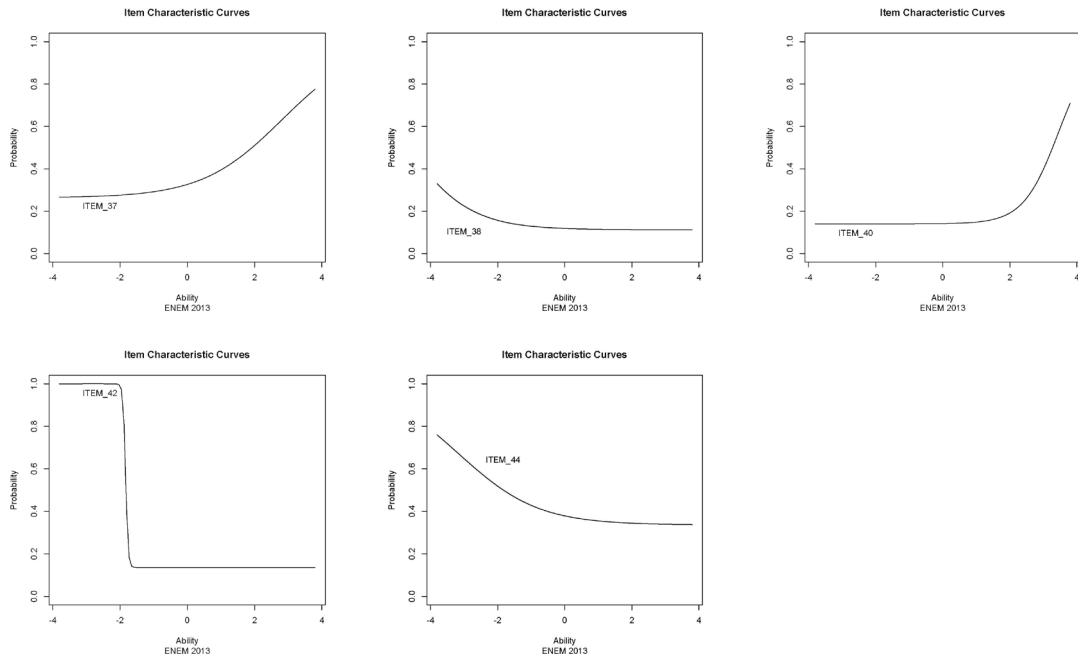
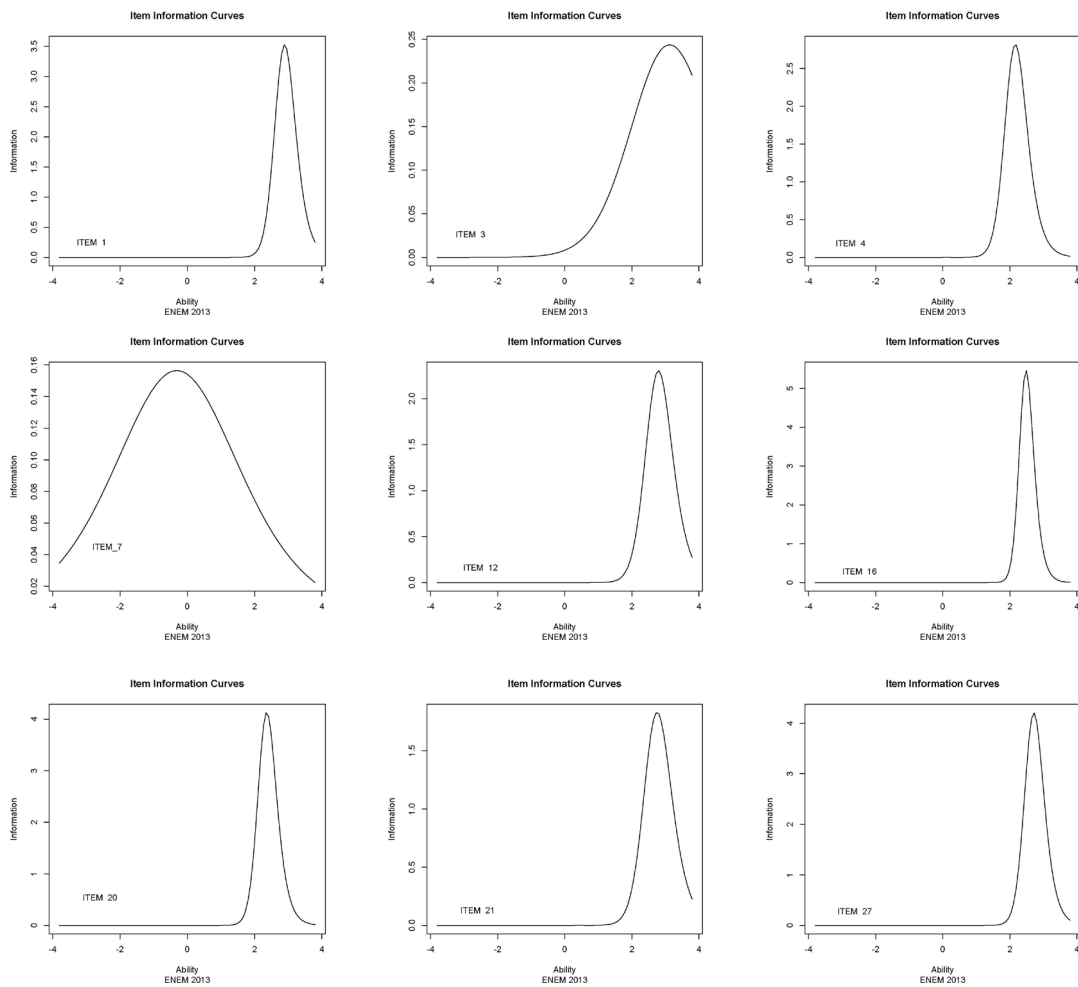


Figura 5.13: Curva Característica dos Itens de física do ENEM de 2013 [Fonte: Autor].



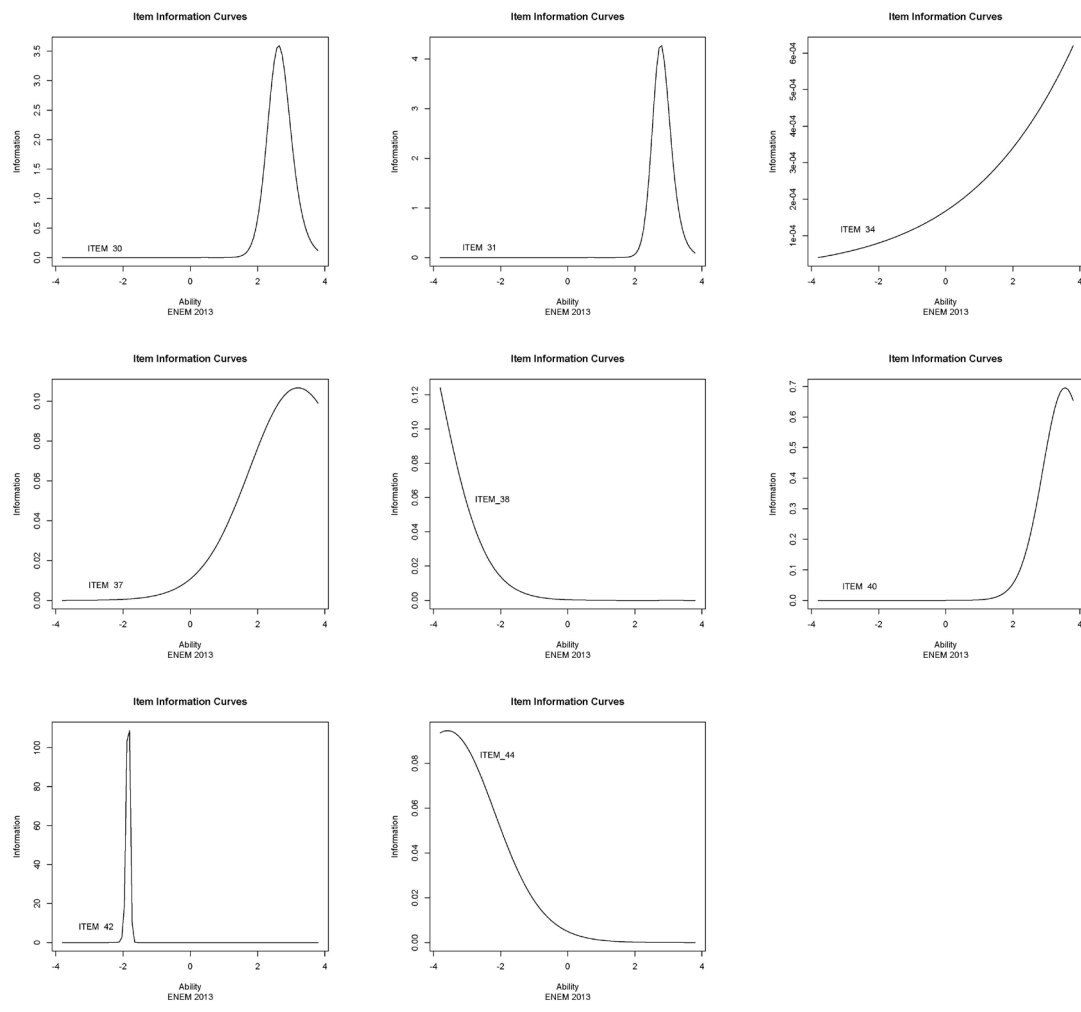


Figura 5.14: Curva de Informação dos Itens de física do ENEM de 2013 [Fonte: Autor].

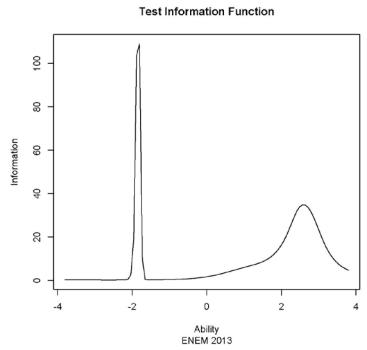


Figura 5.15: Curva de Informação do Teste do ENEM de 2013 [Fonte: Autor].

Observe que de acordo com a figura 5.15 a edição de 2013 continua sendo mais adequada para avaliar aqueles estudantes que com proficiência em torno de 2 e 3 desvios-padrão acima da média, nessa edição porém, observa-se um pico de informação na região da escala correspondente a 2 desvios-padrão abaixo da média, ou seja, em torno de 300 pontos.

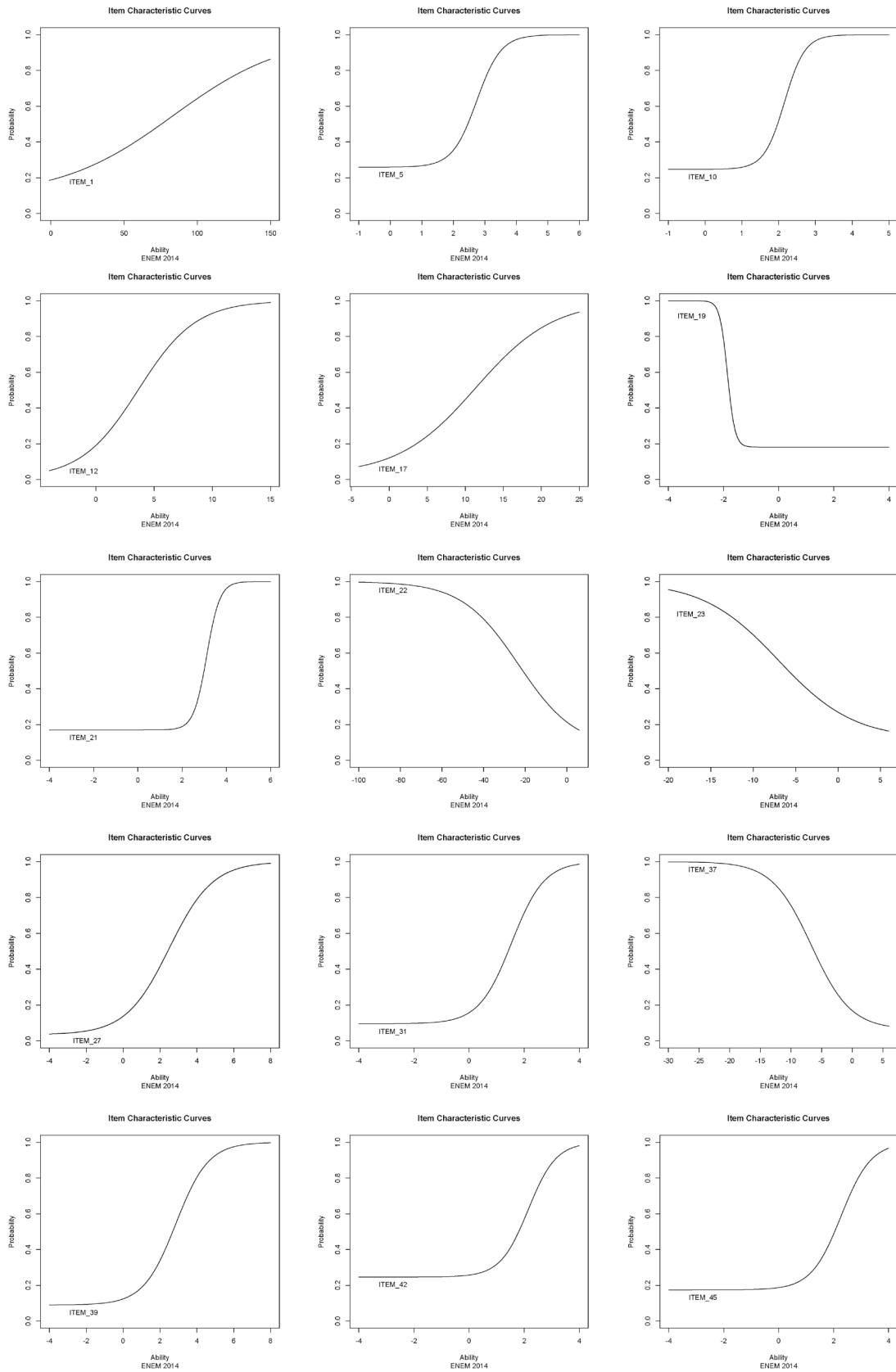


Figura 5.16: Curva Característica dos Itens de física do ENEM de 2014 [Fonte: Autor].

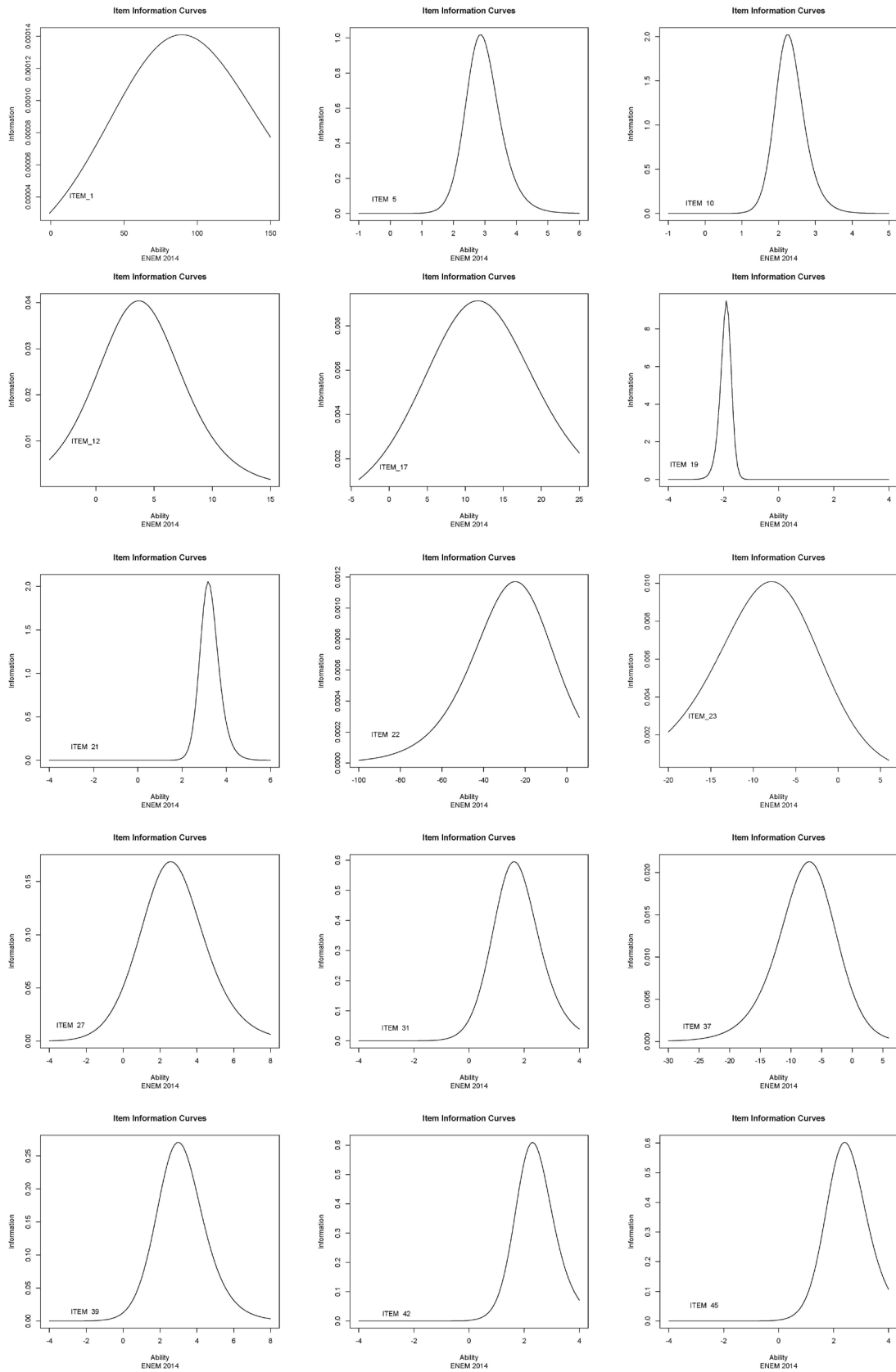


Figura 5.17: Curva de Informação dos Itens de física do ENEM de 2014 [Fonte: Autor].

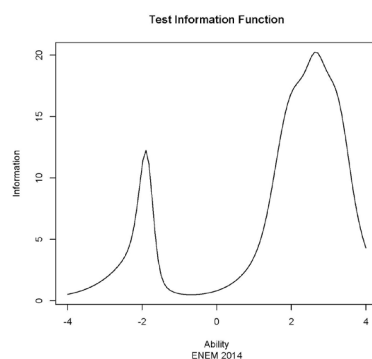


Figura 5.18: Curva de Informação do Teste do ENEM de 2014 [Fonte: Autor].

Note que os itens cujo parâmetro a foi negativo apresentou a curva característica com inclinação invertida, ou seja, a CCI é decrescente. Observe ainda que em todas as edições pesquisadas o instrumento foi mais adequado para avaliar aqueles estudantes com proficiências altas, em torno de 700 pontos.

A grande maioria dos itens apresentou curva de informação adequada, apesar de a maior parte dessas curvas apresentarem máximo global em regiões de altas proficiências.

5.5 Escala de proficiência (Mapa de Itens do ENEM)

5.5.1 Percentual de alunos em cada nível da escala

Para essa pesquisa, a escala foi dividida em sete níveis de proficiência de acordo com o quadro abaixo:

Nível	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
Intervalo de notas	Notas de 0 a 350 pontos	Notas de 350 a 450 pontos	Notas de 450 a 550 pontos	Notas de 550 a 650 pontos	Notas de 650 a 750 pontos	Notas de 750 a 850 pontos	Notas de 850 a 1 000 pontos

Quadro 5.3: Divisão dos níveis de proficiência. [Fonte: Autor].

A escolha dessa divisão foi baseada no mapa de itens do ENEM, as primeiras habilidades nesse mapa aparecem com 361,9 pontos e a última com 827,1 pontos.

Os alunos foram posicionados em cada um desses níveis de acordo com a nota obtida (proficiência) na prova de Ciências da Natureza. Em seguida calculou-se o percentual de alunos em cada um desses níveis. Os resultados são apresentados nos gráficos a seguir.

Distribuição por Nível de Proficiência Nacional

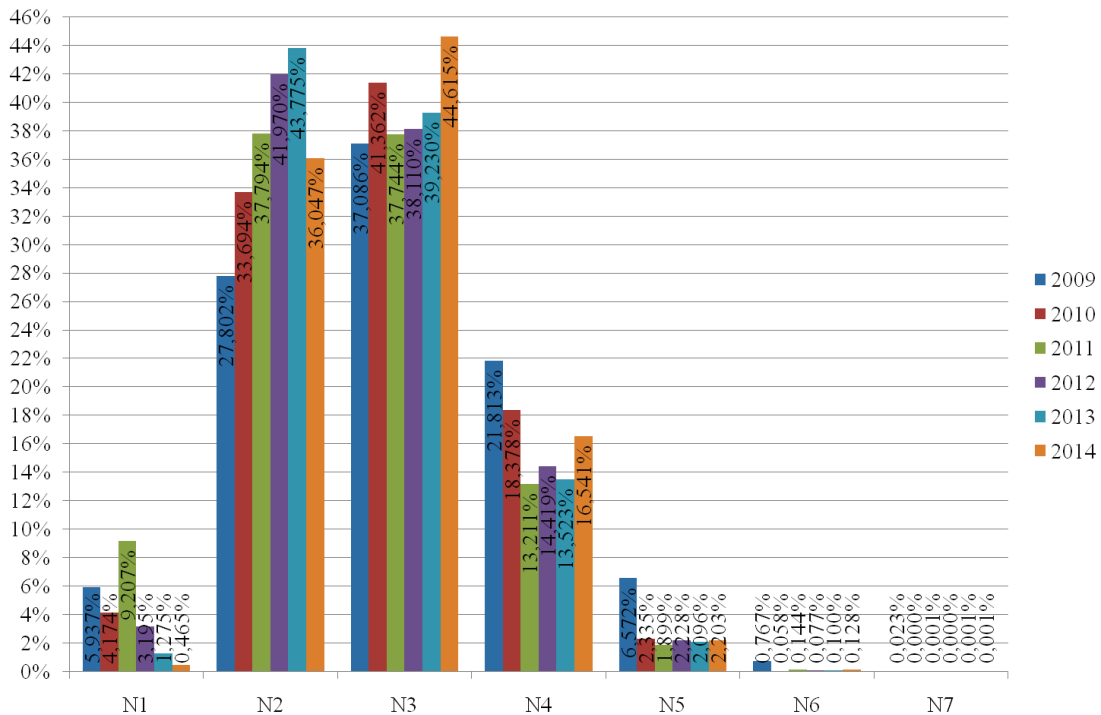
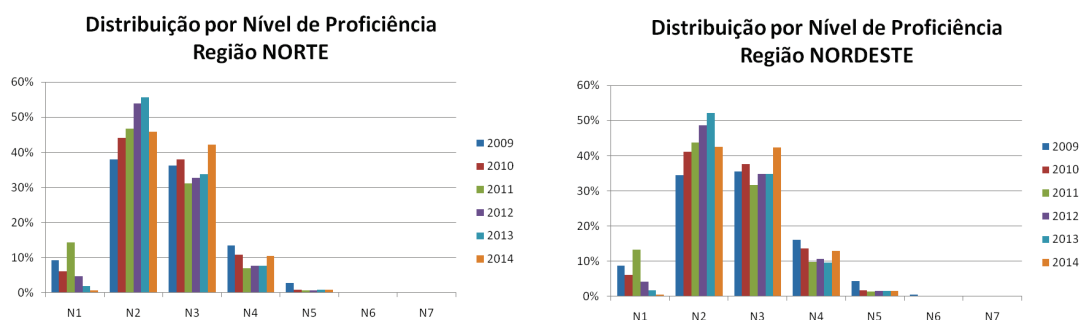


Gráfico 5.11: Distribuição por nível de proficiência nacional [Fonte: Autor].

É possível verificar nesse gráfico que a maior parte da população se concentra nos três primeiros níveis dessa escala, cerca de 60%. É possível observar também que a distribuição da população ao longo das seis edições são bem parecidas. Esse resultado está próximo ao resultado do desempenho do Brasil nas últimas edições do Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA), no qual o Brasil obteve a nota de 405 pontos nos anos de 2009 e 2012, e apresenta a maior parte dos participantes nos três níveis mais baixos. Apesar dos baixos resultados é possível verificar um avanço da população para níveis imediatamente mais altos ao longo das edições, observe que o percentual de alunos no nível mais baixo foi reduzindo ao longo das edições, enquanto que houve um aumento de alunos em níveis médios da escala N3 e N4.

Nos gráficos abaixo são apresentadas como ficam a distribuição por nível em cada região brasileira.



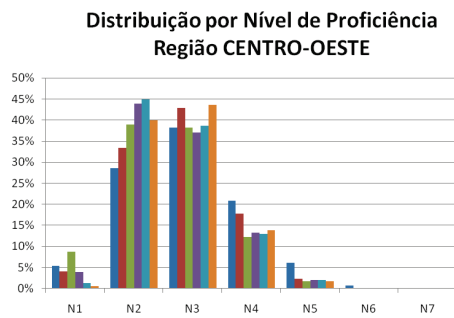
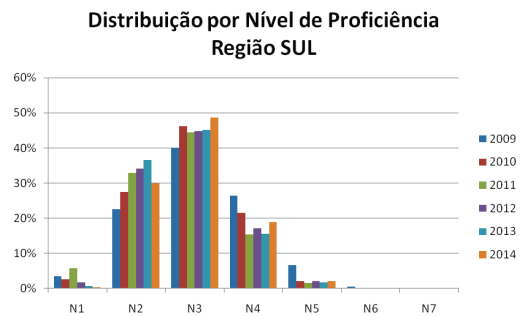
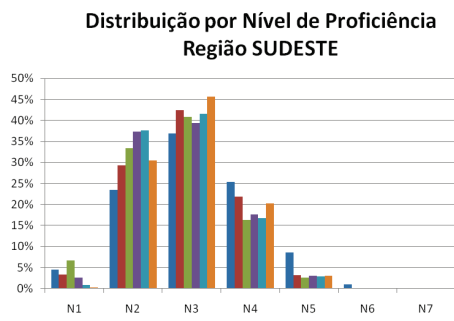


Gráfico 5.12 a: Distribuição por nível de proficiência região Norte, **Gráfico 5.12 b:** Distribuição por nível de proficiência região Nordeste, **Gráfico 5.12 c:** Distribuição por nível de proficiência região Sudeste, **Gráfico 5.12 d:** Distribuição por nível de proficiência região Sul, **Gráfico 5.12 e:** Distribuição por nível de proficiência região Centro-oeste [Fonte: Autor].

Destaque para a região sudeste que apresenta no nível N5 maior percentual que nas outras regiões.

No gráfico abaixo é apresentado o comparativo entre a distribuição dos itens de Ciências da Natureza por nível de proficiência e o percentual de alunos nesses níveis.

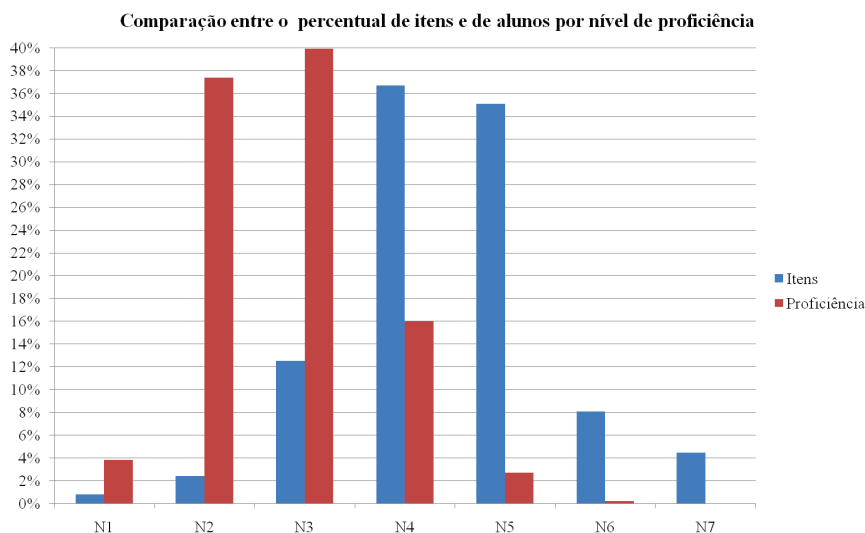


Gráfico 5.13: Comparação entre o percentual de itens e de alunos por nível de proficiência [Fonte: Autor].

Note que a maior quantidade de itens estão concentradas nos níveis N4 e N5 enquanto a maior parte dos estudantes encontram-se nos níveis N2 e N3.

5.5.2 Média de proficiência em Ciências da Natureza

O gráfico abaixo apresenta a média nacional da proficiência em Ciências da Natureza em cada uma das edições pesquisadas do ENEM.

A queda da média verificada nesse gráfico, ocorreu possivelmente devido a mudanças realizadas nas características dos itens utilizados, principalmente após o ENEM passar a ser utilizado pela maioria das instituições federais de ensino superior como vestibular.

Note que a partir da edição de 2012 a média volta a crescer mas ainda se mantém no nível N3 da escala de proficiência.

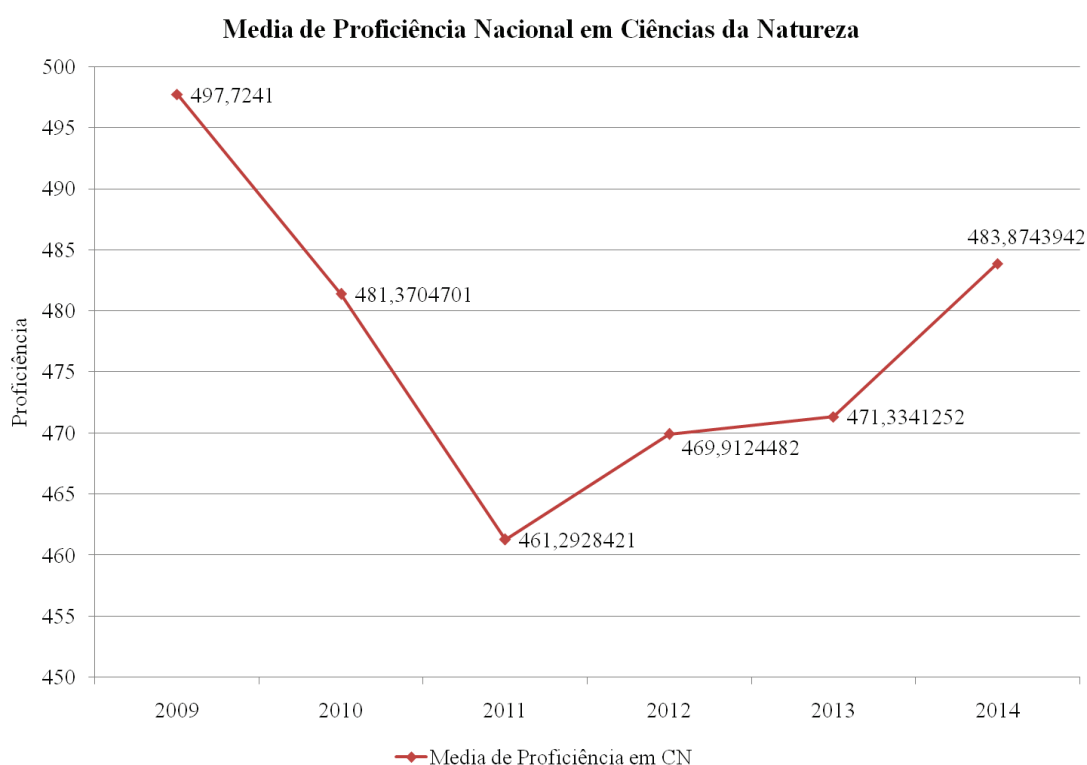


Gráfico 5.14: Média nacional de proficiência nas edições do ENEM [Fonte: Autor].

O gráfico abaixo apresenta a média de proficiência em cada estado nas seis edições estudadas.

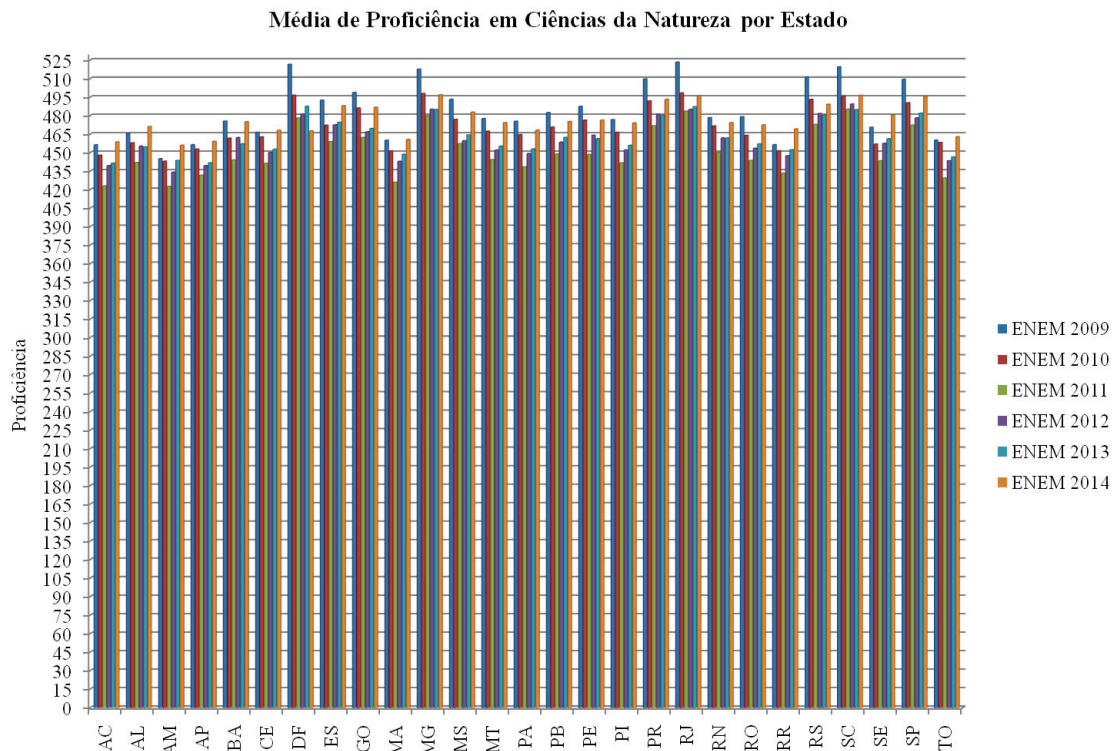


Gráfico 5.15: Média de proficiência em cada estado nas edições do ENEM [Fonte: Autor].

No gráfico a seguir são apresentadas as médias de proficiência em Ciências da Natureza por região brasileira.

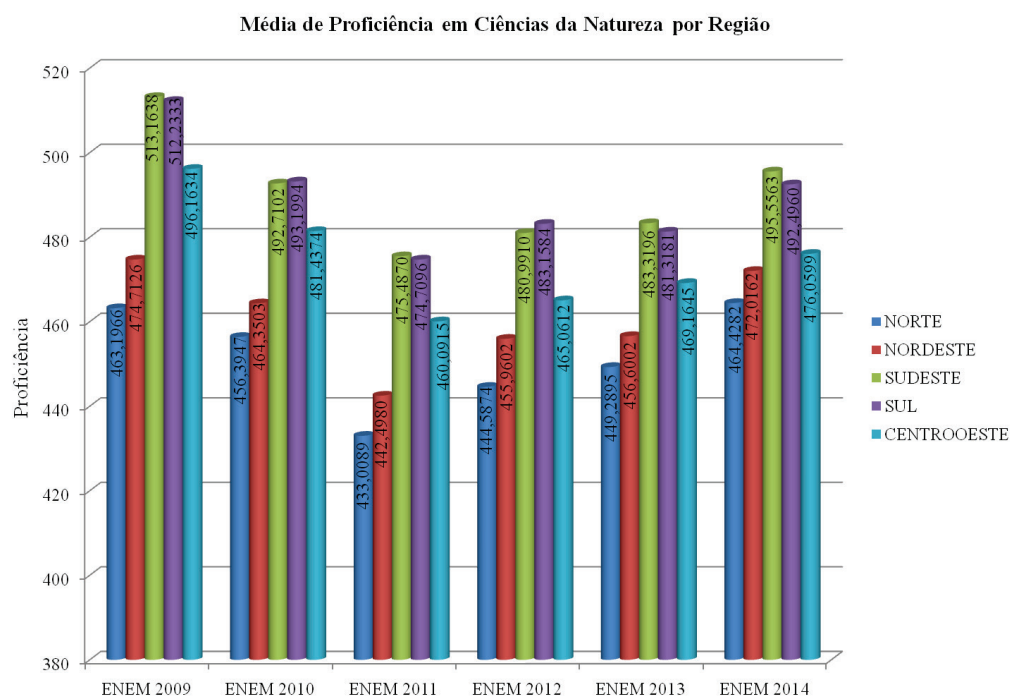


Gráfico 5.16: Média de proficiência em cada região nas edições do ENEM [Fonte: Autor].

Note que a região sudeste apresentou a maior média em todas as edições com exceção em 2012 que ficou cerca de 3 pontos abaixo da região sul, em contrapartida a região norte apresentou as mais baixas médias nas seis edições. Esse resultado pode estar relacionado com o desenvolvimento econômico dessas regiões.

5.5.3 Habilidades esperadas em cada nível

Para entender quais as habilidades que se espera que os alunos pertencentes a cada nível já tenham consolidadas, foi construído o quadro abaixo, listando com base no mapa de itens do ENEM as habilidades de física esperadas em cada um dos sete níveis.

Nível	Habilidade
N1 Até 350	Não existe descrição
N2 350 - 450	Relacionar o movimento aparente do Sol em relação à Terra à projeção de sombras no solo. Selecionar a melhor matriz energética a partir de condições ambientais.
N3 450 - 550	Reconhecer a energia potencial elástica em mecanismos que envolvem conversão de energia.
	Reconhecer propriedades elétricas responsáveis pela eficiência energética no sistema de produção, distribuição e consumo de energia elétrica.
	Identificar fontes de energia a partir de um esquema gráfico.
	Calcular o tempo gasto por um móvel em um trajeto sob determinadas condições de velocidade.
	Relacionar elementos que alteram a pressão exercida por uma força sobre uma superfície na prevenção da compactação do solo.
	Identificar o desequilíbrio ecológico decorrente da construção de uma hidrelétrica.
	Identificar as transformações de energia que ocorrem durante o salto com vara.
N4 550 - 650	Identificar as condições para que ocorra interferência em ondas de rádio.
	Selecionar a melhor matriz energética a partir de condições sócio-ambientais.
	Identificar o processo de transformação de energia em sistemas de cogeração.
	Reconhecer os princípios da segunda lei da termodinâmica em um motor à combustão.
	Calcular acelerações a partir de diagramas cinemáticos de velocidades.
	Explicar o fenômeno de refração da luz na diferença de posição entre a imagem de um objeto na água e sua real posição em relação ao observador.
	Inferir as mudanças nas características de ondas formadas na superfície da água
	Reconhecer a analogia entre o armazenamento de energia em cristais e molas.
	Identificar a cor de uma substância a partir de seu espectro de absorção.
	Reconhecer as condições para a indução de corrente elétrica em captadores de guitarra elétrica.
Comparar a eficiência energética entre lâmpadas.	
Calcular a corrente elétrica máxima em um circuito resistivo de chuveiros	

	elétricos.
	Identificar o processo de indução eletromagnética na geração de energia elétrica em dínamos.
	Aplicar o conceito de empuxo na remoção de objetos imersos.
	Calcular densidades de amostras que obedecem normas internacionais.
N5 650 - 750	Reconhecer a posição de um corpo em função do tempo em uma representação gráfica.
	Comparar as resistências elétricas de circuitos resistivos por meio de informações presentes em manuais de instruções.
	Identificar o fenômeno da difração em ondas luminosas e sonoras em diferentes situações.
	Comparar propriedades da luz em uma situação de daltonismo.
	Relacionar as propriedades da radiação eletromagnética com o bronzeamento da pele.
	Reconhecer forças de atrito estático e cinético na frenagem com ou sem sistema ABS.
	Aplicar a lei da refração luminosa em materiais de índice de refração negativo.
	Comparar características de formação de imagens produzidas por espelhos convexos com ideias de senso comum.
	Identificar a altura da coluna d'água que determina a pressão num esquema de instalação hidráulica.
	Avaliar o combustível mais energético em função da densidade e do calor de combustão.
	Relacionar a 2ª lei da termodinâmica à eficiência de motores.
Calcular a densidade de um corpo a partir dos valores do empuxo e do peso aplicados.	
Calcular o valor pago pelo consumo de energia elétrica a partir de dados apresentados em um relógio de luz analógico.	
N6 750 - 850	Aplicar conceitos de movimento circular no dimensionamento de curvas.
	Comparar correntes em um circuito elétrico misto.
	Identificar a faixa de comprimento de onda em que é maior a diferença de refletância entre objetos a partir de um gráfico.
	Comparar a energia liberada por um combustível na combustão e em um gerador de eletricidade.
	Explicar as transferências de energia térmica em refrigeradores.
	Calcular a energia térmica transferida para uma determinada massa de água em um aquecedor solar.
Analisar a influência do movimento browniano sobre o movimento do eixo de pequenos motores.	
N7 850 - 1000	Não existe descrição

Quadro 5.4: Habilidades esperadas em cada nível de proficiência. [Fonte: INEP, 2015].

Esse quadro foi construído com base no mapa de itens do ENEM disponibilizado no portal do INEP. Esse mapa foi elaborado seguindo o critério de dificuldade empírica

do item, apresentado na seção 4.2.6. Cada habilidade descrita nesse quadro corresponde à descrição da habilidade de um item âncora.

5.6 Os itens âncoras de Física

No Mapa de Itens do ENEM é possível encontrar alguns itens âncoras que o próprio INEP disponibiliza. Esses itens são selecionados utilizando o critério apresentado na seção 4.2.6, o quadro abaixo mostra a relação dos itens âncoras disponibilizados nesse mapa. A terceira e quarta coluna desse quadro referem-se ao critério 1, na quarta coluna é informando, quando ocorre, o critério não satisfeito.

EDIÇÃO	ITEM	Nível (Critério 1)	Critério não satisfeito ⁴	Nível (Mapa de Itens)
2011	ITEM_37	N3	2	N2
2010	ITEM_11	N3		N3
2010	ITEM_17	N3	1	N3
2011	ITEM_2	N3	1*	N3
2011	ITEM_45	N4	2	N3
2012	ITEM_2	N4		N3
2012	ITEM_5	N3	3*	N3
2012	ITEM_6	N4	3*	N3
2012	ITEM_26	N3		N3
2009	ITEM_2	N4		N4
2010	ITEM_15	N4	3	N4
2010	ITEM_44	N4		N4
2011	ITEM_11	N5	2* e 3	N4
2012	ITEM_1	N5	3*	N4
2012	ITEM_9	N4	1*	N4
2012	ITEM_11	N4	1* e 3	N4
2012	ITEM_19	N4	1*	N4
2012	ITEM_24	N4		N4
2012	ITEM_30	N5		N4
2012	ITEM_31	N5		N4
2012	ITEM_34	N5		N4
2012	ITEM_36	N4	1*	N4
2012	ITEM_37	N5		N4
2012	ITEM_40	N5	2* e 3	N4
2012	ITEM_41	N5		N4
2012	ITEM_44	N5		N4
2009	ITEM_12	N6		N5
2009	ITEM_33	N5		N5
2010	ITEM_39	N5	3*	N5

⁴ O asterisco seguindo o número do critério foi utilizado para sinalizar os casos em que o critério não é satisfeito por uma pequena diferença.

2011	ITEM_5	N6		N5
2011	ITEM_14	N6	2* e 3	N5
2012	ITEM_3	N5	1* e 3	N5
2012	ITEM_14	N5		N5
2012	ITEM_15	N5		N5
2012	ITEM_20	N5		N5
2012	ITEM_22	N6	2*	N5
2012	ITEM_33	N5	1* e 3	N5
2012	ITEM_38	N5	1*	N5
2012	ITEM_43	N5	1*	N5
2009	ITEM_30	N7	2	N6
2009	ITEM_36	N7	2 e 3	N6
2010	ITEM_31	N5	1,2 e 3	N6
2011	ITEM_1	N7	2*	N6
2011	ITEM_38	N6		N6

Quadro 5.5: Itens âncora disponibilizados no Mapa de Itens do ENEM. [Fonte: Autor].

Nessa pesquisa foram utilizados dois critérios para a seleção dos itens âncoras: 1 – Ancoragem do item por meio dos três critérios para que um item seja um item âncora apresentados na seção 4.2.6. 2 – Ancoragem via cálculo do ponto de ancoragem do item através da equação 4.6. Em seguida foi feita uma comparação dessas ancoragens com os itens disponibilizados no Mapa de itens do ENEM.

O gráfico abaixo mostra o quantitativo de itens âncoras selecionados a partir critério 1.

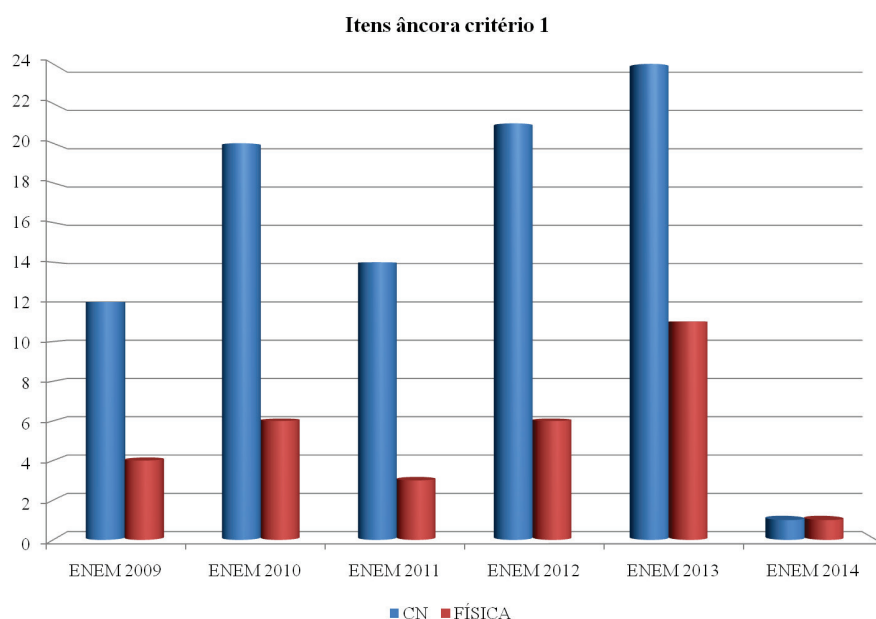


Gráfico 5.17: Quantidade de itens âncoras selecionados nas edições do ENEM [Fonte: Autor].

No gráfico abaixo é apresentado o quantitativo desses itens em cada nível da escala.

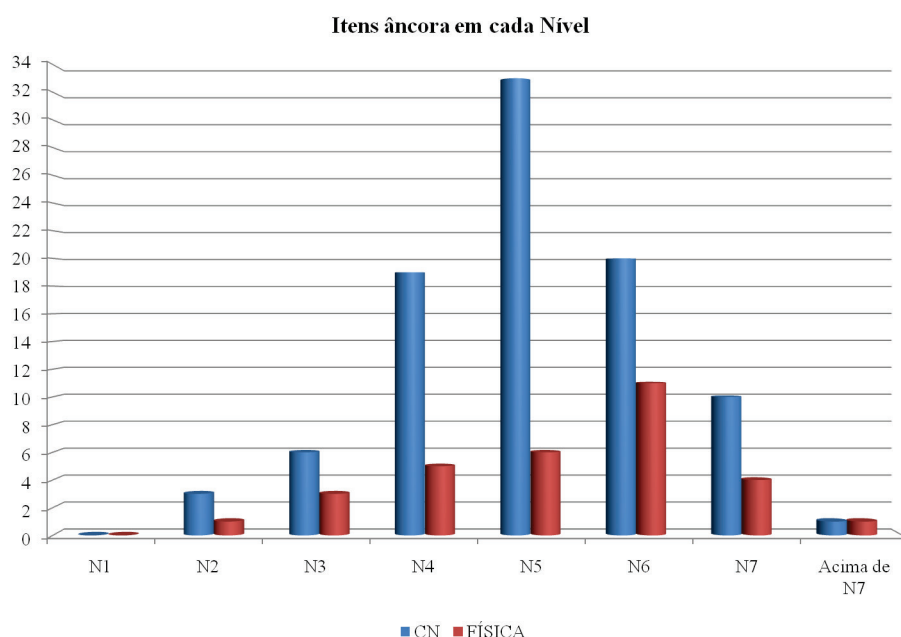


Gráfico 5.18: Quantidade de itens âncoras por nível de proficiência [Fonte: Autor].

O quadro abaixo apresenta os níveis de cada item âncora nos dois critérios. Note que dos 92 itens selecionados, apenas 27 itens apresentaram o mesmo nível em ambos os critérios. Estes foram posicionados no início do quadro. Na última coluna desse quadro, é apresentado o nível disponível no mapa de itens. Vale ressaltar que o mapa de itens utiliza o critério 2 para posicionar o item, portanto os valores para as duas últimas colunas desse quadro devem ser iguais, salvo dois casos o ITEM_14 e o ITEM_20 de 2012 que no mapa de itens é posicionado no nível 5 e pelo critério 2 no nível 4, mas essa diferença pode ser desconsiderada, pois o ponto de ancoragem desses itens estão a apenas cinco pontos para mudarem do nível 4 para o 5, portanto a diferença verificada pode ser justificada por pequenas diferenças nos cálculos dos parâmetros, principalmente devido aos diferentes software utilizados.

EDIÇÃO	ITEM	Nível (Critério 1)	Nível (Critério 2)	Nível (Mapa de Itens)
2010	ITEM_4	N2	N2	
2010	ITEM_11	N3	N3	N3
2012	ITEM_26	N3	N3	N3
2010	ITEM_1	N3	N3	
2011	ITEM_40	N3	N3	
2013	ITEM_7	N3	N3	
2009	ITEM_2	N4	N4	N4
2010	ITEM_44	N4	N4	N4
2012	ITEM_24	N4	N4	N4
2010	ITEM_13	N4	N4	

2010	ITEM_16	N4	N4	
2010	ITEM_18	N4	N4	
2011	ITEM_3	N4	N4	
2011	ITEM_21	N4	N4	
2012	ITEM_18	N4	N4	
2013	ITEM_6	N4	N4	
2013	ITEM_8	N4	N4	
2013	ITEM_18	N4	N4	
2013	ITEM_35	N4	N4	
2009	ITEM_33	N5	N5	N5
2012	ITEM_15	N5	N5	N5
2010	ITEM_35	N5	N5	
2009	ITEM_17	N6	N6	
2011	ITEM_20	N7	N7	
2011	ITEM_33	N7	N7	
2012	ITEM_12	N7	N7	
2013	ITEM_34	N7	N7	
2009	ITEM_35	>N7	N6	
2009	ITEM_1	N2	N1	
2011	ITEM_44	N2	N1	
2009	ITEM_13	N3	N2	
2012	ITEM_2	N4	N3	N3
2009	ITEM_11	N4	N3	
2011	ITEM_4	N4	N3	
2012	ITEM_27	N4	N3	
2013	ITEM_39	N4	N3	
2013	ITEM_45	N4	N3	
2012	ITEM_30	N5	N4	N4
2012	ITEM_31	N5	N4	N4
2012	ITEM_34	N5	N4	N4
2012	ITEM_37	N5	N4	N4
2012	ITEM_41	N5	N4	N4
2012	ITEM_44	N5	N4	N4
2009	ITEM_10	N5	N4	
2009	ITEM_21	N5	N4	
2010	ITEM_20	N5	N4	
2010	ITEM_32	N5	N4	
2010	ITEM_34	N5	N4	
2010	ITEM_36	N5	N4	
2010	ITEM_38	N5	N4	
2010	ITEM_42	N5	N4	
2011	ITEM_7	N5	N4	
2011	ITEM_15	N5	N4	
2011	ITEM_16	N5	N4	
2011	ITEM_30	N5	N4	

2011	ITEM_36	N5	N4	
2012	ITEM_4	N5	N4	
2012	ITEM_14	N5	N4	N5
2012	ITEM_20	N5	N4	N5
2012	ITEM_45	N5	N4	
2013	ITEM_2	N5	N4	
2013	ITEM_4	N5	N4	
2013	ITEM_9	N5	N4	
2013	ITEM_20	N5	N4	
2013	ITEM_24	N5	N4	
2013	ITEM_43	N5	N4	
2014	ITEM_10	N5	N4	
2009	ITEM_12	N6	N5	N5
2011	ITEM_5	N6	N5	N5
2009	ITEM_24	N6	N5	
2009	ITEM_44	N6	N5	
2010	ITEM_5	N6	N5	
2010	ITEM_21	N6	N5	
2010	ITEM_37	N6	N5	
2011	ITEM_17	N6	N5	
2012	ITEM_21	N6	N5	
2012	ITEM_25	N6	N5	
2012	ITEM_28	N6	N5	
2012	ITEM_29	N6	N5	
2013	ITEM_1	N6	N5	
2013	ITEM_12	N6	N5	
2013	ITEM_21	N6	N5	
2013	ITEM_27	N6	N5	
2013	ITEM_30	N6	N5	
2013	ITEM_31	N6	N5	
2013	ITEM_41	N6	N5	
2010	ITEM_9	N7	N5	
2013	ITEM_29	N7	N5	
2013	ITEM_40	N7	N5	
2010	ITEM_22	N7	N6	
2010	ITEM_26	N7	N6	
2013	ITEM_10	N7	N6	

Quadro 5.6: Níveis dos itens em cada um dos critérios. [Fonte: Autor].

O quadro abaixo traz as habilidades de física que ainda não foram incluídas no mapa de itens.

Edição	Item	Nível	Habilidade
2013	ITEM_7	N3	Compreender como ondas eletromagnéticas de celulares e outros aparelhos podem afetar as comunicações via rádio entre o piloto da aeronave e a torre de controle.

2013	ITEM 4	N5	Calcular a massa residual de uma amostra radioativa a partir do seu tempo de meia vida.
2013	ITEM 20	N5	Relacionar as grandezas ondulatórias: velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência.
2013	ITEM 12	N6	Analisar a influência da pressão no escoamento de um fluido.
2013	ITEM 21	N6	Compreender a transmissão do movimento circular envolvida no funcionamento de um motor acoplado a polias.
2013	ITEM 27	N6	Compreender as formas de ligação de amperímetros e voltímetros em circuitos elétricos.
2013	ITEM 30	N6	Aplicar a Segunda Lei de Ohm.
2013	ITEM 31	N6	Compreender a direção e sentido de aplicação da força de atrito no movimento de uma pessoa.
2013	ITEM 34	N7	Compreender o conceito de corrente elétrica e campo elétrico no interior de um condutor.
2013	ITEM 40	N7	Calcular a intensidade da força magnética sobre um condutor reto imerso em um campo magnético uniforme.

Quadro 5.7: Habilidades de física ainda não incluídas no mapa de itens. [Fonte: Autor].

Essas habilidades correspondem à descrição dos itens âncoras selecionados a partir do critério 1.

Capítulo 6

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e a avaliação

Nesse capítulo é apresentada uma das diversas possibilidades de trabalho com os resultados gerados das avaliações de larga escala. Tendo em vista que um dos princípios básicos de uma sequência didática como uma UEPS é o levantamento dos conceitos prévios dos alunos, a avaliação se torna uma ferramenta útil para a elaboração dessa sequência didática.

A partir da pesquisa realizada na base de dados das edições do ENEM de 2009 a 2014, foi possível levantar o perfil de conhecimento dos alunos da escola pesquisada e a partir desse perfil, foi elaborada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) cujo objetivo é trabalhar de forma diferenciada os conteúdos que apresentaram maiores dificuldades por parte dos alunos.

A UEPS apresentada nesse capítulo faz parte do produto educacional produzido no âmbito desse mestrado. Nessa parte do trabalho, é feita a análise sobre a aplicação realizada na escola utilizada como exemplo nessa pesquisa.

6.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS

6.1.1 Aprendizagem significativa e a UEPS

As unidades de ensino potencialmente significativas são baseadas na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Nessa perspectiva uma UEPS é uma sequência didática elaborada levando em consideração o conhecimento prévio do aluno, e nesse caso esse conhecimento servirá de âncora ou base para a aquisição de novos conhecimentos por parte do aluno, esse conhecimento base são chamados de subsunçores. De acordo com MOREIRA, subsunçor é

“O nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimento do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento. A atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de

conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles [MOREIRA, 2010]⁵”.

Dessa forma UEPS se trata de uma sequência didática no qual os conhecimentos prévios relevantes na aquisição para o novo conhecimento que será apresentado foi levado em consideração na hora de planejar as atividades, tornando assim essa sequência potencialmente significativa.

De acordo com o autor o objetivo da UEPS é desenvolver unidades de ensino que sejam potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos do conhecimento [MOREIRA, versão 6.0].

6.1.2 UEPS e avaliação

Nessa pesquisa, viram-se nos dados das avaliações externas uma rica fonte de informações dos alunos que estão saindo do Ensino Médio. Não se trata apenas de uma fonte a respeito do conhecimento dos alunos, mas também sobre fatores externos a escola, dados sócio-econômicos entre outras, caracterizando-se como um verdadeiro recurso de dados relevantes para o professor na hora de planejar suas aulas. Sendo assim as avaliações juntamente com as UEPS podem contribuir significativamente para a melhoria do ensino da Física.

6.2 Resultados da escola nas edições do ENEM de 2009 a 2014

6.2.1 Participação

No quadro 6.1 abaixo é apresentado o quantitativo de alunos do 3º ano do Ensino Médio da escola exemplo que participaram nas edições do ENEM 2009 a 2014.

Participação da escola exemplo no ENEM	
Edição	Nº de Participantes
2009	23
2010	25
2011	16
2012	17
2013	20
2014	13

Quadro 6.1: Número de participantes da escola exemplo no ENEM [Fonte: INEP].

⁵ Citação original: subsunor es el nombre que se da a un conocimiento específico, existente en la estructura de conocimientos del individuo, que permite darle significado a un nuevo conocimiento que le es presentado o que es descubierto por él. Tanto por recepción como por descubrimiento, la atribución de significados a nuevos conocimientos depende de la existencia de conocimientos previos específicamente relevantes y de la interacción con ellos. [MOREIRA, 2010].

Na atualidade o número de alunos matriculados no 3º ano do Ensino Médio nessa escola é 32 alunos sendo que na média cerca de 28 alunos vão às aulas regularmente.

6.2.2 Média de Proficiência

O Gráfico 6.1, apresentado abaixo, mostra a média de proficiência em Ciências da Natureza obtida pela escola nas edições do ENEM de 2009 a 2014 comparada com a média nacional nessas mesmas edições.

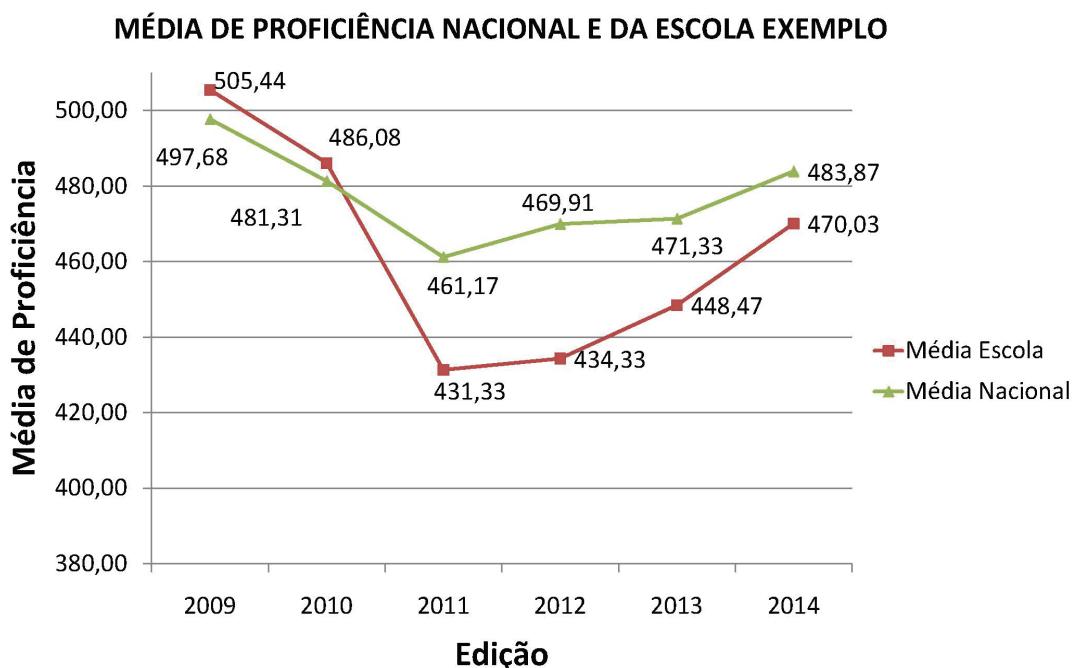


Gráfico 6.1: Média de proficiência Nacional e da escola exemplo [Fonte: autor].

Observe nesse gráfico que nos anos de 2009 e 2010 a escola manteve a média acima da média nacional. Entre 2009 e 2011 tanto a escola quanto a média nacional apresentaram um comportamento decrescente, somente a partir da edição de 2011 para frente que a média passou a aumentar. É possível que essa queda brusca sofrida nos resultados tanto nacional quanto da própria escola seja justificado pela adaptação do ENEM ao SISU, durante essa adaptação foi possível perceber modificações nas formas dos itens que passaram a ser mais conteudistas. Além disso a escola não possui um professor de física efetivo e, portanto cada ano é reflexo da atuação de um professor diferente.

6.2.3 Distribuição por nível de proficiência

No gráfico 6.2 abaixo, é apresentado o percentual de alunos da escola exemplo em cada nível de proficiência.

Percentual de alunos por nível de proficiência da escola exemplo

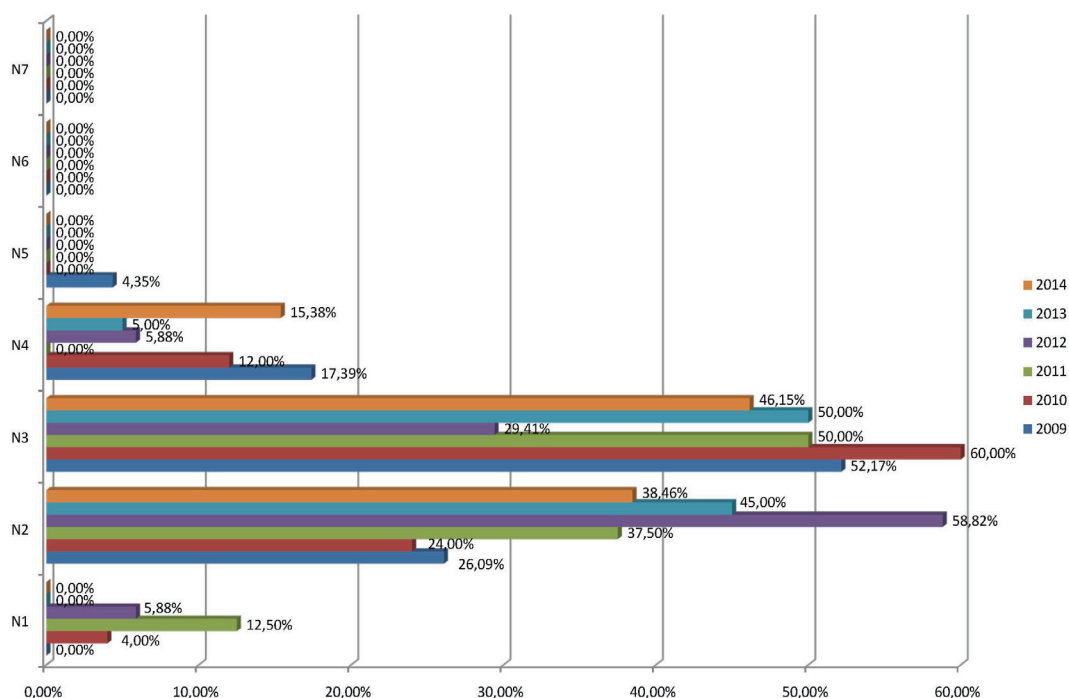


Gráfico 6.2: Percentual de alunos por nível de proficiência da escola exemplo [Fonte: autor].

Observe nesse gráfico, que mais da metade dos alunos do 3º ano do Ensino Médio dessa escola que participaram dessas edições do ENEM, encontram-se nos 3 primeiros níveis da escala, e portanto, nos níveis mais baixos. É possível comparar esses dados com o Mapa de itens do ENEM apresentado no quadro 5.23 para verificar as habilidades que esses alunos já desenvolveram.

Esse resultado não é muito diferente do resultado a nível nacional, e ainda comparado com os resultados do Brasil no PISA onde tem ocupado os três níveis mais baixos em todas as edições que participou.

6.2.4 Percentual de acerto por descritor

Nos gráficos 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6 abaixo, são apresentados os percentuais de acerto por descritor nas edições do ENEM⁶ de 2011 a 2014.

⁶ Não foram gerados os gráficos das edições de 2009 e 2010, pois as bases de dados disponibilizadas pelo INEP não continha a informação do descritor de cada item. Foi feita uma tentativa de classificação desses itens de acordo com a matriz de referência, mas devido à forma abrangente de escrita desse documento alguns itens não foram adequadamente classificados.

Percentual de Acerto por Descritor de Física ENEM 2011

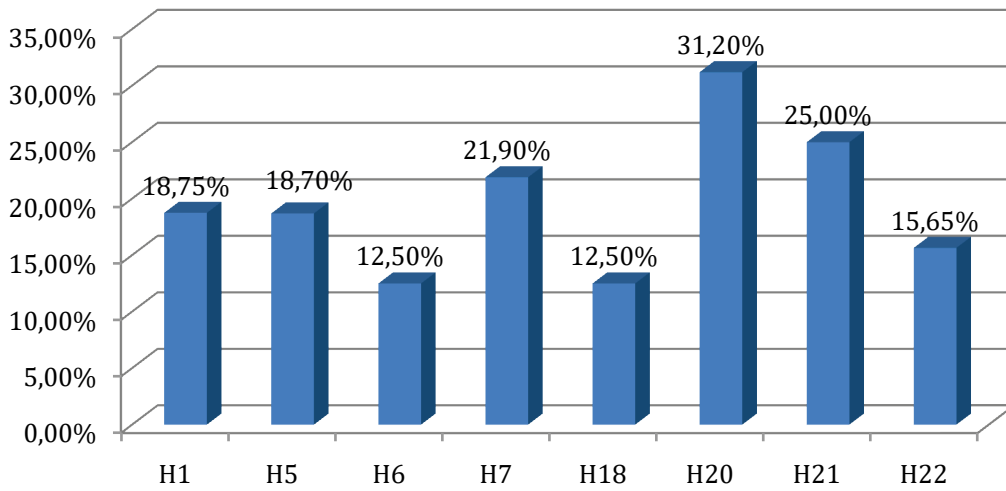


Gráfico 6.3: Percentual de acerto por descritor de Física do ENEM 2011 da escola exemplo [Fonte: autor].

Percentual de Acerto por Descritor de Física ENEM 2012

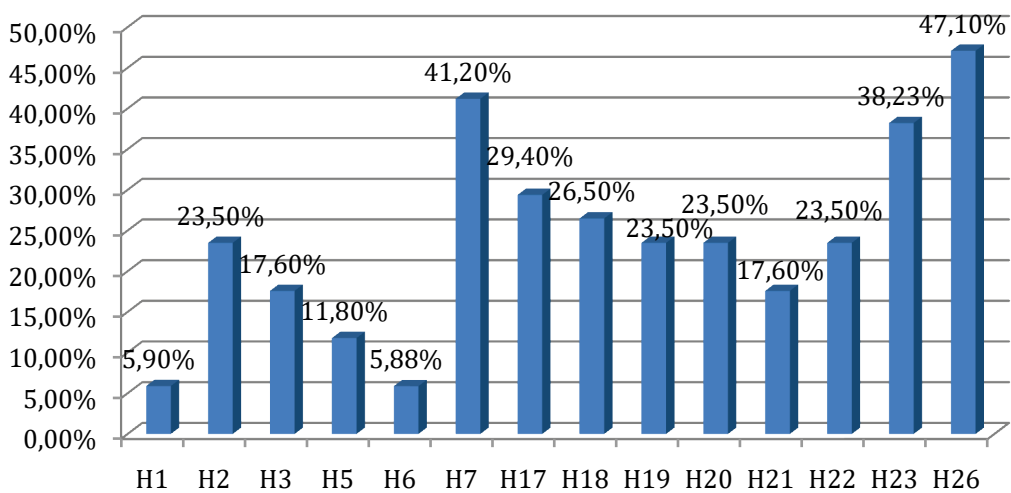


Gráfico 6.4: Percentual de acerto por descritor de Física do ENEM 2012 da escola exemplo [Fonte: autor].

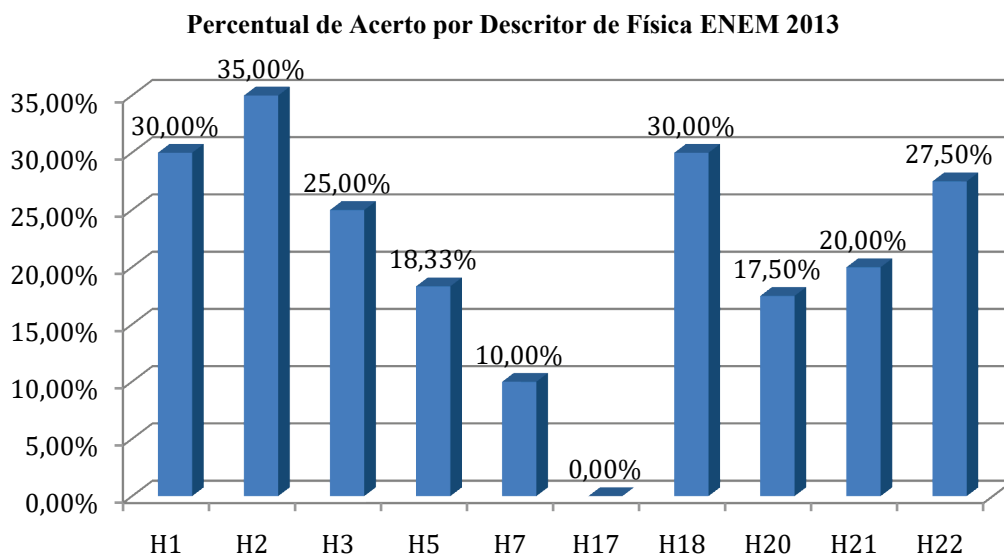


Gráfico 6.5: Percentual de acerto por descritor de Física do ENEM 2013 da escola exemplo [Fonte: autor].

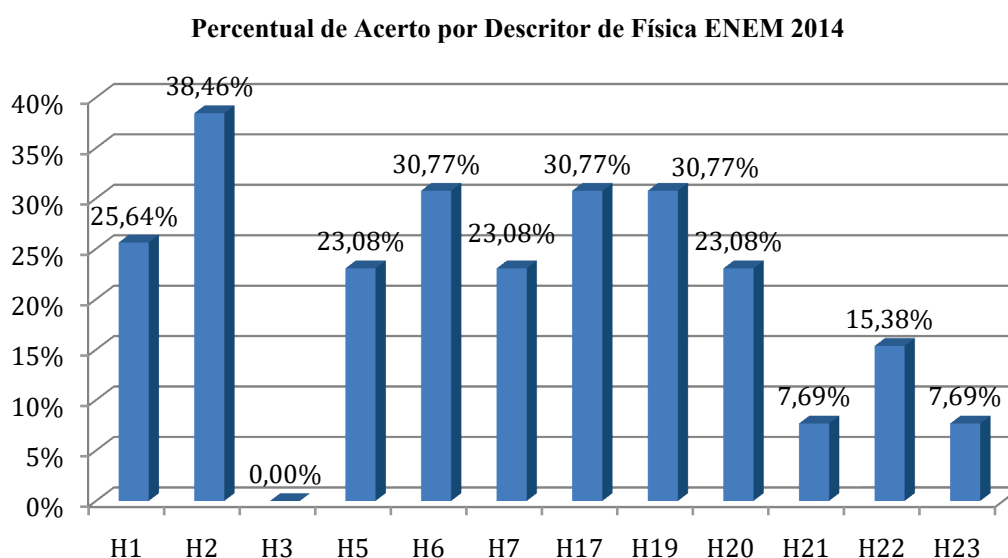


Gráfico 6.6: Percentual de acerto por descritor de Física do ENEM 2014 da escola exemplo [Fonte: autor].

6.2.5 Percentual de marcação das alternativas de cada item de Física

Nos gráficos 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12 abaixo, são apresentados os percentuais de acerto e o percentual de escolha de cada alternativa dos itens de física das edições de 2009 a 2014 do ENEM.

Percentual de marcação das alternativas de cada item de Física no ENEM 2009

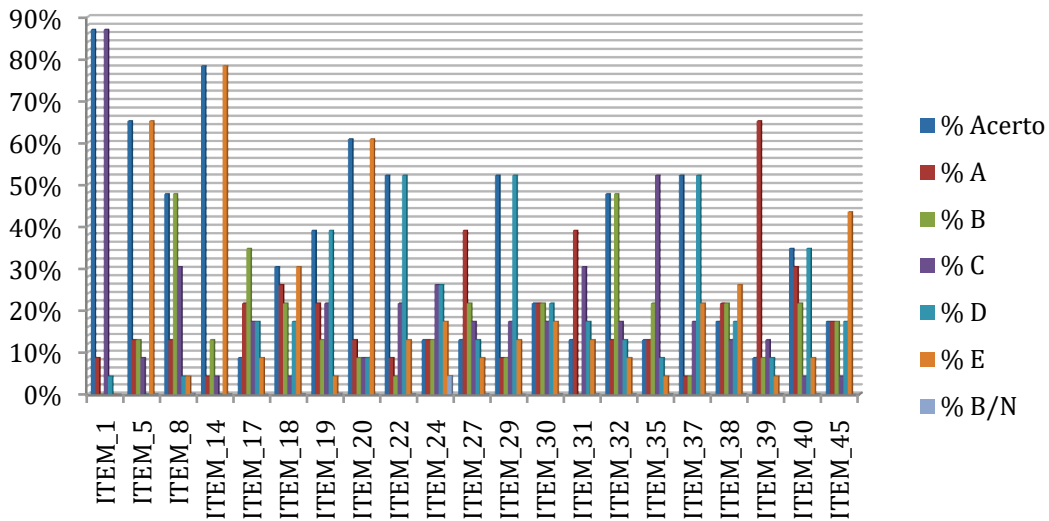


Gráfico 6.7: Percentual de acerto e percentual de marcação por alternativa dos itens de Física do ENEM 2009 da escola exemplo [Fonte: autor].

Percentual de marcação das alternativas de cada item de Física no ENEM 2010

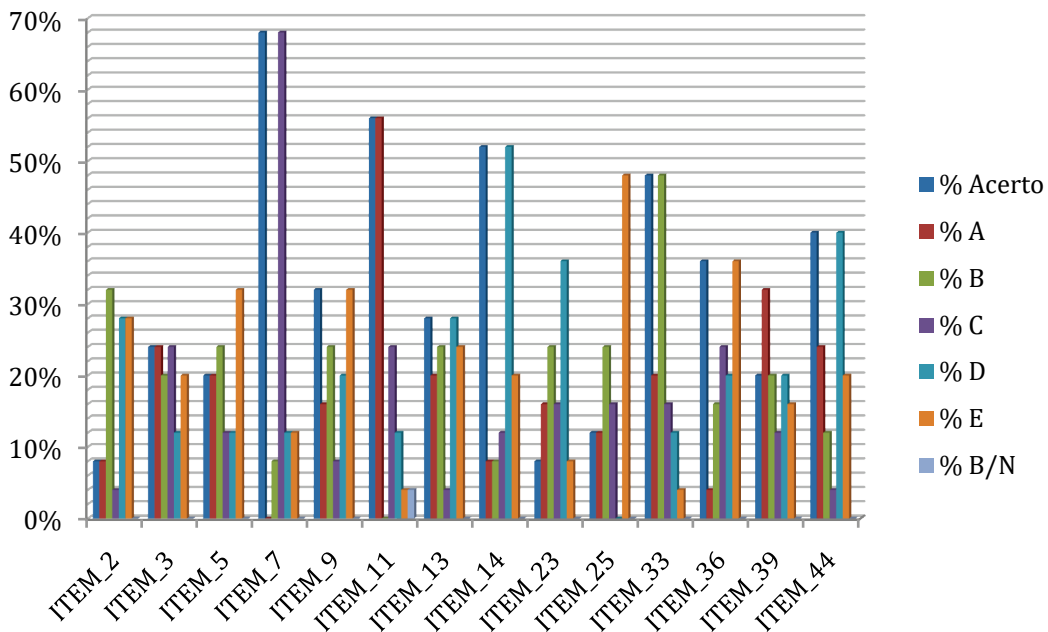


Gráfico 6.8: Percentual de acerto e percentual de marcação por alternativa dos itens de Física do ENEM 2010 da escola exemplo [Fonte: autor].

Percentual de marcação das alternativas de cada item de Física no ENEM 2011

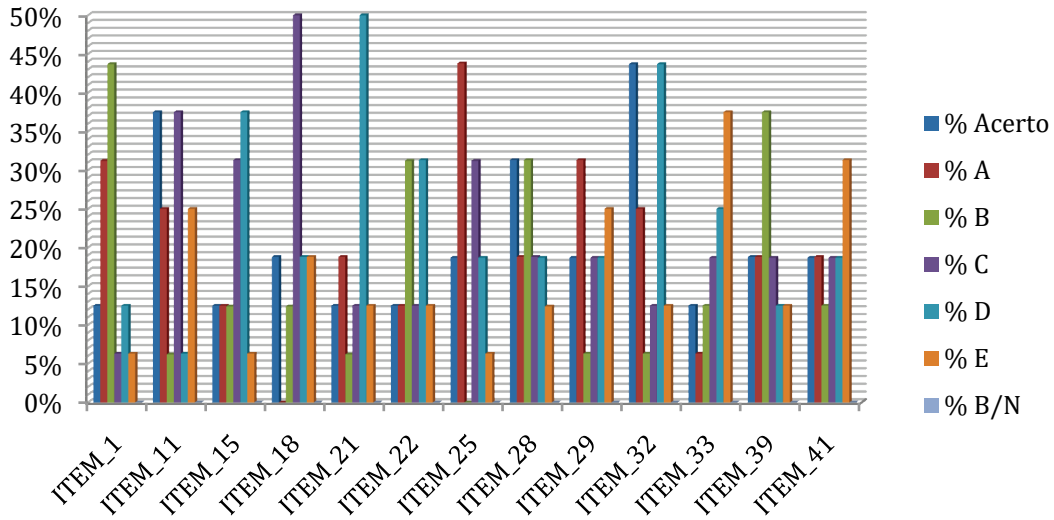


Gráfico 6.9: Percentual de acerto e percentual de marcação por alternativa dos itens de Física do ENEM 2011 da escola exemplo [Fonte: autor].

Percentual de marcação das alternativas de cada item de Física no ENEM 2012

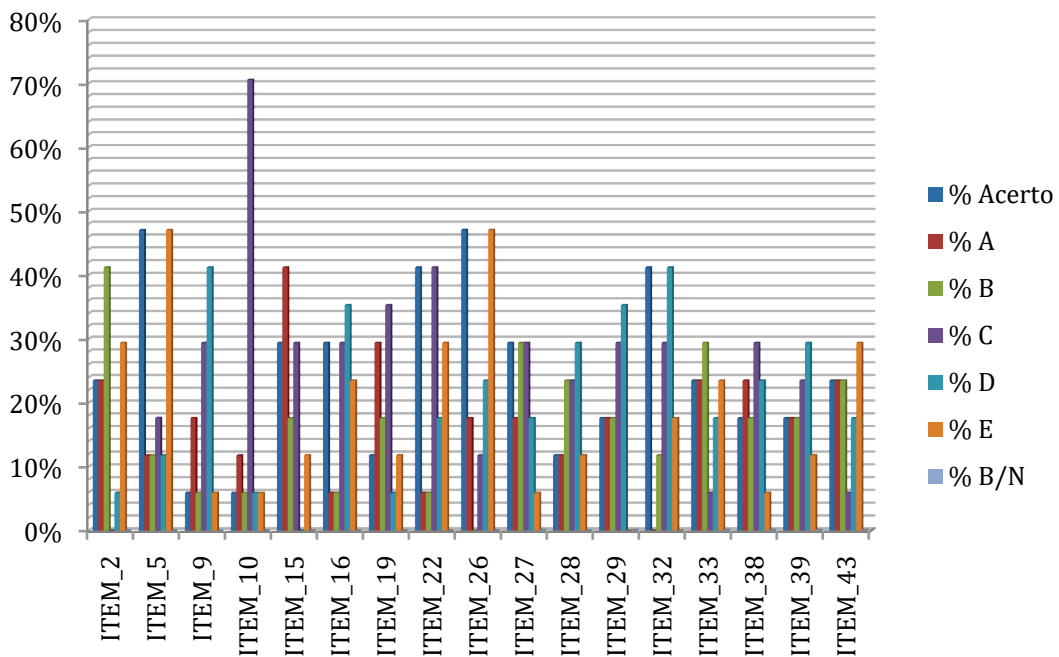


Gráfico 6.10: Percentual de acerto e percentual de marcação por alternativa dos itens de Física do ENEM 2012 da escola exemplo [Fonte: autor].

Percentual de marcação das alternativas de cada item de Física no ENEM 2013

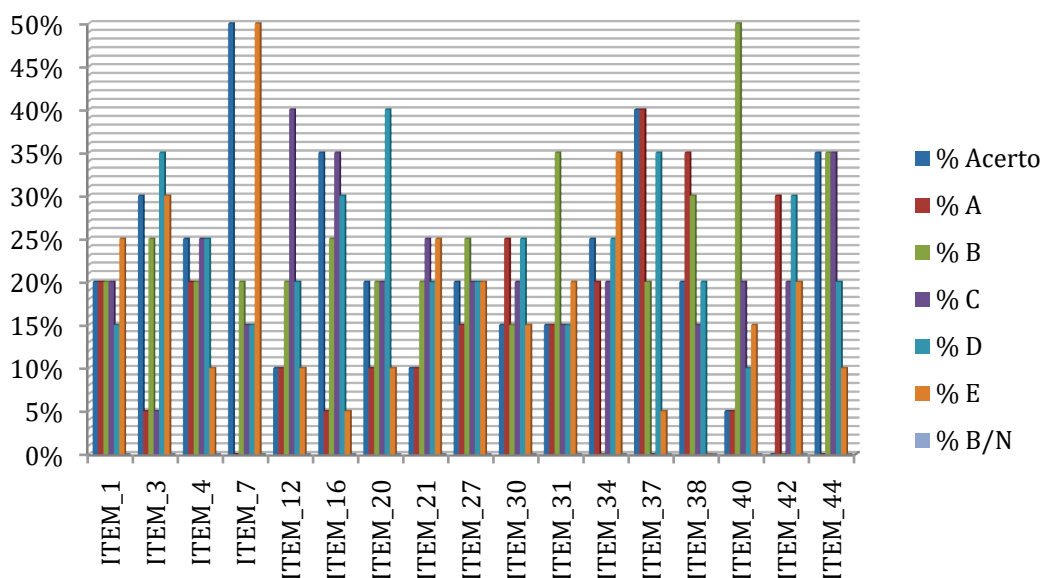


Gráfico 6.11: Percentual de acerto e percentual de marcação por alternativa dos itens de Física do ENEM 2013 da escola exemplo [Fonte: autor].

Percentual de marcação das alternativas de cada item de Física no ENEM 2014

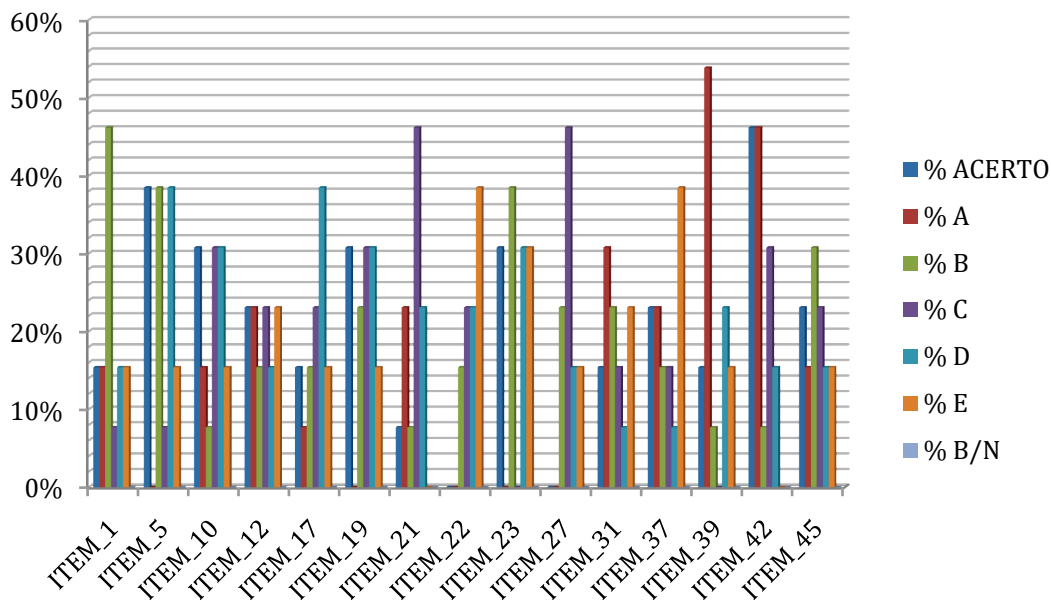


Gráfico 6.12: Percentual de acerto e percentual de marcação por alternativa dos itens de Física do ENEM 2014 da escola exemplo [Fonte: autor].

6.3 Exemplo de UEPS sobre Lei de Ohm, potência elétrica, Circuitos elétricos e Medidas elétricas

A aplicação do produto foi realizada em uma turma de 3º ano do Ensino Médio, por essa razão, optou-se por produzir uma sequência didática que abordasse os conteúdos que seriam trabalhados no segundo bimestre. Dessa forma, ao analisar os resultados apresentados pela escola ao longo das cinco edições do ENEM pesquisada, observa-se que os itens que abordam conhecimento sobre eletricidade apresentaram baixos percentuais de acerto – abaixo de 20% na maioria dos casos – e ao mesmo tempo analisando as curvas características desses itens conclui-se que estes apresentam parâmetros B altos, ou seja, exigem um alto grau de proficiência para uma correta solução. Em contrapartida, o percentual dos alunos da escola nos três primeiros níveis de proficiência ultrapassam os 60% ao longo das 5 edições do ENEM pesquisada. De acordo com o gráfico 6.1 apresentado acima a média de proficiência da escola se manteve no nível N3 nas edições de 2009 e 2010, caindo para o nível N2 nos anos 2011, 2012 e 2013 retornando para o nível N3 na edição de 2014. Na tentativa de desenvolver as habilidades de níveis mais avançados, foi elaborada uma sequência didática que procura trabalhar de maneira potencialmente significativa as habilidades descritas no Mapa de itens do ENEM referentes aos níveis acima do nível N3.

6.3.1 Desenvolvimento⁷

A Unidade de Ensino elaborada e aplicada nesse trabalho teve como objetivo possibilitar aos alunos desenvolver as seguintes habilidades:

- i. Interpretar e dimensionar circuitos elétricos em situações cotidianas, considerando as informações sobre corrente, tensão, resistência e potência elétrica.
- ii. Compreender as grandezas elétricas presentes no cotidiano e como elas podem ser usadas para dimensionar o consumo energético.
- iii. Aplicar instrumentos de medidas elétricas em circuitos.
- iv. Aplicar as Leis de Ohm.
- v. Relacionar informações para compreensão de manuais de instalação e utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos no cotidiano. Inicialmente foi pensando o total de 8 aulas para o desenvolvimento dessa UEPS. No entanto, durante a aplicação, percebeu-se a necessidade de se estender para o total de 10 aulas de 50 minutos de duração.

⁷ O conteúdo abordado bem como a sequência completa dessa UEPS pode ser acessado no Apêndice D.

Primeiramente foi realizado o levantamento dos resultados da escola nas edições de 2009 a 2014 do Exame Nacional esses resultados foram apresentados na seção 6.2, nesse ponto, procurou-se desenvolver atividades (simulações computacionais, atividades experimentais, etc) de maneira a aumentar as probabilidades de aprendizagens das habilidades que apresentaram os mais baixos resultados no ENEM. Dando sequência, foi feito o levantamento dos conceitos prévios dos alunos da turma, para isso foi aplicado durante o tempo de uma aula (Aula 1) um questionário prévio contendo 5 questões de livre resposta.

A primeira pergunta do questionário prévio foi: um circuito em série, como o pisca-pisca (enfeites de arvores de Natal), tem três lâmpadas. Se uma queimar o que acontecerá com as outras?

O resultado das respostas estão disponíveis no gráfico abaixo.

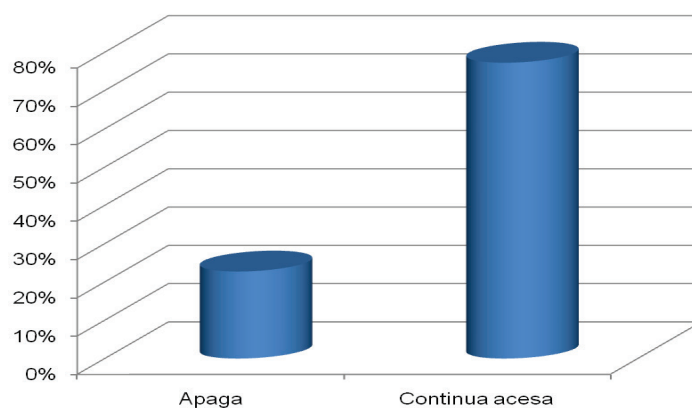


Gráfico 6.13: Resposta dos alunos para a questão 1 do questionário prévio [Fonte: autor].

Uma pergunta semelhante foi feita no questionário pós intervenção, e os resultados foram apresentados no gráfico abaixo.

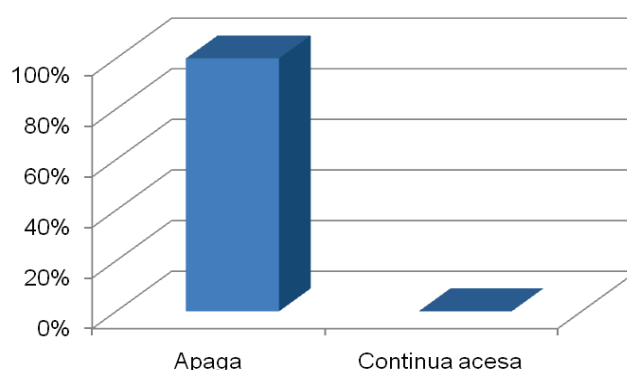


Gráfico 6.14: Resposta dos alunos para a questão 1 do questionário pós intervenção [Fonte: autor].

Observe que 100% dos alunos marcaram no questionário pós que a outra lâmpada apaga, evidenciando uma mudança significativa de pensamento.

Na questão 2 do questionário prévio os alunos foram arguidos por que os aparelhos com grande potência não podem ser conectados em fios muito finos?

Abaixo são apresentadas algumas respostas encontradas:

Por que será muita energia para o condutor

[...] irá passar uma carga muito alta de energia para ligar o aparelho e o fio irá se queimar.

Devido a sua alta corrente, quanto maior a corrente é necessário uma seção maior caso contrário o fio se esquentará a ponto de derreter e prejudicar o sistema.

Devido a grande potência, a eletricidade iria fazê-lo explodir.

No questionário pós, foi perguntado aos alunos se dois chuveiros de 5 500 W podem ser ligados ao mesmo tempo em uma residência que possui um disjuntor de 40 A. Novamente observou-se uma mudança significativa de pensamento por parte dos alunos. O gráfico abaixo é apresentado os resultados.

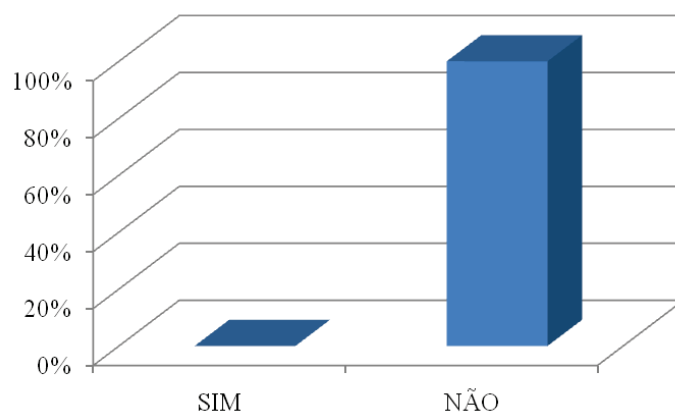


Gráfico 6.15: Resposta dos alunos para a questão 2 do questionário pós intervenção [Fonte: autor].

Na terceira questão do questionário prévio foi perguntado aos alunos se colocarmos num circuito em série uma lâmpada de 40 W, uma de 60 W e uma de 100 W quem brilhará mais? Os resultados encontram-se no gráfico abaixo.

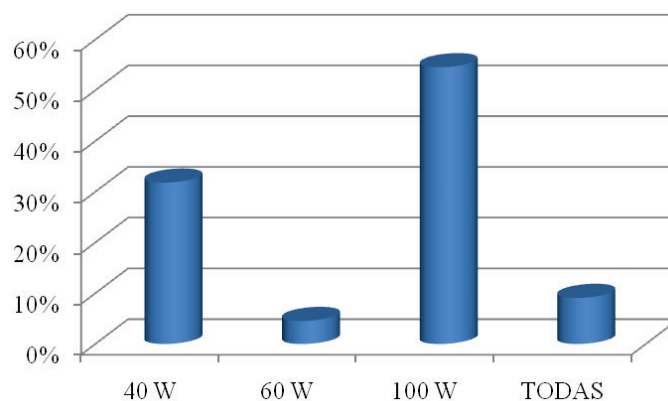


Gráfico 6.16: Resposta dos alunos para a questão 3 do questionário prévio [Fonte: autor].

Na terceira atividade do questionário pós intervenção os alunos foram indagados sobre a existência de diferença de potencial nos terminais de cada componente de um circuito ligado em série constituído de uma bateria, uma lâmpada e uma chave interruptora primeiramente com a chave aberta e em seguida com a chave fechada. Abaixo são apresentadas algumas das respostas apresentadas pelos alunos.

Com a chave aberta ou fechada não terá ddp entre nenhum dos pontos.

Quando está aberta não haverá ligação entre os pontos. Mas sim quando está fechada

Com a chave aberta não existe DDP nos pontos a e b, c e d e e f. Se fecharmos a chave aí sim vai existir DDP em todos os pontos.

Na quarta pergunta do questionário prévio os alunos foram perguntados se já haviam ouvido falar em disjuntores e de sua função. Os resultados das respostas fornecidas pelos alunos foram compilados no gráfico abaixo.

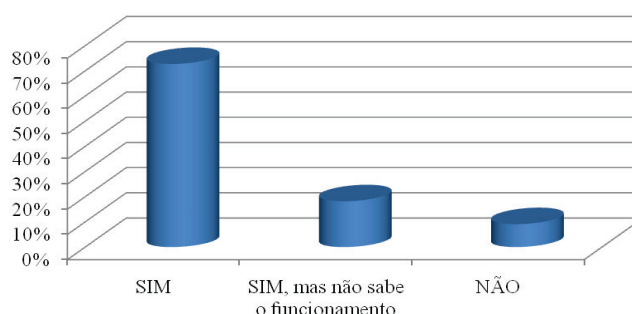


Gráfico 6.17: Resposta dos alunos para a questão 4 do questionário prévio [Fonte: autor].

Abaixo são apresentados algumas das respostas apresentadas por eles.

Sim acho que é onde se concentra toda energia de uma casa e um local onde se pode ligar e desligar a energia de um lugar.

Sim, proteção do circuito pois ele não deixa passar uma maior carga para o circuito desarmando.

Sim, sua função é ser responsável pela energia dos lugares.

A função do disjuntores é passar energia ou transmitir energia por fio.

Disjuntor tem a função de ligar e desligar toda a parte elétrica de uma casa em algumas casas são apenas 1 em outras são disjuntores separados.

Já ouvi falar, acredito que sua função seja controlar a rede elétrica de algo.

Sim, mas não sei o que é. Acho que é um tipo de aparelho que passa energia pra um lugar como uma casa.

No questionário pós intervenção perguntou-se aos alunos se eles já ouviram falar em fusível e de sua função. Abaixo são apresentadas algumas das respostas coletadas.

Sim. Trata-se de fazer tudo funcionar, como a energia funcionar (ligar)

Sim. É um dispositivo de segurança de um circuito elétrico, que tem a função de interromper a passagem de corrente elétrica no circuito, quando a corrente ultrapassar o limite permitido pelo fusível, evitando assim um curto circuito.

Sim. Protege o circuito de energias altas.

Na quinta atividade do questionário prévio foi perguntado aos alunos se uma lâmpada ligada a uma bateria, conectada com os seus dois terminais no polo negativo da bateria, iria acender. No gráfico abaixo são apresentados os resultados encontrados.

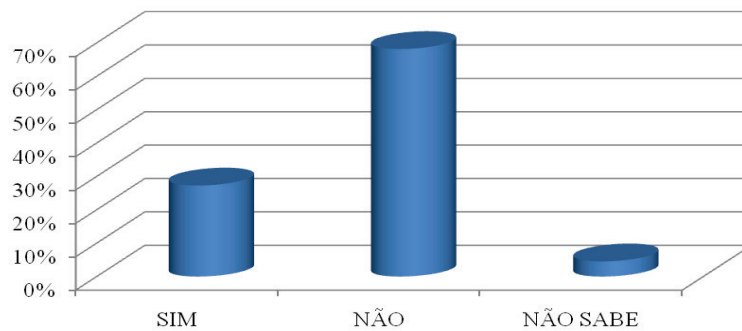


Gráfico 6.18: Resposta dos alunos para a questão 5 do questionário prévio [Fonte: autor].

Abaixo são exibidas algumas das respostas apresentadas.

Sim pois a Bateria é um lugar onde se tem a energia necessária para acender uma lâmpada.

A lâmpada ligada com a bateria irá acender, porque ela está com a bateria.

Sim, porque apesar de a lâmpada não estar conectada nas duas partes da bateria, os dois fios da lâmpada estão ligados.

Sim, porque a lâmpada irá retirar energia da bateria. A quantidade de energia que passa pela tomada pode ser retirada da bateria. A carga da bateria é positiva e a da lâmpada negativa, isso gera um efeito de energia que acenderá a lâmpada porque as cargas são diferentes e por isso se atraem.

Não porque ela está conectada apenas no lado negativo.

Não pois uma lâmpada depende de uma fase e um neutro no sistema alternado e um positivo e negativo para o sistema continuar pois a lâmpada depende da passada de elétrons pela lâmpada e que esses elétrons voltem para o circuito através do neutro ou positivo.

Não pois os fios da lâmpada devem ser ligados nos dois sinais positivo e negativo.

No questionário pós na última atividade foi apresentada uma lâmpada ligada a uma bateria. Os alunos foram questionados sobre as intensidades das correntes antes e depois de passar pela lâmpada. Abaixo são apresentadas algumas das respostas dadas pelos alunos.

*A lâmpada A acende pois o circuito está ligado em série.
É igual a corrente 2
I é maior porque está ligada em um lado positivo
Maior pois está no lado positivo
A lâmpada A acende porque o circuito está fechado a
corrente não diminui, apenas a voltagem*

Em seguida, de acordo com os resultados levantados com a aplicação do questionário prévio, foi elaborada uma aula expositiva (Aula 2) com o tema Lei de Ohm e resistências. Como apoios para o desenvolvimento dessa aula foram utilizados as simulações: 1 - Lei de Ohm Versão 2.03 e 2 - Resistência em um Fio Versão 2.02. Essas simulações estão disponíveis no site do PHET⁸.

A aula 3 foi inicialmente pensada com duração de um módulo de 50 minutos, no entanto, durante a aplicação, houve a necessidade de se dividir essa aula em dois módulos de 50 minutos. Na aula 3 foram abordados os conceitos de potência elétrica e as características de circuitos em série. Dando sequência, na aula 4 foram apresentados os circuitos em paralelo e por fim medidas elétricas.

Em seguida, foi elaborada para a aula 5 uma interação com a simulação do PHET Kit de Construção de Circuito (AC+DC) Versão 3.20. No entanto, na data dessa aula o laboratório de informática da escola estava reservado por outro professor. Para solucionar o problema a aula foi adaptada e ao invés dos alunos interagirem com a simulação, o próprio professor com o apoio de um data show pôde apresentar a simulação. Para não perder totalmente o aspecto de interação dos alunos, o professor assume nesse caso um papel de “operador” da simulação, no sentido de apenas movimentar os controles de acordo com as solicitações dos alunos. Dessa forma, o professor inicialmente monta com os alunos os circuitos que serão usados nas atividades experimentais nas aulas seguintes. Nas figuras 6.1, 6.2 e 6.3 abaixo, é apresentado uma das formas de montar o circuito com três lâmpadas em série, em paralelo e em associação mista respectivamente.

⁸ Essas simulações encontram-se disponíveis no site do projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 12 maio 2016.

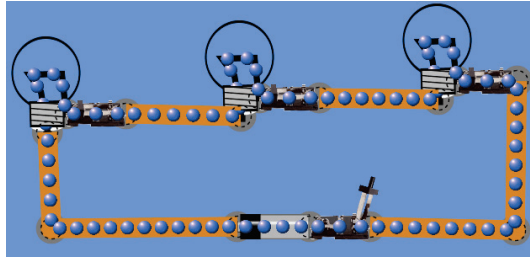


Figura 6.1: Circuito apresentado na aula 5, lâmpadas em série [Fonte: autor].

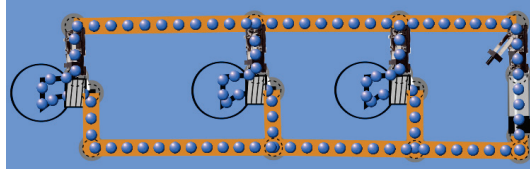


Figura 6.2: Circuito apresentado na aula 5, lâmpadas em paralelo [Fonte: autor].

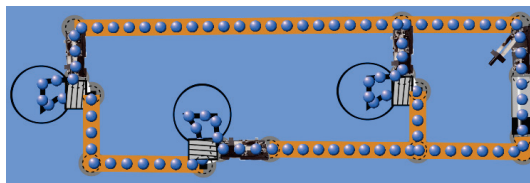


Figura 6.3: Circuito apresentado na aula 5, lâmpadas em associação mista [Fonte: autor].

Em cada um dos circuitos montados, o professor foi perguntando aos alunos como medir os valores de voltagem e de corrente elétrica de cada lâmpada e da bateria, as medidas foram feitas pelo professor sob as orientações dos alunos. Os valores foram anotados no quadro.

Na sequência, foi construído o circuito elétrico do suporte de um item presente na prova do ENEM de 2013, para posterior solução do item. A imagem desse item encontra-se apresentado na figura 6.4 abaixo.

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.

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.

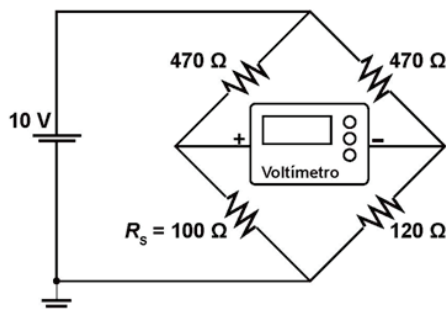


Figura 6.4: Questão 83 do caderno Azul – ENEM 2013 [Fonte: INEP].

A figura 6.5 abaixo mostra a construção do suporte desse item feita nessa simulação do PHET.

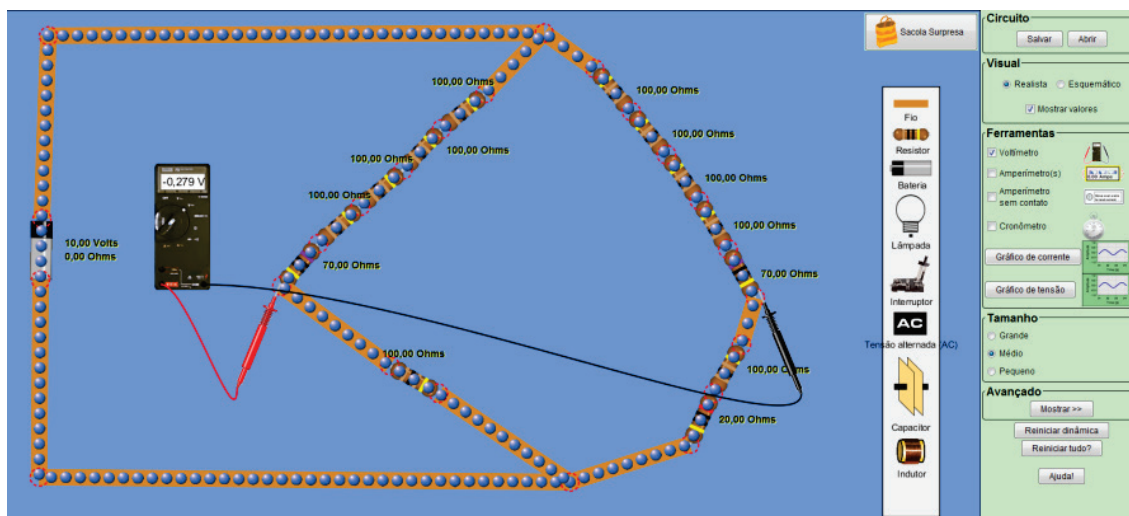


Figura 6.5: Suporte da Questão 83 do ENEM 2013 construído no PHET [Fonte: autor].

Como no PHET os valores possíveis para a resistência variam de 0 a 100 Ω foi feito uma associação de resistores para conseguir montar o circuito equivalente ao apresentado no item. Com o circuito construído os alunos concluíram que o gabarito da questão é a letra D.

No final dessa aula os alunos responderam às seguintes perguntas:

- 1) Qual o motivo de ter utilizado a associação de resistores em série para conseguir construiu o circuito elétrico?
- 2) Qual o valor da corrente elétrica total do circuito? Mostre os cálculos e confira o resultado na simulação.
- 3) Qual o valor da ddp que o resistor R_s está submetido?
- 4) Qual a resistência equivalente do circuito?

Abaixo são apresentadas algumas das respostas dadas à pergunta 1.

Por não haver resistência com número elevado

Para não sobrecarregar o circuito

Para que a soma deles em série dê o valor pedido

Nas aulas 6 e 7 a turma foi dividida em grupos, e cada grupo recebeu um kit contendo três lâmpadas, três bocais, um suporte para pilhas, duas pilhas, fios, presilhas jacaré e um multímetro, como mostrado nas figuras 6.6 e 6.7 abaixo.



Figura 6.6: Kit para a atividade experimental sobre circuitos e medidas elétricas.

[Fonte: autor].



Figura 6.7: Kits entregues aos alunos para a atividade experimental sobre circuitos e medidas elétricas. [Fonte: autor].

Originalmente a UEPS foi planejada com apenas duas aulas para as atividades experimentais, no entanto durante a aplicação verificou-se muita dificuldade por parte dos alunos para conseguir montar os circuitos, curiosamente a maioria dos alunos ao tentar ligar as lâmpadas em série acabava ligando-as em paralelo. Ao final da primeira aula manipulando os kits, os alunos se mostraram mais familiarizados com os componentes e bem como a forma de associá-los, e assim a segunda aula teve um maior rendimento. Mesmo assim, optou-se por alterar a quantidade de aulas na UEPS para o

total de 3 aulas exclusivas para as atividades experimentais⁹, assim as atividades puderam ser melhor trabalhadas.

A atividade compreende em um experimento simples, de baixo custo e de fácil montagem. O objetivo desse kit foi possibilitar aos alunos a interação com os mesmos componentes de circuitos apresentados nas aulas anteriores e também na atividade com a simulação do PHET.

A sequência de atividades seguida pelos alunos foi:

- 1°. Ligação direta na lâmpada sem bocal.
- 2°. Ligação de três lâmpadas em série. Medir e anotar os valores de voltagem e da intensidade da corrente elétrica de cada lâmpada e na saída da bateria.
- 3°. Retirar uma das lâmpadas (mantendo o bocal) e observar o que acontece com as outras duas. Anotar o resultado.
- 4°. Ligação de três lâmpadas em paralelo. Medir e anotar os valores de voltagem e da intensidade da corrente elétrica de cada lâmpada e na saída da bateria.
- 5°. Retirar uma das lâmpadas (mantendo o bocal) e observar o que acontece com as outras duas. Anotar o resultado.
- 6°. Ligação de três lâmpadas em associação mista. Medir e anotar os valores de voltagem e da intensidade da corrente elétrica de cada lâmpada e na saída da bateria.
- 7°. Retirar a lâmpada L1 (mantendo o bocal) e observar o que acontece com as outras duas. Anotar o resultado.
- 8°. Reconectar a lâmpada L1. Em seguida desligar a lâmpada L2 e observar o que acontece com as outras duas. Anotar o resultado.

O objetivo da primeira atividade era comparar com o questionário prévio. O que chamou a atenção nessa atividade foi um dos alunos que durante a aplicação do questionário prévio ao responder a questão 5 fez um comentário dizendo que era óbvio que a lâmpada não acenderia, no entanto durante a atividade experimental a primeira tentativa dele foi ligar exatamente igual ao circuito apresentado no questionário. Em geral a maioria dos grupos rapidamente conseguiu fazer a ligação.

Em seguida os grupos fizeram a ligação de três lâmpadas, agora com o apoio do bocal, em série, depois em paralelo e por último em associação mista. Nas figuras 6.8,

⁹ Para essa pesquisa foi mantido o número de 2 aulas experimentais devido ao calendário da escola que não havia mais como ser alterado.

6.9, 6.10 e 6.11 abaixo mostram alguns dos circuitos montados pelos alunos durante as atividades.

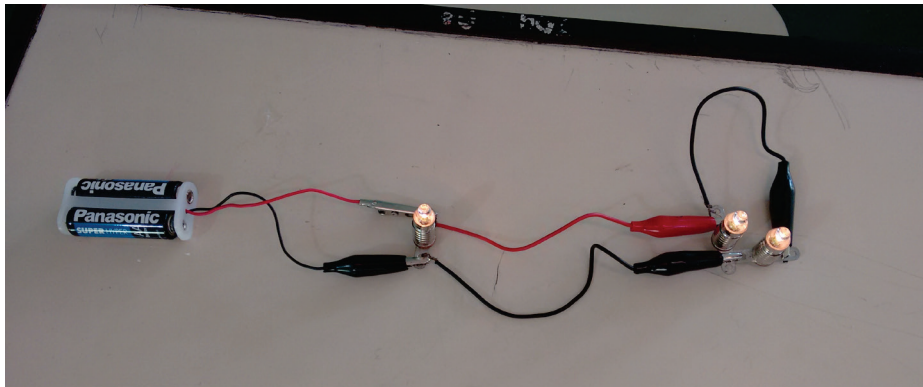


Figura 6.8: Circuito montado por um dos grupos durante as atividades experimentais. [Fonte: autor].

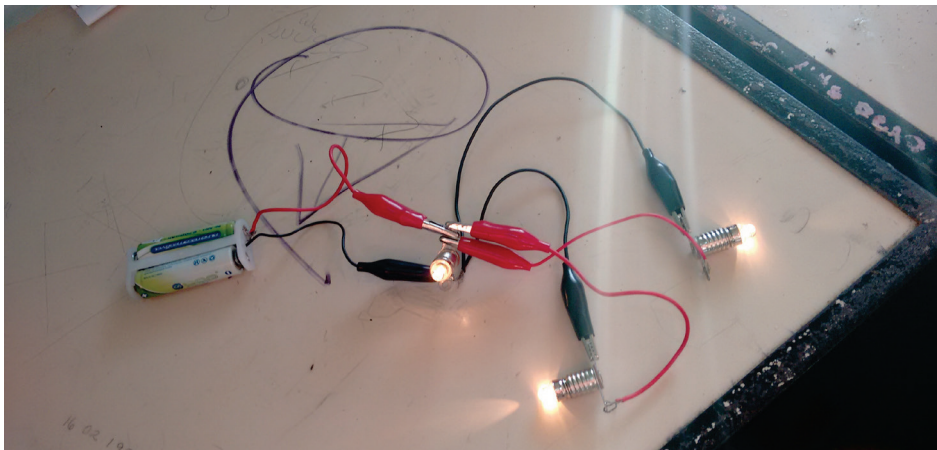


Figura 6.9: Circuito montado por um dos grupos durante as atividades experimentais. [Fonte: autor].

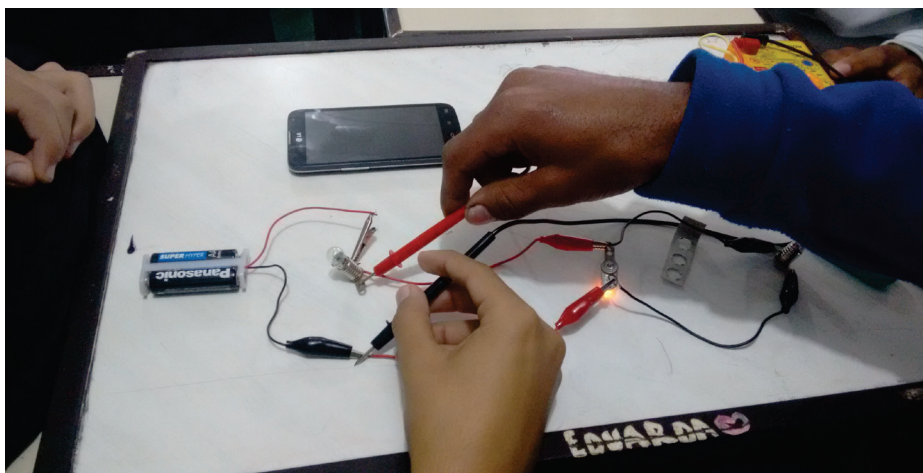


Figura 6.10: Circuito montado por um dos grupos durante as atividades experimentais. [Fonte: autor].

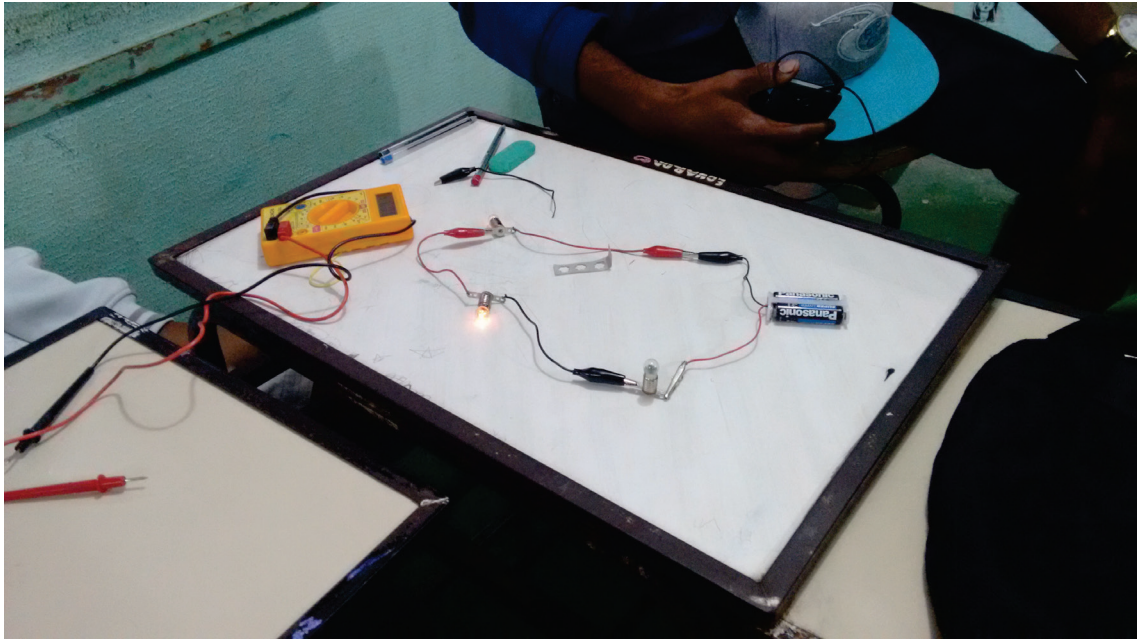


Figura 6.11: Circuito montado por um dos grupos durante as atividades experimentais. [Fonte: autor].

Em seguida na aula 8 foi aplicada uma avaliação contendo 2 questões do livro texto usado na escola e dois itens retirados do ENEM de 2013. Esses itens estão apresentados nas figuras 6.12 e 6.13 abaixo.

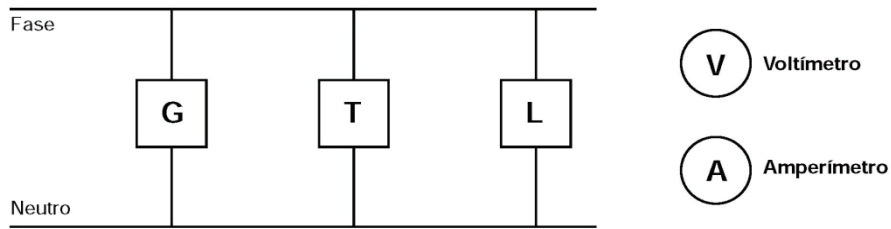
O chuveiro elétrico é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em energia térmica, o que possibilita a elevação da temperatura da água. Um chuveiro projetado para funcionar em 110 V pode ser adaptado para funcionar em 220 V, de modo a manter inalterada sua potência.

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.

Figura 6.12: Questão 75 do caderno Azul – ENEM 2013 [Fonte: INEP 2013].

Um electricista analisa o diagrama de uma instalação eléctrica 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 eléctrica 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:

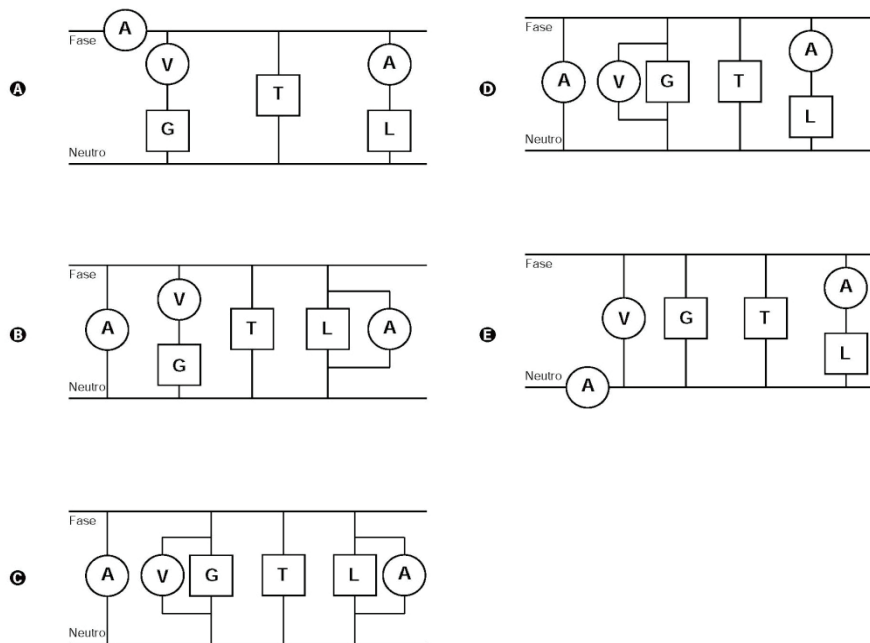


Figura 6.13: Questão 72 do caderno Azul – ENEM 2013 [Fonte: INEP 2013].

No gráfico abaixo são apresentados os resultados das marcações por alternativa.

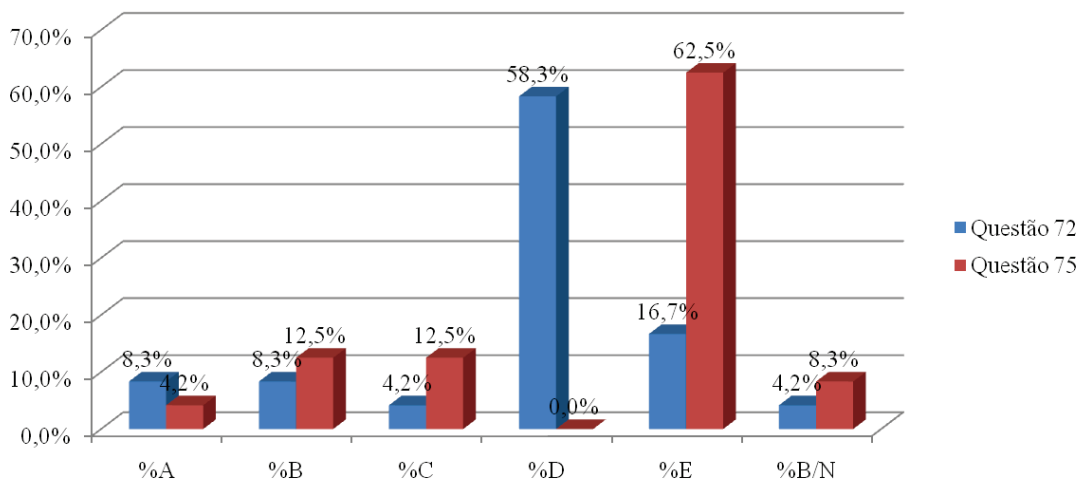


Gráfico 6.19: Percentual de marcação por alternativa das questões do ENEM [Fonte: autor].

No final da aula 8 foi passado para os alunos uma atividade para ser realizada em casa, a atividade foi elaborar uma redação de no mínimo uma página com o tema Os circuitos elétricos presentes em sua residência e os tipos de associações (PARALELO, SÉRIE E MISTO) essa atividade foi entregue na aula 9.

Finalmente na aula 9 foi realizada a aplicação do questionário pós intervenção. Esse questionário é semelhante ao questionário prévio, pois assim foi possível comparar as respostas modificadas ou mantidas.

Como forma de incentivar a participação dos alunos, em todas as atividades foram atribuídos pontos de participação, com exceção da prova aplicada na aula 8 que foi corrigida e atribuídos os pontos de acordo com o acerto.

6.3.2 Dificuldades encontradas

A turma onde foi aplicada a unidade de ensino, inicialmente era uma turma bastante desinteressada, a maioria dos alunos não fazia as atividades propostas. Dessa forma no início da aplicação da UEPS observou-se certo desinteresse por parte dos alunos o que acabou prejudicando o andamento inicial. Além disso, devido as características da turma, em todas as aulas da UEPS perderam-se cerca de 10 minutos para conseguir a atenção dos alunos.

Todas as aulas com a turma foram no primeiro horário, sendo uma aula na segunda-feira e outra na sexta-feira. Como a escola tem a política de adotar 10 minutos de tolerância para atrasos isso acaba por gerar perdas de alguns minutos das aulas.

Outro problema enfrentado foi a dificuldade de sincronizar o calendário da escola com a sequência didática aplicada. Atividades extras como semana de prova, ensaios para festa junina e interclasse, acabaram por dificultar a aplicação e reter a atenção dos alunos.

Capítulo 7

Considerações Finais

Esse estudo revelou um baixo desempenho em Física dos estudantes que estão concluindo o Ensino Médio no Brasil. A maior parcela da população encontra-se nos três níveis de desempenho mais baixos, evidenciando a necessidade do acompanhamento do ensino dessa disciplina, para assim possibilitar ações políticas e pedagógicas que busquem melhorar a qualidade do ensino científico. Para essa finalidade as avaliações educacionais mostram-se uma excelente ferramenta.

Observou-se que em alguns itens eram avaliadas mais de uma habilidade tornando mais difícil a interpretação pedagógica. A maior parte dos itens foi ancorado nos níveis mais elevados e, portanto sendo muito difíceis para a população que está sendo avaliada. Esse fato mostra que a maior parte desses estudantes possuem grandes dificuldades nos conteúdos abordados nesses itens.

As curvas de informação dos testes mostraram que em todas as edições pesquisadas o instrumento foi mais adequado para avaliar aqueles alunos que possuem proficiências mais altas, produzindo pouca informação a respeito dos traços latentes dos alunos posicionados nos níveis mais baixos. Isso tudo mostra que existe a necessidade de investir na elaboração de itens que avaliem habilidades mais básicas de maneira a melhor adequar o instrumento de avaliação para a população a ser avaliada. Por essa razão a cada ano o instrumento avaliativo deve ser repensado e elaborado de acordo com a distribuição da população em cada nível. O recomendado é que o quantitativo de itens em cada faixa da escala siga o quantitativo de pessoas em cada uma dessas faixas.

De maneira geral os itens apresentaram um poder de discriminação adequado. Observou-se uma queda no coeficiente alfa de Cronbach indicando uma queda na consistência interna do instrumento, ou seja, baixa fidedignidade do instrumento.

Foi possível concluir que a avaliação apresentou grandes contribuições na confecção da UEPS. Os resultados encontrados da aplicação da sequência didática mostraram que apesar das dificuldades encontradas o avanço dos alunos foi significativo. Além de ganhos em relação aos conteúdos absorvidos pelos alunos, observou-se que após a aplicação da sequência didática foi possível conquistar a empatia dos alunos melhorando a relação entre aluno e professor. Além disso, despertou maior interesse na participação nas atividades.

Portanto, a avaliação pode ser uma ótima ferramenta para o levantamento de informações a respeito da educação e, dessa forma, se torna um importante instrumento que deve ser levado em consideração durante o planejamento pedagógico. Além de informações a respeito das habilidades e competências que normalmente os alunos apresentam maiores dificuldades, ela traz informações a respeito de fatores externos à escola que podem influenciar no aprendizado do aluno e possibilita o professor conhecer um pouco mais sobre as pessoas que está educando.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, Lorin W., DAVID R., KRATHWOHL, AIRASIAN, Peter W., CRUIKSHANK, Kathleen A., MAYER, Richard E., PINTRICH, Paul R., RATHS, James, WITTRICK, Merlin C. **UMA CATEGORIZAÇÃO PARA A APRENDIZAGEM, O ENSINO E A AVALIAÇÃO: Uma revisão da categorização dos objetivos educacionais de Bloom.** Tradução. CAEd/UFJF.

ANDRADE, Dalton Francisco de; TAVARES, Heliton Ribeiro; VALLE, Raquel da Cunha **Teoria da Resposta ao Item: Conceitos e Aplicações.** Projeto Temático da FAPESP no. 96/01741-7 e PRONEX no. 76.97.1081.00.

ANJOS, Adilson dos, ANDRADE, Dalton Francisco de. **Teoria da Resposta ao Item com uso do R.** Disponível em: <<http://www.ufpa.br/heliton/arquivos/tri/RTRIsinape.pdf>>. Acesso em: 6 out. 2015.

ARAUJO, Eutalia Aparecida Candido de, ANDRADE, Dalton Francisco de,

AZEVEDO, Caio Lucidius Naberezny. **Métodos de Estimação Na Teoria de Resposta ao Item.** Dissertação de Mestrado, São Paulo, Fevereiro de 2003.

BAKER, Frank B. **THE BASICS OF ITEM RESPONSE THEORY.** 2, United States of America: ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, 2001.

BAZÁN, Jorge Luis. **ENFOQUE BAYESIANO NOS MODELOS DE TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM.** Minicurso Enfoque Bayesiano nos modelos de Teoria da Resposta ao Item. 21º SINAPE - Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística – 2014.

BECKER, Fernanda Da Rosa. **Avaliação educacional em larga escala: a experiência brasileira.** Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação ISSN: 1681-5653 n.º 53/1 – 25/06/10.

BLACK, Paul. **Formative assessment: raising Standards inside the classroom.** School Science Review, December 1998, 80 (291).

BLOOM, Benjamin S, ET AL. **Taxonomia de objetivos educacionais: Compêndio Primeiro: Domínio Cognitivo.** Tradução Flavia Maria Sant'anna. 1. ed. Porto Alegre: Globo, 1973. 180 p.

BORGATTO, Adriano Ferreti, ANDRADE, Dalton Francisco De. **ANÁLISE CLÁSSICA DE TESTES COM DIFERENTES GRAUS DE DIFICULDADE**. Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 23, n. 52, p. 146-156, maio/ago. 2012.

BORTOLOTTI, Silvana Ligia Vincenzi. **Teoria da Resposta ao Item**. Rev Esc Enferm USP 2009; 43(Esp):1000-8 www.ee.usp.br/reeusp/.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Parecer nº 05, de 04 de maio de 2011. Relator: José Fernandes de Lima. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=8016&Itemid>. Acesso em: 21 fev. 2015.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais : introdução aos parâmetros curriculares nacionais** / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília : MEC/SEF, 1997.126p.

BROOKE, Nigel, CUNHA, Maria Amália de A., FALEIROS, Matheus. **A AVALIAÇÃO EXTERNA COMO INSTRUMENTO DA GESTÃO EDUCACIONAL NOS ESTADOS**. estudo foi realizado pelo Game/FAE/UFMG sob encomenda da Fundação Victor Civita (FVC). Disponível em: <<http://www.fvc.org.br/pdf/livro2-01-avaliacao.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

CANÇADO, Regina; CASTRO, Maria Jose Pereira; OLIVEIRA, Isabella Fernandes de. **Análise Pedagógica de Itens de Teste por Meio da Teoria de Resposta ao Item**. ANAIS, VII Reunião da ABAVE Avaliação e Currículo: um diálogo necessário Nº 1, Ano 2013 p. 93-108.

COLA, André Ricardo. **Avaliação em Larga Escala: concepções de Professores que Ensinam Matemática**. Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP, e-mail: andrecola@uol.com.br. Orientadora: Profa. Dra. Celina Aparecida Almeida Pereira Abar.

DA SILVA, Vailton Afonso; MARTINS, Maria Inês. **ANÁLISE DE QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM PELA TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 16, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, pp. 189-202.

FERNANDES, Neimar Da Silva, SOARES, Tufi Machado, PENA, Anderson Córdova, CUNHA, Iago Carvalho. **O conhecimento do professor em avaliação educacional e a proficiência do aluno.** Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 21, n. 47, p. 569-590, set./dez. 2010.

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais.** Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FONSECA, Luís Carlos Costa, COUTINHO, Lidinalva de Almada, SANTOS, Lanyllo Araujo dos. **FERRAMENTA PARA ESTIMAR A PROFICIÊNCIA DE INDIVÍDUOS BASEADA NA TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM.** CINTED-UFRGS Novas Tecnologias na Educação, V. 11 N° 1, julho, 2013.

FONSECA, Luís Carlos Costa; COUTINHO, Lidinalva de Almada; SANTOS, Lanyllo Araujo dos. **FERRAMENTA PARA ESTIMAR A PROFICIÊNCIA DE INDIVÍDUOS BASEADA NA TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM.** CINTED-UFRGS, 2, Novas Tecnologias na Educação, V. 11 N° 1, julho, 2013.

GUIMARÃES, Juliana-Bahiense de Sousa. **Análise Estatística Utilizando o SPSS Guia prático de comandos.** Disponível em: <<http://www.prograd.uff.br/estatistica/sites/default/files/Apostila-SPSS.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

HANBLETON, Ronald K. SWAMINATHAN H., ROGERS, D. Jane. **Fundamentals of Item Response Theory.** 1. ed. Newbury Park london New Deihl: SAGE PUBLICATIONS, 1991. 173 p.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 11 ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2011. 763 p.

HILGER, Thaís Rafaela. GRIEBELER, Adriane. **UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO UTILIZANDO MAPAS CONCEITUAIS.** Investigações em Ensino de Ciências – V18(1), pp. 199-213, 2013.

JUNIOR, Wanderley P. Gonçalves, BARROSO, Marta F. **As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 1, 1402 (2014).

JUNIOR, Wanderley Paulo Gonçalves. **AVALIAÇÕES EM LARGA ESCALA E O PROFESSOR DE FÍSICA**. 2012, 227 f. Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2012.

KLEIN, R. **Utilização da Teoria de Resposta ao Item no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (Saeb)**. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 40, p. 283-296, 2003.

KLEIN, Ruben. **Alguns aspectos da Teoria de Resposta ao Item relativos à estimação das proficiências**. *Ensaio: aval. pol. públ. Educ.*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 78, p. 35-56, jan./mar. 2013.

KRATHWOHL, David R. **A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview**. *THEORY INTO PRACTICE*, Volume 41, Number 4, Autumn 2002 Copyright C) 2002 College of Education, The Ohio State University.

LENHARD, Tiago Henrique. **Métodos de verificação das suposições e da qualidade de ajuste dos modelos TRI cumulativos unidimensionais**. (Monografia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

LOPES, José Christian. **AS QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM 2011**. 2015. 170 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2015.

MARCOM, Guilherme Stecca, KLEINKE, Maurício Urban. **Análises dos distratores das questões de Física em Exames de Larga Escala**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 72-91, abr. 2016.

MARGHOTI, Adriana Mafra ET AL. **As avaliações em larga escala e suas contribuições ao processo de ensino e aprendizagem**. FLORIANÓPOLIS 2014.

MOREIRA, Marco Antonio. **¿AL FINAL, QUÉ ES APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO?**. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências 1ª, Porto Alegre, Brasil 2009.

MOREIRA, Marco Antonio. **A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD, O ENSINO DE CIÊNCIAS E A PESQUISA NESTA ÁREA.** Investigações em Ensino de Ciências – V7(1), pp. 7-29, 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM MAPAS CONCEITUAIS.** Texto elaborado a partir da conferência Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa proferida no I Workshop sobre Mapeamento Conceitual, realizado em São Paulo, Brasil, na USP/Leste, dias 25 e 26 de março de 2013. Publicado na série Textos de Apoio ao Professor de Física, Vol. 24, N. 6, 2013, do PPGE nFis/IF-UFRGS, Brasil. (http://www.if.ufrgs.br/public/taef/v24_n4_moreira.pdf).

MOREIRA, Marco Antonio. **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS.** Original a ser submetido à publicação. Versão 6.0. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

MURI, Andriele Ferreira; ORTIGÃO, Maria Isabel Ramalho. **A Alfabetização Científica Brasileira: um estudo a partir dos dados do PISA 2006.** ANAIS, VII Reunião da ABAVE Avaliação e Currículo: um diálogo necessário Nº 1, Ano 2013 p. 385-400.

OLIVEIRA, Lina Kátia Mesquita de. **Três Investigações sobre escalas de proficiência e suas interpretações.** Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008, orientador: Francisco Creso J. F. Júnior ; co-orientador: Tufi Machado Soares. – 2008. 216 f. : il. ; 30 cm.

OLIVEIRA, Maria Auxiliadora Monteiro, ROCHA, Gladys. **AValiação em LARGA ESCALA NO BRASIL NOS PRIMEIROS ANOS DO ENSINO FUNDAMENTAL.** Disponível em: <http://www.anpae.org.br/congressos_antigos/simposio2007/274.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2015.

PARTCHEV, Ivailo. **Package: Simple interface to the estimation and plotting of IRT models.** Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/irtoys/irtoys.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

PASQUALI, L. **Psicometria: teoria e aplicações.** Brasília: Ed. UnB, 1997.

PASQUALI, Luiz, PRIMI, Ricardo. **Fundamentos da Teoria da Resposta ao Item – TRI.** Avaliação Psicológica, 2(2), 2003, pp. 99-110.

PEREIRA, Greiciane. **UMA ANÁLISE DO CURRÍCULO DO ENSINO FUNDAMENTAL BRASILEIRO E SUAS RELAÇÕES COM A AVALIAÇÃO EM LARGA ESCALA DESENVOLVIDA PELO MEC E INEP.** 6º Seminário Nacional Estado e Políticas Sociais/ 2º Seminário de Direitos Humanos. Unioeste – Campus de Toledo, PR. 2014.

QUADROS, Fernanda Maciel de. **Comparação da Teoria Clássica dos Testes com a Teoria de Resposta ao Item aplicado ao subteste Semelhanças da WASI.** (Monografia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

RIZOPOULOS, Dimitris. **Package ‘ltm’ Latent Trait Models under IRT.** Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/ltm/ltm.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

SANTO, Alexandre do Espírito. **Técnicas empregadas na análise de itens.** SEMINA, vol. 1, n. 2 jul/dez 78.

SANTOS, Anderson Oramísio, GIMENES, Olíria Mendes, MARIANO, Sangelita Miranda Franco. **AVALIAÇÕES EXTERNAS E SEUS IMPACTOS NAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS: PERCEPÇÕES E VISÕES PRELIMINARES.** Revista Encontro de Pesquisa em Educação Uberaba, v. 1, n.1, p. 38-50, 2013.

SANTOS, Lilian Maria. **Desempenho Escolar em Pernambuco: Análise dos Itens e das Habilidades usando Teoria Clássica e TRI.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

SANTOS, Marcos Antonio Da Cunha, SOARES, José Francisco. **ESTIMATIVAS NÃO PARAMÉTRICAS DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DOS ITENS EM TESTES EDUCACIONAIS.** Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 23, n. 52, p. 130-144, maio/ago. 2012.

SARTES, Laisa Marcorela Andreoli, SOUZA-FORMIGONI, Maria Lucia Oliveira de. **Avanços na Psicometria: Da Teoria Clássica dos Testes à Teoria de Resposta ao Item.** *Psicologia: Refl exão e Crítica*, 26(2), 241-250. disponível em: <www.scielo.br/prc>.

SILVA, Fernando Augusto; KAWAMURA, Maria Regina D. **As Matrizes de Referência em Física das Avaliações Estaduais: um olhar na perspectiva formativa.** ANAIS, VII Reunião da ABAVE Avaliação e Currículo: um diálogo necessário Nº 1, Ano 2013 p. 573-574.

SILVA, Isabelle Fiorelli. **O sistema nacional de avaliação: características, dispositivos legais e resultados.** *Est. Aval. Educ.*, São Paulo, v. 21, n. 47, p. 427-448, set./dez. 2010.

SOLIGO, Valdecir. **Formação de professores e as avaliações em larga escala: experiências com os resultados da Prova Brasil.** *Pleiade*, Foz do Iguaçu, v. 10, n. 10, p. 7-32, jul./dez 2011.

WERLE, Flávia Obino Corrêa. **Políticas de avaliação em larga escala na educação básica: do controle de resultados à intervenção nos processos de operacionalização do ensino.** *Ensaio: aval. pol. públ. Educ.*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 73, p. 769-792, out./dez. 2011.

WIEBUSCH, Eloisa Maria. **AVALIAÇÃO EM LARGA ESCALA: UMA POSSIBILIDADE PARA A MELHORIA DA APRENDIZAGEM.** Disponível em: <<http://www.uces.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/1599/140>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

WITTMANN, Maria José de Moraes. **AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA EM LARGA ESCALA EM NÍVEL NACIONAL: PREVISTOS E ACONTECIDOS.** INEP/CAPES – Observatório da Educação.

_____. **ESTADO DO TOCANTINS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. GUIA PEDAGÓGICO DO PROFESSOR.** Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/232045/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Exame Nacional do Ensino Médio (Enem): fundamentação teórico-metodológica.** Brasília: MEC/Inep, 2005.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Relatório Pedagógico: Enem 2008**. Brasília: MEC/Inep, 2015.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **ENTENDA SUA NOTA NO ENEM, GUIA DO PARTICIPANTE: Enem 2012**. Brasília: MEC/Inep, 2012.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Interpretação Pedagógica das Escalas de Proficiência Exame Nacional do Ensino Médio – Enem**: Brasília: MEC/Inep, 2011.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **NOTA TÉCNICA: Procedimentos de cálculo das notas do ENEM**: Brasília: MEC/Inep, 2011.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **DADOS ENEM**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basicalevantamentos-acessar>>. Acesso em: 9 nov. 2015.

_____. INEP. **Relatório Nacional PISA 2012** Resultados brasileiros. ISBN 978-85-63489-17-3. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2014/relatorio_nacional_pisa_2012_resultados_brasileiros.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2015.

_____. São Paulo (Estado) Secretaria da Educação. **Matrizes de Referência para avaliação SARESP**: Documento básico; coordenação geral: Maria Inês Fine. São Paulo: SEE, 2009 174p. v. 1.

_____. SITE PHET https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics.

_____. **Taxonomia da aprendizagem, Taxonomia de Bloom**. Disponível em: <http://www.ead.unifei.edu.br/arquivos/Dicas_objetivos.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2015.

Apêndice A – Exemplos de Sistemas de Avaliação Estadual Que Avaliam Física

A.1 Sistema de avaliação do desempenho educacional do Amazonas (SADEAM)

O SADEAM foi criado em 2008, nessa primeira edição do teste foram avaliados os alunos do 5º e 9º ano do Ensino Fundamental e 3º ano do Ensino Médio, as disciplinas avaliadas foram Língua Portuguesa, Matemática, Biologia, Física, Química, Geografia História e Língua Inglesa. Em 2009 apenas os alunos de 3º ano do Ensino Médio foram avaliados e os testes continham itens de Linguagens, Matemática, Ciências Humanas e Ciências da Natureza. Em sua edição de 2010 além das avaliações do 3º ano do Ensino Médio como a aplicada em 2009 foram avaliados também as etapas 5º e 9º ano do Ensino Fundamental. No ano seguinte foram avaliados em Língua Portuguesa e Matemática, os estudantes dos 3º, 5º, 7º e 9º anos do Ensino Fundamental. No Ensino Médio as disciplinas de Língua Portuguesa, Matemática e Ciências Humanas e da Natureza foram contempladas nos testes dos alunos de 3º ano. Em 2012 e 2013 a estrutura do teste de 2011 foi repetida adicionando-se a etapa do 1º ano do Ensino Médio. Na edição de 2014 as disciplinas avaliadas foram: Língua Portuguesa, Redação, Matemática, Ciências Humanas (Geografia e História) e Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química). Com as etapas: 5º Ano do Ensino Fundamental, EJA – Anos Iniciais, 9º Ano do Ensino Fundamental, EJA – Anos Finais, 3º Ano do Ensino Médio e EJA – Ensino Médio. Em 2015 o sistema volta a avaliar o 1º ano do Ensino Médio, nessa edição as etapas de escolaridades avaliadas foram: 3º Ano do Ensino Fundamental, 7º Ano do Ensino Fundamental, 1º Ano do Ensino Médio, 3º Ano do Ensino Médio, EJA PRESENCIAL – Anos Iniciais e EJA PRESENCIAL – Ensino Médio, mantendo as mesmas disciplinas de edições anteriores [Portal CAEd].

Nos quadros A.1 e A.2 abaixo são apresentados os descritores referente às habilidades da área de conhecimento da Física, que compõem a matriz de referência para a avaliação de Ciências da Natureza do SADEAM.

MATRIZ DE REFERÊNCIA CIÊNCIAS DA NATUREZA 1º EM SADEAM	
DOMÍNIO II Terra e Universo	
D19(F)	Identificar resultados de medidas físicas usando notação científica.

D20(F)	Reconhecer as unidades básicas de medida das grandezas físicas como comprimento, velocidade, tempo, aceleração, massa e força, usadas no Sistema Internacional de Unidades.
D21(F)	Diferenciar grandezas físicas escalares de grandezas físicas vetoriais.
D22(F)	Realizar operações básicas com grandezas vetoriais.
D23(F)	Realizar operações com valores de comprimento, tempo, velocidade e aceleração utilizando unidades usuais de medidas.
D24(F)	Reconhecer as características básicas dos movimentos retilíneos.
D25(F)	Identificar os modos de representação gráfica de movimentos retilíneos.
D26(F)	Aplicar as Leis de Newton em situações-problema.
D27(F)	Reconhecer a evolução das ideias sobre a relação entre força e movimento.
D28(F)	Calcular a força resultante que atua sobre um corpo utilizando um diagrama de forças.
D29(F)	Reconhecer os conceitos de massa e peso de um corpo e suas unidades de medida no Sistema Internacional de Unidades.

Quadro A.1: Descritores de Física presentes na matriz de referência do SADEAM 1º Ano do Ensino Médio [Portal CAEd].

MATRIZ DE REFERÊNCIA CIÊNCIAS DA NATUREZA 3ºEM SADEAM	
DOMÍNIO I – Matéria e Energia	
D01(F)	Aplicar o conceito de energia potencial gravitacional de um corpo próximo à superfície da Terra em situações-problema.
D02(F)	Aplicar o conceito de energia cinética de um corpo em movimento na resolução de situações-problema.
D03(F)	Aplicar o Princípio da Conservação da Energia Mecânica para resolver situações-problema envolvendo um corpo deslocando-se próximo à superfície da Terra.
D04(F)	Diferenciar calor e temperatura estabelecendo relações entre esses conceitos e suas unidades de medida.
D05(F)	Aplicar o conceito de Capacidade Térmica, Calor Específico e Calor Latente e suas unidades de medida.
D06(F)	Identificar os processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.
D07(F)	Aplicar as Leis da Termodinâmica em situações-problema.
D08(F)	Aplicar o conceito de campo elétrico para uma distribuição de cargas.
D09(F)	Aplicar os conceitos elétricos de corrente, voltagem, resistência e potência e as relações entre eles.
D10(F)	Aplicar o conceito de campo magnético associado ao funcionamento de ímãs e bússolas.
D11(F)	Identificar o campo magnético ao redor de um fio percorrido por uma corrente elétrica.
D12(F)	Identificar as características físicas das ondas sonoras.
D13(F)	Aplicar a propagação retilínea da luz na formação de sombras e imagens.
DOMÍNIO II – Terra e Universo	
D34(F)	Operar valores de comprimento, tempo, velocidade e aceleração utilizando unidades usuais de medidas.
D35(F)	Identificar os modos de representação gráfica de movimentos retilíneos.

D36(F)	Reconhecer as características básicas dos movimentos retilíneos e circulares.
D37(F)	Aplicar as três Leis de Newton em situações-problema.
D38(F)	Resolver problemas utilizando os conceitos de força de atrito, força peso, força normal de contato e tração.
D39(F)	Diferenciar massa e peso de um corpo e suas unidades de medida.
DOMÍNIO V – Tecnologia e Sociedade	
D60(F)	Identificar os processos de transformação de energia responsáveis pelo funcionamento de um motor de corrente contínua e de um gerador de eletricidade.

Quadro A.2: Descritores de Física presentes na matriz de referência do SADEAM 3º Ano do Ensino Médio [Portal CAEd].

A.2 Sistema de avaliação baiano da educação (SABE)

O SABE é dividido em dois subprogramas o Avalie Alfa e o Avalie Ensino Médio. Nos anos de 2011 a 2013 foram avaliadas as disciplinas de Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza e Ciências Humanas, nas etapas de 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio. O 2º ano do Ensino Fundamental foi avaliado em Língua Portuguesa nas edições de 2011 a 2013 e Matemática nas edições de 2011 e 2012 [Portal CAEd].

No quadro A.3 abaixo são apresentados os descritores referentes às habilidades da área de conhecimento da Física, que compõem a matriz de referência para a avaliação de Ciências da Natureza do SABE.

MATRIZ DE REFERÊNCIA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS AVALIE BA ENSINO MÉDIO				
Descritor	Descrição da Habilidade	1EM	2EM	3EM
I - MATÉRIA E ENERGIA		X	X	X
D27	Diferenciar calor e temperatura.		X	
D28	Estabelecer relações entre os conceitos de calor e temperatura e suas unidades de medida.		X	
D29	Reconhecer o conceito de calor específico e sua unidade de medida.		X	
D30	Identificar as diferentes fontes e processos de transformação de energia.		X	
D31	Aplicar o conceito de trabalho de uma força e sua unidade no SI em situações do cotidiano.		X	
D32	Aplicar o conceito de trabalho nas seguintes máquinas simples: alavanca, plano inclinado e roldanas.		X	
D33	Reconhecer o conceito de potência e suas unidades usuais de medida.		X	
D34	Reconhecer o conceito de energia potencial gravitacional de um corpo próximo à superfície da Terra.		X	
D35	Reconhecer o conceito de energia potencial elástica.		X	
D36	Reconhecer o conceito de energia cinética de um corpo.		X	

D37	Reconhecer que a energia mecânica de um corpo é a soma das energias potencial gravitacional, potencial elástica e energia cinética.		X	
D38	Aplicar o Princípio da Conservação da Energia Mecânica para resolver problemas de um corpo deslocando-se próximo à superfície da Terra.		X	
D39	Reconhecer, em situações cotidianas, as variáveis que determinam a dilatação térmica de materiais.		X	
D40	Reconhecer os processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.		X	
D41	Aplicar a Primeira e a Segunda Lei da Termodinâmica na resolução de problemas.		X	
D52	Diferenciar fissão de fusão nuclear.			X
D57	Relacionar frequência, período, comprimento de onda, velocidade de propagação e amplitude de uma onda.			X
D58	Reconhecer os princípios básicos da reflexão e da refração de ondas mecânicas e da luz.			X
D59	Identificar as características físicas das ondas sonoras.			X
D60	Reconhecer os fenômenos de difração, interferência e polarização de ondas mecânicas e luz.			X
D61	Reconhecer o conceito de diferença de potencial elétrico em circuitos simples, sua unidade de medida e suas aplicações.			X
D62	Relacionar os conceitos elétricos de corrente, diferença de potencial e resistência.			X
D63	Determinar a resistência equivalente e a corrente em cada ramo de uma associação de resistores em série, em paralelo e mista simples.			X
D64	Aplicar o conceito de potência elétrica e suas unidades usuais de medida em situações do cotidiano.			X
D65	Resolver problemas utilizando a relação quantitativa entre potência, diferença de potencial e corrente elétrica.			X
II - TERRA E UNIVERSO		X	X	X
D67	Identificar resultados de medidas físicas usando notação científica.	X		
D68	Reconhecer as unidades básicas de medida das grandezas físicas como comprimento, velocidade, tempo, aceleração, massa e força, usadas no Sistema Internacional de Unidades.	X		
D69	Reconhecer as características das grandezas físicas escalares e vetoriais.	X		
D70	Realizar operações básicas com grandezas vetoriais.	X		
D71	Realizar operações com valores de comprimento, tempo, velocidade e aceleração utilizando unidades usuais de medidas.	X		
D72	Identificar os modos de representação gráfica de	X		

	movimentos retilíneos.			
D73	Reconhecer as características básicas dos movimentos retilíneos.	X		
D74	Reconhecer a evolução das ideias sobre a relação entre força e movimento.	X		
D75	Aplicar as Leis de Newton em situações-problema.	X		
D76	Calcular a força resultante atuando sobre um corpo utilizando um diagrama de forças.	X		
D77	Reconhecer os conceitos de massa e peso de um corpo e suas unidades de medida no Sistema Internacional de Unidades.	X		
V - TECNOLOGIA E SOCIEDADE		X	X	X
D114	Identificar materiais com propriedades termométricas usados nos vários tipos de termômetros.		X	
D115	Relacionar os pontos fixos das escalas termométricas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.		X	
D123	Interpretar medidas realizadas por amperímetros e voltímetros para fazer medidas em circuitos elétricos.			X
D124	Determinar o consumo mensal de energia elétrica em uma residência pela leitura da conta de luz e do “relógio de luz”.			X
D125	Reconhecer o funcionamento de ímãs e agulhas magnéticas.			X
D126	Reconhecer como eletroímãs são usados e construídos em dispositivos como campainhas elétricas e relés.			X
D127	Reconhecer o princípio de funcionamento de motores e geradores de corrente contínua.			X

Quadro A.3: Descritores de Física presentes na matriz de referência do SABE 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio [Portal CAEd].

A.3 Sistema de avaliação da aprendizagem permanente do estado do Tocantins (sisAPTO)

O sisAPTO foi criado em 2011, avaliando os alunos de 5º e 9º ano do Ensino Fundamental e o 3º ano do Ensino Médio nas disciplinas de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências, Geografia, Biologia, Química e Física [Portal SEDUC TO].

No quadro A.4 abaixo são apresentados os descritores referente à habilidades da área de conhecimento da Física, que compõem a matriz de referência para a avaliação de Física do sisAPTO.

MATRIZ DE REFERÊNCIA DE FÍSICA: DESCRITORES 3ª série do Ensino Médio	
D1	Relacionar trabalho e energia cinética, em situações reais (por exemplo: quando se atira uma pedra).

D2	Fazer uso quantitativo da conservação de energia (Primeira Lei da Termodinâmica) em diferentes situações e processos físicos, químicos ou biológicos.
D3	Classificar fontes de energia de uso social mais difundido, em termos de suas características (convencionais ou alternativas, renováveis ou não, etc), e apontar seus eventuais impactos ambientais.
D4	Compreensão do funcionamento de dispositivos hidráulicos simples (como prensas hidráulicas).
D5	Relacionar os conceitos e as unidades de carga, corrente, campo, potencial e força.
D6	Estimar o valor de grandezas físicas básicas em situações triviais (p. ex., volume de um copo, massa de um prego, potência de uma lanterna, vazão de uma torneira, etc.)
D7	Reconhecer a presença e descrever a operação de ímãs, eletroímãs ou transformadores, em equipamentos ou redes de distribuição.
D8	Identificar a continuidade de circuitos elétricos em situações da vida prática.
D9	Relacionar correntes com o movimento de elétrons ou íons, reconhecendo os elementos químicos envolvidos.
D10	Identificar trajetórias de feixes de luz em formação de sombras, em situações cotidianas, ou em fenômenos astronômicos (p. ex.; sombra de um poste, eclipses, fases da lua, etc.)
D11	Caracterizar a luz como radiação eletromagnética e relacionar a cor da luz com suas frequências.
D12	Relacionar calor e trabalho como formas de troca de energia e quantificá-los em calorias e joules.
D13	Estimar a temperatura, em situações de coexistência água/vapor, como numa chaleira, ou água/gelo, como num copo, revelando conhecer os padrões zero e cem da escala Celsius.
D14	Identificar a pressão num ponto de um fluido como sendo devida ao peso da coluna de fluido acima deste ponto.
D15	Relacionar deslocamento angulares, períodos, número de rotações em movimentos circulares (p. ex., relógios, toca-discos, corpos celestes, engrenagens).
D16	Utilizar definição de trabalho para o cálculo da energia necessária para a realização de diferentes atividades (p. ex., subir escada, frear veículos, arrastar peso).

Quadro A.4: Descritores de Física presentes na matriz de referência do sisAPTO 3º ano do Ensino Médio [Portal SEDUC TO].

A.4 Sistema de avaliação de rendimento escolar do estado de São Paulo (SARESP)

O SARESP foi criado em 2002, o sistema avalia as etapas de 3º, 5º, 7º e 9º anos do Ensino Fundamental e da 3ª série do Ensino Médio nas disciplinas de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências Humanas, Ciências da Natureza e redação. Os resultados do SARESP são utilizados no cálculo do Índice de Desenvolvimento da

Educação do Estado de São Paulo (Idesp) que se constitui em um indicador de qualidade do ensino criado em 2007 [Portal SARESP].

No quadro A.5 abaixo são apresentados os descritores referentes às habilidades da área de conhecimento da Física, que compõem a matriz de referência para a avaliação de Física do SARESP.

MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO DO SARESP - FÍSICA - 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	
Competência de área 1	
H01	Identificar diferentes formas e linguagens para representar movimentos, como: trajetórias, gráficos, tabelas, funções e linguagem discursiva.
H02	Classificar movimentos segundo características comuns, como trajetórias e variações de velocidade.
H03	Relacionar e calcular grandezas que caracterizam movimentos.
H04	Reconhecer causas da variação de movimentos associadas a forças e ao tempo de duração das interações.
H05	Prever e avaliar situações cotidianas que envolvam movimentos, utilizando a conservação da quantidade de movimento.
H06	Prever e avaliar situações cotidianas que envolvam movimentos, utilizando as leis de Newton.
H07	Identificar fontes e transformações de energia em movimentos, em diferentes equipamentos e máquinas, em atividades físicas e esportivas.
H08	Calcular o trabalho mecânico de forças de diferentes naturezas, em exemplos de situações reais.
H09	Utilizar a conservação da energia mecânica para analisar e determinar parâmetros de movimentos.
Competência de área 2	
H10	Estimar e comparar características e dimensões espaciais de corpos celestes (tamanho e distâncias).
H11	Relacionar variáveis relevantes nas interações gravitacionais entre objetos na superfície da Terra ou entre astros do Universo.
H12	Associar a natureza cíclica de movimentos da Terra, Sol e Lua a fenômenos naturais, ao calendário e influências na vida humana.
Competência de área 3	
H13	Identificar fenômenos, fontes e sistemas que envolvem trocas de calor em processos naturais ou tecnológicos.
H14	Comparar e avaliar procedimentos de medida e controle da temperatura.
H15	Identificar propriedades térmicas dos materiais ou processos de trocas de calor que justifiquem a escolha apropriada de objetos e utensílios com diferentes finalidades.
H16	Estimar trocas de calor envolvidas em fenômenos naturais ou em processos tecnológicos.
H17	Associar fenômenos atmosféricos ou climáticos a processos de troca de calor e propriedades térmicas de materiais.

H18	Avaliar hipóteses e argumentos a cerca do aquecimento global e suas consequências ambientais e sociais.
H19	Identificar fontes e transformações de energia em diferentes processos de sua geração e uso social.
H20	Aplicar o princípio de conservação da energia nas trocas de calor com mudanças de estado físico, nas máquinas mecânicas e a vapor.
H21	Reconhecer representações adequadas dos ciclos de funcionamento de diferentes máquinas térmicas.
H22	Avaliar e comparar a potência e o rendimento de máquinas térmicas a partir de dados reais.
H23	Compreender os princípios fundamentais da termodinâmica que norteiam a construção e o funcionamento das máquinas térmicas.
Competência de área 4	
H24	Identificar e discriminar características físicas de ondas sonoras.
H25	Avaliar argumentos sobre problemas decorrentes da poluição sonora para a saúde humana e possíveis formas de controlá-la.
H26	Descrever, por meio de linguagem discursiva ou gráfica, fenômenos e equipamentos que envolvam a propagação da luz e formação de imagens.
H27	Comparar diferentes instrumentos e sistemas utilizados para melhorar ou ampliar a visão, como óculos, lupas, microscópios, telescópios e projetores.
H28	Associar a cor de um objeto a formas de interação da luz com a matéria.
H29	Identificar os principais meios de produção, propagação e detecção de ondas eletromagnéticas no cotidiano.
H30	Associar o funcionamento de equipamentos de telecomunicação a características do espectro eletromagnético.
Competência de área 5	
H31	Identificar elementos e grandezas elétricas presentes em contas de luz, embalagens, chapinhas ou impressos de fabricação de aparelhos e equipamentos.
H32	Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos presentes no cotidiano segundo suas funções.
H33	Estimar consumo e custo de energia elétrica residencial.
H34	Avaliar opções apropriadas na escolha e uso de aparelhos elétricos com base em critérios como segurança, consumo de energia, eficiência e direitos do consumidor.
H35	Reconhecer representações e arranjos adequados de circuitos elétricos residenciais.
H36	Relacionar elementos e grandezas mensuráveis de equipamentos e circuitos elétricos (corrente, tensão, resistência, potência).
H37	Descrever, por meio de linguagens, diferentes fenômenos, situações ou experimentos que envolvam interações elétricas ou magnéticas.
H38	Estimar ordens de grandeza de cargas, correntes e campos elétricos ou magnéticos em fenômenos, arranjos experimentais ou equipamentos.
H39	Discriminar o funcionamento de motores e de geradores, reconhecendo as transformações de energia envolvidas em cada um deles.

H40	Comparar diferentes processos de geração de energia elétrica em larga escala, bem como as transformações de energia neles envolvidas.
H41	Avaliar argumentos críticos sobre diferentes recursos e processos de geração de energia, considerando aspectos ambientais, sociais e econômicos.
Competência de área 6	
H42	Identificar e classificar, segundo características e propriedades físicas, diferentes materiais presentes no cotidiano.
H43	Confrontar diferentes modelos atômicos e/ou concepções de constituição da matéria ao longo da história, analisando seus limites e desdobramentos.
H44	Reconhecer e avaliar o uso da luz laser em tecnologias contemporâneas.
H45	Reconhecer transformações nucleares que dão origem à radioatividade.
H46	Avaliar efeitos biológicos e ambientais das radiações ionizantes, assim como medidas para sua proteção.
H47	Reconhecer aplicações e avaliar argumentos sobre os riscos e benefícios da energia nuclear em diferentes setores, como na medicina, agricultura e geração de eletricidade.

Quadro A.5: Descritores de Física presentes na matriz de referência do SARESP 3º ano do Ensino Médio [Portal SARESP].

A.5 Programa de avaliação da educação básica do Espírito Santo (PAEBES)

O PAEBES foi criado em 2009 aplicando uma avaliação das disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática nas etapas do 5º e 9º anos do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio. Em 2010 foi avaliado, além das etapas avaliadas em 2009, o 3º ano do Ensino Médio tendo mantido as mesmas disciplinas. Em 2011 é retirada a avaliação do 1º ano do Ensino Médio e inserida avaliações de Ciências da Natureza na etapa do 3º ano do Ensino Médio. Em 2012 o sistema é novamente modificado e é inserida a avaliação de Ciências Humanas no 9º ano do Ensino Fundamental e 3º ano do Ensino Médio. Nesse ano não houve avaliação de Ciências da Natureza. A partir desse ano as áreas de Ciências Humanas e Natureza revezam nas edições do programa, nos anos ímpares o PAEBES avalia as disciplinas de Ciências da Natureza e nos anos pares as disciplinas de Ciências Humanas. Língua Portuguesa e Matemática mantêm as mesmas características até a edição de 2014. Nesse ano é inserida a avaliação de produção de texto na etapa do 5º ano do Ensino Fundamental. A última avaliação realizada e que já se tem os resultados foi a edição de 2015.

No quadro A.6 abaixo são apresentados os descritores referente à habilidades da área de conhecimento da Física, que compõem a matriz de referência para a avaliação de Física do PAEBES.

MATRIZ DE REFERÊNCIA CIÊNCIAS DA NATUREZA 3º EM PAEBES	
Matéria e Energia	
D06	Aplicar as Leis de Newton em situações de interações simples entre corpos.
D07	Reconhecer as diferenças dos conceitos de massa e peso de um corpo.
D08	Aplicar o conceito de potência em situações do cotidiano envolvendo fenômenos elétricos e mecânicos.
D09	Reconhecer as relações entre a diferença de potencial, resistência e intensidade de corrente elétrica em circuitos simples.
D10	Aplicar o princípio de conservação da energia mecânica em situações do cotidiano, envolvendo trabalho e máquinas simples: alavanca, plano inclinado e roldanas.
D11	Identificar o princípio geral de conservação da energia em processos térmicos, elétricos e mecânicos.
D12	Identificar fenômenos ondulatórios (difração, interferência, reflexão e refração) em situações cotidianas.
D13	Estabelecer relações entre frequência, período, comprimento de onda e velocidade de propagação de uma onda.
D14	Aplicar a Primeira e a Segunda Lei da Termodinâmica em situações que envolvam transformações térmicas.
D15	Distinguir os conceitos de calor e temperatura em fenômenos cotidianos.
D16	Reconhecer calor como energia térmica e suas formas de propagação (condução, convecção e radiação).
D17	Analisar situações cotidianas que envolvam fenômenos de dilatação e contração térmica de materiais.
Terra e Universo	
D42	Identificar as principais unidades de medidas físicas no Sistema Internacional de Unidades.
D43	Reconhecer as características das grandezas físicas escalares e vetoriais.
D44	Realizar operações básicas com grandezas vetoriais.
D45	Relacionar as grandezas (distância, tempo, velocidade e aceleração) em operações algébricas nos movimentos retilíneos e circulares.
D46	Aplicar a Lei da Gravitação Universal ao movimento de planetas e satélites (naturais e artificiais) e fenômenos naturais.
D47	Compreender as propriedades dos ímãs e o funcionamento das agulhas magnéticas nas proximidades da Terra.
Tecnologia e Sociedade	
D68	Interpretar grandezas físicas (potência, voltagem, intensidade de corrente, entre outros) em aparelhos eletroeletrônicos.
D69	Determinar o consumo de energia elétrica em aparelhos eletroeletrônicos.
D70	Reconhecer a Lei de Indução Eletromagnética no funcionamento de motores e geradores.

D71	Identificar processos de produção de energia elétrica.
D72	Identificar a presença de radiações em situações cotidianas (raios x, radiação solar, micro-ondas, entre outros).

Quadro A.6: Descritores de Física presentes na matriz de referência do PAEBES 3º ano do Ensino Médio [Portal CAEd].

Apêndice B - Análise dos itens de Física que apresentaram os mais baixos desempenhos

Nessa seção serão apresentadas as análises dos itens de física das edições de 2009 a 2014 que apresentaram um percentual de acerto menor que 25%. A análise desses itens trata-se de uma tentativa de compreender as habilidades que a maior parte dos alunos apresentam dificuldades de entendimento.

B.1 ENEM 2009

O Brasil pode se transformar no primeiro país das Américas a entrar no seleto grupo das nações que dispõem de trens-bala. O Ministério dos Transportes prevê o lançamento do edital de licitação internacional para a construção da ferrovia de alta velocidade Rio-São Paulo. A viagem ligará os 403 quilômetros entre a Central do Brasil, no Rio, e a Estação da Luz, no centro da capital paulista, em uma hora e 25 minutos.

- A 80 m.
- B 430 m.
- C 800 m.
- D 1.600 m.
- E 6.400 m.

Disponível em: <http://oglobo.globo.com>.
Acesso em: 14 jul. 2009.

Devido à alta velocidade, um dos problemas a ser enfrentado na escolha do trajeto que será percorrido pelo trem é o dimensionamento das curvas. Considerando-se que uma aceleração lateral confortável para os passageiros e segura para o trem seja de 0,1 g, em que g é a aceleração da gravidade (considerada igual a 10 m/s^2), e que a velocidade do trem se mantenha constante em todo o percurso, seria correto prever que as curvas existentes no trajeto deveriam ter raio de curvatura mínimo de, aproximadamente,

Figura B.1: ITEM_17 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESCRITOR	GAB.	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H20	E	5,72%	22,81%	27,36%	25,15%	18,57%	5,72%	0,40%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
754,90	0,037	746,17	0,046	-0,053	-0,041	0,037	-0,024	0,154

Quadro B.1: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_17 do ENEM de 2009. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de o aluno aplicar o conceito de aceleração centrípeta para calcular o raio de uma trajetória curvilínea. Para resolver o item, deve-se

primeiramente calcular o valor da velocidade do trem: $V = \frac{403000 \text{ m}}{5100 \text{ s}} = 79 \text{ m/s}$. Em

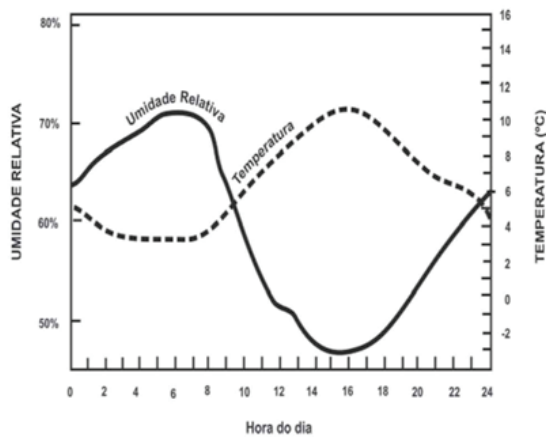
seguida o aluno deve calcular o raio da trajetória usando a equação da aceleração centrípeta igualando ao valor de 0,1g, ou seja,

$a_c = \frac{V^2}{R} = 0,1g = 0,1 \cdot 10 \rightarrow V^2 = R \rightarrow R = 79^2 \cong 6244 \text{ m}$. Apenas 5,72% dos alunos que

responderam esse item conseguiram calcular corretamente o valor do raio mínimo. Observe que além da alternativa correta, a alternativa C também apresentou biserial

positiva indicando que alunos com alto valor de escore foram atraídos para essa alternativa. Esse item se ancora no nível N6 da escala e, portanto, é um item considerado difícil exigindo proficiência elevada para ser resolvido corretamente. Esse item possui uma curva característica com inclinação elevada indicando um grande poder de discriminação. Esse item é mais adequado para avaliar os alunos que se encontram no em níveis mais elevados de proficiência, próximos a 2 desvios-padrão acima da média.

Umidade relativa do ar é o termo usado para descrever a quantidade de vapor de água contido na atmosfera. Ela é definida pela razão entre o conteúdo real de umidade de uma parcela de ar e a quantidade de umidade que a mesma parcela de ar pode armazenar na mesma temperatura e pressão quando está saturada de vapor, isto é, com 100% de umidade relativa. O gráfico representa a relação entre a umidade relativa do ar e sua temperatura ao longo de um período de 24 horas em um determinado local.



Considerando-se as informações do texto e do gráfico, conclui-se que

- A a insolação é um fator que provoca variação da umidade relativa do ar.
- B o ar vai adquirindo maior quantidade de vapor de água à medida que se aquece.
- C a presença de umidade relativa do ar é diretamente proporcional à temperatura do ar.
- D a umidade relativa do ar indica, em termos absolutos, a quantidade de vapor de água existente na atmosfera.
- E a variação da umidade do ar se verifica no verão, e não no inverno, quando as temperaturas permanecem baixas.

Figura B.2: ITEM_24 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H17	A	19,68%	19,68%	18,11%	22,27%	31,86%	7,88%	0,21%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
689,31	0,025	680,19	0,137	0,297	-0,174	-0,093	0,045	-0,118

Quadro B.2: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_24 do ENEM de 2009. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de o aluno reconhecer com base na leitura de um gráfico que a insolação, ou seja, a quantidade de radiação proveniente do Sol que incide sobre a superfície provoca a variação da umidade relativa do ar, observando o gráfico constata-se que quando a umidade relativa está em alta com um máximo do valor para

esse período, a temperatura está baixa e quando a temperatura está alta a umidade relativa do ar está em seu valor mais baixo, portanto a variação da temperatura causa uma variação da umidade relativa do ar, como a temperatura do planeta varia principalmente com a quantidade de radiação recebida pela Terra conclui-se que a insolação é um dos fatores que provoca a variação da umidade relativa do ar, apenas 19,68% dos participantes optaram pela alternativa correta. A maioria dos alunos optou pela alternativa D possivelmente por trazer um enunciado parecido com a definição de umidade relativa do ar, observe que esse mesmo distrator apresentou um valor de bisserial positivo indicando que alunos com notas elevadas optaram por essa alternativa. Esse item é ancorado no nível N5 da escala e pode ser considerado um item de dificuldade média.

O ônibus espacial *Atlantis* foi lançado ao espaço com cinco astronautas a bordo e uma câmera nova, que iria substituir uma outra danificada por um curto-circuito no telescópio *Hubble*. Depois de entrarem em órbita a 560 km de altura, os astronautas se aproximaram do *Hubble*. Dois astronautas saíram da *Atlantis* e se dirigiram ao telescópio. Ao abrir a porta de acesso, um deles exclamou: "Esse telescópio tem a massa grande, mas o peso é pequeno."



Considerando o texto e as leis de Kepler, pode-se afirmar que a frase dita pelo astronauta

- A se justifica porque o tamanho do telescópio determina a sua massa, enquanto seu pequeno peso decorre da falta de ação da aceleração da gravidade.
- B se justifica ao verificar que a inércia do telescópio é grande comparada à dele próprio, e que o peso do telescópio é pequeno porque a atração gravitacional criada por sua massa era pequena.
- C não se justifica, porque a avaliação da massa e do peso de objetos em órbita tem por base as leis de Kepler, que não se aplicam a satélites artificiais.
- D não se justifica, porque a força-peso é a força exercida pela gravidade terrestre, neste caso, sobre o telescópio e é a responsável por manter o próprio telescópio em órbita.
- E não se justifica, pois a ação da força-peso implica a ação de uma força de reação contrária, que não existe naquele ambiente. A massa do telescópio poderia ser avaliada simplesmente pelo seu volume.

Figura B.3: ITEM_27 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H20	D	13,97%	41,66%	20,61%	6,68%	13,97%	16,75%	0,33%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
-466,30	-0,004	-400,50	0,111	0,138	-0,052	-0,120	0,044	-0,081

Quadro B.3: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_27 do ENEM de 2009. [Fonte: Autor].

A habilidade avaliada por esse item é compreender o conceito de força peso, identificando-a como a responsável por manter satélites em órbitas em torno da Terra. Somente 13,97% dos respondentes optaram pela alternativa correta. Consta-se que a

alternativa A apresentou o maior percentual de escolha, além disso, essa alternativa apresentou uma bisserial positiva e maior que o gabarito, esse fato evidencia que possivelmente esses estudantes acreditam que no espaço não há atração gravitacional, esse erro é comum no dia a dia e muitas vezes são veiculadas pela mídia. Observe que esse item apresentou valor negativo para o parâmetro a , portanto esse item não apresentou um comportamento adequado para medida de traços latentes uma vez que valor negativo para esse parâmetro significa que quanto maior a proficiência do aluno maior é a chance desse aluno errar o item, portanto um comportamento oposto ao que é esperado pela teoria. Sendo assim esse item deve ser considerado um item eliminado. A curva característica desse item apresenta um comportamento decrescente.

É possível, com 1 litro de gasolina, usando todo o calor produzido por sua combustão direta, aquecer 200 litros de água de 20 °C a 55 °C. Pode-se efetuar esse mesmo aquecimento por um gerador de eletricidade, que consome 1 litro de gasolina por hora e fornece 110 V a um resistor de 11 Ω , imerso na água, durante um certo intervalo de tempo. Todo o calor liberado pelo resistor é transferido à água.

Considerando que o calor específico da água é igual a 4,19 J g⁻¹ °C⁻¹, aproximadamente qual a quantidade de gasolina consumida para o aquecimento de água obtido pelo gerador, quando comparado ao obtido a partir da combustão?

- Ⓐ A quantidade de gasolina consumida é igual para os dois casos.
- Ⓑ A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é duas vezes maior que a consumida na combustão.
- Ⓒ A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é duas vezes menor que a consumida na combustão.
- Ⓓ A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é sete vezes maior que a consumida na combustão.
- Ⓔ A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é sete vezes menor que a consumida na combustão.

Figura B.4: ITEM_30 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H21	D	15,24%	21,82%	27,63%	24,35%	15,24%	10,62%	0,35%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
764,31	0,034	757,97	0,144	-0,047	-0,089	0,012	0,118	0,043

Quadro B.4: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_30 do ENEM de 2009. [Fonte: Autor].

Para resolver esse item corretamente primeiramente o aluno deve compreender o conceito de densidade identificando que o volume de água mencionado no enunciado equivale a 200 kg de água, uma vez que a densidade da água vale 1 kg/L. Em seguida deve-se converter esse valor de massa para unidade de grama para ficar condizente com as unidades trabalhadas. A quantidade de energia liberada pela queima de um litro de gasolina é calculada pela equação da calorimetria, $Q = mc\Delta T$, substituindo os valores dados no enunciado, $Q = 200000 \cdot 4,19 \cdot (55 - 20) = 29330000 \text{ J}$. Para encontrar o tempo gasto pelo gerador para liberar a mesma quantidade de energia, deve-se utilizar a equação $E = P \cdot \Delta t$, onde a potência é dada pela equação $P = \frac{U^2}{R}$, assim temos que

$$E = P \cdot \Delta t = Q \rightarrow \Delta t = \frac{E}{P} = \frac{Q}{\frac{U^2}{R}} \rightarrow \Delta t = \frac{QR}{U^2} = \frac{29330000 \cdot 11}{110^2} = 26663,63 \text{ s} = 7,4 \text{ h},$$

portanto o gerador consome cerca de 7 litros de gasolina para que o resistor transfira a mesma quantidade de calor liberado pela combustão direta. Somente 15,24% dos participantes conseguiram desenvolver o raciocínio exigido pelo item. Observe que a alternativa E apresentou bisserial positiva, essa alternativa traz a relação inversa possivelmente isso confundiu os alunos levando-os a optarem por essa alternativa. A maior parte dos estudantes optou pela alternativa B seguida pela alternativa C, esta última ainda apresentou bisserial positiva o que indica que alunos com escores altos optaram por ela. Esse é um item de nível N6 e pode ser considerado um item difícil, uma vez que exige a mobilização de muitos conceitos para sua correta resolução.

O progresso da tecnologia introduziu diversos artefatos geradores de campos eletromagnéticos. Uma das mais empregadas invenções nessa área são os telefones celulares e *smartphones*. As tecnologias de transmissão de celular atualmente em uso no Brasil contemplam dois sistemas. O primeiro deles é operado entre as frequências de 800 MHz e 900 MHz e constitui os chamados sistemas TDMA/CDMA. Já a tecnologia GSM, ocupa a frequência de 1.800 MHz.

Considerando que a intensidade de transmissão e o nível de recepção "celular" sejam os mesmos para as tecnologias de transmissão TDMA/CDMA ou GSM, se um engenheiro tiver de escolher entre as duas tecnologias para obter a mesma cobertura, levando em consideração apenas o número de antenas em uma região, ele deverá escolher:

- A a tecnologia GSM, pois é a que opera com ondas de maior comprimento de onda.
- B a tecnologia TDMA/CDMA, pois é a que apresenta Efeito Doppler mais pronunciado.
- C a tecnologia GSM, pois é a que utiliza ondas que se propagam com maior velocidade.
- D qualquer uma das duas, pois as diferenças nas frequências são compensadas pelas diferenças nos comprimentos de onda.
- E qualquer uma das duas, pois nesse caso as intensidades decaem igualmente da mesma forma, independentemente da frequência.

Figura B.5: ITEM_31 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H2	E	15,77%	21,45%	6,21%	38,77%	17,52%	15,77%	0,28%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
-398,40	-0,002	-244,33	0,006	0,020	-0,076	0,003	0,034	-0,005

Quadro B.5: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_31 do ENEM de 2009. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender a relação de intensidade de uma onda eletromagnética e a distância em relação à fonte. Para resolver esse item corretamente o aluno de ser capaz de compreender a equação da intensidade dada por:

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}, \text{ onde } P \text{ é a potência gerada pela fonte e } d \text{ é a distância em relação à fonte}$$

emissora. De acordo com essa equação a intensidade independe da frequência da onda emitida e é inversamente proporcional ao quadrado da distância, portanto, ambas as

tecnologias poderiam ser utilizadas, apenas 15,77% dos alunos optaram pela alternativa correta. Esse item apresentou bisserial positiva para as alternativas A, C e D, e bisserial negativa para o gabarito, isso geralmente evidencia uma possível falta de plausibilidade para as alternativas. Além disso, o parâmetro a apresentou valor negativo não sendo adequado conforme já discutido.

O Sol representa uma fonte limpa e inesgotável de energia para o nosso planeta. Essa energia pode ser captada por aquecedores solares, armazenada e convertida posteriormente em trabalho útil. Considere determinada região cuja insolação — potência solar incidente na superfície da Terra — seja de 800 watts/m^2 . Uma usina termossolar utiliza concentradores solares parabólicos que chegam a dezenas de quilômetros de extensão. Nesses coletores solares parabólicos, a luz refletida pela superfície parabólica espelhada é focalizada em um receptor em forma de cano e aquece o óleo contido em seu interior a $400 \text{ }^\circ\text{C}$. O calor desse óleo é transferido para a água, vaporizando-a em uma caldeira. O vapor em alta pressão movimenta uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica.

Considerando que a distância entre a borda inferior e a borda superior da superfície refletora tenha 6 m de largura e que focaliza no receptor os 800 watts/m^2 de radiação provenientes do Sol, e que o calor específico da água é $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} = 4.200 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, então o comprimento linear do refletor parabólico necessário para elevar a temperatura de 1 m^3 (equivalente a 1 t) de água de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ para $100 \text{ }^\circ\text{C}$, em uma hora, estará entre

- Ⓐ 15 m e 21 m.
- Ⓑ 22 m e 30 m.
- Ⓒ 105 m e 125 m.
- Ⓓ 680 m e 710 m.
- Ⓔ 6.700 m e 7.150 m.



Figura B.6: ITEM_35 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H21	A	12,41%	12,41%	26,10%	30,35%	22,75%	7,85%	0,53%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
782,52	0,039	776,33	0,120	0,085	-0,016	-0,035	0,015	-0,035

Quadro B.6: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_35 do ENEM de 2009. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de o estudante aplicar a equação da calorimetria, o conceito de potência e intensidade ao funcionamento de um aquecedor solar. Para resolver o item corretamente o aluno deve primeiramente calcular a energia térmica necessária para aquecer a massa de água, $Q = mc\Delta T \rightarrow Q = 1000 \cdot 4200 \cdot 80 = 336000000 \text{ J}$. Em seguida utilizando a definição de potência pode-se calcular a potência necessária para aquecer essa quantidade de água em uma hora, $P = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow P = \frac{336000000}{3600} = 9,3 \times 10^4 \text{ W}$, e finalmente aplicando uma regra de proporcionalidade é possível calcular o comprimento necessário, sabe-se que

800 W de radiação solar incide sobre 1 m², portanto, considerando L o comprimento linear do refletor, tem-se que, $800 \cdot 6 \cdot L = 9,3 \times 10^4 \rightarrow L = \frac{9,3 \times 10^4}{4800} = 19,37 \text{ m}$, logo o gabarito do item é a alternativa A, a qual foi marcada por apenas 12,41% dos estudantes. A alternativa D apresentou bisserial positiva demonstrando que alunos com notas altas optaram ela. Esse item ancora-se no nível N6 e pode ser considerado difícil por necessitar a mobilização de muitos conhecimentos para resolvê-lo. Esse tipo de item dificulta a análise uma vez que necessitando a mobilização de mais de um traço latente é quase impossível verificar qual conhecimento o aluno tem dificuldade, uma vez que ele pode ter errado o item por diversos motivos, por isso a necessidade da unidimensionalidade dos itens.

Durante uma ação de fiscalização em postos de combustíveis, foi encontrado um mecanismo inusitado para enganar o consumidor. Durante o inverno, o responsável por um posto de combustível compra álcool por R\$ 0,50/litro, a uma temperatura de 5 °C. Para revender o líquido aos motoristas, instalou um mecanismo na bomba de combustível para aquecê-lo, para que atinja a temperatura de 35 °C, sendo o litro de álcool revendido a R\$ 1,60. Diariamente o posto compra 20 mil litros de álcool a 5 °C e os revende.

Com relação à situação hipotética descrita no texto e dado que o coeficiente de dilatação volumétrica do álcool é de $1 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, desprezando-se o custo da energia gasta no aquecimento do combustível, o ganho financeiro que o dono do posto teria obtido devido ao aquecimento do álcool após uma semana de vendas estaria entre

- Ⓐ R\$ 500,00 e R\$ 1.000,00.
- Ⓑ R\$ 1.050,00 e R\$ 1.250,00.
- Ⓒ R\$ 4.000,00 e R\$ 5.000,00.
- Ⓓ R\$ 6.000,00 e R\$ 6.900,00.
- Ⓔ R\$ 7.000,00 e R\$ 7.950,00.

Figura B.7: ITEM_38 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H7	D	20,30%	12,12%	26,65%	27,19%	20,30%	13,30%	0,44%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
847,73	0,010	827,33	0,157	-0,096	-0,103	-0,007	0,171	0,036

Quadro B.7: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_38 do ENEM de 2009. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de aplicar a dilatação térmica volumétrica para resolver uma situação problema. Para resolver corretamente o item, o aluno deve primeiramente calcular o volume ganho por dia devido ao aquecimento do combustível, $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \rightarrow \Delta V = 20000 \cdot 1 \times 10^{-3} \cdot 30 = 600 \text{ L}$, multiplicando esse volume pelo valor de revenda obtém-se o lucro diário, $L = 1,6 \cdot 600 = 960,00$, finalmente multiplicando o lucro diário por sete dias, $L = 960,00 \cdot 7 = 6720,00$, ou seja, o ganho financeiro do dono do posto é R\$ 6720,00 por semana. Cerca de 20% dos alunos optaram por essa alternativa demonstrando ter desenvolvido a habilidade avaliada pelo item. Observe que apesar de o distrator C ter sido o mais marcado, apresentou valores de bisserial negativo indicando que a maioria que optou por essa alternativa são alunos

com baixos escores, em contra partida a alternativa E, apesar de ter pouca marcação, apresentou bisserial positiva indicando que alunos com escores altos foram atraídos para essa alternativa, possivelmente esses alunos ao calcularem o volume dilatado utilizou o valor da temperatura final e não a variação da temperatura. Esse item é posicionado no final do nível N6 faltando menos de 3 pontos para mudar para o nível N7, portanto é um item considerado difícil. Esse item possui um grau de discriminação baixo, além disso, o parâmetro c está relativamente alto uma vez que o aluno possui cerca de 15% de probabilidade de acertar o item mesmo não tendo desenvolvido essa habilidade.

A invenção da geladeira proporcionou uma revolução no aproveitamento dos alimentos, ao permitir que fossem armazenados e transportados por longos períodos. A figura apresentada ilustra o processo cíclico de funcionamento de uma geladeira, em que um gás no interior de uma tubulação é forçado a circular entre o congelador e a parte externa da geladeira. É por meio dos processos de compressão, que ocorre na parte externa, e de expansão, que ocorre na parte interna, que o gás proporciona a troca de calor entre o interior e o exterior da geladeira.



Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,

- Ⓐ a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira.
- Ⓑ o calor flui de forma não-espontânea da parte mais fria, no interior, para a mais quente, no exterior da geladeira.
- Ⓒ a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.
- Ⓓ a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.
- Ⓔ a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.

Disponível em: <http://home.howstuffworks.com>.
Acesso em: 19 out. 2008 (adaptado).

Figura B.8: ITEM_39 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
H21	B	24,67%	45,27%	24,67%	13,13%	9,97%	6,63%	0,33%
769,25	0,018	762,94	0,224	-0,072	0,161	0,077	-0,060	-0,159

Quadro B.8: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_39 do ENEM de 2009. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender o funcionamento de uma máquina frigorífica, para resolver o item o aluno deve compreender que o calor flui naturalmente do ambiente com maior temperatura para o ambiente de menor temperatura, e no caso da geladeira o processo é forçado a acontecer no sentido oposto, ou seja, o calor propagar do ambiente frio para o quente, e para que isso ocorra é necessário um agente externo, nesse caso, expansão e compressão do gás. Cerca de 24% dos estudantes optaram pela alternativa correta. A alternativa A apresentou o maior percentual de escolha, cerca de 45%, indicando que a maioria dos alunos acreditam que para resfriar é necessário fornecer energia e não retirar energia, apesar de ter sido a alternativa mais marcada, esta apresentou bisserial negativa o que indica que a maioria dos alunos que

optaram por essa alternativa obtiveram baixos escores na prova. Em contra partida a alternativa C apresentou bisserial positiva, possivelmente esses alunos não compreendem a Segunda Lei da Termodinâmica reconhecendo os limites de rendimento dessa máquina. Esse é um exemplo de item de nível N6 e pode ser considerado difícil. Esse item apresentou um poder de discriminação médio, além disso, apresentou um parâmetro c elevado o que faz reduzir a informação fornecida pelo item. Observando a curva de informação desse item constata-se que este é mais adequado para avaliar os alunos que possuem proficiência na faixa de 2 a 3 desvios-padrão acima da média, ou seja, 700 a 800 pontos.

Considere a seguinte situação hipotética: ao preparar o palco para a apresentação de uma peça de teatro, o iluminador deveria colocar três atores sob luzes que tinham igual brilho e os demais, sob luzes de menor brilho. O iluminador determinou, então, aos técnicos, que instalassem no palco oito lâmpadas incandescentes com a mesma especificação (L1 a L8), interligadas em um circuito com uma bateria, conforme mostra a figura.

Nessa situação, quais são as três lâmpadas que acendem com o mesmo brilho por apresentarem igual valor de corrente fluindo nelas, sob as quais devem se posicionar os três atores?

- Ⓐ L1, L2 e L3.
- Ⓑ L2, L3 e L4.
- Ⓒ L2, L5 e L7.
- Ⓓ L4, L5 e L6.
- Ⓔ L4, L7 e L8.

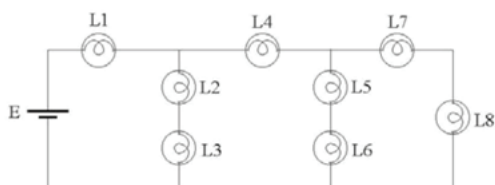


Figura B.9: ITEM_45 do ENEM de 2009 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	B	17,16%	23,73%	17,16%	16,21%	12,11%	30,44%	0,35%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
732,54	0,024	723,45	0,142	-0,032	0,195	-0,048	-0,102	-0,016

Quadro B.9: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_45 do ENEM de 2009.

[Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de calcular a resistência equivalente para um circuito de lâmpadas idênticas em uma associação mista. Para resolver o item o aluno deve identificar que a intensidade da corrente elétrica que percorre a lâmpada L4 é a mesma da corrente que percorre as lâmpadas L2 e L3, pois as lâmpadas L5, L6, L7 e L8 estão associadas de maneira que a resistência equivalente dessa associação possui o mesmo valor da resistência de uma lâmpada ($\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} \rightarrow R_{eq} = R$), assim L2 e L3 estão associados em paralelo com L4 e a equivalente da associação das lâmpadas L5 a L8,

como a resistência equivalente da associação das lâmpadas L2 e L3 tem o mesmo valor da resistência equivalente da associação das lâmpadas L4 a L8 a corrente que percorre L2, L3 e L4 tem a mesma intensidade. Apenas 17,16% dos alunos resolveram o item corretamente, a maior parte dos estudantes optou pela alternativa E, possivelmente esses alunos acreditam que a corrente elétrica flui pelas bordas do circuito, apesar de apresentar o maior percentual de marcação, essa alternativa teve bisserial negativa indicando que alunos com baixos escores optaram por ela. Esse item apresentou um grande poder de discriminação e um parâmetro c razoável, dessa forma a curva de informação do item apresenta um pico de informação na faixa de 2 a 3 desvios-padrão acima da média. Esse item é posicionado no nível N5 da escala e pode ser considerado um item de dificuldade média. Com exceção da bisserial do gabarito ter sido relativamente baixa esse item pode ser considerado bom item do ponto de vista da TCT e da TRI.

B.2 ENEM 2010

As ondas eletromagnéticas, como a luz visível e as ondas de rádio, viajam em linha reta em um meio homogêneo. Então, as ondas de rádio emitidas na região litorânea do Brasil não alcançariam a região amazônica do Brasil por causa da curvatura da Terra. Entretanto sabemos que é possível transmitir ondas de rádio entre essas localidades devido à ionosfera.

- A reflexão.
- B refração.
- C difração.
- D polarização.
- E interferência.

Com a ajuda da ionosfera, a transmissão de ondas planas entre o litoral do Brasil e a região amazônica é possível por meio da

Figura B.10: ITEM_2 do ENEM de 2010 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H1	A	17,01%	17,01%	23,86%	16,20%	23,19%	19,39%	0,36%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
669,31	0,026	660,58	0,133	0,216	0,051	0,006	-0,049	-0,203

Quadro B.10: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_2 do ENEM de 2010. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de reconhecer o fenômeno ondulatório de reflexão. Para resolver o item o aluno deve ser capaz de reconhecer que devido à composição da ionosfera ela reflete ondas de rádio podendo ser utilizada para transmissões em distâncias mais longas. Somente 17,01% dos participantes demonstraram o domínio sobre essa habilidade, a maioria dos estudantes optaram pela alternativa B seguida da alternativa C, ambas apresentaram valores positivos de bisserial indicando que alunos com escores altos optaram por essas alternativas. Esse item apresentou um poder de

discriminação relativamente alto, o nível de dificuldade desse item é o N5 e pode ser considerado um item de dificuldade média. A curva de informação desse item indica que ele é mais adequado para avaliar aqueles alunos que possuem entre 600 e 800 pontos de proficiência, com um pico de informação em torno dos 750 pontos de proficiência.

Todo carro possui uma caixa de fusíveis, que são utilizados para proteção dos circuitos elétricos. Os fusíveis são constituídos de um material de baixo ponto de fusão, como o estanho, por exemplo, e se fundem quando percorridos por uma corrente elétrica igual ou maior do que aquela que são capazes de suportar. O quadro a seguir mostra uma série de fusíveis e os valores de corrente por eles suportados.

Fusível	Corrente Elétrica (A)
Azul	1,5
Amarelo	2,5
Laranja	5,0
Preto	7,5
Vermelho	10,0

Um farol usa uma lâmpada de gás halogênio de 55 W de potência que opera com 36 V. Os dois faróis são ligados separadamente, com um fusível para cada um, mas, após um mau funcionamento, o motorista passou a conectá-los em paralelo, usando apenas um fusível. Dessa forma, admitindo-se que a fiação suporte a carga dos dois faróis, o menor valor de fusível adequado para proteção desse novo circuito é o

- A azul.
- B preto.
- C laranja.
- D amarelo.
- E vermelho.

Figura B.11: ITEM_3 do ENEM de 2010 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	C	22,37%	33,03%	13,42%	22,37%	16,35%	14,39%	0,44%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
690,25	0,017	679,01	0,169	-0,080	-0,038	0,219	0,005	-0,110

Quadro B.11: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_3 do ENEM de 2010. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de aplicar a relação entre potência elétrica, corrente elétrica e voltagem, além disso, o aluno deve primeiramente reconhecer que cada lâmpada estará sujeita à mesma voltagem de 36 V e assim a intensidade da corrente em cada lâmpada será $P = iU \rightarrow i = \frac{P}{U} = \frac{55}{36} = 1,52 \text{ A}$, a corrente total no circuito será esse valor multiplicado pelo número de lâmpadas, ou seja, 3,05 A. Portanto o fusível adequado é aquele que suporta o menor valor de intensidade de corrente acima dos 3,05 A, portanto o de cor laranja. Cerca de 22% dos alunos resolveram corretamente esse item. O distrator D apresentou bisserial positiva indicando que alguns alunos escores altos optaram por ela. A alternativa que teve maior índice de escolha foi o distrator A, possivelmente esses alunos levaram em consideração a intensidade de corrente de uma lâmpada arredondando para uma casa decimal. Esse item apresentou um parâmetro c relativamente alto e um poder de discriminação mediano, o que baixou o nível de informação fornecida pelo item. Esse item pode ser considerado de dificuldade média ancorando no nível N5.

Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras "calor" e "temperatura" de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como "algo quente" e temperatura mede a "quantidade de calor de um corpo". Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

- A A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.
- B Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
- C A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.
- D A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
- E Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

Figura B.12: ITEM_5 do ENEM de 2010 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H3	A	18,35%	18,35%	21,17%	17,22%	15,68%	27,23%	0,35%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
716,41	0,032	710,82	0,176	0,098	-0,086	-0,120	-0,004	0,108

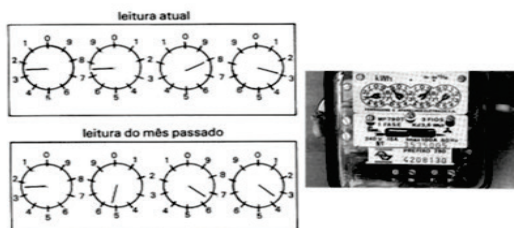
Quadro B.12: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_5 do ENEM de 2010. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender e diferenciar os conceitos de calor e temperatura contraponto os conceitos cotidianos com os conceitos científicos. Para resolver corretamente o item o aluno deve identificar uma situação onde os conceitos de calor e de temperatura trazidos do senso comum não dão conta de explicar. O conceito corriqueiro de que temperatura é o sinônimo de quantidade de calor não é capaz de explicar o motivo pelo qual a temperatura da água não muda quando esta está mudando de fase. Apenas 18,35% dos estudantes optaram pela alternativa correta demonstrando compreender esses conceitos. A maioria dos participantes, inclusive aqueles com escores altos, optaram pelo distrator E, onde é apresentado uma situação que condiz com o conceito científico, talvez esses alunos não se atentaram ao que foi solicitado no comando do item. Esse item apresentou um poder de discriminação relativamente alto sua curva de informação apresentou um pico em torno dos 800 pontos de proficiência. Esse item pertence ao nível N5.

A energia elétrica consumida nas residências é medida, em quilowatt-hora, por meio de um relógio medidor de consumo. Nesse relógio, da direita para esquerda, tem-se o ponteiro da unidade, da dezena, da centena e do milhar. Se um ponteiro estiver entre dois números, considera-se o último número ultrapassado pelo ponteiro. Suponha que as medidas indicadas nos esquemas seguintes tenham sido feitas em uma cidade em que o preço do quilowatt-hora fosse de R\$ 0,20.

O valor a ser pago pelo consumo de energia elétrica registrado seria de

- A R\$ 41,80.
- B R\$ 42,00.
- C R\$ 43,00.
- D R\$ 43,80.
- E R\$ 44,00.



FILHO, A.G.; BAROLLI, E. *Instalação Elétrica*. São Paulo: Scipione, 1997.

Figura B.13: ITEM_23 do ENEM de 2010 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	E	16,46%	16,70%	23,34%	15,30%	27,59%	16,46%	0,60%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
679,19	0,022	668,00	0,121	-0,083	-0,039	-0,075	-0,012	0,230

Quadro B.13: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_23 do ENEM de 2010. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de estimar o custo da conta de energia com base na leitura do medidor de energia elétrica. Para a correta resolução do item o aluno deve efetuar a leitura no registro atual e a do mês anterior e efetuar diferença entre os valores encontrados. Para efetuar a leitura deve-se levar em consideração para o caso em que o ponteiro encontra-se no meio de dois números, prevalecerá o menor. Sendo assim, o consumo de energia para esse período foi de $2783 - 2563 = 220$ kWh, multiplicando o consumo de energia pelo valor de cada kWh obtêm-se R\$ 44,00, esse valor foi apresentado na alternativa E a qual foi assinalada por apenas 16,46% dos participantes. A grande maioria optou pela alternativa D, possivelmente esses alunos efetuaram a leitura do último dígito do registro do mês anterior de forma equivocada encontrando o valor 4. Esse item é mais adequado para avaliar aqueles alunos que estão no nível N5 de proficiência.

Observe a tabela seguinte. Ela traz especificações técnicas constantes no manual de instruções fornecido pelo fabricante de uma torneira elétrica.

Especificações Técnicas					
Modelo	Torneira				
	127		220		
Tensão Nominal (Volts~)	(Frio) Desligado				
Potência Nominal (Watts)	(Morno)	2 800	3 200	2 800	3 200
	(Quente)	4 500	5 500	4 500	5 500
Corrente Nominal (Ampères)	35,4	43,3	20,4	25,0	
Fiação Mínima (Até 30 m)	6 mm ²	10 mm ²	4 mm ²	4 mm ²	
Fiação Mínima (Acima 30 m)	10 mm ²	16 mm ²	6 mm ²	6 mm ²	
Disjuntor (Ampères)	40	50	25	30	

Disponível em: http://www.cardal.com.br/manualprod/Manuais/Torneira%20Suprema/-Manual_Torneira_Suprema_roo.pdf

Considerando que o modelo de maior potência da versão 220 V da torneira suprema foi inadvertidamente conectada a uma rede com tensão nominal de 127 V, e que o aparelho está configurado para trabalhar em sua máxima potência. Qual o valor aproximado da potência ao ligar a torneira?

- A 1.830 W
- B 2.800 W
- C 3.200 W
- D 4.030 W
- E 5.500 W

Figura B.14: ITEM_25 do ENEM de 2010 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	A	12,59%	12,59%	25,05%	25,21%	13,51%	23,08%	0,56%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
87,09	-0,010	114,54	0,094	0,018	-0,098	0,032	-0,047	0,105

Quadro B.14: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_32 do ENEM de 2010. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de relacionar as grandezas elétricas potência, voltagem e resistência através da equação $P = iU$, $i = \frac{U}{R}$ portanto $P = \frac{U^2}{R}$, primeiramente o aluno deve calcular o valor da resistência do aparelho, $P = \frac{U^2}{R} \rightarrow R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{5500} = 8,8 \Omega$, em seguida utiliza-se o valor encontrado para calcular a potência quando ligado a uma voltagem de 127 V, $P = \frac{127^2}{8,8} = 1832,84 \text{ W}$.

Esse valor encontra-se na alternativa A, a qual foi assinalada por apenas 12,59% dos participantes. O distrator C foi a alternativa mais assinalada e apresentou biserial positiva indicando que alunos com altos escores optaram por ela. Esse item deve ser eliminado no processo de estimação das proficiências, uma vez que apresentou parâmetro a negativo.

Um grupo de cientistas liderado por pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), nos Estados Unidos, construiu o primeiro metamaterial que apresenta valor negativo do índice de refração relativo para a luz visível. Denomina-se metamaterial um material óptico artificial, tridimensional, formado por pequenas estruturas menores do que o comprimento de onda da luz, o que lhe dá propriedades e comportamentos que não são encontrados em materiais naturais. Esse material tem sido chamado de "canhoto".

Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 28 abr. 2010 (adaptado).

Considerando o comportamento atípico desse metamaterial, qual é a figura que representa a refração da luz ao passar do ar para esse meio?



Figura B.15: ITEM_39 do ENEM de 2010 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
H1	D	22,73%	24,74%	21,51%	19,45%	22,73%	10,87%	0,71%
652,79	0,016	637,75	0,123	-0,086	-0,143	-0,056	0,304	-0,008

Quadro B.15: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_39 do ENEM de 2010. [Fonte: Autor].

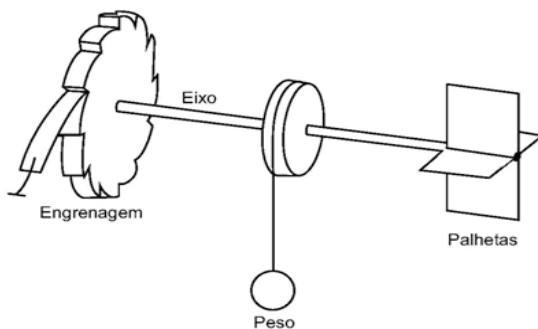
Esse item avalia a habilidade de reconhecer o fenômeno da refração de ondas luminosas, no qual a velocidade de propagação da luz muda ao passar de um meio para outro, conseqüentemente o raio luminoso sofre um desvio afastando-se ou aproximando-se da reta normal à superfície de incidência. Para resolver corretamente esse item o aluno deve ser capaz de reconhecer que em materiais comum o raio incidente e o raio refratado situam-se em lados opostos em relação à reta normal, enquanto que em metamateriais ambos os raios ficam do mesmo lado em relação à reta normal. Cerca de 22% dos participantes conseguiram resolver o item corretamente, a maioria dos estudantes optaram pelo distrator A, possivelmente esses estudantes confundem o fenômeno com o fenômeno de reflexão. Apesar do poder de discriminação do item estar relativamente baixo o item apresentou um bom comportamento em termos das teorias TCT e TRI. Esse item está no nível N5.

B.3 ENEM 2011

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

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

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



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

Figura B.16: ITEM_1 do ENEM de 2011 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H18	D	19,71%	29,15%	26,54%	13,03%	19,71%	11,24%	0,34%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
723,37	0,019	713,77	0,175	-0,033	-0,054	0,048	0,150	-0,108

Quadro B.16: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_1 do ENEM de 2011. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender a influência do movimento browniano sobre o movimento do eixo de pequenos motores. Para resolver o item o aluno deve reconhecer a trava juntamente com a engrenagem faz com que o movimento ocorra em uma única direção, caso contrário a engrenagem poderia ir para ambas as direções devido ao caráter aleatório do movimento das partículas. Apenas 19,71% dos estudantes resolveram esse item corretamente. A bisserial da alternativa C indica que alguns alunos com escores altos optaram por essa alternativa. Esse item encontra-se no nível N5, sendo considerado de nível médio. Apresentou um baixo poder de discriminação o que pode ser verificado como uma baixa inclinação da curva característica.

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

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
Especificação				
Modelo		A	B	
Tensão (V ~)		127	220	
Potência (Watt)	Seletor de Temperatura Multitemperaturas	○	0	0
		●	2 440	2 540
		●●	4 400	4 400
		●●●	5 500	6 000
Disjuntor ou Fusível (Ampère)		50	30	
Seção dos condutores (mm ²)		10	4	

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

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

- Ⓐ 0,3.
- Ⓑ 0,6.
- Ⓒ 0,8.
- Ⓓ 1,7.
- Ⓔ 3,0.

Figura B.17: ITEM_15 do ENEM de 2011 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H6	A	16,32%	16,32%	20,01%	22,40%	26,22%	14,57%	0,47%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
642,69	0,036	636,11	0,128	0,252	-0,018	-0,095	-0,044	-0,066

Quadro B.17: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_15 do ENEM de 2011. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de aplicar a relação entre as grandezas potência elétrica, voltagem e resistência elétrica, como ambos os chuveiros operam à mesma

$$\text{potência, } P_A = \frac{U_A^2}{R_A} = P_B = \frac{U_B^2}{R_B} \rightarrow \frac{U_A^2}{R_A} = \frac{U_B^2}{R_B}, \text{ assim temos que } \frac{U_A^2}{U_B^2} = \frac{R_A}{R_B} = \frac{127^2}{220^2} = 0,33.$$

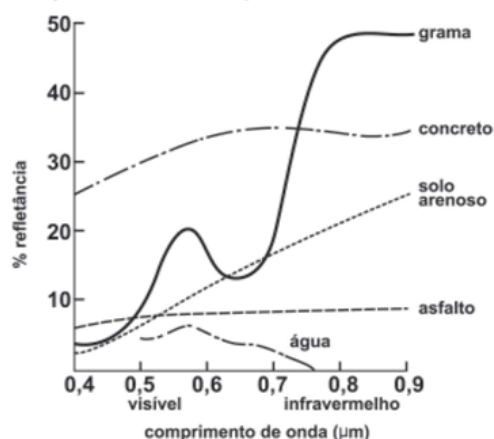
Apenas 16,32% dos estudantes optaram pela alternativa correta. Apesar da alternativa D ter sido a mais marcada, ela apresenta um valor de bisserial negativo o que indica que os alunos que optaram por essa alternativa são aqueles que possuem baixos desempenhos

no teste. Esse item apresentou alto poder de discriminação e um valor de parâmetro c relativamente baixo garantindo um alto nível de informação fornecida pelo item na região da escala em torno de 700 pontos de proficiência.

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

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

- A** 0,4 a 0,5.
- B** 0,5 a 0,6.
- C** 0,6 a 0,7.
- D** 0,7 a 0,8.
- E** 0,8 a 0,9.



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

Figura B.18: ITEM_22 do ENEM de 2011 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H22	E	15,99%	13,64%	28,97%	20,22%	20,71%	15,99%	0,48%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
738,50	0,018	726,22	0,140	-0,103	0,056	-0,101	0,007	0,142

Quadro B.18: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_22 do ENEM de 2011. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria. Para resolver o item o aluno deve reconhecer que na faixa entre 0,8 e 0,9 micrômetro encontra-se a maior diferença entre as taxas de refletâncias das substâncias permitindo melhor diferenciar os alvos. Somente 15,99% dos participantes optaram pela alternativa correta, a maior parte dos alunos optou pela alternativa B, talvez por ser a região do espectro visível. Observe que as alternativas B e D apresentaram bisserial positiva indicando que alunos com escores altos optaram por essa alternativa. Esse item apresentou um poder de discriminação mediano o que pode

ser verificado pela inclinação da curva característica, esse item ancora-se no nível de dificuldade N5 e pode ser considerado um item de dificuldade média.

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

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

- A 0,6.
- B 1,2.
- C 1,5.
- D 2,4.
- E 4,8.

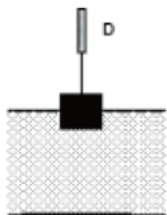


Figura B.19: ITEM_28 do ENEM de 2011 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H7	B	23,28%	14,69%	23,28%	22,07%	29,58%	9,76%	0,62%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
675,91	0,024	669,96	0,205	0,022	0,192	-0,091	-0,053	-0,074

Quadro B.19: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_28 do ENEM de 2011. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de aplicar o conceito de empuxo para determinar a densidade de um fluido. Como o sistema está em equilíbrio, a força resultante sobre o cubo é zero, portanto $F_R = P - E - T = 0$, logo

$E = P - T \rightarrow E = 30 - 24 = 6 \text{ N} = 6000 \text{ gm/s}^2$. Usando a definição de empuxo temos que

$$E = d \cdot v \cdot g \rightarrow d = \frac{E}{v \cdot g} = \frac{6000}{500 \cdot 10} = 1,2 \text{ g/cm}^3. \text{ Cerca de 23\% dos participantes}$$

resolveram corretamente o item. Note que a alternativa A apresentou bisserial positiva, possivelmente os alunos que optaram por essa alternativa não levaram em consideração que somente metade do cubo foi submerso. A alternativa mais marcada foi a D, apesar disso somente alunos com baixos escores optaram por ela, esses alunos possivelmente consideraram que apenas um quarto do cubo foi submerso. Esse é um item de dificuldade média pertencente ao nível N5. Apresentou um parâmetro c alto, em contrapartida seu poder de discriminação é relativamente alto, o que gerou um nível de informação fornecida pelo item razoável.

Uma equipe de cientistas lançará uma expedição ao Titanic para criar um detalhado mapa 3D que “vai tirar, virtualmente, o Titanic do fundo do mar para o público”. A expedição ao local, a 4 quilômetros de profundidade no Oceano Atlântico, está sendo apresentada como a mais sofisticada expedição científica ao Titanic. Ela utilizará tecnologias de imagem e sonar que nunca tinham sido aplicadas ao navio, para obter o mais completo inventário de seu conteúdo. Esta complementação é necessária em razão das condições do navio, naufragado há um século.

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

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

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

Figura B.20: ITEM_29 do ENEM de 2011 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H1	D	10,29%	23,19%	17,34%	24,86%	10,29%	23,76%	0,56%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
1,48	-0,009	33,74	0,077	-0,103	-0,100	0,045	0,022	0,141

Quadro B.20: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_29 do ENEM de 2011. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de reconhecer a aplicação tecnológica de fenômenos ondulatórios. Para resolver o item o aluno deve verificar que a luz é menos adequada para a situação problema apresentada, pois esta pode ser absorvida ou espalhada pelo objeto além de sofrer interferência da luz solar. Apenas 10,29% dos alunos optaram pela alternativa correta. As alternativas C e E apresentaram bisserial positiva indicando que alunos com notas altas foram atraídos para essas alternativas, talvez por se tratar de fenômenos ondulatórios mais conhecidos. Observe que esse item apresentou parâmetro *a* negativo e, portanto deve ser descartado para estimar as proficiências.

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

A característica de funcionamento que garante essa economia é devida

- A à altura do sifão de água.
- B ao volume do tanque de água.
- C à altura do nível de água no vaso.
- D ao diâmetro do distribuidor de água.
- E à eficiência da válvula de enchimento do tanque.



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

Figura B.21: ITEM_33 do ENEM de 2011 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H7	B	16,72%	25,76%	16,72%	18,74%	10,98%	27,25%	0,54%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
911,85	0,012	895,63	0,160	0,134	0,088	0,013	-0,120	-0,120

Quadro B.21: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_33 do ENEM de 2011. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender a aplicação tecnológica do Teorema de Stevin. Para resolver o item deve ser levado em consideração que segundo o Teorema de Stevin a pressão em um ponto do líquido à pressão da coluna de água sobre esse ponto, dessa forma a economia proporcionada por esse tipo de vaso sanitário está no fato de necessitar de menor volume de água. Cerca de 16% dos participantes souberam resolver corretamente esse item, a maior parte dos alunos acredita que a economia é proporcionada pela eficiência da válvula de enchimento, apesar disso essa alternativa não apresentou bisserial positiva o que indica que alunos com baixos escores optaram por ela. Uma grande parcela dos alunos que optaram pelas alternativas A e C foram alunos que possuem escores altos. Esse é um item de dificuldade alta ancorando-se no nível N7. Apresentou um poder de discriminação relativamente baixo. E o nível de informação fornecida pelo item é relativamente baixo e apresenta um pico em torno dos 900 pontos de proficiência.

B.4 ENEM 2012

O mecanismo que permite articular uma porta (de um móvel ou de acesso) é a dobradiça. Normalmente, são necessárias duas ou mais dobradiças para que a porta seja fixada no móvel ou no portal, permanecendo em equilíbrio e podendo ser articulada com facilidade.

No plano, o diagrama vetorial das forças que as dobradiças exercem na porta está representado em

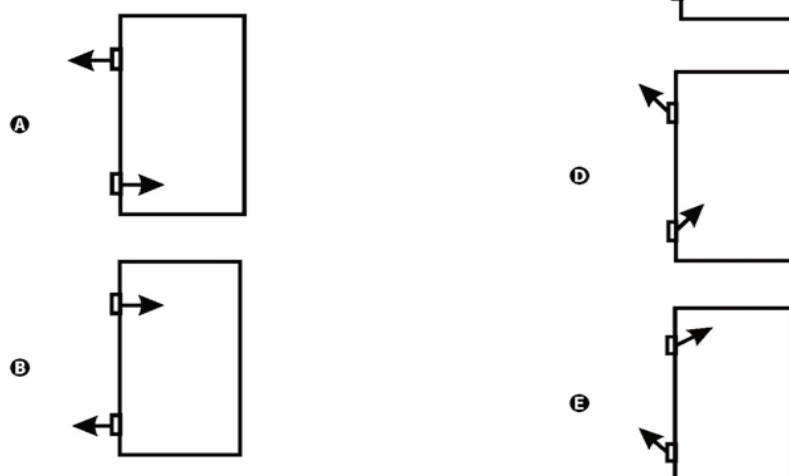


Figura B.22: ITEM_10 do ENEM de 2012 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H6	D	7,04%	20,42%	20,53%	47,97%	7,04%	3,73%	0,30%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
751,89	0,019	734,99	0,052	-0,003	-0,044	-0,041	0,154	0,011

Quadro B.22: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_10 do ENEM de 2012. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender o diagrama de força em um corpo em equilíbrio. Para resolver o item o aluno deve compreender que a resultante das forças que agem na porta é zero assim como o momento dessas forças, portanto para que a porta permaneça em equilíbrio as dobradiças devem exercer forças na vertical para anular a ação da força peso e na horizontal para a tendência da porta girar, assim a força resultante na dobradiça superior deve ser voltada para o canto superior esquerdo enquanto a força resultante na dobradiça inferior deve ser voltada para o canto superior direito. Apenas 7,04% dos estudantes optaram pela alternativa correta. A maior parte dos estudantes optou pelo distrator C possivelmente ignorando a tendência de giro da porta. A alternativa E apresentou bisserial positiva, possivelmente alunos com altos escores se confundiram com o sentido da força resultante uma vez que essa alternativa traz os sentidos inversos da alternativa correta. Esse item apresentou um nível de informação mediano e um poder de discriminação razoável.

Para melhorar a mobilidade urbana na rede metroviária é necessário minimizar o tempo entre estações. Para isso a administração do metrô de uma grande cidade adotou o seguinte procedimento entre duas estações: a locomotiva parte do repouso com aceleração constante por um terço do tempo de percurso, mantém a velocidade constante por outro terço e reduz sua velocidade com desaceleração constante no trecho final, até parar.

Qual é o gráfico de posição (eixo vertical) em função do tempo (eixo horizontal) que representa o movimento desse trem?

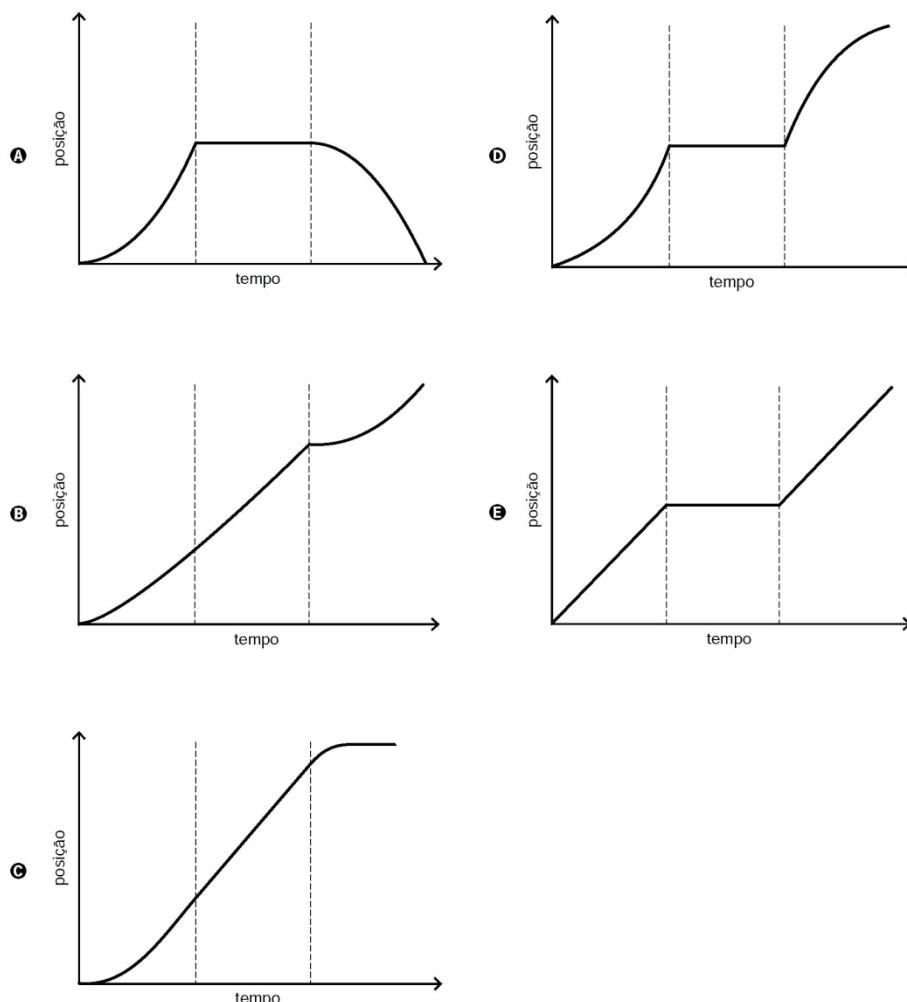


Figura B.23: ITEM_15 do ENEM de 2012 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H17	C	24,46%	41,04%	10,00%	24,46%	6,86%	17,31%	0,33%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
653,62	0,055	651,69	0,230	0,007	-0,049	0,143	-0,056	-0,088

Quadro B.23: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_15 do ENEM de 2012. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender a representação gráfica dos movimentos retilíneos uniforme, uniformemente acelerado e uniformemente desacelerado. Para resolver o item o aluno deve compreender que no primeiro trecho a locomotiva está em movimento retilíneo acelerado e portanto o gráfico da posição em função do tempo é uma parábola de concavidade para cima, pois a aceleração é positiva,

no segundo trecho a velocidade é mantida constante e assim a representação gráfica é uma reta crescente, no último trecho a locomotiva deve reduzir a velocidade até parar portanto a representação gráfica é uma parábola de concavidade para baixo, finalizando com uma reta paralela ao eixo do tempo indicando que a locomotiva parou. Cerca de 24% dos estudantes resolveram corretamente o item indicado que desenvolveram a habilidade avaliada pelo item. A maior parte dos estudantes optaram pela alternativa A demonstrando não compreender a representação gráfica desses movimentos. Esse distrator apresentou, inclusive, bisserial positiva indicado que até os alunos com escores altos confundem essas representações gráficas. Esse item apresentou um alto poder de discriminação e um nível de dificuldade média ancorando-se no nível N5.

Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma chave de duas posições constituída por um polo e dois terminais, conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor. Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.

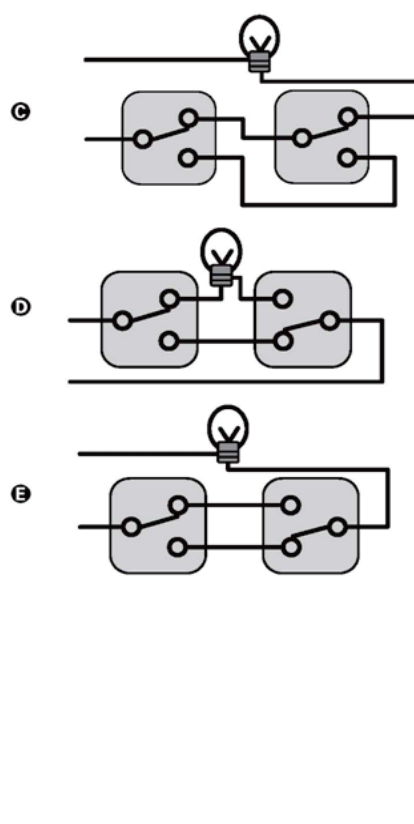
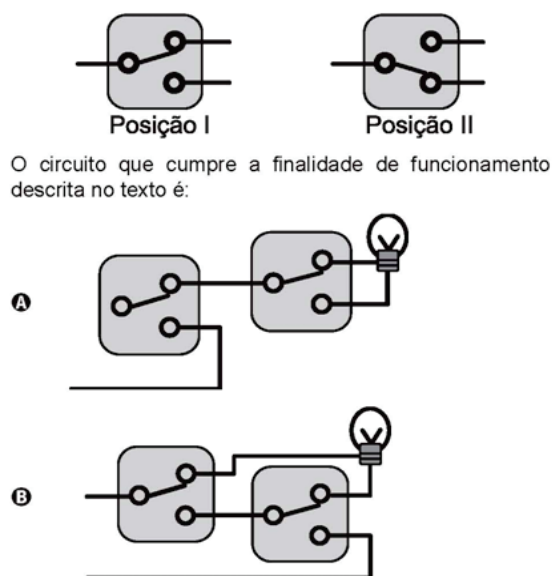


Figura B.24: ITEM_28 do ENEM de 2012 [Fonte: INEP].

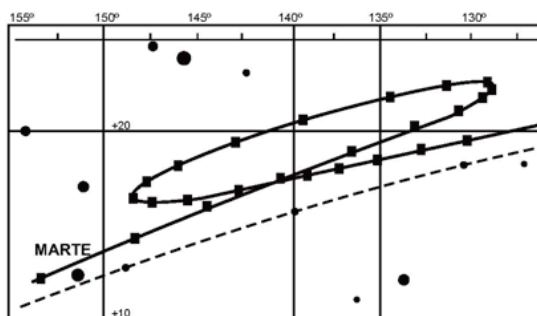
DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	E	17,07%	11,68%	22,97%	20,86%	27,03%	17,07%	0,40%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
709,05	0,025	701,08	0,156	-0,064	-0,067	-0,073	0,057	0,149

Quadro B.24: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_28 do ENEM de 2012. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de o aluno compreender o funcionamento de um circuito triway. Para resolver o item o aluno deve identificar a configuração em que

alterando a posição de apenas uma chave altere a situação da lâmpada de acesa para apagada ou vice versa. A alternativa E é a única configuração onde isso é possível, essa alternativa foi assinalada por apenas 17,07% dos estudantes. A maioria dos estudantes optou pela alternativa D não levando em consideração que o circuito só funciona quando ambas as chaves estão na posição I, essa alternativa apresentou bisserial positiva indicando que inclusive alunos com escores altos optaram por ela. Esse item pertence ao nível N5, apresentou um poder de discriminação razoável e uma quantidade de informação mediana com um máximo na região de 800 pontos de proficiência.

A característica que permite identificar um planeta no céu é o seu movimento relativo às estrelas fixas. Se observarmos a posição de um planeta por vários dias, verificaremos que sua posição em relação às estrelas fixas se modifica regularmente. A figura destaca o movimento de Marte observado em intervalos de 10 dias, registrado da Terra.



Projecto Física. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980 (adaptado).

Qual a causa da forma da trajetória do planeta Marte registrada na figura?

- Ⓐ A maior velocidade orbital da Terra faz com que, em certas épocas, ela ultrapasse Marte.
- Ⓑ A presença de outras estrelas faz com que sua trajetória seja desviada por meio da atração gravitacional.
- Ⓒ A órbita de Marte, em torno do Sol, possui uma forma elíptica mais acentuada que a dos demais planetas.
- Ⓓ A atração gravitacional entre a Terra e Marte faz com que este planeta apresente uma órbita irregular em torno do Sol.
- Ⓔ A proximidade de Marte com Júpiter, em algumas épocas do ano, faz com que a atração gravitacional de Júpiter interfira em seu movimento.

Figura B.25: ITEM_29 do ENEM de 2012 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H20	A	16,02%	16,02%	24,34%	25,05%	20,05%	14,02%	0,51%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
711,27	0,025	702,52	0,145	0,143	-0,046	-0,004	-0,078	0,012

Quadro B.25: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_29 do ENEM de 2012. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de aplicar as Leis de Kepler ao movimento de um planeta. De acordo com as Leis de Kepler, a velocidade orbital é maior para planetas mais próximos ao Sol, portanto a velocidade orbital da Terra é maior que a de Marte, assim, em certas épocas a Terra ultrapassa Marte, a primeira parte do laço corresponde aos instantes que Marte está à frente da Terra, no momento que a Terra ultrapassa Marte o movimento dele passa a ser retrógrado em relação à Terra parecendo ter invertido o sentido de seu movimento. Apenas cerca de 16% dos estudantes resolveram corretamente esse item demonstrando terem desenvolvido a habilidade. A maioria dos

alunos optou pela alternativa C, apesar disso a bisserial dessa alternativa manteve-se negativa indicando que a maioria desses alunos possui escores baixos. O distrator E, por outro lado, apresentou bisserial positiva indicando que alguns alunos com escores altos acreditam que a influência gravitacional de Júpiter causa o fenômeno observado. Esse item pertence ao nível N5, apresentou um poder de discriminação razoável e uma quantidade de informação mediana com um máximo na região de 800 pontos de proficiência.

Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores a combustão e reduzir suas emissões de poluentes é a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante

- Ⓐ o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
- Ⓑ um dos princípios da termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
- Ⓒ o funcionamento cíclico de todos os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.
- Ⓓ as forças de atrito inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que com o tempo levam qualquer material à fadiga e ruptura.
- Ⓔ a temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.

Figura B.26: ITEM_38 do ENEM de 2012 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H21	B	16,69%	27,69%	16,69%	16,57%	17,68%	20,83%	0,53%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
649,38	0,027	640,20	0,120	-0,034	0,277	-0,109	-0,107	-0,008

Quadro B.26: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_38 do ENEM de 2012. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender os limites de rendimento de uma máquina térmica, ou seja, o rendimento é sempre menor que cem por cento. De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica é impossível construir uma máquina térmica que transforme em trabalho cem por cento do calor recebido de uma fonte quente. Somente cerca de 16% dos estudantes optaram pela alternativa correta. Esse item pertence ao nível N4, apresentou um poder de discriminação médio e um nível de informação considerado com um máximo de informação em torno de 700 pontos.

A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.

"Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação."

Física na Escola, v. 8, n. 2, 2007 (adaptado).

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois

- Ⓐ o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
- Ⓑ a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- Ⓒ a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos.
- Ⓓ o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
- Ⓔ o intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

Figura B.27: ITEM_39 do ENEM de 2012 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H3	A	22,82%	22,82%	15,58%	14,54%	30,19%	16,39%	0,47%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
786,99	0,009	762,92	0,153	0,174	-0,124	-0,152	0,069	-0,007

Quadro B.27: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_39 do ENEM de 2012. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender a interação da radiação com a matéria, contrapondo ideias científicas com as de senso comum. Para resolver o item o aluno deve compreender que um material ao ser irradiado não se torna radioativo, pois não é capaz de armazenar radiação, cerca de 22% dos participantes souberam identificar a resposta correta. Observe que a maioria dos estudantes optou pela alternativa D indicando acreditar que o material passa a ser radioativo, porém em intensidade mais baixa que a fonte original o que condiz com as ideias de senso comum, a bisserial dessa alternativa indica que inclusive alguns alunos com escores altos acreditam nessa afirmativa. Esse é um item de dificuldade alta ancorando-se no nível N6, apresentou um poder de discriminação e nível de informação baixo.

Nossa pele possui células que reagem à incidência de luz ultravioleta e produzem uma substância chamada melanina, responsável pela pigmentação da pele. Pensando em se bronzear, uma garota vestiu um biquíni, acendeu a luz de seu quarto e deitou-se exatamente abaixo da lâmpada incandescente. Após várias horas ela percebeu que não conseguiu resultado algum.

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

- Ⓐ baixa intensidade.
- Ⓑ baixa frequência.
- Ⓒ um espectro contínuo.
- Ⓓ amplitude inadequada.
- Ⓔ curto comprimento de onda.

Figura B.28: ITEM_43 do ENEM de 2012 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H22	B	15,74%	45,12%	15,74%	6,38%	14,04%	18,38%	0,35%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
659,92	0,026	650,65	0,119	-0,053	0,252	-0,029	-0,094	-0,058

Quadro B.28: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_43 do ENEM de 2012. [Fonte: Autor].

Este item avalia a habilidade de compreender os efeitos da interação da radiação com a matéria. Para resolver o item corretamente o aluno deve compreender que maior parte da radiação emitida pela lâmpada encontra-se no espectro visível e não na região do ultravioleta que de acordo com o próprio enunciado é necessário para ocorrer o bronzeamento, a frequência da radiação ultravioleta é maior que a frequência da luz visível, portanto o gabarito é a alternativa A, a qual foi assinalada por apenas 15,74% dos participantes. A maioria dos estudantes optou pelo distrator A, esses alunos acreditam que a intensidade da radiação determina a energia dessa radiação, esse pensamento é condizente com os erros observados quando se estuda o efeito fotoelétrico, apesar do alto percentual de escolha a bisserial dessa alternativa indica que alunos com baixos escores optaram por ela. Esse é um item de dificuldade média pertencente ao nível N5, apresentou um poder de discriminação razoavelmente alto e uma quantidade de informação boa com pico de informação próximo aos 750 pontos.

B.5 ENEM 2013

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.

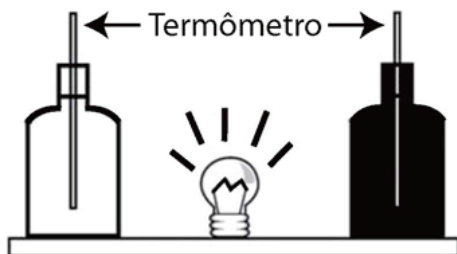


Figura B.29: ITEM_3 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

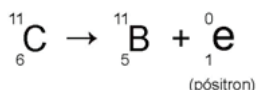
DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H22	E	18,16%	10,58%	18,16%	9,68%	43,07%	18,16%	0,35%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
709,20	0,015	693,61	0,131	-0,135	0,004	-0,104	-0,008	0,201

Quadro B.29: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_3 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender os efeitos da interação da radiação com a matéria. Para resolver o item o aluno deve reconhecer que a garrafa preta absorve toda a radiação na região do visível do espectro eletromagnético enquanto a garrafa

branca reflete. Conseqüentemente a garrafa preta tem sua temperatura aumentada mais rapidamente. Ao desligar a lâmpada a taxa de variação da temperatura da garrafa preta será maior ao resfriar, pois esta estava a uma temperatura mais alta que a garrafa branca, visto que no aquecimento ambas ficaram submetidas à mesma fonte no mesmo intervalo de tempo. Esse item foi acertado por cerca de 18% dos estudantes, o distrator B apresentou bisserial positiva indicando que alunos com escores altos optaram por essa alternativa, esses alunos possivelmente não consideraram que ao iniciar o processo de resfriamento a garrafa preta estava a uma temperatura mais alta que a garrafa branca. A maioria dos participantes optou pela alternativa D indicando que esses alunos acreditam que a taxa de resfriamento da garrafa branca é maior que a da garrafa preta, possivelmente associaram ao fato de a cor branca refletir todas as cores e provavelmente extrapolando que emitem o calor mais rapidamente. Esse é um item de dificuldade mediana ancorado no nível N5, apresentou um poder de discriminação médio e uma quantidade de informação relativamente baixa com um pico na região do 800 pontos.

Glicose marcada com núcleos de carbono-11 é utilizada na medicina para se obter imagens tridimensionais do cérebro, por meio de tomografia de emissão de pósitrons. A desintegração do carbono-11 gera um pósitron, com tempo de meia-vida de 20,4 min, de acordo com a equação da reação nuclear:



A partir da injeção de glicose marcada com esse núcleo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é de cinco meias-vidas.

Considerando que o medicamento contém 1,00 g do carbono-11, a massa, em miligramas, do núcleo restante, após a aquisição da imagem, é mais próxima de

- A 0,200.
- B 0,969.
- C 9,80.
- D 31,3.
- E 200.

Figura B.30: ITEM_4 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H22	D	20,03%	24,59%	23,56%	19,68%	20,03%	11,67%	0,48%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
633,17	0,053	629,79	0,176	-0,040	-0,071	-0,083	0,226	-0,023

Quadro B.30: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_4 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de calcular a massa residual de um elemento radioativo. O tempo de meia vida é definido como o intervalo de tempo em que uma amostra do elemento radioativo é reduzida à metade. A partir da expressão $m = \frac{m_0}{2^t}$

em que m é a massa residual, m_0 é a massa inicial e t é o número de meias-vidas é possível calcular a massa residual do carbono-11. Dessa forma,

$m = \frac{1}{2^5} = 0,03125 \text{ g} = 31,25 \text{ mg}$. Cerca de 20% dos estudantes conseguiram resolver o item corretamente, o item não apresentou distratores com valores de bisserial positiva, possui um alto poder de discriminação e apresentou uma curva de informação acentuada com um pico na região dos 750 pontos. Esse é um item de dificuldade média sendo ancorado no nível N4.

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



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

- A Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.
- B Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- C Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- D Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; regula a velocidade de escoamento, que só depende da pressão atmosférica.
- E Impede a 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 B.31: ITEM_12 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

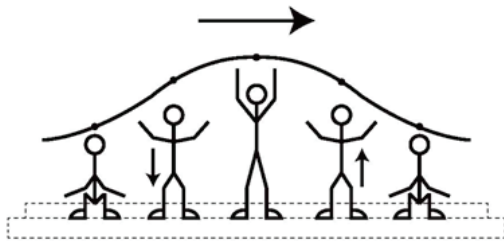
DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H18	A	11,50%	11,50%	28,12%	26,34%	18,88%	14,85%	0,32%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
683,84	0,045	678,09	0,108	0,133	0,102	-0,055	-0,096	-0,067

Quadro B.31: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_12 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de analisar a influência da pressão no escoamento de um fluido. Para resolver o item o aluno deve compreender que quando a garrafa está tampada a pressão externa (pressão atmosférica) é maior que a pressão interna (pressão da coluna de líquido) sendo assim o líquido é impedido de sair pelos orifícios. Ao destampar a pressão externa passa agir também na parte de cima do fluido anulando os efeitos sobre o fluido, dessa forma a única pressão que afeta a velocidade de escoamento do fluido é a pressão exercida pela coluna do fluido, sendo tanto maior quanto maior for a profundidade. Apenas 11,5% dos participantes souberam resolver o item corretamente, a maior parcela dos estudantes optou pela alternativa B incluindo

alguns alunos com escores altos. Esse item apresentou um poder de discriminação relativamente alto, apesar disso não discrimina bem alunos que possuem proficiência abaixo de 650 pontos, esse item apresentou um nível de dificuldade médio ancorando-se no nível N5. Sua curva de informação é bem acentuada com um máximo global em torno de 800 pontos.

Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a *ola mexicana*. 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.



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.

Disponível em: www.ufsm.br. Acesso em: 7 dez. 2012 (adaptado).

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 B.32: ITEM_20 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H1	C	18,33%	11,54%	22,00%	18,33%	30,17%	17,48%	0,48%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
648,54	0,064	645,61	0,170	-0,002	-0,054	0,189	-0,057	-0,054

Quadro B.32: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_20 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

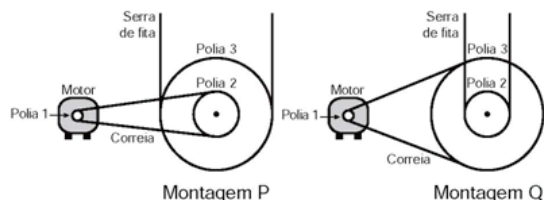
Esse item avalia a habilidade de relacionar as grandezas ondulatórias: velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência. Para resolver o item corretamente o aluno deve primeiramente transformar a velocidade de propagação para a unidade de m/s, assim $v = 45 \text{ km/h} \xrightarrow{\cdot 0,2778} v = 12,5 \text{ m/s}$, em seguida o aluno deve reconhecer que o comprimento de onda pode ser calculado multiplicando-se o número de espaçamentos entre as pessoas no intervalo de um período de oscilação pelo valor do espaçamento, ou seja, $\lambda = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ m}$, finalmente deve-se aplicar a relação $v = \lambda f \rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$ para

calcular a frequência dessa ola, substituindo os valores temos que $f = \frac{12,5}{12} = 1,04 \text{ Hz}$.

Cerca de 18% dos participantes souberam resolver o item. Os distratores apresentaram bisseriais negativas indicando que a maior parte dos alunos com altos escores optaram pela alternativa correta. A maior parte dos estudantes optou pelo distrator D. Esse item apresentou um grande poder de discriminação na região da escala em torno de 700 a

800 pontos com um máximo global próximo aos 750 pontos. Esse item ancora-se no nível N4.

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.



Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

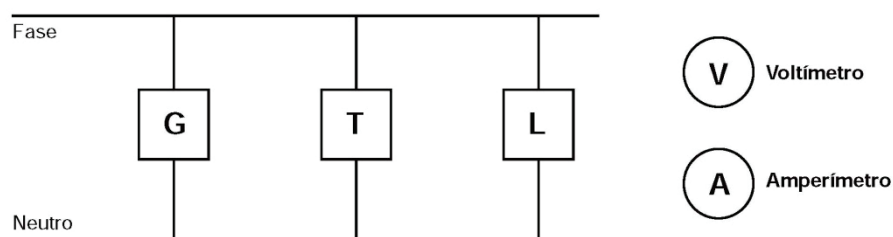
Figura B.33: ITEM_21 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H7	A	17,90%	17,90%	21,33%	22,91%	17,02%	20,45%	0,38%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
677,73	0,042	673,34	0,170	0,162	-0,043	-0,023	-0,069	-0,015

Quadro B.33: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_21 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender a transmissão do movimento circular envolvida no funcionamento de um motor acoplado a polias. Para resolver o item o aluno deve reconhecer que na montagem P as polias 1 e 2 possuem a mesma velocidade linear em pontos periféricos e que na montagem Q o mesmo ocorre para as polias 1 e 3. A partir da relação $v = 2\pi Rf$ conclui-se que terá menor frequência a polia com maior raio e, dessa forma na montagem Q a frequência é menor. Somente 17,9% dos participantes optaram pela alternativa correta. Note que a maior parte dos estudantes que resolveram esse item optou pelo distrator C demonstrando confundir as relações entre frequência, raio e velocidade linear. Esse item apresentou bisserial positiva apenas para o gabarito indicando que a maior parte dos alunos que acertaram o item possuem escores altos. Apresentou um grande poder de discriminação na região da escala em torno de 700 a 800 pontos com um máximo global próximo aos 750 pontos. Esse item ancora-se no nível N5.

Um eletricitista 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 eletricitista 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:

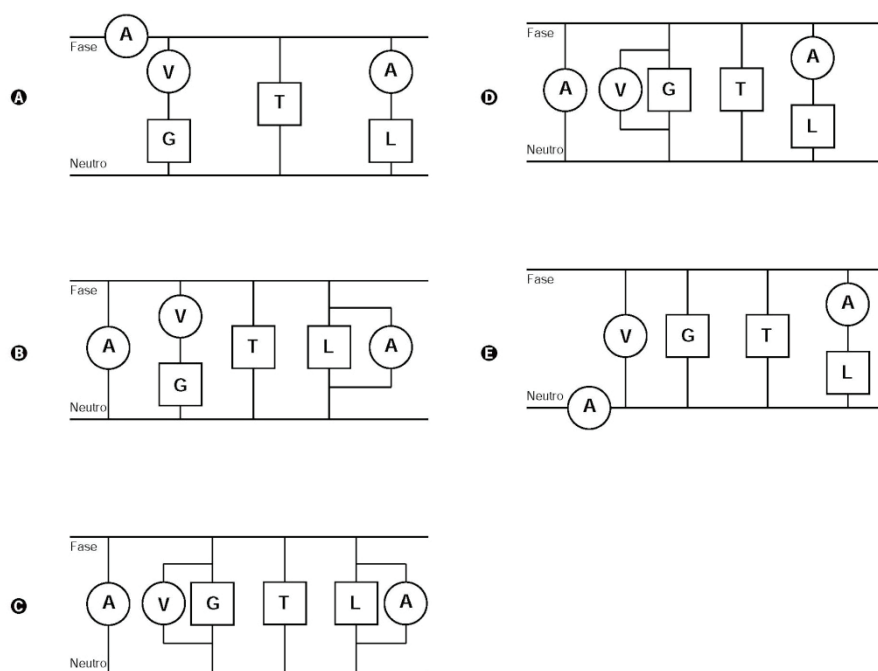


Figura B.34: ITEM_27 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	E	13,43%	15,13%	16,99%	34,39%	19,65%	13,43%	0,40%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
676,53	0,062	672,74	0,129	0,004	-0,082	-0,068	0,060	0,122

Quadro B.34: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_27 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender as formas de ligação de amperímetros e voltímetros em circuitos elétricos. Para resolver o item o aluno deve compreender que o amperímetro deve ser ligado em série, uma vez que é necessário que toda a corrente elétrica que se pretende medir passe pelo aparelho, enquanto que o voltímetro deve ser ligado em paralelo, pois nesse tipo de ligação a voltagem é a mesma. Além disso o voltímetro apresenta uma resistência muito grande dessa forma ao

ser ligado no circuito em série praticamente impede a passagem de corrente elétrica, em contra partida a resistência do amperímetro é praticamente nula e dessa forma, se o amperímetro for ligado em paralelo ao circuito causaria um curto circuito. Para medir a voltagem da geladeira o voltímetro deve ser ligado em paralelo à mesma isso pode ser feito conectando uma ponta de teste na fase e a outra no neutro, para medir a intensidade da corrente elétrica que passa pela lâmpada L deve-se ligar um dos amperímetros em série com essa lâmpada, por fim para medir a corrente total do circuito o outro amperímetro deve ser ligado em série no início do circuito na fase ou no neutro. Apenas 13,43% dos estudantes resolveram corretamente esse item. Os distratores A e D apresentaram bisseriais positivas indicando que alunos com altos escores optaram por essa alternativa, possivelmente não se atentaram para a ligação de um dos instrumentos de medida. Apresentou um grande poder de discriminação na região da escala em torno de 700 a 850 pontos com um máximo global próximo aos 800 pontos. Esse item ancora-se no nível N5, dessa forma esse item é mais adequado para avaliar aqueles estudantes que se encontram nos níveis N5 e N6.

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.

Figura B.35: ITEM_30 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	E	7,56%	42,68%	20,69%	16,45%	12,24%	7,56%	0,38%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
672,74	0,054	667,16	0,067	-0,065	-0,027	-0,032	0,055	0,150

Quadro B.35: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_30 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de aplicar a Segunda Lei de Ohm. Para resolver o item deve-se considerar que a resistência do material é dada pela Segunda Lei de Ohm

$R = \frac{\rho L}{A}$ e que a potência elétrica é dada por $P = \frac{U^2}{R}$, para que a potência seja mantida a

mesma quando se dobra a voltagem, a resistência do aparelho deve ser quadruplicada,

pois $P_1 = \frac{U^2}{R} = \frac{(2U)^2}{4R} = P_2$. Para quadruplicar a resistência deve-se reduzir a um quarto

a área da seção transversal do fio, pois $R_1 = \frac{\rho L}{A} \rightarrow R_2 = \frac{\rho L}{\frac{A}{4}} = \rho L \frac{4}{A} = 4 \frac{\rho L}{A} \rightarrow R_2 = 4R_1$

. Esse item apresentou um percentual de acerto muito baixo, cerca de 7%, a maior parte dos estudantes optou pelo distrator A, possivelmente relacionaram o aumento da voltagem com o aumento do comprimento do fio desconsiderando que a potência é proporcional ao quadrado da voltagem. O distrator D apresentou bisserial positiva, possivelmente esses alunos confundiram a relação uma vez que as alternativas D e E são opostas. Recomenda-se que não utilizem como distratores alternativas excludentes entre si, pois aumentam as chances de acerto por eliminatória. Esse é um item de dificuldade média ancorando-se no nível N5, apresentou um grande poder de discriminação e sua curva de informação é bem acentuada na região entre 700 e 850 pontos, 2 e 3,5 desvios-padrão acima da média, o máximo de informação encontra-se em torno dos 800 pontos.

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.

Figura B.36: ITEM_31 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H20	C	19,97%	16,76%	29,66%	19,97%	14,50%	18,73%	0,37%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
678,59	0,066	676,28	0,196	-0,096	0,208	0,108	-0,138	-0,130

Quadro B.36: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_31 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de o estudante compreender a direção e sentido de aplicação da força de atrito no movimento de uma pessoa. Para resolver o item o aluno deve compreender que a força de atrito é a força responsável por fazer o movimento da pessoa acontecer, dessa forma a direção e o sentido dessa força são os mesmo do movimento. Apenas 19,97% dos estudantes conseguiram resolver o item corretamente, a maioria dos alunos optou pelo distrator B, inclusive uma boa parcela de alunos com escores altos, esses alunos possivelmente foram atraídos por essa alternativa devido ao fato de ser mais comum verem situações onde a força de atrito encontra-se contrária ao movimento. Esse item apresentou um poder de discriminação bem alto, a curva de informação mostra que esse item é bem adequado para avaliar aqueles alunos que possuem proficiência em torno de 700 e 850 pontos de proficiência, verificou-se que o

máximo de informação fornecida por esse item encontra-se em torno de 800 pontos. Esse item ancora-se no nível N5.

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.

Figura B.37: ITEM_34 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H3	D	19,37%	18,57%	13,11%	13,73%	19,37%	34,71%	0,51%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
1810,85	0,003	1740,87	0,167	0,002	0,172	-0,042	0,103	-0,171

Quadro B.37: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_34 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender o conceito de corrente elétrica e campo elétrico no interior de um condutor. Para resolver o item o aluno deve entender que o campo elétrico é o responsável por “organizar” o movimento dos elétrons no interior do condutor, e este se desloca com a velocidade de uma onda eletromagnética $c = 2,9 \times 10^8$ m/s, portanto a lâmpada acende quase instantaneamente devido a rapidez que o campo elétrico propaga no interior do material. Somente 19,37% dos participantes resolveram o item corretamente. Os distratores A e B apresentaram bisseriais positivas indicando que alunos com escores altos foram atraídos por essas alternativas, esses alunos possivelmente ainda possuem uma visão alternativa sobre o conceito de corrente elétrica acreditando que esta é um tipo de fluido. Já o distrator B indica que os alunos que optaram por ele compreendem que o elétron é o portador de carga que se move, mas considera que a velocidade desse portador de carga determina a velocidade com que a lâmpada é acesa, claramente desconsiderando a natureza aleatória do movimento dessas partículas. A maior parte dos estudantes optou pela alternativa E, esses estudantes acreditam que a rapidez de resposta da lâmpada está relacionada com os choques entre os portadores de cargas positiva e negativa. Esse item apresentou uma ancoragem que extrapola a escala de proficiência considerada (0 a 1000), este fato demonstra que esses estudantes possuem grandes dificuldades no entendimento dos conceitos de corrente

elétrica e campo elétrico, mantendo fortemente algumas concepções alternativas a respeito desses assuntos.

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.

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

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

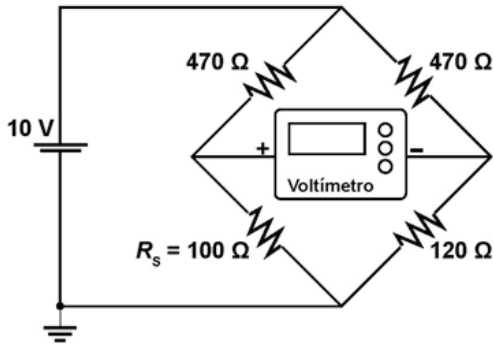


Figura B.38: ITEM_38 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	D	12,23%	24,77%	27,85%	23,86%	12,23%	10,70%	0,60%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
82,02	-0,013	100,92	0,112	-0,012	-0,032	0,030	0,072	-0,044

Quadro B.38: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_38 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

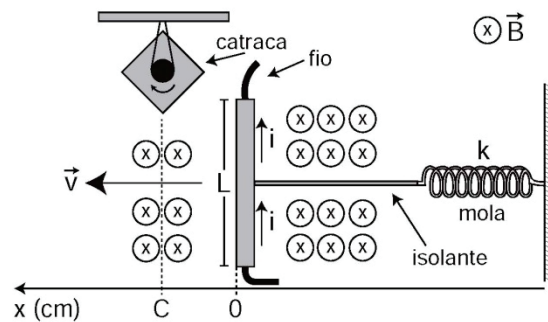
Esse item avalia a habilidade de aplicar a Lei de Ohm em um circuito elétrico constituído de resistores associados em paralelo, além disso, esse item testa habilidades relacionadas a utilização de um voltímetro. Para resolver corretamente o item o estudante deve reconhecer que os resistores da esquerda (470Ω e 100Ω) estão associados em série da mesma forma que os resistores da direita (470Ω e 120Ω), calculando as resistências equivalentes de cada uma dessas associações encontra-se que a resistência equivalente da direita é $R_{eq.Direita} = 470 \Omega + 120 \Omega = 590 \Omega$ e da esquerda $R_{eq.Esquerda} = 470 \Omega + 100 \Omega = 570 \Omega$. Esses resistores equivalentes estão associados em paralelo e, portanto cada um está submetido à mesma diferença de potencial da bateria. Aplicando a Lei de Ohm pode-se calcular a corrente elétrica que passa por cada resistor,

$$I_{esquerda} = \frac{U_{bateria}}{R_{eq.Esquerda}} = \frac{10}{570} = 0,0175 \text{ A} \quad \text{e} \quad I_{Direita} = \frac{U_{bateria}}{R_{eq.Direita}} = \frac{10}{590} = 0,0169 \text{ A}.$$

Com os valores dessas correntes elétricas é possível calcular o valor das diferenças de potencial

nos terminais dos resistores de 100Ω e 120Ω , para o resistor de 100Ω $V_{\text{esq.}} - V_{\text{Terra}} = 100 \cdot 0,0175 = 1,75 \text{ V}$ como $V_{\text{Terra}} = 0$, temos que $V_{\text{esq.}} = 1,75 \text{ V}$, já para o resistor de 120Ω $V_{\text{Dir.}} - V_{\text{Terra}} = 120 \cdot 0,0169 = 2,028 \text{ V}$ como $V_{\text{Terra}} = 0$, temos que $V_{\text{Dir.}} = 2,028 \text{ V}$. Para calcular a indicação do voltímetro deve-se fazer $V_{\text{esq.}} - V_{\text{Dir.}} = U_{\text{voltímetro}} \rightarrow U_{\text{voltímetro}} = 1,75 - 2,028 = -0,278 \text{ V}$. Somente 12,23% dos estudantes conseguiram resolver esse item. A maioria dos estudantes optou pelo distrator B, possivelmente esses estudantes consideraram apenas o potencial elétrico da esquerda. A alternativa C apresentou biserial positiva, os alunos que optaram por esse distrator possivelmente não levaram em consideração a ligação dos terminais do voltímetro. Esse item apresentou parâmetro a negativo e, portanto deve ser desconsiderado no momento de estimativa das proficiências.

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 B.39: ITEM_40 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H21	A	14,68%	14,68%	34,80%	21,33%	20,22%	8,43%	0,53%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
739,80	0,025	731,06	0,140	0,125	0,003	-0,045	-0,026	-0,050

Quadro B.39: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_40 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item envolve as habilidades de utilizar os conceitos de cinemática para calcular o deslocamento de um objeto, aplicar a Lei de Hook e calcular a intensidade da força magnética sobre um condutor reto imerso em um campo magnético uniforme.

Para calcular a deformação causada na mola devido ao movimento da barra condutora faz-se $X = v\Delta t = 5 \cdot 6 \times 10^{-3} = 30 \times 10^{-3} \text{ m} = 3 \text{ cm}$, a força elástica da mola sobre a barra quando esta se encontra na posição C é dada por $F_{el} = kX = 5 \times 10^{-2} \cdot 3 = 15 \times 10^{-2} \text{ N}$, nesse ponto a força magnética possui o mesmo módulo da força elástica, pois a barra para ao chegar no ponto C, dessa forma $F_{mag} = F_{el} = 15 \times 10^{-2} \text{ N} \rightarrow B \cdot i \cdot L = 15 \times 10^{-2} \rightarrow B = \frac{15 \times 10^{-2}}{i \cdot L} = \frac{15 \times 10^{-2}}{6 \cdot 5 \times 10^{-2}}$, portanto

$B = 5 \times 10^{-1} \text{ T}$. Cerca de 14% dos participantes souberam resolver o item corretamente. A maior parte dos estudantes optou pelo distrator B inclusive alguns alunos com escores altos, esses alunos possivelmente desconsideraram a base 10 presente no denominador

fazendo $B = \frac{15 \times 10^{-2}}{i \cdot L} = \frac{15 \times 10^{-2}}{3} \rightarrow 5 \times 10^{-2}$, não é recomendado utilizar esse tipo de

erro matemático para construir distratores de física, uma vez que busca-se erros associados aos conceitos e conteúdos da física. Esse item apresentou um poder de discriminação razoável, sua curva de informação apresentou um máximo em torno dos 850 pontos de proficiência sendo indicado para avaliar aqueles alunos que estão na faixa de proficiência entre 720 e 920 pontos.

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?

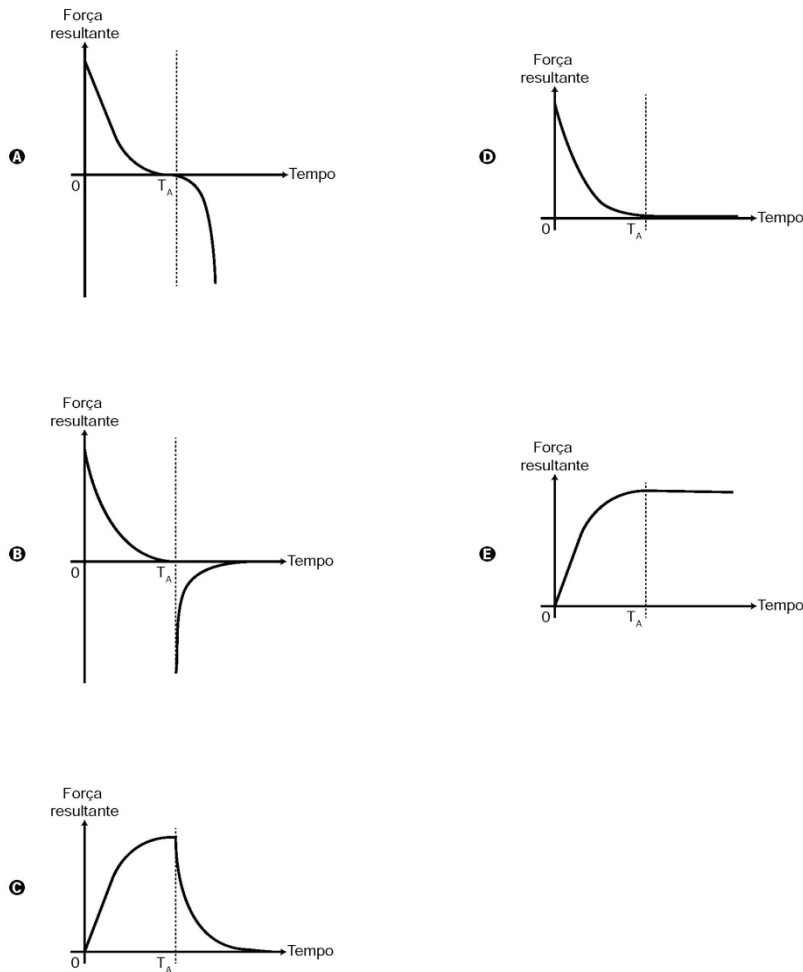


Figura B.40: ITEM_42 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H17	B	15,35%	25,42%	15,35%	22,07%	25,67%	11,08%	0,42%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
332,68	-0,364	333,30	0,136	-0,134	0,052	0,170	-0,085	0,030

Quadro B.40: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_42 do ENEM de 2013. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de interpretar a representação gráfica da atuação da força resultante sobre um objeto em movimento de queda no ar. Para resolver o item o aluno deve compreender que durante a queda existem duas forças agindo sobre o pára-quedista a força peso com sentido para baixo e, portanto no mesmo sentido do movimento e a força de arrasto, voltada para cima. A força de arrasto é proporcional ao quadrado da velocidade de queda, portanto conforme aumenta a velocidade aumenta também a força de resistência, esse aumento cessa quando seu módulo iguala ao da

força peso a partir de então o corpo passa a deslocar-se em Movimento Retilíneo e Uniforme, até o instante que aciona o pára-quedas, nesse instante exerce uma nova força de resistência voltada para cima com módulo crescendo até atingir novamente o valor da força peso. Portanto na primeira parte do movimento (antes de acionar o pára-quedas) a força resultante está no mesmo sentido do movimento e decrescendo conforme aumenta a velocidade dessa forma o gráfico deve ser uma parábola de concavidade para cima, na segunda parte (após acionar o pára-quedas) a força resultante está apontada para cima contrária ao movimento e com módulo reduzindo conforme aumenta a velocidade de queda até atingir um valor zero e o movimento passar a ser Retilíneo e Uniforme a alternativa B representa corretamente essa situação. Somente 15,35% dos participantes souberam interpretar corretamente o gráfico. Metade dos estudantes alternaram entre a alternativa A e D, o distrator A os estudantes que optaram por ele demonstram confundir o sentido de crescimento da força resultante interpretando que a força resultante deve aumentar o módulo com o passar do tempo, já os estudantes que assinalaram o distrator D provavelmente não levaram em consideração os surgimento de uma nova força resultante ao abrir o pára-quedas. O distrator E apresentou bisserial positiva indicando que alguns alunos com escores altos acreditam que a força atinge um valor constante após abrir o pára-quedas. Esse item apresentou parâmetro de discriminação negativo e, portanto deve ser desconsiderado na estimativa das proficiências.

B.6 ENEM 2014

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)

- Ⓐ comprimento da haste seja mantido constante.
- Ⓑ massa do corpo suspenso pela haste seja pequena.
- Ⓒ material da haste possua alta condutividade térmica.
- Ⓓ amplitude da oscilação seja constante a qualquer temperatura.
- Ⓔ energia potencial gravitacional do corpo suspenso se mantenha constante.

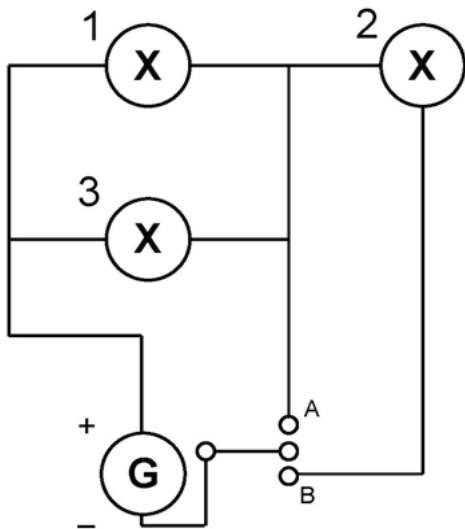
Figura B.41: ITEM_1 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H1	A	18,71%	18,71%	20,89%	18,80%	22,47%	18,80%	0,33%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
7496,37	0,000	6717,65	0,095	0,097	-0,143	-0,072	0,087	0,038

Quadro B.41: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_1 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender as características oscilatórias do movimento de um pêndulo simples. Para pequenas oscilações, um pêndulo simples descreve um Movimento Harmônico Simples (MHS), dessa forma o período de oscilação do movimento desse pêndulo pode ser calculado por $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, onde T é o período do movimento, L é o comprimento da haste desse pêndulo e g é a gravidade local. A partir da análise dessa equação para constata-se que para o relógio realizar a contagem de tempo corretamente o comprimento da haste deve ser mantido constante. Somente 18,71% dos estudantes conseguiram desenvolver a habilidade avaliada por esse item, os distratores D e E apresentaram bisseriais positivas indicando que alunos com escores altos optaram por eles. Os que optaram pela alternativa E possivelmente confundiram com a energia mecânica que no caso do MHS é conservada. Esse item apresentou um parâmetro de dificuldade que extrapola a escala utilizada, seu poder de discriminação é muito baixo o que causa um nível de informação muito baixo, portanto esse item não foi adequado para a medida de proficiência.

Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

- Ⓐ B, pois a corrente será maior nesse caso.
- Ⓑ B, pois a potência total será maior nesse caso.
- Ⓒ A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.
- Ⓓ B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.
- Ⓔ A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.

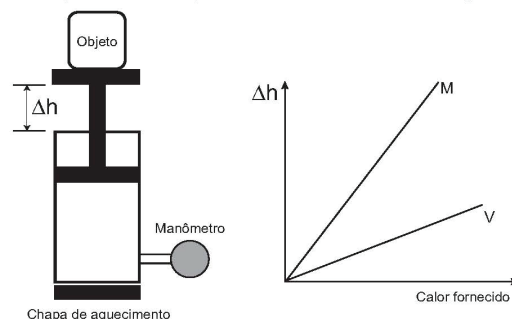
Figura B.42: ITEM_12 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H5	C	19,85%	12,87%	18,77%	19,85%	17,40%	30,77%	0,34%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
822,36	0,005	756,27	0,006	0,034	-0,055	0,185	-0,056	-0,087

Quadro B.42: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_12 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de aplicar a Lei de Ohm em um circuito que envolve o associação de resistores em série e paralelo. Para resolver o item o aluno deve comparar as correntes para cada caso, no caso em que a chave esteja ligado na posição A, a corrente que passa pela lâmpada 1 e pela lâmpada 3 serão iguais, pois se tratam de lâmpada idênticas, nesse caso como estão ligados em paralelo a intensidade dessa corrente pode ser calculada por $U = RI_{1A} \rightarrow I_{1A} = \frac{U}{R}$, já para o caso onde a chave encontra-se ligada na posição B as lâmpadas 1 e 2 estão ligadas em série e serão percorridas pela mesma corrente elétrica e de intensidade $U = 2RI_{1B} \rightarrow I_{1B} = \frac{U}{2R}$, ou seja, $I_{1A} = 2I_{1B}$ portanto, a lâmpada 1 irá brilhar mais para o caso em que a chave esteja na posição A pois a resistência equivalente é menor e conseqüentemente a intensidade da corrente elétrica é maior. Somente cerca de 19% dos participantes souberam resolver corretamente o item. O distrator A apresentou bisserial positiva indicando que alunos com escores altos optaram por ele, esses alunos acreditam que a corrente elétrica no circuito em série é maior que no circuito em paralelo, possivelmente pelo fato de a corrente não ser dividida como acontece no circuito em paralelo. Grande parcela dos estudantes que resolveram esse item optou pelo distrator E, possivelmente associaram a palavra *dissipada* com perda de energia, ou seja, não sendo aproveitada para ligar a lâmpada. Esse é um item de dificuldade relativamente elevada sendo ancorado no nível N6, apresentou um poder de discriminação baixo o que contribuiu para o baixo nível de informação fornecido.

Um sistema de pistão contendo um gás é mostrado na figura. Sobre a extremidade superior do êmbolo, que pode movimentar-se livremente sem atrito, encontra-se um objeto. Através de uma chapa de aquecimento é possível fornecer calor ao gás e, com auxílio de um manômetro, medir sua pressão. A partir de diferentes valores de calor fornecido, considerando o sistema como hermético, o objeto elevou-se em valores Δh , como mostrado no gráfico. Foram estudadas, separadamente, quantidades equimolares de dois diferentes gases, denominados M e V.



A diferença no comportamento dos gases no experimento decorre do fato de o gás M, em relação ao V, apresentar

- Ⓐ maior pressão de vapor.
- Ⓑ menor massa molecular.
- Ⓒ maior compressibilidade.
- Ⓓ menor energia de ativação.
- Ⓔ menor capacidade calorífica.

Figura B.43: ITEM_17 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H21	E	12,24%	20,28%	14,29%	31,92%	20,95%	12,24%	0,32%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
1463,11	0,003	1334,26	0,027	0,133	-0,041	-0,100	-0,057	0,102

Quadro B.43: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_17 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de interpretar o conceito de capacidade calorífica. De acordo com o suporte do item as transformações que cada gás sofre são isobáricas e, portanto as variações de temperatura e de volume são diretamente proporcionais, ou seja, o gás que apresentar maior variação de volume terá sofrido maior variação de temperatura para uma mesma quantidade de calor fornecida. A partir do gráfico presente no suporte constata-se que para uma mesma quantidade de calor fornecida a inclinação da reta correspondente ao gás M é mais acentuada indicando que teve uma maior Δh e conseqüentemente maior variação de volume, ou seja, $\Delta V_M > \Delta V_V$ logo, conclui-se que $\Delta T_M > \Delta T_V$, a partir da definição de capacidade calorífica $C = \frac{Q}{\Delta T}$, pode-se concluir que o gás que apresenta maior variação de temperatura possui a menor capacidade calorífica. Somente cerca de 12% dos participante conseguiram resolver o item corretamente. O distrator A apresentou bisserial positiva indicando que alunos com escores altos optaram por essa alternativa, esses alunos acreditam que a pressão do gás M é maior, não levaram em consideração que para ambos os gases a pressão foi mantida constante. Esse item apresentou um poder de discriminação muito baixo e um nível de dificuldade elevado extrapolando a escala utilizada. Portanto, esse item não apresentou um comportamento adequado para avaliar as proficiências desses alunos.

O pêndulo de Newton pode ser constituído por cinco pêndulos idênticos suspensos em um mesmo suporte. Em um dado instante, as esferas de três pêndulos são deslocadas para a esquerda e liberadas, deslocando-se para a direita e colidindo elasticamente com as outras duas esferas, que inicialmente estavam paradas.

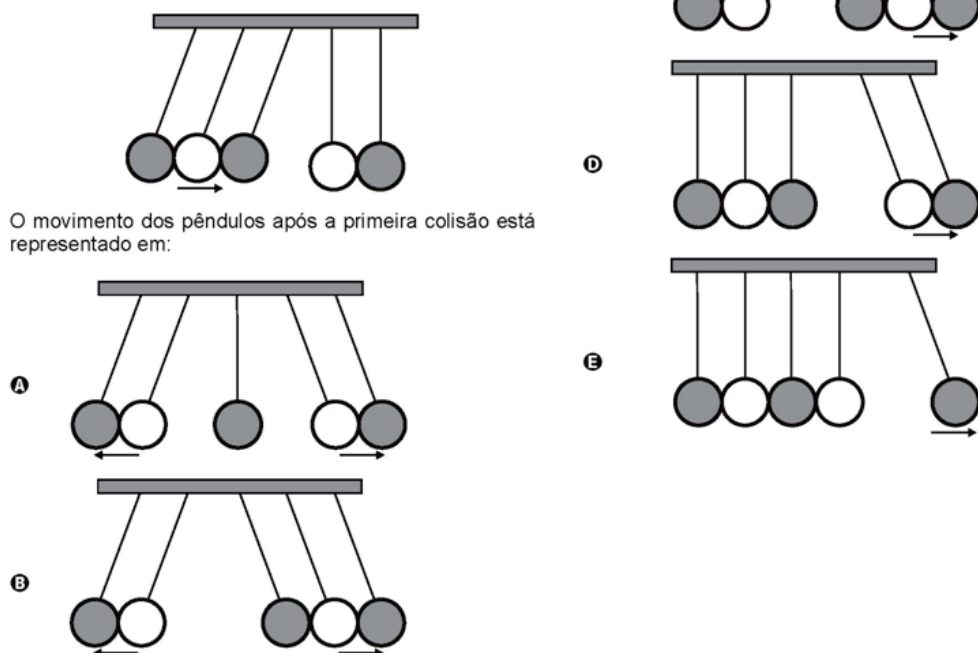


Figura B.44: ITEM_19 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H17	C	21,02%	20,42%	11,56%	21,02%	25,28%	21,36%	0,36%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
343,40	-0,098	345,15	0,181	-0,062	-0,038	0,153	-0,043	-0,010

Quadro B.44: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_19 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender a conservação do momento linear e da energia mecânica em colisões. Nesse sistema a colisão é perfeitamente elástica e, portanto há a conservação da energia cinética e do momento linear do sistema, considerando o suporte fornecido pelo item, inicialmente o momento linear do sistema é $Q_{\text{inicial}} = m_1v_1 + m_2v_2 + m_3v_3$, como se trata de cinco pêndulos idênticos as massas são iguais, além disso, as três esferas deslocadas para a direita movem-se com a mesma velocidade, sendo assim $Q_{\text{inicial}} = 3mv$. Como a conservação do momento deve ser obedecida $Q_{\text{inicial}} = Q_{\text{final}} = 3mv$, a única alternativa que apresenta uma situação que obedeça essa conservação é a alternativa C. Cerca de 21% dos participantes conseguiram resolver o item corretamente. Esse item apresentou parâmetro a negativo indicando que quanto maior a proficiência maior a probabilidade de o aluno errar o

item, esse comportamento não condiz com o que é esperado na prática, portanto esse item não é adequado para avaliar a proficiência desses alunos.

A elevação da temperatura das águas de rios, lagos e mares diminui a solubilidade do oxigênio, pondo em risco as diversas formas de vida aquática que dependem desse gás. Se essa elevação de temperatura acontece por meios artificiais, dizemos que existe poluição térmica. As usinas nucleares, pela própria natureza do processo de geração de energia, podem causar esse tipo de poluição.

Que parte do ciclo de geração de energia das usinas nucleares está associada a esse tipo de poluição?

- Ⓐ Fissão do material radioativo.
- Ⓑ Condensação do vapor-d'água no final do processo.
- Ⓒ Conversão de energia das turbinas pelos geradores.
- Ⓓ Aquecimento da água líquida para gerar vapor-d'água.
- Ⓔ Lançamento do vapor-d'água sobre as pás das turbinas.

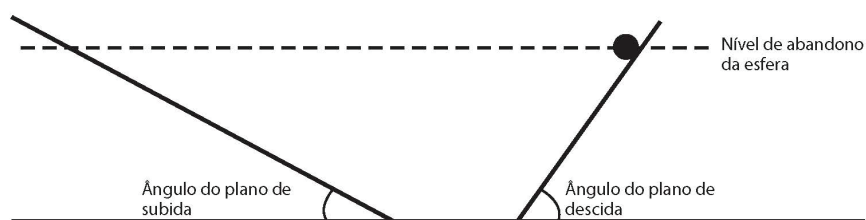
Figura B.45: ITEM_21 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H23	B	17,21%	20,78%	17,21%	19,76%	27,13%	14,77%	0,36%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
720,42	0,045	716,31	0,170	-0,019	0,120	-0,082	0,046	-0,063

Quadro B.45: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_21 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

A habilidade avaliada por esse item é compreender o ciclo de funcionamento de usinas nucleares. Essas usinas utilizam a energia proveniente da fissão nuclear de elementos radioativos para aquecer água até gerar uma quantidade de vapor que é utilizada para girar as turbinas acopladas ao eixo do gerador onde a energia mecânica é transformada em energia elétrica, na sequência esse vapor de água é condensado, essa massa de água a uma temperatura elevada retorna aos rios causando a poluição térmica. Somente cerca de 17% dos participantes demonstraram ter desenvolvido corretamente o item, a maioria dos estudantes optou pela alternativa D, possivelmente esses estudantes não levaram em consideração que nessa fase do processo o vapor de água fica contido dentro da usina e, portanto não afeta o ambiente aquático externo, essa alternativa foi assinalada por uma parcela de estudantes com escores altos. Esse item apresentou um poder de discriminação e nível de dificuldade elevados, a partir da análise da curva de informação desse item constata-se que esse item é mais adequado para avaliar aqueles estudantes que possuem proficiência entre 720 a 900 pontos. O máximo de informação ocorre nas proximidades dos 800 pontos.

Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.



Galileu e o plano inclinado. Disponível em: www.fisica.ufpb.br. Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

- Ⓐ manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.
- Ⓑ manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.
- Ⓒ diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.
- Ⓓ diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.
- Ⓔ aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.

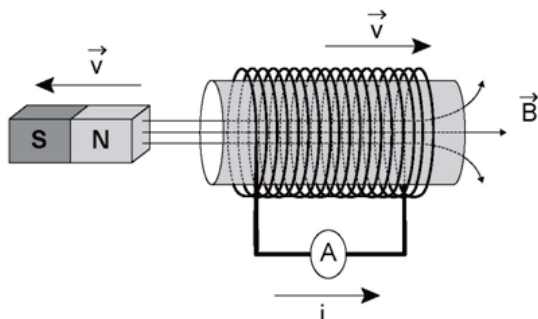
Figura B.46: ITEM_22 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H3	A	21,40%	21,40%	18,03%	23,13%	19,32%	17,74%	0,38%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
-1549,89	-0,001	-1247,63	0,070	0,072	0,007	0,036	-0,056	-0,057

Quadro B.46: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_22 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

A habilidade avaliada por esse item é compreender a relação entre força e movimento. A esfera ao descer pelo plano é acelerada pela ação da força gravitacional e, portanto possui um impulso diferente de zero, ao atingir o plano horizontal a força peso encontra-se 90° em relação à direção do movimento, dessa forma o impulso sobre a esfera é nulo, de acordo com a Primeira Lei de Newton quando a força resultante sobre o corpo é nula o movimento será retilíneo e uniforme, sendo assim a esfera manterá seu movimento com velocidade constante. Cerca de 21% dos participantes resolveram corretamente o item. Os estudantes que optaram pelos distratores B e C possivelmente apresentam uma concepção alternativa relacionada às visões aristotélicas sobre a relação entre força e movimento. Esse item apresentou um comportamento inadequado para avaliar as proficiências desses alunos uma vez o valor do parâmetro de discriminação foi negativo, apesar disso esse item revela como a maior parte dos alunos não consolidou o conhecimento sobre as relações entre força e movimento apresentado uma noção de senso comum.

O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a v , induzindo uma corrente elétrica de intensidade i , como ilustrado na figura.



A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a

- Ⓐ esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- Ⓑ direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- Ⓒ esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- Ⓓ direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- Ⓔ esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

Figura B.47: ITEM_27 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H21	A	16,21%	16,21%	21,12%	21,28%	18,42%	22,61%	0,36%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
700,10	0,011	670,99	0,035	0,243	-0,042	-0,053	-0,054	-0,065

Quadro B.47: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_27 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de aplicar as Leis de Faraday e Lenz. Na situação apresentada no suporte o afastamento do pólo N do ímã causa uma variação do fluxo magnético no interior do solenóide induzindo uma corrente elétrica no sentido horário de modo que surge um pólo sul na face da espira voltada para o ímã, quando se inverte a polaridade do ímã de modo a fazer o pólo sul aproximar da espira, a variação do fluxo magnético no interior dessa espira faz surgir uma corrente induzida no sentido horário de modo que na face voltada para o ímã apareça um pólo sul obedecendo a Lei de Lenz. Somente cerca de 16% dos participantes optaram pela alternativa correta. Aqueles alunos que optaram pelo distrator B possivelmente considerou que os movimentos relativos deveriam ser iguais apenas necessitando inverter a polaridade do ímã. Os que optaram pela alternativa C não levaram em consideração que o fluxo magnético para esse caso é constante e, portanto não surgirá uma corrente induzida na espira. Os que optaram pela alternativa E não se atentaram ao fato de ser uma situação oposta à situação apresentada no suporte, sendo assim o sentido da corrente é oposto. Esse item apresentou um poder de discriminação relativamente baixo e um nível de dificuldade médio, sendo ancorado no nível N5. Os resultados apresentados por esse item revelam

que a grande parte dos concluintes do Ensino Médio não compreende as Leis de Faraday e Lenz.

Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor.

WENDLING, M. *Sensores*. Disponível em: www2.feg.unesp.br. Acesso em: 7 maio 2014 (adaptado).

A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência

- A da luz visível.
- B do ultravioleta.
- C do infravermelho.
- D das micro-ondas.
- E das ondas longas de rádio.

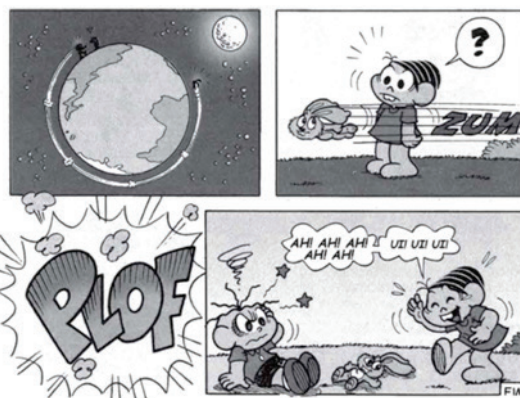
Figura B.48: ITEM_31 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H22	C	22,34%	17,11%	18,68%	22,34%	26,66%	14,94%	0,27%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
611,00	0,023	599,07	0,096	-0,094	-0,102	0,322	-0,065	-0,078

Quadro B.48: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_31 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

A habilidade avaliada por esse item foi compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria. A radiação infravermelha é uma onda eletromagnética de baixa frequência e que pertence à região invisível do espectro eletromagnético, possuem comprimento de onda entre 700 nm e 50000 nm. Todo corpo a certa temperatura emite radiação infravermelha aumentando a emissão conforme aumenta sua temperatura, dessa forma os seres humanos emitem esse tipo de radiação que pode ser captada por aparelhos sensíveis a esse comprimento de onda. Esse item apresentou um percentual de acerto em torno de 22%, seu poder de discriminação foi adequado e nível de dificuldade na faixa de 600 pontos sendo ancorado no nível N4. Esse item apresentou um bom comportamento em termos da TCT e TRI. Esse item é mais adequado para avaliar aqueles alunos que possuem proficiência entre 550 e 800 pontos.

Um professor utiliza essa história em quadrinhos para discutir com os estudantes o movimento de satélites. Nesse sentido, pede a eles que analisem o movimento do coelhinho, considerando o módulo da velocidade constante.



SOUSA, M. Cebolinha, n. 240, jun. 2006.

Desprezando a existência de forças dissipativas, o vetor aceleração tangencial do coelhinho, no terceiro quadrinho, é

- A nulo.
- B paralelo à sua velocidade linear e no mesmo sentido.
- C paralelo à sua velocidade linear e no sentido oposto.
- D perpendicular à sua velocidade linear e dirigido para o centro da Terra.
- E perpendicular à sua velocidade linear e dirigido para fora da superfície da Terra.

Figura B.49: ITEM_37 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H20	A	17,29%	17,29%	23,57%	17,12%	20,61%	21,08%	0,34%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
-85,25	-0,004	-12,44	0,064	0,076	0,025	-0,077	0,013	-0,033

Quadro B.49: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_37 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de compreender o movimento de objetos em órbita em movimento circular e uniforme. De acordo com o enunciado a velocidade do coelhinho é constante, dessa forma o movimento realizado por ele é circular e uniforme, logo não existe força atuando na direção do movimento, a única força que age sobre ele é a força de atração gravitacional e, nesse caso, é a resultante centrípeta, portanto, conclui-se que na direção tangencial ao movimento a força sendo nula a aceleração também será. Somente 17,29% dos participantes foram capazes de resolver o item corretamente. Observe que esse item apresentou um comportamento inadequado segundo a Teoria de Resposta ao Item, pois seu parâmetro de discriminação é negativo, portanto, esse item não é adequado para avaliar os traços latentes desses alunos. O distrator D indica que possivelmente os alunos que optaram por ele acreditam que o movimento deve ocorrer com a ação de uma força no sentido do movimento

evidenciando um possível pensamento aristotélico. Aqueles que optaram pelo distrator D possivelmente confundiram aceleração tangencial com a aceleração centrípeta.

Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.

O fenômeno descrito é a

- Ⓐ difração.
- Ⓑ refração.
- Ⓒ polarização.
- Ⓓ interferência.
- Ⓔ ressonância.

Figura B.50: ITEM_39 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H1	E	14,55%	28,15%	15,02%	15,22%	26,72%	14,55%	0,33%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
715,81	0,015	697,62	0,090	-0,124	-0,031	0,021	-0,023	0,204

Quadro B.50: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_39 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

Esse item avalia a habilidade de reconhecer o fenômeno ondulatório da ressonância. O fenômeno da ressonância ocorre quando a frequência de vibração de um corpo se iguala à frequência de uma fonte externa causando um grande aumento de amplitude. Para que os aparelho receptores como a televisão funcionem eles devem entrar em ressonância com a onda (sinal) emitida pela estação emissora (fonte). Somente cerca de 14% dos estudantes demonstraram ter desenvolvido a habilidade avaliada por esse item. A maior parte dos estudantes optou pelo distrator A, difração, seguido do distrator D, interferência, o que indica que esses alunos confundem os conceitos relacionados a esses fenômenos, aqueles que optaram pela alternativa D, possivelmente associaram à interferência construtiva. Esse item apresentou um poder de discriminação relativamente baixo o que contribuiu para o baixo nível de informação verificada em sua curva de informação, o nível de dificuldade é médio para alto sendo ancorado no nível N5.

As lentes fotocromáticas escurecem quando expostas à luz solar por causa de reações químicas reversíveis entre uma espécie incolor e outra colorida. Diversas reações podem ser utilizadas, e a escolha do melhor reagente para esse fim se baseia em três principais aspectos: (i) o quanto escurece a lente; (ii) o tempo de escurecimento quando exposta à luz solar; e (iii) o tempo de esmaecimento em ambiente sem forte luz solar. A transmitância indica a razão entre a quantidade de luz que atravessa o meio e a quantidade de luz que incide sobre ele.

Durante um teste de controle para o desenvolvimento de novas lentes fotocromáticas, foram analisadas cinco amostras, que utilizam reagentes químicos diferentes. No quadro, são apresentados os resultados.

Amostra	Tempo de escurecimento (segundo)	Tempo de esmaecimento (segundo)	Transmitância média da lente quando exposta à luz solar (%)
1	20	50	80
2	40	30	90
3	20	30	50
4	50	50	50
5	40	20	95

Considerando os três aspectos, qual é a melhor amostra de lente fotocromática para se utilizar em óculos?

- A** 1
- B** 2
- C** 3
- D** 4
- E** 5

Figura B.51: ITEM_45 do ENEM de 2014 [Fonte: INEP].

DESC	GAB	ACERTO	Op. A	Op. B	Op. C	Op. D	Op. E	NULO
H7	C	21,73%	21,09%	20,08%	21,73%	20,07%	16,68%	0,34%
Pont. Anc.	PAR A	PAR B	PAR C	BISS A	BISS B	BISS C	BISS D	BISS E
660,83	0,025	653,50	0,174	-0,065	-0,103	0,237	-0,071	0,003

Quadro B.51: Parâmetros da TCT e da TRI do ITEM_45 do ENEM de 2014. [Fonte: Autor].

Esse item avaliou a habilidade de o aluno selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos. No critério I a amostra mais indicada é aquela que apresenta o menor tempo para escurecer quando exposta a uma fonte de luz, da mesma forma deve ser selecionada aquela amostra que no critério II leve menos tempo para clarear novamente quando se encontra em um ambiente de baixa luminosidade, o critério III mede o quanto o material deixa passar da radiação que incide sobre ele, ou seja, a mais adequada é aquele que permite a menor quantidade de radiação solar, nesse caso a lente que melhor atende a esses critérios é a lente 3. Somente 21,73% dos participantes souberam resolver o item corretamente. O distrator E apresentou bisserial positiva indicando que alunos com escores altos optaram por ele, essa alternativa indica que possivelmente esses alunos não interpretam corretamente o significado da grandeza transmitância, uma vez que selecionaram a lente que apresentou o maior valor para essa grandeza. Esse item apresentou um poder de discriminação médio assim como seu nível de dificuldade. Esse item ancora-se no nível N5 da escala e é mais adequado para avaliar aqueles alunos que possuem proficiência entre 600 e 800. De acordo com a curva de informação o nível de informação fornecida pelo item foi mediano com um máximo em torno dos 750 pontos de proficiência.

Apêndice C – Parâmetros Estatísticos

C.1 Análise clássica (Parâmetros da TCT)

Nessa seção serão apresentados os valores calculados para os parâmetros referentes à análise clássica realizada.

C.1.1 calculo das frequências de marcação em cada alternativa dos itens de Ciências da Natureza nas 6 edições do exame pesquisada

ITEM	Percentual alt. A	Percentual alt. B	Percentual alt. C	Percentual alt. D	Percentual alt. E	Percentual B/N
ITEM 1	4,86%	2,46%	87,25%	3,59%	1,68%	0,17%
ITEM 2	11,41%	23,71%	6,93%	37,15%	20,47%	0,33%
ITEM 3	41,66%	15,95%	38,35%	1,37%	2,35%	0,31%
ITEM 4	7,78%	64,38%	14,81%	8,86%	3,90%	0,27%
ITEM 5	17,17%	16,24%	5,88%	4,43%	55,91%	0,38%
ITEM 6	12,46%	8,02%	3,73%	56,69%	18,83%	0,27%
ITEM 7	9,82%	8,92%	32,68%	42,35%	6,02%	0,22%
ITEM 8	10,95%	52,85%	11,88%	11,32%	12,77%	0,23%
ITEM 9	24,85%	26,03%	5,85%	18,94%	23,86%	0,47%
ITEM 10	17,26%	12,26%	27,69%	14,24%	28,26%	0,30%
ITEM 11	9,76%	22,70%	48,52%	8,71%	10,09%	0,23%
ITEM 12	21,60%	20,76%	30,97%	8,06%	18,28%	0,33%
ITEM 13	7,65%	6,96%	6,10%	69,56%	9,49%	0,24%
ITEM 14	6,17%	15,64%	10,42%	3,89%	63,59%	0,29%
ITEM 15	10,99%	20,29%	54,32%	9,89%	4,21%	0,31%
ITEM 16	10,36%	9,42%	16,29%	44,83%	18,87%	0,24%
ITEM 17	22,81%	27,36%	25,15%	18,57%	5,72%	0,40%
ITEM 18	18,16%	16,14%	9,49%	17,49%	38,46%	0,26%
ITEM 19	21,65%	14,20%	19,94%	32,61%	11,30%	0,30%
ITEM 20	9,45%	6,79%	6,58%	12,29%	64,64%	0,26%
ITEM 21	17,42%	18,29%	31,16%	18,84%	13,99%	0,29%
ITEM 22	8,02%	8,03%	21,76%	53,29%	8,65%	0,25%
ITEM 23	3,25%	7,96%	38,39%	20,34%	29,85%	0,19%
ITEM 24	19,68%	18,11%	22,27%	31,86%	7,88%	0,21%
ITEM 25	15,14%	23,44%	12,07%	18,20%	30,75%	0,41%
ITEM 26	9,46%	29,08%	11,45%	21,98%	27,71%	0,32%
ITEM 27	41,66%	20,61%	6,68%	13,97%	16,75%	0,33%
ITEM 28	5,10%	30,66%	12,77%	10,95%	40,21%	0,32%
ITEM 29	15,42%	26,40%	17,34%	31,88%	8,57%	0,38%
ITEM 30	21,82%	27,63%	24,35%	15,24%	10,62%	0,35%
ITEM 31	21,45%	6,21%	38,77%	17,52%	15,77%	0,28%
ITEM 32	19,23%	35,49%	23,99%	15,23%	5,70%	0,36%
ITEM 33	7,39%	6,44%	22,47%	23,69%	39,70%	0,30%

ITEM 34	14,90%	13,60%	24,19%	29,85%	17,20%	0,26%
ITEM 35	12,41%	26,10%	30,35%	22,75%	7,85%	0,53%
ITEM 36	40,38%	9,39%	15,50%	14,74%	19,62%	0,36%
ITEM 37	20,51%	17,40%	9,14%	29,51%	23,10%	0,34%
ITEM 38	12,12%	26,65%	27,19%	20,30%	13,30%	0,44%
ITEM 39	45,27%	24,67%	13,13%	9,97%	6,63%	0,33%
ITEM 40	20,28%	14,44%	12,74%	40,40%	11,80%	0,34%
ITEM 41	23,40%	16,24%	19,97%	10,67%	29,37%	0,36%
ITEM 42	12,73%	17,22%	21,16%	21,05%	27,37%	0,47%
ITEM 43	24,47%	15,37%	15,09%	34,02%	10,66%	0,39%
ITEM 44	6,71%	25,73%	35,96%	20,86%	10,24%	0,50%
ITEM 45	23,73%	17,16%	16,21%	12,11%	30,44%	0,35%

Quadro C.1: Percentual de marcação por alternativa dos itens do ENEM de 2009

[Fonte: Autor].

ITEM	Percentual alt. A	Percentual alt. B	Percentual alt. C	Percentual alt. D	Percentual alt. E	Percentual B/N
ITEM 1	11,34%	61,25%	4,90%	9,80%	12,38%	0,33%
ITEM 2	17,01%	23,86%	16,20%	23,19%	19,39%	0,36%
ITEM 3	33,03%	13,42%	22,37%	16,35%	14,39%	0,44%
ITEM 4	6,32%	4,65%	2,16%	2,00%	84,49%	0,39%
ITEM 5	18,35%	21,17%	17,22%	15,68%	27,23%	0,35%
ITEM 6	20,71%	39,96%	10,80%	17,27%	10,93%	0,32%
ITEM 7	8,94%	7,89%	64,93%	5,97%	11,95%	0,32%
ITEM 8	38,17%	7,92%	7,48%	30,74%	15,27%	0,42%
ITEM 9	19,21%	20,54%	10,13%	19,35%	30,34%	0,42%
ITEM 10	10,64%	42,51%	27,75%	7,11%	11,66%	0,34%
ITEM 11	59,82%	10,10%	16,84%	9,10%	3,73%	0,41%
ITEM 12	6,76%	36,55%	7,60%	40,23%	8,49%	0,38%
ITEM 13	17,78%	16,00%	16,62%	32,24%	16,92%	0,44%
ITEM 14	7,78%	16,74%	8,26%	50,50%	16,34%	0,38%
ITEM 15	40,88%	24,21%	12,83%	14,82%	6,74%	0,53%
ITEM 16	8,87%	33,74%	36,26%	12,68%	8,16%	0,29%
ITEM 17	14,72%	49,78%	10,66%	13,32%	11,10%	0,42%
ITEM 18	41,43%	16,99%	14,35%	11,95%	14,79%	0,50%
ITEM 19	14,36%	20,69%	8,32%	20,23%	35,84%	0,55%
ITEM 20	12,53%	26,34%	21,35%	18,13%	21,14%	0,50%
ITEM 21	12,89%	10,50%	23,20%	16,52%	36,35%	0,54%
ITEM 22	11,05%	13,95%	24,32%	33,22%	16,87%	0,58%
ITEM 23	16,70%	23,34%	15,30%	27,59%	16,46%	0,60%
ITEM 24	15,99%	29,55%	17,66%	19,43%	16,73%	0,63%
ITEM 25	12,59%	25,05%	25,21%	13,51%	23,08%	0,56%
ITEM 26	18,25%	26,80%	18,29%	15,76%	20,33%	0,58%
ITEM 27	15,67%	22,20%	32,58%	18,11%	10,76%	0,68%
ITEM 28	13,18%	18,25%	26,25%	24,92%	16,62%	0,79%

ITEM 29	10,91%	17,32%	27,49%	30,98%	12,47%	0,82%
ITEM 30	13,97%	51,60%	7,00%	16,09%	10,69%	0,64%
ITEM 31	27,07%	21,37%	29,87%	11,59%	9,62%	0,48%
ITEM 32	17,10%	15,40%	22,10%	21,02%	23,68%	0,70%
ITEM 33	14,56%	38,88%	31,24%	6,92%	7,84%	0,56%
ITEM 34	18,78%	18,04%	22,61%	20,59%	19,21%	0,77%
ITEM 35	20,76%	23,77%	18,40%	21,03%	15,31%	0,73%
ITEM 36	8,06%	25,38%	22,22%	12,49%	31,13%	0,72%
ITEM 37	19,63%	21,20%	22,22%	18,00%	17,98%	0,98%
ITEM 38	20,73%	32,45%	22,49%	17,33%	6,29%	0,71%
ITEM 39	24,74%	21,51%	19,45%	22,73%	10,87%	0,71%
ITEM 40	18,46%	18,70%	19,82%	16,45%	25,82%	0,74%
ITEM 41	16,29%	27,61%	31,64%	10,33%	13,42%	0,70%
ITEM 42	14,27%	18,06%	24,99%	12,50%	29,52%	0,66%
ITEM 43	14,95%	10,08%	10,88%	54,99%	8,37%	0,74%
ITEM 44	14,79%	18,53%	9,04%	35,80%	21,19%	0,65%
ITEM 45	12,31%	11,25%	33,47%	33,60%	8,74%	0,63%

Quadro C.2: Percentual de marcação por alternativa dos itens do ENEM de 2010

[Fonte: Autor].

ITEM	Percentual alt. A	Percentual alt. B	Percentual alt. C	Percentual alt. D	Percentual alt. E	Percentual B/N
ITEM 1	29,15%	26,54%	13,03%	19,71%	11,24%	0,34%
ITEM 2	9,69%	25,58%	49,22%	6,36%	8,88%	0,26%
ITEM 3	9,28%	34,38%	10,41%	13,82%	31,76%	0,36%
ITEM 4	40,97%	6,52%	14,90%	8,03%	29,27%	0,31%
ITEM 5	8,68%	33,25%	7,25%	34,42%	16,06%	0,35%
ITEM 6	19,80%	25,10%	12,52%	38,80%	3,48%	0,30%
ITEM 7	53,81%	26,23%	3,12%	6,16%	10,34%	0,35%
ITEM 8	4,59%	53,40%	18,01%	13,06%	10,60%	0,33%
ITEM 9	12,51%	17,14%	36,13%	22,92%	10,76%	0,53%
ITEM 10	16,26%	30,37%	13,75%	14,87%	24,27%	0,48%
ITEM 11	38,07%	5,85%	28,03%	6,68%	21,00%	0,37%
ITEM 12	46,28%	19,70%	11,89%	10,65%	11,06%	0,42%
ITEM 13	18,43%	4,11%	23,81%	8,19%	45,02%	0,44%
ITEM 14	26,73%	24,10%	23,20%	15,21%	10,41%	0,35%
ITEM 15	16,32%	20,01%	22,40%	26,22%	14,57%	0,47%
ITEM 16	18,23%	17,78%	17,28%	29,33%	16,95%	0,42%
ITEM 17	12,09%	12,72%	26,84%	29,59%	18,32%	0,44%
ITEM 18	12,45%	26,00%	18,33%	14,34%	28,44%	0,44%
ITEM 19	28,27%	24,95%	27,35%	14,50%	4,54%	0,39%
ITEM 20	14,50%	11,65%	40,15%	12,16%	21,01%	0,52%
ITEM 21	16,10%	11,42%	25,55%	24,39%	22,04%	0,50%
ITEM 22	13,64%	28,97%	20,22%	20,71%	15,99%	0,48%
ITEM 23	19,32%	15,44%	12,14%	37,03%	15,59%	0,47%

ITEM_24	30,11%	5,98%	5,86%	5,88%	51,67%	0,49%
ITEM_25	24,90%	6,48%	27,67%	34,15%	6,33%	0,46%
ITEM_26	49,26%	9,68%	12,22%	15,30%	12,98%	0,56%
ITEM_27	26,62%	18,61%	29,40%	15,92%	8,93%	0,51%
ITEM_28	14,69%	23,28%	22,07%	29,58%	9,76%	0,62%
ITEM_29	23,19%	17,34%	24,86%	10,29%	23,76%	0,56%
ITEM_30	21,54%	20,93%	21,60%	15,58%	19,74%	0,60%
ITEM_31	10,84%	13,44%	34,93%	9,69%	30,56%	0,53%
ITEM_32	17,64%	14,07%	23,76%	28,32%	15,61%	0,60%
ITEM_33	25,76%	16,72%	18,74%	10,98%	27,25%	0,54%
ITEM_34	6,82%	39,13%	9,63%	22,96%	20,87%	0,60%
ITEM_35	17,39%	15,82%	23,45%	21,20%	21,50%	0,64%
ITEM_36	21,38%	31,86%	17,54%	17,05%	11,52%	0,65%
ITEM_37	10,15%	6,26%	5,80%	67,52%	9,73%	0,55%
ITEM_38	17,14%	19,52%	19,35%	21,27%	21,98%	0,74%
ITEM_39	25,36%	26,14%	12,12%	21,71%	14,05%	0,62%
ITEM_40	8,72%	57,88%	5,28%	10,78%	16,79%	0,56%
ITEM_41	9,85%	12,94%	43,83%	12,11%	20,67%	0,60%
ITEM_42	12,74%	29,32%	13,35%	21,30%	22,67%	0,62%
ITEM_43	8,21%	10,54%	17,51%	35,80%	27,40%	0,54%
ITEM_44	3,59%	2,96%	85,75%	3,51%	3,72%	0,47%
ITEM_45	47,73%	12,86%	10,39%	7,88%	20,57%	0,56%

Quadro C.3: Percentual de marcação por alternativa dos itens do ENEM de 2011

[Fonte: Autor].

ITEM	Percentual alt. A	Percentual alt. B	Percentual alt. C	Percentual alt. D	Percentual alt. E	Percentual B/N
ITEM_1	27,87%	17,44%	5,88%	5,87%	42,66%	0,28%
ITEM_2	42,99%	32,55%	4,13%	2,79%	17,25%	0,29%
ITEM_3	22,90%	20,01%	10,18%	19,69%	26,86%	0,36%
ITEM_4	13,52%	22,23%	22,60%	18,93%	22,38%	0,34%
ITEM_5	14,77%	12,85%	6,95%	5,34%	59,79%	0,30%
ITEM_6	7,91%	27,04%	8,30%	18,93%	37,50%	0,32%
ITEM_7	9,95%	4,73%	8,86%	64,45%	11,76%	0,26%
ITEM_8	33,48%	11,28%	20,61%	21,90%	12,38%	0,35%
ITEM_9	11,75%	27,66%	29,96%	18,44%	11,91%	0,28%
ITEM_10	20,42%	20,53%	47,97%	7,04%	3,73%	0,30%
ITEM_11	14,14%	12,95%	17,01%	41,12%	14,43%	0,35%
ITEM_12	19,97%	25,85%	21,48%	14,62%	17,74%	0,34%
ITEM_13	42,63%	15,98%	11,64%	10,82%	18,49%	0,44%
ITEM_14	13,91%	25,05%	22,14%	31,02%	7,41%	0,46%
ITEM_15	41,04%	10,00%	24,46%	6,86%	17,31%	0,33%
ITEM_16	12,94%	12,44%	26,07%	39,49%	8,79%	0,26%
ITEM_17	13,90%	20,64%	8,14%	12,73%	44,28%	0,31%
ITEM_18	34,65%	21,64%	4,00%	14,24%	25,12%	0,36%

ITEM_19	23,24%	19,39%	19,01%	10,89%	27,13%	0,34%
ITEM_20	28,25%	21,52%	16,24%	15,33%	18,23%	0,44%
ITEM_21	19,12%	24,21%	28,30%	16,37%	11,51%	0,48%
ITEM_22	17,11%	9,95%	28,57%	20,99%	23,01%	0,35%
ITEM_23	42,29%	15,04%	4,89%	27,78%	9,62%	0,38%
ITEM_24	14,50%	8,76%	42,36%	6,13%	27,89%	0,36%
ITEM_25	21,93%	16,49%	23,94%	15,07%	22,10%	0,48%
ITEM_26	9,77%	11,23%	8,27%	12,29%	58,06%	0,38%
ITEM_27	8,16%	15,65%	42,31%	23,94%	9,58%	0,36%
ITEM_28	11,68%	22,97%	20,86%	27,03%	17,07%	0,40%
ITEM_29	16,02%	24,34%	25,05%	20,05%	14,02%	0,51%
ITEM_30	10,10%	23,92%	28,56%	9,73%	27,25%	0,44%
ITEM_31	5,06%	24,79%	16,99%	37,19%	15,53%	0,44%
ITEM_32	8,50%	16,14%	28,40%	28,63%	17,83%	0,50%
ITEM_33	28,03%	15,28%	17,62%	17,50%	21,08%	0,48%
ITEM_34	13,00%	23,48%	34,11%	15,35%	13,54%	0,51%
ITEM_35	9,78%	6,18%	60,89%	13,83%	8,93%	0,39%
ITEM_36	9,32%	27,61%	30,99%	18,01%	13,62%	0,45%
ITEM_37	14,24%	20,46%	19,00%	22,82%	22,94%	0,53%
ITEM_38	27,69%	16,69%	16,57%	17,68%	20,83%	0,53%
ITEM_39	22,82%	15,58%	14,54%	30,19%	16,39%	0,47%
ITEM_40	13,39%	9,65%	35,77%	25,36%	15,40%	0,43%
ITEM_41	15,24%	20,76%	20,57%	18,26%	24,62%	0,55%
ITEM_42	12,57%	12,10%	37,74%	14,30%	22,89%	0,40%
ITEM_43	45,12%	15,74%	6,38%	14,04%	18,38%	0,35%
ITEM_44	17,44%	25,36%	9,50%	28,43%	18,90%	0,37%
ITEM_45	17,83%	22,61%	25,15%	25,92%	7,99%	0,50%

Quadro C.4: Percentual de marcação por alternativa dos itens do ENEM de 2012

[Fonte: Autor].

ITEM	Percentual alt. A	Percentual alt. B	Percentual alt. C	Percentual alt. D	Percentual alt. E	Percentual B/N
ITEM_1	18,72%	14,67%	19,61%	29,73%	16,91%	0,36%
ITEM_2	11,62%	28,72%	28,16%	15,96%	15,17%	0,37%
ITEM_3	10,58%	18,16%	9,68%	43,07%	18,16%	0,35%
ITEM_4	24,59%	23,56%	19,68%	20,03%	11,67%	0,48%
ITEM_5	37,76%	8,63%	22,80%	5,34%	25,06%	0,41%
ITEM_6	19,44%	33,12%	26,16%	9,14%	11,91%	0,24%
ITEM_7	8,59%	9,33%	12,59%	13,75%	55,44%	0,30%
ITEM_8	16,53%	36,59%	14,65%	18,82%	13,11%	0,29%
ITEM_9	19,21%	20,01%	23,48%	16,14%	20,82%	0,34%
ITEM_10	24,48%	15,92%	16,54%	27,69%	15,09%	0,28%
ITEM_11	59,14%	11,50%	15,32%	7,94%	5,74%	0,35%
ITEM_12	11,50%	28,12%	26,34%	18,88%	14,85%	0,32%
ITEM_13	20,97%	22,15%	25,10%	16,77%	14,62%	0,39%

ITEM 14	15,92%	10,53%	19,59%	19,25%	34,35%	0,37%
ITEM 15	22,89%	41,47%	9,52%	13,81%	12,00%	0,32%
ITEM 16	8,02%	22,47%	27,63%	32,83%	8,69%	0,37%
ITEM 17	24,86%	32,39%	8,01%	16,59%	17,76%	0,40%
ITEM 18	19,13%	7,55%	30,62%	17,51%	24,76%	0,42%
ITEM 19	14,48%	21,03%	36,62%	17,33%	10,13%	0,41%
ITEM 20	11,54%	22,00%	18,33%	30,17%	17,48%	0,48%
ITEM 21	17,90%	21,33%	22,91%	17,02%	20,45%	0,38%
ITEM 22	8,16%	18,91%	40,05%	8,07%	24,48%	0,34%
ITEM 23	20,16%	24,03%	23,62%	16,96%	14,77%	0,46%
ITEM 24	18,05%	13,26%	16,96%	29,13%	22,10%	0,50%
ITEM 25	8,28%	4,19%	75,27%	6,37%	5,55%	0,35%
ITEM 26	14,81%	26,04%	25,65%	22,24%	10,73%	0,53%
ITEM 27	15,13%	16,99%	34,39%	19,65%	13,43%	0,40%
ITEM 28	19,29%	13,16%	18,06%	36,34%	12,74%	0,41%
ITEM 29	11,19%	14,28%	15,17%	19,72%	39,12%	0,52%
ITEM 30	42,68%	20,69%	16,45%	12,24%	7,56%	0,38%
ITEM 31	16,76%	29,66%	19,97%	14,50%	18,73%	0,37%
ITEM 32	21,66%	26,44%	22,69%	20,24%	8,43%	0,54%
ITEM 33	16,60%	32,48%	21,89%	11,43%	17,21%	0,39%
ITEM 34	18,57%	13,11%	13,73%	19,37%	34,71%	0,51%
ITEM 35	15,07%	35,09%	11,68%	9,41%	28,30%	0,45%
ITEM 36	24,43%	13,36%	7,34%	28,69%	25,71%	0,46%
ITEM 37	34,32%	19,34%	12,24%	27,76%	5,90%	0,44%
ITEM 38	24,77%	27,85%	23,86%	12,23%	10,70%	0,60%
ITEM 39	5,42%	35,94%	28,63%	17,75%	11,84%	0,42%
ITEM 40	14,68%	34,80%	21,33%	20,22%	8,43%	0,53%
ITEM 41	18,71%	15,63%	21,26%	23,70%	20,14%	0,56%
ITEM 42	25,42%	15,35%	22,07%	25,67%	11,08%	0,42%
ITEM 43	64,96%	9,65%	5,05%	13,49%	6,45%	0,39%
ITEM 44	8,55%	39,17%	24,01%	18,75%	9,05%	0,47%
ITEM 45	40,57%	20,04%	20,65%	11,72%	6,68%	0,34%

Quadro C.5: Percentual de marcação por alternativa dos itens do ENEM de 2013

[Fonte: Autor].

ITEM	Percentual alt. A	Percentual alt. B	Percentual alt. C	Percentual alt. D	Percentual alt. E	Percentual B/N
ITEM 1	18,71%	20,89%	18,80%	22,47%	18,80%	0,33%
ITEM 2	22,67%	18,40%	24,69%	17,42%	16,49%	0,31%
ITEM 3	14,98%	20,68%	15,95%	17,42%	30,61%	0,37%
ITEM 4	17,93%	19,65%	18,08%	23,02%	20,97%	0,35%
ITEM 5	15,30%	25,84%	12,61%	26,83%	19,04%	0,38%
ITEM 6	21,89%	17,83%	17,93%	18,98%	22,99%	0,39%

ITEM 7	23,47%	14,92%	15,78%	27,31%	18,22%	0,31%
ITEM 8	23,07%	22,17%	18,81%	13,91%	21,68%	0,36%
ITEM 9	17,33%	18,65%	27,53%	17,36%	18,78%	0,34%
ITEM 10	12,46%	22,91%	26,71%	23,54%	14,06%	0,31%
ITEM 11	15,50%	22,01%	18,59%	35,38%	8,21%	0,31%
ITEM 12	12,87%	18,77%	19,85%	17,40%	30,77%	0,34%
ITEM 13	29,07%	17,25%	19,63%	20,04%	13,71%	0,30%
ITEM 14	17,04%	21,49%	27,40%	17,78%	15,90%	0,38%
ITEM 15	17,54%	14,84%	23,99%	26,49%	16,78%	0,36%
ITEM 16	19,17%	26,50%	15,20%	17,75%	21,04%	0,33%
ITEM 17	20,28%	14,29%	31,92%	20,95%	12,24%	0,32%
ITEM 18	15,12%	23,83%	20,96%	16,59%	23,16%	0,35%
ITEM 19	20,42%	11,56%	21,02%	25,28%	21,36%	0,36%
ITEM 20	22,28%	17,52%	14,10%	24,26%	21,47%	0,37%
ITEM 21	20,78%	17,21%	19,76%	27,13%	14,77%	0,36%
ITEM 22	21,40%	18,03%	23,13%	19,32%	17,74%	0,38%
ITEM 23	14,44%	18,36%	16,17%	23,55%	27,10%	0,38%
ITEM 24	23,51%	11,78%	13,13%	24,27%	26,98%	0,34%
ITEM 25	25,64%	16,58%	20,24%	18,03%	19,22%	0,28%
ITEM 26	21,56%	26,86%	21,95%	12,90%	16,37%	0,35%
ITEM 27	16,21%	21,12%	21,28%	18,42%	22,61%	0,36%
ITEM 28	29,66%	18,29%	18,09%	19,94%	13,64%	0,39%
ITEM 29	14,48%	13,54%	20,29%	26,39%	24,90%	0,40%
ITEM 30	17,06%	25,25%	19,76%	16,82%	20,76%	0,35%
ITEM 31	17,11%	18,68%	22,34%	26,66%	14,94%	0,27%
ITEM 32	18,55%	22,50%	19,39%	18,08%	21,10%	0,38%
ITEM 33	20,92%	18,80%	21,54%	18,99%	19,39%	0,37%
ITEM 34	10,74%	16,04%	19,16%	14,81%	38,92%	0,33%
ITEM 35	15,65%	8,26%	21,54%	24,64%	29,59%	0,32%
ITEM 36	13,03%	30,72%	17,57%	11,18%	27,18%	0,32%
ITEM 37	17,29%	23,57%	17,12%	20,61%	21,08%	0,34%
ITEM 38	18,29%	16,98%	14,04%	32,95%	17,43%	0,31%
ITEM 39	28,15%	15,02%	15,22%	26,72%	14,55%	0,33%
ITEM 40	18,70%	16,58%	12,10%	27,27%	25,01%	0,35%
ITEM 41	19,53%	23,52%	22,11%	15,55%	18,90%	0,40%
ITEM 42	28,85%	18,13%	20,94%	17,72%	14,00%	0,36%
ITEM 43	13,20%	21,01%	26,48%	20,48%	18,42%	0,41%
ITEM 44	16,43%	16,27%	15,63%	29,20%	22,11%	0,36%
ITEM 45	21,09%	20,08%	21,73%	20,07%	16,68%	0,34%

Quadro C.6: Percentual de marcação por alternativa dos itens do ENEM de 2014

[Fonte: Autor].

C.1.2 Correlação ponto-bisserial

ITEM	Bisserial Gabarito	BISS. Alt. A	BISS. Alt. B	BISS. Alt. C	BISS. Alt. D	BISS. Alt. E
ITEM_1	0,304	-0,177	-0,143	0,304	-0,154	-0,085
ITEM_2	0,515	-0,108	-0,170	-0,101	0,515	-0,283
ITEM_3	0,222	0,222	-0,103	-0,089	-0,085	-0,112
ITEM_4	0,350	-0,106	0,350	-0,211	-0,151	-0,099
ITEM_5	0,386	-0,266	-0,123	-0,098	-0,098	0,386
ITEM_6	0,361	-0,173	-0,153	-0,124	0,361	-0,139
ITEM_7	0,251	-0,202	-0,156	0,007	0,251	-0,086
ITEM_8	0,395	-0,165	0,395	-0,201	-0,155	-0,088
ITEM_9	0,261	-0,181	0,102	-0,090	0,261	-0,107
ITEM_10	0,381	-0,086	-0,138	0,381	-0,087	-0,134
ITEM_11	0,451	-0,156	-0,249	0,451	-0,172	-0,081
ITEM_12	0,282	0,282	-0,036	-0,076	-0,140	-0,069
ITEM_13	0,417	-0,206	-0,210	-0,151	0,417	-0,155
ITEM_14	0,338	-0,152	-0,169	-0,136	-0,109	0,338
ITEM_15	0,193	-0,152	0,193	0,065	-0,143	-0,087
ITEM_16	0,415	-0,176	-0,060	-0,117	0,415	-0,230
ITEM_17	0,154	-0,053	-0,041	0,037	-0,024	0,154
ITEM_18	0,191	0,049	-0,024	-0,124	-0,170	0,191
ITEM_19	0,428	-0,205	-0,123	-0,100	0,428	-0,099
ITEM_20	0,345	-0,208	-0,151	-0,125	-0,100	0,345
ITEM_21	0,368	-0,208	-0,133	0,368	-0,046	-0,057
ITEM_22	0,476	-0,196	-0,194	-0,265	0,476	-0,071
ITEM_23	0,129	-0,050	-0,133	-0,004	-0,025	0,129
ITEM_24	0,297	0,297	-0,174	-0,093	0,045	-0,118
ITEM_25	0,262	0,001	0,262	-0,111	-0,075	-0,096
ITEM_26	0,286	-0,125	0,047	-0,121	0,286	-0,140
ITEM_27	0,044	0,138	-0,052	-0,120	0,044	-0,081
ITEM_28	0,240	-0,131	0,240	-0,171	-0,153	0,052
ITEM_29	0,251	-0,098	-0,119	-0,021	0,251	-0,067
ITEM_30	0,118	-0,047	-0,089	0,012	0,118	0,043
ITEM_31	-0,005	0,020	-0,076	0,003	0,034	-0,005
ITEM_32	0,259	-0,202	0,259	-0,006	-0,030	-0,123
ITEM_33	0,355	-0,094	-0,097	0,355	-0,185	-0,039
ITEM_34	0,202	-0,119	-0,073	0,202	0,034	-0,087
ITEM_35	0,085	0,085	-0,016	-0,035	0,015	-0,035
ITEM_36	0,200	0,034	-0,134	-0,057	-0,098	0,200
ITEM_37	0,363	-0,103	-0,117	-0,071	0,363	-0,134
ITEM_38	0,171	-0,096	-0,103	-0,007	0,171	0,036
ITEM_39	0,161	-0,072	0,161	0,077	-0,060	-0,159
ITEM_40	0,346	-0,077	-0,116	-0,156	0,346	-0,135
ITEM_41	0,162	0,162	-0,029	-0,047	-0,130	0,008

ITEM_42	0,282	-0,097	-0,117	-0,004	-0,112	0,282
ITEM_43	0,224	0,224	-0,114	-0,135	0,062	-0,111
ITEM_44	0,125	-0,030	-0,058	-0,025	0,125	-0,013
ITEM_45	0,195	-0,032	0,195	-0,048	-0,102	-0,016

Quadro C.7: Correlação ponto-bisserial dos itens do ENEM 2009 [Fonte: Autor].

ITEM	Bisserial Gabarito	BISS. Alt. A	BISS. Alt. B	BISS. Alt. C	BISS. Alt. D	BISS. Alt. E
ITEM 1	0,418	-0,141	0,418	-0,161	-0,189	-0,193
ITEM 2	0,216	0,216	0,051	0,006	-0,049	-0,203
ITEM 3	0,219	-0,080	-0,038	0,219	0,005	-0,110
ITEM 4	0,292	-0,118	-0,185	-0,126	-0,106	0,292
ITEM 5	0,098	0,098	-0,086	-0,120	-0,004	0,108
ITEM 6	0,274	-0,145	-0,219	0,040	0,274	0,173
ITEM 7	0,334	-0,122	-0,134	0,334	-0,127	-0,165
ITEM 8	0,339	0,339	-0,161	-0,196	-0,042	-0,127
ITEM 9	0,234	-0,060	-0,049	-0,150	-0,035	0,234
ITEM 10	0,041	-0,159	0,186	0,041	-0,126	-0,076
ITEM 11	0,439	0,439	-0,160	-0,224	-0,195	-0,118
ITEM 12	0,309	-0,163	0,309	-0,073	-0,091	-0,140
ITEM 13	0,449	-0,137	-0,132	-0,170	0,449	-0,108
ITEM 14	0,496	-0,183	-0,213	-0,173	0,496	-0,180
ITEM 15	0,380	0,380	-0,116	-0,203	-0,067	-0,159
ITEM 16	0,490	-0,138	-0,176	0,490	-0,189	-0,166
ITEM 17	0,477	-0,190	0,477	-0,184	-0,165	-0,168
ITEM 18	0,421	0,421	-0,090	-0,208	-0,167	-0,114
ITEM 19	0,274	-0,125	0,274	-0,188	0,101	-0,105
ITEM 20	0,313	-0,129	0,029	-0,108	-0,125	0,313
ITEM 21	0,090	0,146	0,090	0,007	-0,118	-0,062
ITEM 22	0,176	-0,121	-0,053	0,036	0,176	-0,096
ITEM 23	0,230	-0,083	-0,039	-0,075	-0,012	0,230
ITEM 24	0,154	-0,053	0,057	-0,127	0,154	-0,036
ITEM 25	0,018	0,018	-0,098	0,032	-0,047	0,105
ITEM 26	0,206	-0,067	0,087	-0,147	-0,089	0,206
ITEM 27	0,018	0,000	0,021	0,021	-0,049	0,018
ITEM 28	0,119	-0,045	-0,054	0,119	0,008	-0,037
ITEM 29	0,177	-0,083	-0,109	-0,029	0,177	0,013
ITEM 30	0,497	-0,217	0,497	-0,170	-0,204	-0,155
ITEM 31	0,200	-0,063	0,077	0,200	-0,185	-0,100
ITEM 32	0,199	-0,053	-0,067	-0,091	0,199	0,017
ITEM 33	0,290	-0,141	0,290	-0,007	-0,164	-0,149
ITEM 34	0,254	-0,122	-0,083	-0,090	0,254	0,054
ITEM 35	0,219	-0,046	0,050	-0,080	-0,106	0,219
ITEM 36	0,282	-0,156	-0,103	0,019	-0,134	0,282
ITEM 37	0,110	0,110	-0,046	-0,024	-0,010	-0,012

ITEM 38	0,250	-0,034	0,250	-0,088	-0,108	-0,077
ITEM 39	0,304	-0,086	-0,143	-0,056	0,304	-0,008
ITEM 40	0,203	0,203	0,022	-0,113	-0,095	0,001
ITEM 41	0,337	-0,155	-0,063	0,337	-0,116	-0,084
ITEM 42	0,329	-0,061	-0,176	0,017	-0,185	0,329
ITEM 43	0,443	-0,182	-0,160	-0,184	0,443	-0,153
ITEM 44	0,494	-0,149	-0,122	-0,186	0,494	-0,186
ITEM 45	0,382	-0,107	-0,149	0,382	-0,117	-0,127

Quadro C.8: Correlação ponto-bisserial dos itens do ENEM 2010 [Fonte: Autor].

ITEM	Bisserial Gabarito	BISS. Alt. A	BISS. Alt. B	BISS. Alt. C	BISS. Alt. D	BISS. Alt. E
ITEM 1	0,150	-0,033	-0,054	0,048	0,150	-0,108
ITEM 2	0,460	-0,190	-0,206	0,460	-0,158	-0,150
ITEM 3	0,410	-0,166	-0,139	-0,172	-0,061	0,410
ITEM 4	0,424	0,424	-0,135	-0,168	-0,142	-0,162
ITEM 5	0,158	-0,100	0,057	0,158	0,060	-0,177
ITEM 6	0,278	-0,120	-0,027	-0,152	0,278	-0,124
ITEM 7	0,294	-0,192	0,294	-0,107	0,008	-0,045
ITEM 8	0,254	-0,096	0,095	-0,216	-0,058	0,254
ITEM 9	0,219	-0,019	-0,103	0,219	-0,103	-0,042
ITEM 10	0,081	0,054	0,081	-0,058	-0,041	-0,044
ITEM 11	0,333	-0,114	-0,132	0,333	-0,158	-0,050
ITEM 12	0,437	0,437	-0,187	-0,086	-0,171	-0,188
ITEM 13	0,233	-0,143	-0,075	-0,085	-0,019	0,233
ITEM 14	0,224	0,029	0,224	-0,069	-0,113	-0,115
ITEM 15	0,252	0,252	-0,018	-0,095	-0,044	-0,066
ITEM 16	0,244	-0,060	-0,137	0,244	-0,114	0,103
ITEM 17	0,128	-0,040	0,128	0,236	-0,235	-0,060
ITEM 18	0,320	-0,126	0,008	-0,145	-0,129	0,320
ITEM 19	0,394	0,394	-0,039	-0,212	-0,109	-0,116
ITEM 20	0,160	-0,119	0,005	0,044	-0,129	0,160
ITEM 21	0,450	-0,147	-0,104	0,450	-0,114	-0,133
ITEM 22	0,142	-0,103	0,056	-0,101	0,007	0,142
ITEM 23	0,391	-0,052	-0,162	-0,194	0,391	-0,115
ITEM 24	0,426	-0,216	-0,177	-0,163	-0,124	0,426
ITEM 25	0,228	0,028	-0,152	-0,095	0,228	-0,145
ITEM 26	0,349	0,349	-0,188	-0,134	-0,075	-0,127
ITEM 27	0,231	0,231	-0,043	-0,076	-0,097	-0,036
ITEM 28	0,192	0,022	0,192	-0,091	-0,053	-0,074
ITEM 29	0,022	-0,103	-0,100	0,045	0,022	0,141
ITEM 30	0,208	0,052	0,208	-0,086	-0,080	-0,091
ITEM 31	0,336	-0,163	-0,127	-0,045	-0,115	0,336
ITEM 32	0,216	-0,066	-0,144	0,041	0,216	-0,093
ITEM 33	0,088	0,134	0,088	0,013	-0,120	-0,120

ITEM 34	0,416	-0,047	0,416	-0,181	-0,167	-0,152
ITEM 35	0,134	-0,088	0,019	-0,020	0,134	-0,034
ITEM 36	0,205	-0,121	0,016	-0,055	0,205	-0,028
ITEM 37	0,366	-0,109	-0,156	-0,180	0,366	-0,179
ITEM 38	0,059	-0,056	-0,074	0,059	0,002	0,078
ITEM 39	0,292	0,292	-0,141	-0,041	-0,048	-0,075
ITEM 40	0,475	-0,160	0,475	-0,154	-0,185	-0,246
ITEM 41	0,387	-0,139	-0,141	0,387	-0,163	-0,110
ITEM 42	0,389	0,035	0,389	-0,077	-0,175	-0,203
ITEM 43	0,283	-0,123	-0,148	-0,154	0,283	0,017
ITEM 44	0,316	-0,153	-0,130	0,316	-0,143	-0,149
ITEM 45	0,437	0,437	-0,096	-0,187	-0,139	-0,212

Quadro C.9: Correlação ponto-bisserial dos itens do ENEM 2011 [Fonte: Autor].

ITEM	Bisserial Gabarito	BISS. Alt. A	BISS. Alt. B	BISS. Alt. C	BISS. Alt. D	BISS. Alt. E
ITEM 1	0,436	-0,163	0,436	-0,123	-0,110	-0,072
ITEM 2	0,425	0,425	-0,207	-0,119	-0,087	-0,194
ITEM 3	0,247	-0,013	-0,020	-0,058	-0,191	0,247
ITEM 4	0,358	-0,037	0,358	-0,137	-0,042	-0,143
ITEM 5	0,289	-0,123	-0,126	-0,120	-0,101	0,289
ITEM 6	0,405	-0,163	-0,108	-0,114	-0,179	0,405
ITEM 7	0,277	-0,068	-0,054	-0,174	0,277	-0,152
ITEM 8	0,394	0,394	-0,102	-0,147	-0,094	-0,159
ITEM 9	0,402	-0,047	0,402	-0,159	-0,136	-0,113
ITEM 10	0,154	-0,003	-0,044	-0,041	0,154	0,011
ITEM 11	0,291	-0,039	-0,134	-0,160	0,291	-0,062
ITEM 12	0,183	-0,073	-0,078	0,141	0,183	-0,148
ITEM 13	0,269	0,269	-0,094	-0,073	-0,092	-0,113
ITEM 14	0,226	-0,068	0,226	-0,121	-0,010	-0,063
ITEM 15	0,143	0,007	-0,049	0,143	-0,056	-0,088
ITEM 16	0,345	-0,095	-0,154	0,345	-0,068	-0,118
ITEM 17	0,135	-0,098	0,135	-0,070	0,004	-0,001
ITEM 18	0,387	0,387	-0,097	-0,096	-0,076	-0,221
ITEM 19	0,431	-0,120	-0,059	-0,170	-0,154	0,431
ITEM 20	0,257	0,018	-0,125	-0,119	-0,024	0,257
ITEM 21	0,153	0,153	-0,084	-0,013	-0,030	-0,014
ITEM 22	0,108	-0,028	-0,112	0,108	0,022	-0,025
ITEM 23	0,326	-0,239	0,028	-0,099	0,326	-0,046
ITEM 24	0,390	-0,189	-0,107	0,390	-0,096	-0,155
ITEM 25	0,145	0,062	-0,058	-0,186	0,145	0,064
ITEM 26	0,450	-0,163	-0,200	-0,153	-0,199	0,450
ITEM 27	0,425	-0,068	-0,161	0,425	-0,232	-0,105
ITEM 28	0,149	-0,064	-0,067	-0,073	0,057	0,149
ITEM 29	0,143	0,143	-0,046	-0,004	-0,078	0,012

ITEM 30	0,291	-0,109	-0,049	0,291	-0,124	-0,084
ITEM 31	0,318	-0,015	0,318	-0,051	-0,147	-0,112
ITEM 32	0,242	-0,131	-0,088	-0,118	0,242	0,041
ITEM 33	0,203	0,203	-0,115	-0,049	-0,030	-0,041
ITEM 34	0,202	-0,040	-0,059	0,202	-0,073	-0,080
ITEM 35	0,296	-0,148	-0,074	0,296	-0,130	-0,120
ITEM 36	0,382	-0,129	0,382	-0,097	-0,143	-0,087
ITEM 37	0,382	-0,102	-0,112	-0,059	-0,125	0,382
ITEM 38	0,277	-0,034	0,277	-0,109	-0,107	-0,008
ITEM 39	0,174	0,174	-0,124	-0,152	0,069	-0,007
ITEM 40	0,280	-0,030	-0,087	0,280	-0,106	-0,135
ITEM 41	0,330	-0,094	-0,046	-0,131	-0,084	0,330
ITEM 42	0,199	-0,127	-0,076	0,030	-0,080	0,199
ITEM 43	0,252	-0,053	0,252	-0,029	-0,094	-0,058
ITEM 44	0,338	-0,111	0,068	-0,106	-0,188	0,338
ITEM 45	0,313	-0,029	0,313	-0,106	-0,123	-0,059

Quadro C.10: Correlação ponto-bisserial dos itens do ENEM 2012 [Fonte: Autor].

ITEM	Bisserial Gabarito	BISS. Alt. A	BISS. Alt. B	BISS. Alt. C	BISS. Alt. D	BISS. Alt. E
ITEM 1	0,081	-0,137	0,081	-0,055	0,080	0,034
ITEM 2	0,274	-0,020	0,274	-0,165	-0,020	-0,092
ITEM 3	0,201	-0,135	0,004	-0,104	-0,008	0,201
ITEM 4	0,226	-0,040	-0,071	-0,083	0,226	-0,023
ITEM 5	0,363	0,363	-0,109	-0,075	-0,116	-0,195
ITEM 6	0,416	-0,160	0,416	-0,080	-0,153	-0,157
ITEM 7	0,312	-0,078	-0,138	-0,167	-0,103	0,312
ITEM 8	0,409	-0,074	0,409	-0,165	-0,126	-0,175
ITEM 9	0,307	-0,083	-0,070	-0,092	0,307	-0,027
ITEM 10	0,149	0,149	-0,017	-0,060	-0,018	-0,068
ITEM 11	0,178	-0,009	0,178	-0,082	-0,074	-0,002
ITEM 12	0,133	0,133	0,102	-0,055	-0,096	-0,067
ITEM 13	0,202	0,202	-0,052	0,013	-0,082	-0,092
ITEM 14	0,262	0,262	-0,064	-0,094	-0,106	0,013
ITEM 15	0,204	-0,046	0,204	-0,136	-0,067	-0,047
ITEM 16	0,163	-0,071	-0,173	0,163	0,028	0,029
ITEM 17	0,182	-0,098	0,182	-0,066	-0,063	0,005
ITEM 18	0,418	-0,141	-0,111	0,418	-0,096	-0,157
ITEM 19	0,077	-0,013	0,077	0,008	-0,052	-0,027
ITEM 20	0,189	-0,002	-0,054	0,189	-0,057	-0,054
ITEM 21	0,162	0,162	-0,043	-0,023	-0,069	-0,015
ITEM 22	0,240	-0,047	-0,224	0,240	-0,115	0,041
ITEM 23	0,184	-0,045	0,184	-0,065	-0,048	-0,033
ITEM 24	0,307	-0,043	-0,026	-0,075	-0,155	0,307

ITEM 25	0,286	-0,146	-0,100	0,286	-0,125	-0,128
ITEM 26	0,194	-0,053	-0,048	-0,063	0,194	-0,030
ITEM 27	0,122	0,004	-0,082	-0,068	0,060	0,122
ITEM 28	0,218	0,218	-0,049	-0,062	-0,063	-0,035
ITEM 29	0,167	-0,042	-0,089	0,167	0,100	-0,106
ITEM 30	0,150	-0,065	-0,027	-0,032	0,055	0,150
ITEM 31	0,108	-0,096	0,208	0,108	-0,138	-0,130
ITEM 32	0,159	-0,128	0,014	-0,036	0,159	0,005
ITEM 33	0,268	-0,084	0,268	-0,065	-0,102	-0,084
ITEM 34	0,103	0,002	0,172	-0,042	0,103	-0,171
ITEM 35	0,380	-0,150	0,380	-0,145	-0,098	-0,109
ITEM 36	0,292	0,292	-0,025	-0,127	-0,063	-0,119
ITEM 37	0,210	0,210	-0,050	0,007	-0,135	-0,076
ITEM 38	0,072	-0,012	-0,032	0,030	0,072	-0,044
ITEM 39	0,417	-0,097	0,417	-0,172	-0,135	-0,139
ITEM 40	0,125	0,125	0,003	-0,045	-0,026	-0,050
ITEM 41	0,146	-0,026	-0,036	-0,074	-0,002	0,146
ITEM 42	0,052	-0,134	0,052	0,170	-0,085	0,030
ITEM 43	0,315	-0,144	-0,036	-0,044	0,315	-0,063
ITEM 44	0,095	-0,053	0,095	-0,035	-0,034	0,000
ITEM 45	0,390	0,390	-0,175	-0,131	-0,130	-0,094

Quadro C.11: Correlação ponto-biserial dos itens do ENEM 2013 [Fonte: Autor].

ITEM	Bisserial Gabarito	BISS. Alt. A	BISS. Alt. B	BISS. Alt. C	BISS. Alt. D	BISS. Alt. E
ITEM 1	0,097	0,097	-0,143	-0,072	0,087	0,038
ITEM 2	0,233	0,005	-0,090	-0,063	0,233	-0,069
ITEM 3	0,116	-0,085	0,116	-0,044	0,038	-0,027
ITEM 4	0,295	-0,072	-0,028	-0,070	0,295	-0,138
ITEM 5	0,159	0,010	-0,108	-0,029	0,159	-0,036
ITEM 6	0,160	0,160	0,030	-0,084	-0,015	-0,087
ITEM 7	0,285	-0,098	-0,098	-0,097	0,285	-0,033
ITEM 8	0,221	0,221	-0,102	-0,068	0,007	-0,056
ITEM 9	0,255	-0,008	0,255	-0,054	-0,089	-0,091
ITEM 10	0,256	-0,067	-0,046	0,256	-0,101	-0,076
ITEM 11	0,184	-0,074	-0,072	-0,044	0,184	-0,041
ITEM 12	0,185	0,034	-0,055	0,185	-0,056	-0,087
ITEM 13	0,151	-0,143	0,151	0,008	0,044	-0,032
ITEM 14	0,097	-0,030	-0,035	0,011	0,097	-0,038
ITEM 15	0,293	-0,105	-0,092	0,293	-0,061	-0,060
ITEM 16	0,141	-0,108	0,141	-0,094	-0,087	0,123
ITEM 17	0,102	0,133	-0,041	-0,100	-0,057	0,102
ITEM 18	0,207	-0,076	-0,101	-0,002	-0,037	0,207
ITEM 19	0,153	-0,062	-0,038	0,153	-0,043	-0,010

ITEM_20	0,066	0,066	-0,035	-0,071	-0,014	0,046
ITEM_21	0,120	-0,019	0,120	-0,082	0,046	-0,063
ITEM_22	0,072	0,072	0,007	0,036	-0,056	-0,057
ITEM_23	0,108	0,006	-0,063	-0,035	-0,023	0,108
ITEM_24	0,304	-0,146	-0,061	-0,065	-0,065	0,304
ITEM_25	0,080	-0,056	0,048	0,024	0,080	-0,080
ITEM_26	0,276	-0,029	-0,068	-0,095	-0,054	0,276
ITEM_27	0,243	0,243	-0,042	-0,053	-0,054	-0,065
ITEM_28	0,150	-0,069	-0,013	-0,013	0,150	-0,046
ITEM_29	0,168	-0,005	-0,066	-0,077	0,168	-0,036
ITEM_30	0,283	-0,048	0,283	-0,052	-0,094	-0,113
ITEM_31	0,322	-0,094	-0,102	0,322	-0,065	-0,078
ITEM_32	0,136	-0,049	0,136	-0,071	-0,014	-0,004
ITEM_33	0,269	-0,066	-0,103	-0,070	0,269	-0,018
ITEM_34	0,230	-0,074	0,230	-0,115	-0,093	0,040
ITEM_35	0,271	-0,083	-0,080	-0,062	-0,101	0,271
ITEM_36	0,242	-0,036	0,242	-0,091	-0,103	-0,068
ITEM_37	0,076	0,076	0,025	-0,077	0,013	-0,033
ITEM_38	0,221	-0,052	0,221	-0,021	-0,116	0,002
ITEM_39	0,204	-0,124	-0,031	0,021	-0,023	0,204
ITEM_40	0,333	-0,117	-0,057	-0,072	0,333	-0,128
ITEM_41	0,313	-0,116	-0,101	-0,066	-0,009	0,313
ITEM_42	0,216	0,216	-0,063	-0,076	-0,024	-0,088
ITEM_43	0,138	-0,044	-0,007	0,138	-0,059	-0,043
ITEM_44	0,102	-0,117	-0,041	0,111	0,102	-0,062
ITEM_45	0,237	-0,065	-0,103	0,237	-0,071	0,003

Quadro C.12: Correlação ponto-bisserial dos itens do ENEM 2014 [Fonte: Autor].

C.1.3 Coeficiente alfa de Cronbach

Coeficiente alfa de Cronbach						
ITEM	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ITEM_1	0,726	0,737	0,745	0,739	0,582	0,434
ITEM_2	0,714	0,745	0,731	0,739	0,567	0,416
ITEM_3	0,731	0,746	0,734	0,747	0,573	0,433
ITEM_4	0,723	0,742	0,733	0,742	0,571	0,408
ITEM_5	0,721	0,750	0,743	0,746	0,558	0,429
ITEM_6	0,723	0,743	0,741	0,740	0,552	0,427
ITEM_7	0,729	0,741	0,740	0,746	0,564	0,410
ITEM_8	0,721	0,741	0,741	0,741	0,553	0,419
ITEM_9	0,727	0,746	0,744	0,740	0,564	0,414
ITEM_10	0,722	0,754	0,750	0,749	0,579	0,414
ITEM_11	0,718	0,736	0,738	0,746	0,574	0,427
ITEM_12	0,727	0,742	0,732	0,749	0,577	0,423

ITEM 13	0,720	0,735	0,743	0,747	0,573	0,427
ITEM 14	0,724	0,732	0,743	0,748	0,568	0,434
ITEM 15	0,730	0,739	0,741	0,752	0,576	0,409
ITEM 16	0,720	0,733	0,741	0,743	0,578	0,432
ITEM 17	0,730	0,733	0,745	0,751	0,577	0,430
ITEM 18	0,732	0,737	0,739	0,741	0,552	0,421
ITEM 19	0,719	0,743	0,735	0,739	0,584	0,428
ITEM 20	0,724	0,742	0,745	0,746	0,574	0,440
ITEM 21	0,722	0,749	0,732	0,751	0,576	0,431
ITEM 22	0,716	0,749	0,745	0,754	0,572	0,439
ITEM 23	0,735	0,745	0,735	0,744	0,576	0,437
ITEM 24	0,726	0,748	0,733	0,741	0,564	0,407
ITEM 25	0,728	0,752	0,743	0,750	0,566	0,436
ITEM 26	0,726	0,746	0,737	0,738	0,574	0,411
ITEM 27	0,735	0,751	0,743	0,739	0,578	0,415
ITEM 28	0,729	0,750	0,744	0,750	0,572	0,428
ITEM 29	0,729	0,748	0,748	0,750	0,575	0,428
ITEM 30	0,733	0,732	0,743	0,745	0,575	0,410
ITEM 31	0,738	0,747	0,738	0,744	0,581	0,404
ITEM 32	0,728	0,746	0,743	0,748	0,577	0,431
ITEM 33	0,723	0,743	0,747	0,749	0,568	0,412
ITEM 34	0,730	0,744	0,734	0,750	0,582	0,417
ITEM 35	0,733	0,745	0,746	0,746	0,556	0,412
ITEM 36	0,730	0,743	0,743	0,741	0,565	0,417
ITEM 37	0,723	0,750	0,736	0,741	0,575	0,436
ITEM 38	0,731	0,745	0,749	0,746	0,581	0,418
ITEM 39	0,732	0,742	0,740	0,750	0,552	0,420
ITEM 40	0,724	0,746	0,730	0,746	0,578	0,402
ITEM 41	0,732	0,741	0,735	0,744	0,578	0,406
ITEM 42	0,727	0,741	0,735	0,749	0,584	0,421
ITEM 43	0,729	0,735	0,741	0,746	0,564	0,432
ITEM 44	0,733	0,733	0,739	0,743	0,587	0,438
ITEM 45	0,730	0,739	0,733	0,744	0,555	0,417

Quadro C.13: Coeficiente alfa de Cronbach dos itens do ENEM de 2009 a 2014

[Fonte: Autor].

C.2 Análise Teoria de Resposta ao Item (Parâmetros da TRI)

Nessa seção apresentamos os parâmetros a , b e c , calculados para cada item das edições pesquisadas do ENEM.

ITEM	Parâmetro a	Parâmetro b	Parâmetro c
ITEM 1	0,013	311,590	0,005
ITEM 2	0,022	564,300	0,101
ITEM 3	0,009	706,877	0,296
ITEM 4	0,012	512,309	0,333
ITEM 5	0,012	525,406	0,220
ITEM 6	0,013	546,738	0,298
ITEM 7	0,004	570,551	0,000
ITEM 8	0,010	489,588	0,025
ITEM 9	0,017	711,342	0,127
ITEM 10	0,019	636,432	0,149
ITEM 11	0,015	534,336	0,138
ITEM 12	0,011	709,755	0,107
ITEM 13	0,013	415,075	0,001
ITEM 14	0,008	417,059	0,001
ITEM 15	0,020	733,269	0,169
ITEM 16	0,012	547,532	0,100
ITEM 17	0,037	746,168	0,046
ITEM 18	0,007	778,216	0,292
ITEM 19	0,020	608,948	0,159
ITEM 20	0,009	416,265	0,000
ITEM 21	0,031	632,860	0,217
ITEM 22	0,016	506,356	0,108
ITEM 23	0,016	803,814	0,284
ITEM 24	0,025	680,187	0,137
ITEM 25	0,023	687,827	0,181
ITEM 26	0,020	688,423	0,157
ITEM 27	-0,004	-400,503	0,111
ITEM 28	0,007	733,666	0,150
ITEM 29	0,027	679,592	0,273
ITEM 30	0,034	757,975	0,144
ITEM 31	-0,002	-244,333	0,006
ITEM 32	0,008	692,094	0,201
ITEM 33	0,025	655,085	0,139
ITEM 34	0,004	835,862	0,014
ITEM 35	0,039	776,330	0,120
ITEM 36	0,013	773,056	0,150
ITEM 37	0,015	637,920	0,139
ITEM 38	0,010	827,329	0,157
ITEM 39	0,018	762,936	0,224
ITEM 40	0,012	615,497	0,213
ITEM 41	0,008	845,287	0,179
ITEM 42	0,010	696,856	0,140
ITEM 43	0,010	752,319	0,161
ITEM 44	0,039	744,680	0,200

ITEM 45	0,024	723,447	0,142
---------	-------	---------	-------

Quadro C.14: Parâmetros TRI dos itens do ENEM de 2009 [Fonte: Autor].

ITEM	Parâmetro a	Parâmetro b	Parâmetro c
ITEM 1	0,017	459,812	0,133
ITEM 2	0,026	660,583	0,133
ITEM 3	0,017	679,013	0,169
ITEM 4	0,015	331,537	0,000
ITEM 5	0,032	710,817	0,176
ITEM 6	0,015	664,742	0,086
ITEM 7	0,010	406,316	0,001
ITEM 8	0,015	581,482	0,195
ITEM 9	0,005	638,565	0,000
ITEM 10	-0,003	-137,038	0,178
ITEM 11	0,018	464,949	0,127
ITEM 12	0,026	601,950	0,279
ITEM 13	0,034	568,108	0,178
ITEM 14	0,024	498,058	0,140
ITEM 15	0,015	552,532	0,159
ITEM 16	0,032	547,476	0,162
ITEM 17	0,025	510,535	0,192
ITEM 18	0,029	556,120	0,250
ITEM 19	0,018	647,454	0,129
ITEM 20	0,018	634,488	0,119
ITEM 21	0,042	700,134	0,098
ITEM 22	0,003	705,516	0,004
ITEM 23	0,022	668,004	0,121
ITEM 24	0,041	673,549	0,180
ITEM 25	-0,010	114,537	0,094
ITEM 26	0,008	737,972	0,097
ITEM 27	-0,010	114,048	0,080
ITEM 28	0,004	1065,795	0,184
ITEM 29	0,003	757,299	0,041
ITEM 30	0,025	494,877	0,142
ITEM 31	0,011	703,233	0,218
ITEM 32	0,051	645,171	0,187
ITEM 33	0,007	548,699	0,000
ITEM 34	0,060	628,779	0,172
ITEM 35	0,038	651,939	0,125
ITEM 36	0,016	629,921	0,211
ITEM 37	0,045	680,236	0,186
ITEM 38	0,025	635,711	0,273
ITEM 39	0,016	637,750	0,123
ITEM 40	0,028	663,356	0,154
ITEM 41	0,021	600,727	0,202

ITEM 42	0,024	608,148	0,201
ITEM 43	0,019	490,474	0,170
ITEM 44	0,026	544,132	0,129
ITEM 45	0,019	579,687	0,170

Quadro C.15: Parâmetros TRI dos itens do ENEM de 2010 [Fonte: Autor].

ITEM	Parâmetro a	Parâmetro b	Parâmetro c
ITEM 1	0,019	713,768	0,175
ITEM 2	0,024	504,933	0,219
ITEM 3	0,037	567,386	0,205
ITEM 4	0,031	545,222	0,254
ITEM 5	0,044	671,760	0,060
ITEM 6	0,006	544,363	0,005
ITEM 7	0,019	621,162	0,178
ITEM 8	0,029	650,284	0,072
ITEM 9	0,021	642,467	0,316
ITEM 10	-0,012	102,124	0,288
ITEM 11	0,016	603,895	0,154
ITEM 12	0,017	502,957	0,138
ITEM 13	0,022	621,334	0,396
ITEM 14	0,012	684,818	0,165
ITEM 15	0,036	636,110	0,128
ITEM 16	0,032	640,061	0,137
ITEM 17	0,051	673,307	0,117
ITEM 18	0,024	604,067	0,200
ITEM 19	0,022	578,210	0,149
ITEM 20	0,006	837,213	0,118
ITEM 21	0,030	570,736	0,126
ITEM 22	0,018	726,224	0,140
ITEM 23	0,018	557,249	0,182
ITEM 24	0,017	492,820	0,188
ITEM 25	0,005	626,145	0,030
ITEM 26	0,009	465,073	0,000
ITEM 27	0,018	653,892	0,211
ITEM 28	0,024	669,956	0,205
ITEM 29	-0,009	33,743	0,077
ITEM 30	0,045	639,202	0,184
ITEM 31	0,013	591,783	0,127
ITEM 32	0,004	682,413	0,006
ITEM 33	0,012	895,629	0,160
ITEM 34	0,018	538,178	0,158
ITEM 35	0,018	728,286	0,194
ITEM 36	0,049	643,927	0,149
ITEM 37	0,013	389,992	0,002
ITEM 38	-0,011	105,474	0,170

ITEM 39	0,016	627,605	0,158
ITEM 40	0,022	456,482	0,127
ITEM 41	0,018	539,810	0,230
ITEM 42	0,018	575,633	0,127
ITEM 43	0,010	606,558	0,172
ITEM 44	0,019	328,054	0,013
ITEM 45	0,021	511,977	0,215

Quadro C.16: Parâmetros TRI dos itens do ENEM de 2011 [Fonte: Autor].

ITEM	Parâmetro a	Parâmetro b	Parâmetro c
ITEM 1	0,022	595,830	0,050
ITEM 2	0,025	536,063	0,224
ITEM 3	0,011	658,869	0,151
ITEM 4	0,027	606,523	0,140
ITEM 5	0,009	445,575	0,110
ITEM 6	0,028	560,002	0,230
ITEM 7	0,008	398,096	0,026
ITEM 8	0,017	561,438	0,131
ITEM 9	0,022	579,711	0,135
ITEM 10	0,019	734,994	0,052
ITEM 11	0,016	592,080	0,280
ITEM 12	0,006	805,853	0,011
ITEM 13	0,022	605,565	0,351
ITEM 14	0,036	641,872	0,223
ITEM 15	0,055	651,687	0,230
ITEM 16	0,018	602,373	0,136
ITEM 17	0,021	716,402	0,191
ITEM 18	0,024	570,535	0,204
ITEM 19	0,033	575,323	0,154
ITEM 20	0,035	639,079	0,149
ITEM 21	0,029	684,244	0,176
ITEM 22	0,046	681,212	0,279
ITEM 23	0,012	600,219	0,093
ITEM 24	0,021	547,235	0,232
ITEM 25	0,019	724,461	0,131
ITEM 26	0,022	449,565	0,019
ITEM 27	0,030	541,968	0,247
ITEM 28	0,025	701,081	0,156
ITEM 29	0,025	702,517	0,145
ITEM 30	0,026	616,816	0,221
ITEM 31	0,025	614,423	0,176
ITEM 32	0,011	659,906	0,167
ITEM 33	0,022	664,375	0,245
ITEM 34	0,031	643,628	0,312
ITEM 35	0,013	512,523	0,363

ITEM 36	0,027	588,090	0,170
ITEM 37	0,032	598,064	0,148
ITEM 38	0,027	640,197	0,120
ITEM 39	0,009	762,923	0,153
ITEM 40	0,011	607,321	0,184
ITEM 41	0,036	608,996	0,187
ITEM 42	0,014	696,931	0,174
ITEM 43	0,026	650,650	0,119
ITEM 44	0,026	619,290	0,120
ITEM 45	0,043	612,029	0,177

Quadro C.17: Parâmetros TRI dos itens do ENEM de 2012 [Fonte: Autor].

ITEM	Parâmetro a	Parâmetro b	Parâmetro c
ITEM 1	0,057	685,624	0,143
ITEM 2	0,036	612,536	0,242
ITEM 3	0,015	693,611	0,131
ITEM 4	0,053	629,791	0,176
ITEM 5	0,018	552,409	0,171
ITEM 6	0,021	541,709	0,092
ITEM 7	0,010	447,826	0,001
ITEM 8	0,026	544,497	0,172
ITEM 9	0,023	627,078	0,092
ITEM 10	0,009	818,688	0,206
ITEM 11	0,027	682,459	0,097
ITEM 12	0,045	678,089	0,108
ITEM 13	0,008	727,442	0,098
ITEM 14	0,026	641,696	0,116
ITEM 15	0,004	579,685	0,021
ITEM 16	0,080	654,354	0,268
ITEM 17	0,009	738,970	0,247
ITEM 18	0,030	555,649	0,145
ITEM 19	-0,008	64,756	0,177
ITEM 20	0,064	645,614	0,170
ITEM 21	0,042	673,342	0,170
ITEM 22	0,006	545,627	0,001
ITEM 23	0,022	680,726	0,216
ITEM 24	0,025	611,783	0,147
ITEM 25	0,020	465,156	0,483
ITEM 26	0,043	650,436	0,206
ITEM 27	0,062	672,739	0,129
ITEM 28	0,022	659,177	0,153
ITEM 29	0,020	703,180	0,129
ITEM 30	0,054	667,164	0,067
ITEM 31	0,066	676,281	0,196

ITEM 32	0,007	836,847	0,130
ITEM 33	0,011	620,975	0,161
ITEM 34	0,003	1740,872	0,167
ITEM 35	0,030	561,676	0,214
ITEM 36	0,012	615,852	0,068
ITEM 37	0,011	683,439	0,263
ITEM 38	-0,013	100,923	0,112
ITEM 39	0,026	540,278	0,147
ITEM 40	0,025	731,059	0,140
ITEM 41	0,020	725,181	0,188
ITEM 42	-0,364	333,297	0,136
ITEM 43	0,040	618,790	0,092
ITEM 44	-0,011	234,817	0,336
ITEM 45	0,023	537,866	0,190

Quadro C.18: Parâmetros TRI dos itens do ENEM de 2013 [Fonte: Autor].

ITEM	Parâmetro a	Parâmetro b	Parâmetro c
ITEM 1	0,000	6717,653	0,095
ITEM 2	0,035	656,959	0,151
ITEM 3	-0,040	331,671	0,173
ITEM 4	0,027	615,460	0,153
ITEM 5	0,035	688,440	0,259
ITEM 6	0,006	713,014	0,003
ITEM 7	0,021	620,912	0,184
ITEM 8	0,010	618,729	0,000
ITEM 9	0,010	651,170	0,001
ITEM 10	0,048	645,020	0,247
ITEM 11	-0,021	299,336	0,319
ITEM 12	0,005	756,272	0,006
ITEM 13	0,027	715,277	0,163
ITEM 14	0,062	728,842	0,177
ITEM 15	0,057	622,064	0,205
ITEM 16	0,020	762,475	0,257
ITEM 17	0,003	1334,257	0,027
ITEM 18	0,034	669,633	0,215
ITEM 19	-0,098	345,150	0,181
ITEM 20	-0,002	-469,801	0,044
ITEM 21	0,045	716,311	0,170
ITEM 22	-0,001	-1247,631	0,070
ITEM 23	-0,003	-40,548	0,119
ITEM 24	0,052	604,357	0,212
ITEM 25	-0,016	283,184	0,121
ITEM 26	0,013	643,660	0,022

ITEM 27	0,011	670,986	0,035
ITEM 28	0,072	680,486	0,195
ITEM 29	-0,033	313,435	0,238
ITEM 30	0,026	622,763	0,182
ITEM 31	0,023	599,071	0,096
ITEM 32	0,041	708,625	0,221
ITEM 33	0,017	633,735	0,086
ITEM 34	0,019	681,054	0,114
ITEM 35	0,019	631,450	0,212
ITEM 36	0,035	647,709	0,281
ITEM 37	-0,004	-12,443	0,064
ITEM 38	0,045	650,629	0,149
ITEM 39	0,015	697,623	0,090
ITEM 40	0,020	572,818	0,074
ITEM 41	0,025	617,485	0,102
ITEM 42	0,027	644,007	0,246
ITEM 43	0,050	712,694	0,263
ITEM 44	-0,018	336,951	0,197
ITEM 45	0,025	653,501	0,174

Quadro C.19: Parâmetros TRI dos itens do ENEM de 2014 [Fonte: Autor].

Apêndice D - Produto Educacional

Como produto educacional gerado no âmbito desse mestrado, produziu-se um livro com o intuito de servir de apoio ao professor de física para realizar pesquisas na linha de avaliação de grande escala e, principalmente dar subsídios ao professor para desenvolver um olhar crítico sobre o assunto.

Avaliações externas de grande escala

Possíveis contribuições para o Ensino de Física

Pablo Rafael de Oliveira Carlos

Orientador: Professor Dr. Wilson de Souza Melo

Avaliações Externas de Grande Escala

*Possíveis contribuições para o Ensino
de Física*

Pablo Rafael de Oliveira Carlos

FICHA CATALOGRÁFICA

Carlos, Pablo Rafael de Oliveira

Avaliações Externas de Grande Escala: *Possíveis contribuições para o Ensino de Física* / Pablo Rafael de Oliveira Carlos. -- 2016.

128 p.

Orientador: Wilson de Souza Melo

Produto educacional de mestrado profissional - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós Graduação em Física, 2016.

1. Ensino de Física. 2. Avaliações de larga escala de Física. 3. Teoria de Resposta ao Item. 4. Proficiência em Física. 5. Exame Nacional do Ensino Médio.

Prefácio.....	7
Capítulo 1 - Introdução.....	10
Capítulo 2 – Matriz de referência e a categorização do conhecimento. Exemplo em Física	15
Capítulo 3 – Medidas educacionais (Modelos matemáticos)	31
Capítulo 4 – Avaliação educacional – características e vantagens.....	54
Capítulo 5 – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e as avaliações.....	66
Capítulo 6 – Recursos computacionais	87
Considerações finais	110
Anexo 1 - Questionário prévio	112
Anexo 2 - Teste Avaliativo.....	113
Anexo 3 - Questionário pós-intervenção.....	115

Anexo 4 – Mapa de Itens do ENEM – Descrição dos níveis de proficiência.....	116
Anexo 5 – Habilidades ainda não inseridas no Mapa de Itens do ENEM	119
Referências bibliográficas	121

Agradecimentos

À minha amada esposa Carolina por todo amor, apoio, paciência e incentivo principalmente durante minha trajetória acadêmica e pelas numerosas revisões textuais.

Aos meus pais por todo amor, carinho e apoio dado.

Ao meu orientador Professor Wilson de Souza Melo por toda dedicação e ensinamentos dados durante esse trabalho.

Ao professor Jose Luiz Matheus Valle pelas valiosas contribuições que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Aos demais professores do programa de pós-graduação em Ensino de Física da UFJF.

Ao Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação – CAEd, pela dispensa concedida para minha qualificação profissional.

À FAPEMIG pelo recurso financeiro que possibilitou a compra dos kits experimentais.

“Viver num mundo sem tomar consciência do significado do mundo é como vagar por uma imensa biblioteca sem tocar os livros.” (Dan Brown)

Prefácio

Caro(a) professor(a) nesse material você encontrará um suporte para ajudá-lo a melhor compreender a estrutura de funcionamento das avaliações externas de grande escala, bem como exemplos de possíveis ações que busquem potencializar suas atividades pedagógicas.

Esse livro foi desenvolvido com o objetivo de tentar suprir as necessidades do professor no que tange às avaliações de larga escala. A intenção é fornecer aportes teóricos e metodológicos capacitando o docente a trabalhar com os dados gerados pelas avaliações externas, possibilitando o desenvolvimento de ações pedagógicas mais condizentes com a realidade educacional de sua escola.

Apesar do crescente reconhecimento da importância que as avaliações externas tiveram nas últimas décadas, muitos professores e demais agentes do sistema educacional desconhecem seu papel ou não compreendem o seu funcionamento e, conseqüentemente não utilizam os resultados gerados por tais avaliações. Muitas vezes os dados gerados são deixados de lado provocando uma grande defasagem para o processo evolutivo da educação. É pensando nessa necessidade de capacitação dos profissionais envolvidos no ensino que motivou a elaboração dessa obra.

Esse livro é resultado do produto educacional desenvolvido ao longo da pesquisa de mestrado do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física polo

UFJF. Caracteriza-se como um Guia de Elaboração, revisão e aplicação de instrumentos de avaliação no ensino de Física cuja finalidade é dar subsídios aos professores para desenvolver um olhar crítico sobre essas avaliações, além de auxiliar no tratamento dos dados gerados e na utilização desses dados para desenvolver atividades em sala de aula buscando potencializar o ensino-aprendizagem em Física. Espera-se com esse trabalho despertar nos professores de física um maior interesse sobre os aspectos e as possibilidades das avaliações de larga escala.

Primeiramente é feita uma breve reflexão sobre o ato de avaliar, tanto em aspectos conceituais quanto legislativo. Na sequência são apresentados alguns tipos de avaliações e seus objetivos, as técnicas utilizadas na elaboração dos instrumentos de avaliação desde a matriz de referência, passando pela construção do item até a montagem dos cadernos de teste e interpretação da escala de proficiência de Física. É realizado um estudo sobre a Teoria Clássica dos Testes e a Teoria de Resposta ao Item. Essas duas teorias estatísticas são utilizadas para gerar as notas dos avaliados bem como os parâmetros dos itens.

Em seguida, é apresentada a parte que corresponde à essência desse trabalho, oferecendo ao professor exemplos de como gerar e interpretar os parâmetros estatísticos com o apoio dos softwares R e SPSS, para essa seção do trabalho é utilizada como exemplo a base do ENEM de 2012.

Finalmente é realizada uma proposta de intervenção pedagógica elaborada e pensada de acordo com as

características cognitivas apresentadas pelos concluintes do Ensino Médio pesquisadas nos resultados das edições do ENEM de 2009 até 2014.

Esperamos que esse livro seja útil tanto para o professor que se interessar em utilizar os resultados das avaliações de Física na tentativa de melhorar o ensino dessa Ciência, bem como para aquele que desejar desenvolver pesquisas na área de avaliações de grande escala.

Como apoio será disponibilizado um link¹ para download com os comandos salvos dos programas utilizados nessa pesquisa.

Além de apoio ao professor, essa obra pode ser estendida para os alunos, na tentativa de esclarecer para o discente o papel deles ao responder os instrumentos de avaliação, como responsáveis por fornecer informações importantes para diagnosticar o ensino de Física no país.

Esperamos verdadeiramente ter contribuído para a melhoria do Ensino da Física no Brasil.

¹ Para receber o link basta entrar em contato através do e-mail: pablorafael1990@gmail.com.

Capítulo 1 - Introdução

Desde a década de 1990 as avaliações de larga escala têm ganhado espaço e mostrado sua verdadeira importância. Avaliar um sistema educacional é levantar dados e informações sobre uma determinada realidade que possibilite diagnosticar e agir de maneira mais condizente com a realidade educacional, potencializando a ação pedagógica dos professores e demais envolvidos no cotidiano escolar.

Embasada principalmente na Constituição Federal de 1988, na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional na qual é assegurado o processo de avaliação nacional do rendimento escolar, cujo objetivo é definir prioridades e as melhorias na qualidade do ensino, seus resultados possibilitam melhorar a gestão escolar permitindo um desenvolvimento maior da qualidade educacional. A possibilidade de efetuar análises mais próximas e mais detalhadas das próprias escolas, das regionais de ensino ou até mesmo da rede estadual e nacional de ensino, auxilia nas tomadas de decisões de todo o contexto escolar, principalmente no que diz respeito às prioridades para promover a evolução da educação.

O que é avaliar?

O processo avaliativo é algo que está presente em todas as fases da vida de um ser humano, portanto é importante o entendimento sobre esse momento de

reflexão sobre as ações passadas. Mas de fato o que é avaliar e por qual motivo estamos sempre em algum momento parando para fazer uma avaliação? Antes de tudo é importante deixar claro que o ato de avaliar é uma atitude de olhar para o passado, olhar para o que foi feito e refletir sobre a eficácia dessas ações.

Avaliar é o método pelo qual se busca estabelecer a medida de qualidade ou validade de um determinado processo ou ação. Avaliar é no sentido literal tornar válido, estabelecer a valia de algo. Nessa perspectiva fica claro que a avaliação está presente em todos os instantes da vida de um ser pensante, que a todo o momento avalia sobre suas ações ou sobre determinadas atitudes, buscando determinar parâmetros que servirão de medida de qualidade e validade de tal ação. Através da avaliação é possível detectar problemas ao longo de um procedimento possibilitando a correção a fim de se atingir melhores resultados.

De acordo com BLOOM, avaliar é um processo de julgamento a partir de critérios e padrões que permite apreciar o grau de validade ou efetividade de algo [BLOOM, 1973]. Nesse sentido, no contexto da sala de aula, a todo instante, o professor reflete sobre sua abordagem pedagógica, avaliando se foi ou não eficaz, procurando detectar o que deve ser modificado ou ser mantido. Portanto avaliar é refletir se algo está dando certo ou se necessita de algum tipo de intervenção a fim de atingir maiores qualidades e, portanto maior eficácia. A avaliação possibilita ao docente saber os conteúdos que foram e os que não foram assimilados por seus alunos e

traz evidências da eficiência das metodologias de ensino utilizadas.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), a avaliação tem como um de seus objetivos:

“[...] subsidiar o professor com elementos para uma reflexão contínua sobre a sua prática, sobre a criação de novos instrumentos de trabalho e a retomada de aspectos que devem ser revistos, ajustados ou reconhecidos como adequados para o processo de aprendizagem individual ou de todo grupo. Para o aluno, é o instrumento de tomada de consciência de suas conquistas, dificuldades e possibilidades para reorganização de seu investimento na tarefa de aprender. Para a escola, possibilita definir prioridades e localizar quais aspectos das ações educacionais demandam maior apoio.

[...] a avaliação contemplada nos Parâmetros Curriculares Nacionais é compreendida como: elemento integrador entre a aprendizagem e o ensino; conjunto de ações cujo objetivo é o ajuste e a orientação da intervenção pedagógica para que o aluno aprenda da melhor forma; conjunto de ações que busca obter informações sobre o que foi aprendido e como; elemento de reflexão contínua para o professor sobre sua prática educativa; instrumento que possibilita ao aluno tomar consciência de seus avanços, dificuldades e possibilidades; ação que ocorre durante todo o processo de ensino e aprendizagem e não apenas em momentos específicos caracterizados como

fechamento de grandes etapas de trabalho. Uma concepção desse tipo pressupõe considerar tanto o processo que o aluno desenvolve ao aprender como o produto alcançado. Pressupõe também que a avaliação se aplique não apenas ao aluno, considerando as expectativas de aprendizagem, mas às condições oferecidas para que isso ocorra. Avaliar a aprendizagem, portanto, implica avaliar o ensino oferecido— se, por exemplo, não há a aprendizagem esperada significa que o ensino não cumpriu com sua finalidade: a de fazer aprender [PCN, 1997].”

Uma vez definido o conceito de avaliação, pode-se melhor entender os objetivos das avaliações de larga escala – ou avaliações externas. No contexto da educação, esses tipos de avaliações procuram identificar fatores intra e extra-escolares que podem afetar todo o sistema educativo. As avaliações de larga escala geram numerosos dados que são utilizados para nortear as tomadas de decisões tanto no âmbito político quanto no pedagógico almejando maior qualidade do sistema educacional. Seus resultados possibilitam melhorar a gestão, efetuar análises mais próximas e detalhadas do sistema educacional que irá auxiliar nas tomadas de decisões de todo o contexto escolar. Além disso, para o professor os dados gerados por essas avaliações possibilitam delinear um plano de ensino mais condizente com as necessidades reais da escola, o que possivelmente irá potencializar a eficácia de sua abordagem em sala de aula.

Por que avaliar?

De acordo com o artigo 205 da constituição federal de 1988

“A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho [Brasil, 1988].”

A educação é um direito de todo cidadão, no entanto somente disponibilizar uma vaga em uma escola não é garantia de que o direito de educação está sendo cumprido. Além da vaga é preciso garantir que a educação ofertada seja de qualidade, e é nesse ponto que inicia o papel das avaliações externas de grande escala.

A avaliação externa é a ferramenta mais adequada para suprir a necessidade de se produzir dados que mostrem se o direito dos cidadãos a uma educação eficiente e de qualidade está sendo cumprida ou não, e quando não está a avaliação é capaz de nortear o caminho para atingir tal objetivo, apontando as prioridades das ações que devem ser tomadas a fim de solucionar os problemas do sistema.

Capítulo 2 – Matriz de referência e a categorização do conhecimento. Exemplo em Física

Matriz de Referência

A matriz de referência é um documento que norteará todo o processo de elaboração do instrumento de avaliação. Nesse documento é encontrado o conjunto de habilidades que se espera que os alunos que estão na etapa avaliada tenham desenvolvido. De acordo com PDE/SAEB a Matriz de Referência é o referencial curricular do que será avaliado em cada disciplina e série, informando as competências e habilidades esperadas dos alunos [PDE/SAEB Brasil, 2011].

É de extrema importância que o professor não confunda a matriz de referência com o currículo que deve ser usado para elaborar o plano anual de curso e de aula. A matriz de referência para a avaliação é apenas um recorte do currículo mínimo, contendo apenas as habilidades consideradas mínimas para a etapa de escolarização em questão e habilidades que são possíveis de serem aferidas através dos testes utilizados nas avaliações. As matrizes de referência não englobam todo o currículo escolar. É feito um recorte com base no que é possível aferir por meio do tipo de instrumento de medida utilizado e que, ao mesmo tempo, é representativo do que está contemplado nos currículos vigentes no Brasil [...]. As matrizes são, portanto, a referência para a elaboração dos itens da Prova [PDE/SAEB Brasil, 2011].

Mesmo não sendo conteúdo e englobando apenas parte do currículo as matrizes são importantes instrumentos para análise e problematização nas escolas. A análise indica a origem das questões e que tipos de conhecimento estão sendo cobrados nos testes [PEREIRA, 2014]. É importante que os agentes envolvidos no processo de ensino tenham conhecimento sobre a elaboração das matrizes. Esse processo de elaboração leva em conta a hierarquização dos conhecimentos e dessa forma utiliza-se de um instrumento para padronização da linguagem empregada nesses tipos de documentos, a Taxonomia de Bloom. Quando conhecidas as matrizes curriculares torna-se possível analisar os resultados dos testes verificando o que e quanto os alunos apreenderam no percurso desenvolvido até então. Possibilita perceber onde estão as deficiências que atingem a maioria dos alunos [PEREIRA, 2014].

A matriz é dividida em tópicos ou domínios relacionados ao conteúdo. Cada domínio é constituído por um conjunto de descritores. O descritor está relacionado a uma determinada habilidade e um conhecimento do conteúdo a ser avaliado. O descritor é uma associação entre conteúdos curriculares e operações mentais desenvolvidas pelos alunos, traduzindo determinadas habilidades e competências. Essa associação apresenta um resultado que orienta todo o processo de construção dos itens do teste de proficiência escolar [OLIVEIRA, 2008].

Portanto, todo o instrumento de avaliação é elaborado de acordo com a matriz de referência, esse instrumento deve ser pensado de forma a abordar todos os descritores da

matriz garantindo assim que sejam avaliadas todas as habilidades presentes nesse documento.

Taxonomia de Bloom

Com as elaborações de currículos, matrizes e outros documentos educacionais perceberam-se uma necessidade de padronização da comunicação, ou seja, uma forma padronizada de linguagem que possibilita o diálogo entre quem elabora e quem lê os documentos. Dessa forma, no ano de 1956, Benjamin S. Bloom entre outros pesquisadores, organizaram a chamada Taxonomia de Bloom, uma ferramenta que cumpre com esse objetivo de padronização das linguagens utilizadas em documentos educacionais. Segundo BLOOM a taxonomia tem a finalidade de classificar objetivos do sistema educacional bem como facilitar a troca de informações sobre os desenvolvimentos curriculares e os planos de avaliação [BLOOM ET AL,1972, pag. 1].

Entre as diversas aplicações da taxonomia destacam as seguintes: Auxiliar na especificação de objetivos em currículos, subsidiar o planejamento de aula, ajudar no preparo de programas de avaliação, facilitar a comunicação, favorecer a troca de ideias e materiais entre especialistas da educação.

Diferente de uma simples classificação dos objetivos educacionais, a taxonomia vai além, formando uma espécie de hierarquia entre tais objetivos, dessa forma diferentes ações cognitivas são classificadas em diferentes níveis de complexidade. A partir disso, verifica-se que um ensino adequado de um determinado conteúdo deve almejar o desenvolvimento de habilidades mais complexas

a partir do desenvolvimento de habilidades consideradas mais simples. Como exemplo, para que um estudante de física consiga compreender adequadamente os conceitos relacionados às Leis de Newton, ele precisa conhecer de antemão alguns outros conceitos básicos e algumas grandezas e terminologias como, vetores, grandezas de natureza escalares e vetoriais, entre outros, portanto ele precisa desenvolver habilidades mais simples para que essas habilidades lhe sirvam de ancoradouro para o desenvolvimento de habilidades mais complexas. Assim o professor ao elaborar as atividades de ensino deve levar em consideração essa sequência adequada, é nesse ponto que a taxonomia pode ajudar, dando uma verdadeira contribuição para uma adequada e mais precisa categorização desses níveis de complexidade das ações cognitivas.

A Taxonomia visa a classificação dos comportamentos esperados dos alunos após receberem a explanação de um determinado conteúdo por meio de uma determinada técnica utilizada pelo docente. Os autores deixam claro que não pretendem classificar a metodologia utilizada nem o relacionamento de aluno e professor, e sim a classificação do comportamento esperado, ou seja, o modo de agir, o sentimento e o pensamento desenvolvidos nos alunos como resultado de sua interação com alguma atividade de ensino [BLOOM ET AL,1972, pag. 11].

É importante ainda deixar claro que, o resultado final não necessariamente vai ser igual ao esperado, uma vez que nem todo aluno responde igualmente a uma mesma intervenção pedagógica.

Passados cerca de 40 anos da publicação da taxonomia original, percebeu-se a necessidade de revisão no material original devido às novas teorias e tecnologias educacionais que surgiram nesses últimos anos.

Estrutura da Taxonomia original

A Taxonomia original é estruturada em três domínios: Cognitivo, Afetivo e o Psicomotor. O domínio cognitivo está relacionado às atividades pertinentes à cognição, memória, às habilidades e capacidades intelectuais. No domínio afetivo estão relacionados objetivos como mudanças de interesses, atitudes e valores e esse domínio é afetado pelo cognitivo. O terceiro relaciona-se às habilidades manipulativas ou motoras [BLOOM ET AL,1972, pag. 6].

Domínio cognitivo

Na taxonomia original o domínio cognitivo é dividido em seis níveis que são apresentados na imagem abaixo em ordem crescente de nível de complexidade.

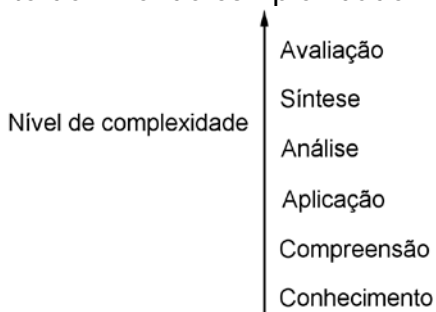


Figura 2.1: Níveis cognitivos de acordo com a taxonomia original. [Fonte: BLOOM ET AL, 1973].

Um objetivo educacional é composto por um verbo que traz a descrição do processo cognitivo pretendido e um substantivo que descreve o conhecimento que se espera, por exemplo, o descritor D39 do SADEAM do 3º ano do Ensino Médio traz o objetivo “Diferenciar massa e peso de um corpo e suas unidades de medida”, o verbo “diferenciar” expressa o processo cognitivo no nível de análise enquanto o substantivo “massa e peso” expressa o conhecimento que se pretende desenvolver.

No nível do Conhecimento o aluno apenas lembra-se de algo sem necessariamente aplicar, ou entender. Neste nível ele apenas evoca informações específicas e isoladas como terminologia, fatos específicos e convenções, este é o nível de mais baixa complexidade, mas que é importante para que se estabeleçam os demais níveis de cognição. Um exemplo desse nível pode ser observado na matriz de referência do PAEBES do 3º Ano do Ensino Médio o descritor D42 que traz a descrição: Identificar as principais unidades de medidas físicas no Sistema Internacional de Unidades.

No manual original os próximos cinco níveis são classificados como capacidades e habilidades intelectuais. O nível de Compreensão é o nível mais baixo dessa classe, o aluno já inicia o entendimento de algum conteúdo, mas ainda não consegue estabelecer relações entre eles. Esse nível representa para o aluno o entendimento da mensagem literal contida em uma comunicação podendo ser modificada mentalmente por ele sendo expressa de maneira mais significativa [BLOOM ET AL,1972, pag. 77], nesse momento ocorre uma reorganização de seus conhecimentos, e essa reorganização servirá de suporte

para novos conhecimentos e habilidades. Novamente recorrendo à matriz de referência do PAEBES o descritor D68 - Interpretar grandezas físicas (potência, voltagem, intensidade de corrente, entre outros) em aparelhos eletroeletrônicos -, é um bom exemplo desse nível da taxonomia.

No nível Aplicação o aluno já é capaz de utilizar conceitos aprendidos anteriormente para resolver determinados problemas em uma situação nova ou mesmo um procedimento em alguma situação específica. De acordo com o manual original a diferença entre os níveis de compreensão e aplicação pode ser observada na seguinte situação:

"[...] um problema, ao nível da categoria da compreensão, requer que o aluno conheça suficientemente a abstração para demonstrar seu uso quando é necessário. A "aplicação", entretanto, requer uma etapa além dessa. Em um problema novo para o aluno, ele deverá aplicar as abstrações apropriadas sem que lhe tenha sido sugerido quais são essas abstrações ou sem que lhe seja ensinado como usá-las naquela situação [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 103]."

A figura abaixo, extraída do manual original, traz um pequeno resumo do processo de resolução de problemas na categoria de aplicação.

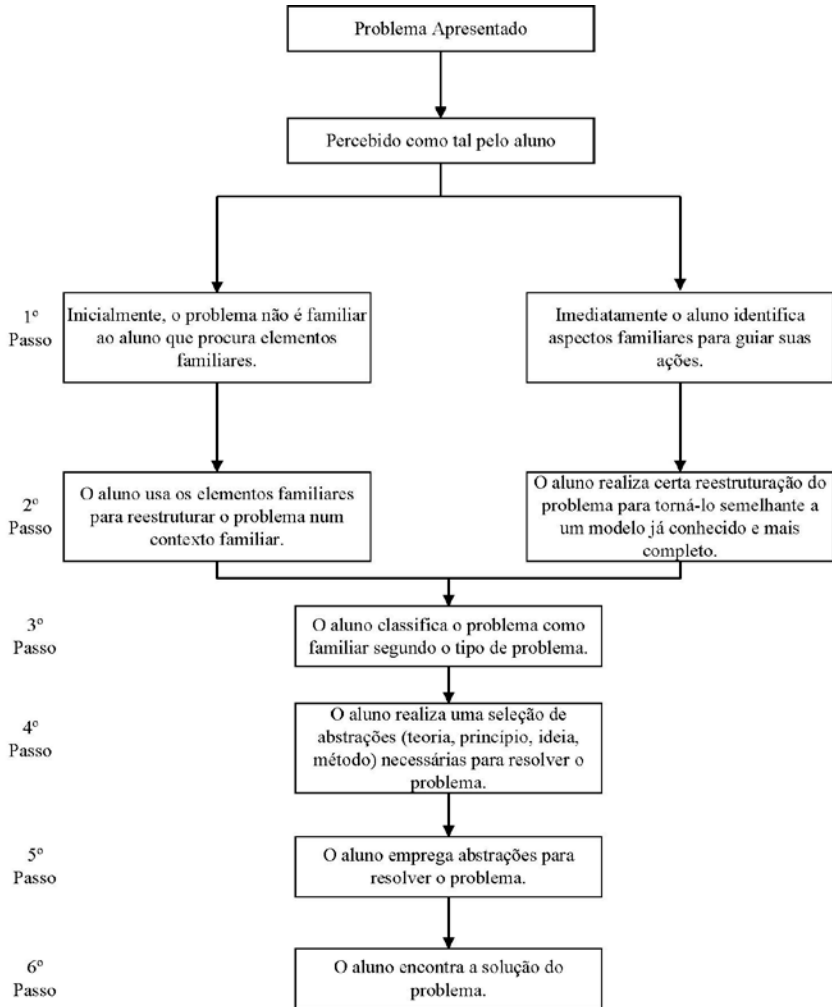


Figura 2.2: Resumo esquemático do processo de resolução de problemas na categoria de aplicação [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 104].

Um exemplo dessa categoria taxonômica pode ser extraído da matriz de referência do 3º ano do Ensino Médio do SADEAM, o descritor D03 - Aplicar o Princípio da Conservação da Energia Mecânica para resolver situações-problema envolvendo um corpo deslocando-se próximo à superfície da Terra.

O nível de Análise envolve o uso de desfragmentação de problemas mais complexos em problemas conhecidos que podem ser solucionados isoladamente, mas que se relacionam. De acordo com a taxonomia original no nível cognitivo de análise,

“[...] focaliza o desdobramento do material em suas partes constitutivas, a percepção de suas inter-relações e os modos de organização. Orienta-se, também, em relação às técnicas e instrumentos que se empregam para comunicar o significado ou estabelecer o resultado final de uma comunicação [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 123].”

O desenvolvimento desse nível de cognição é sem dúvida de extrema importância, principalmente na Física. Um exemplo para o nível de análise pode ser verificado no descritor D27 - Diferenciar calor e temperatura. – retirado da matriz de referência do 2º ano do Ensino Médio do SABE.

No nível de Síntese o aluno já é capaz de relacionar as partes de um todo e criar algo novo, ele consegue juntar tudo que aprendeu separadamente e compreender de fato como o todo funciona, como ocorre no ensino de Física, em que são ensinadas diversas partes separadas como conceitos de massa, força, inércia entre outros conceitos e

o entendimento de todos esses conceitos leva ao entendimento de um campo maior a mecânica. A habilidade de síntese está relacionada à possibilidade de desenvolver a habilidade de criação. De acordo com o manual original entende-se por síntese

"[...] a união de elementos e partes, de modo a formar um todo. É um processo de trabalhar com elementos, partes, etc. e combiná-los para que constituam uma configuração não claramente percebida antes. [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 137]."

É importante destacar que nesse nível, diferentemente dos níveis mais baixos de compreensão, aplicação e análise, a habilidade de síntese possibilita ao aluno reunir informações de diversas fontes e reorganizá-lo de uma maneira que não era claramente percebida antes e dessa forma chegar a conclusões mais completas a respeito do conteúdo sintetizado. Essa habilidade é avaliada principalmente por meio de redações como as aplicadas nas avaliações do ENEM.

Atividades relacionadas à essa habilidade podem potencialmente proporcionar uma experiência mais ampla do que as atividades tradicionais de aquisição de ideias e conceitos [BLOOM ET AL, 1972]. Um bom exemplo de atividades relacionadas à habilidade de síntese é o projeto mão na massa cuja principal finalidade é o ensino de Ciências buscando a construção do conhecimento por meio do levantamento de hipóteses e sua verificação através da experimentação, da observação direta do ambiente e de pesquisas bibliográficas, enfatizando o registro escrito e as conclusões pessoais e coletivas

[PORTAL ABC NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA - MÃO NA MASSA].

Por último, no nível mais complexo encontra-se a Avaliação, nesse nível o aluno já é capaz de julgar ou avaliar um problema a partir de evidências e critérios [BLOOM ET AL, 1972]. Trata-se do final do desenvolvimento cognitivo e traz como novidade o fato de o aluno começar atribuir valores. Esse nível possui vínculo com o desenvolvimento de comportamentos relacionados ao domínio afetivo. Segundo BLOOM o processo de avaliação

“[...] implica no uso de critérios e de padrões que permitem apreciar o grau de precisão, efetividade, economia ou suficiência de pormenores. [Fonte: BLOOM ET AL, 1973, pag. 157].”

Observe que a taxonomia original possui um caráter unidimensional, ou seja, ela descreve apenas o processo cognitivo (verbos). Com a revisão da taxonomia proposta em 2001, uma das alterações mais marcantes é que a taxonomia revisada passa a ter duas dimensões, a dimensão do conhecimento e a dimensão do processo cognitivo. Mais abaixo será feito um detalhamento de cada uma dessas dimensões.

Estrutura da Taxonomia revisada

Conforme novas tecnologias e teorias educacionais foram surgindo, nasce a necessidade de uma revisão do material original a fim de inserir esses novos conhecimentos.

Assim como na versão original a taxonomia revisada tem por objetivo auxiliar o professor na escolha do que ensinar e do como ensinar, tornando mais claro o alinhamento entre o ambiente de aprendizagem e as atividades com o

objetivo pretendido, tendo em vista que cada objetivo exige um tipo diferente de abordagem instrucional e também de avaliação. É de extrema importância manter um alto grau de alinhamento entre esses elementos, caso contrário as atividades instrucionais não influenciarão no desempenho dos discentes nas avaliações.

A diferença mais marcante entre a taxonomia revisada e a original é o caráter bidimensional que surge no novo manual com a divisão em duas dimensões separadas: 1º o substantivo representando a dimensão do conhecimento e 2º o verbo representando o como fazer, ou seja, o aspecto cognitivo.

Dimensão do conhecimento

Na taxonomia revisada a dimensão do conhecimento é dividida em quatro tipos que são listados abaixo.

- Conhecimento Factual: Os elementos básicos que os alunos precisam saber para estarem familiarizados com uma disciplina ou resolver problemas nesta disciplina.
- Conhecimento Conceitual: As inter-relações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que os permita funcionar juntos.
- Conhecimento Procedimental: Como fazer alguma coisa, métodos de perguntar e critérios para usar habilidades, algoritmos, técnicas e métodos.
- Conhecimento Metacognitivo: O conhecimento da cognição em geral, assim como a consciência e o conhecimento da própria cognição.

Dimensão dos processos cognitivos

Segundo os autores da versão revisada da taxonomia, o processo cognitivo pode ser entendido como o meio pelo qual o conhecimento é adquirido ou construído e usado para resolver problemas diários e eventuais [ANDERSON et al, 2001].

As estruturas de verbos para essa dimensão foi mantida, no entanto as seis categorias foram renomeadas. A mudança mais significativa observada nessa dimensão foi a inversão do nível de complexidade das duas últimas categorias, a síntese e a avaliação.

Nessa nova versão da taxonomia os verbos em ordem de complexidade são apresentados abaixo, em ordem crescente de nível de complexidade, juntamente com uma breve descrição de seu significado. Vale ressaltar que seus significados são basicamente os mesmos da taxonomia original.

- Lembrar: Buscar conhecimento relevante da memória de longa duração. Subcategorias: Reconhecer e Relembrar.
- Compreender: Construir significado de mensagens instrucionais, inclusive a comunicação oral, escrita e gráfica. Subcategorias: Interpretar, Exemplificar, Classificar, Sumarizar, Inferir, Comparar e Exemplificar.
- Aplicar: Executar ou usar um procedimento em uma situação dada. Subcategorias: Executar e Implementar.
- Analisar: Dividir o material em suas partes constituintes e determinar como as partes se

relacionam uma com as outras e com a estrutura completa. Subcategorias: Diferenciar, Organizar e Atribuir.

- Avaliar: Fazer julgamentos baseado em critérios e padrões. Exemplo de verbos: Verificar e Criticar.
- Criar: Colocar elementos juntos para formar um todo coerente e funcional; reorganizar elementos em um novo padrão ou nova estrutura. Subcategorias: Gerar, Planejar e Produzir.

Observe que os significados de cada categoria são basicamente os mesmos da taxonomia original, assim como os níveis crescente de complexidades, destacando novamente que as categorias avaliar e criar foram mudadas de posição quanto ao nível de complexidade.

O Quadro abaixo mostra a tabela completa da nova taxonomia. O objetivo instrucional será posicionado em uma das células dessa tabela, e, portanto, um objetivo passa agora a ser a interseção da dimensão do conhecimento com o processo cognitivo.

A dimensão do conhecimento	A dimensão do Processo Cognitivo					
	1. Lembrar	2. Compreender	3. Aplicar	4. Analisar	5. Avaliar	6. Criar
A. Fatural						
B. Conceitual						
C. Procedimental						
D. Metacognitivo						

Quadro 2.1: Tabela bidimensional de Bloom [Krathwohl et al, 2001].

Um exemplo de alocação de um objetivo de ensino na tabela de Bloom pode ser feita com o descritor D52 - Diferenciar fissão de fusão nuclear, retirado da matriz do SABE do 3º Ano do Ensino Médio, o verbo diferenciar está relacionado com a categoria analisar da dimensão do processo cognitivo, nesse descritor o aluno deve ser capaz de diferenciar o procedimento de fissão nuclear do procedimento de fusão nuclear, portanto esse descritor pode ser alocado na célula C4.

O desenvolvimento do conhecimento dos alunos segue certa hierarquia e conforme avançam em seus estudos eles devem ser capazes de aplicar e transferir seus conhecimentos. E para que eles atinjam esse nível de complexidade os professores devem elaborar um planejamento de ensino rigoroso, coerente e bem estruturado, e nesse ponto a ferramenta fundamental que pode contribuir significativamente para atingir tais objetivos é a Taxonomia de Bloom. Ela permite que o professor tenha uma visão menos turva sobre o desenvolvimento do conhecimento de determinados conteúdos de sua disciplina, possibilitando a elaboração de atividades instrucionais e avaliativas mais condizentes e com maior potencial para o ensino, elevando as chances de promover uma aprendizagem significativa para o indivíduo.

Além disso, serve para os especialistas em avaliação no momento de criar as questões avaliativas que irão compor os instrumentos de avaliação, onde se deve ter bem claro o objetivo que se pretende avaliar, pois um dos pré-requisitos da Teoria de Resposta ao Item é que o item

seja unidimensional e, portanto ter um objetivo de avaliação bem planejado.

Capítulo 3 – Medidas educacionais (Modelos matemáticos)

Nesse capítulo serão apresentadas modelos estatísticos utilizados nas análises dos resultados das avaliações, sem se preocupar em aprofundar em cada um, mas de maneira suficiente para permitir uma correta e melhor compreensão pedagógica dos parâmetros estatísticos, o que possibilitará ao professor um melhor entendimento sobre o assunto. Caso o leitor se interesse em um maior aprofundamento dos conceitos estatísticos envolvidos, são disponibilizados diversos trabalhos na rede como ANDRADE, TAVARES, VALLE, (2000), BAKER (2001) e PASQUALI, PRIMI (2003).

Não existe uma maneira direta de medir o conhecimento de um indivíduo, não há como medir o tamanho do cérebro de uma pessoa e a partir desse dado dizer quais os conhecimentos que essa pessoa possui. Mas há como obter pistas, ou traços dos conhecimentos de uma pessoa com base nas ações executadas por ela.

Os modelos matemáticos apresentados nesse capítulo buscam posicionar em uma escala os traços de indivíduos ou grupos que não podem ser diretamente observados, os chamados traços latentes. Apesar de não serem medidas diretamente observáveis como o caso da altura de uma



Figura 3.1:
ilustração:
Disponível em:
<<https://goo.gl/q4ZsU8>>. Acesso em: 20 set. 2016.

pessoa, sabe-se que as ações dos indivíduos são afetadas pela existência ou não de um traço latente (ou habilidade), por exemplo, pode-se estimar a altura de uma pessoa com base em seu comportamento ou conjunto de tarefas que ele é capaz ou não de realizar, criando-se uma escala e posicionando cada uma dessas possíveis tarefas nessa escala, e com base no conjunto de respostas fornecidas pelo indivíduo sobre quais tarefas ele é ou não capaz de realizar é possível obter uma estimativa da altura do indivíduo.

Um exemplo para melhor compreender como é feito o critério de estimativa de proficiência de um aluno, foi retirado do material utilizado em oficinas ministradas a serviço do CAEd para professores de física das redes de ensino.

Para estimar a altura de uma pessoa podem-se usar os seguintes itens:

- Item 1: Você consegue guardar as malas no bagageiro interno de um ônibus?
- Item 2: Você consegue subir ou descer dois degraus de cada vez em uma escada?
- Item 3: Para conversar com as pessoas, você precisa olhar para baixo?

Supondo três indivíduos submetidos a esse teste, com as respostas de acordo com o quadro abaixo:

Nome	Item 1	Item 2	Item 3
Carolina	Sim	Não	Não
Priscila	Sim	Sim	Não
Leonardo	Sim	Sim	Sim

Quadro 3.1: Resposta para os itens para estimar a altura.

Esses itens podem ser posicionados em uma escala de altura como mostrado na figura abaixo. Com base nas respostas dadas por cada respondente, é possível alocar nessa mesma escala tanto os itens quanto a altura do indivíduo.

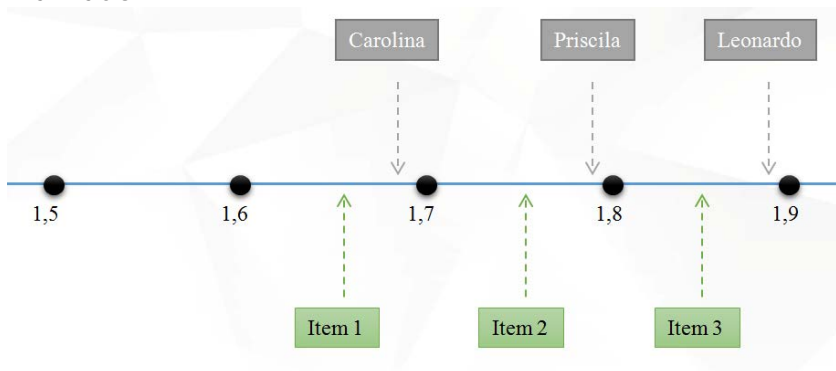


Figura 3.2: Escala para medida de altura.

Assim, conclui-se que a estimativa para as alturas de Carolina, Priscila e Leonardo são respectivamente 1,69 m, 1,79 m e 1,89 m.

Teoria Clássica dos Testes (TCT)

A teoria clássica é formada por um conjunto de técnicas e conceitos que possibilitaram a realização de análises mais detalhadas e confiáveis no campo da psicometria. A TCT pode ser aplicada em diversos casos, como por exemplo, nos instrumentos das avaliações educacionais.

Seus postulados básicos se aproximam do que normalmente se faz em sala de aula. A nota total (ou escore) do teste de um aluno pode ser calculada como a

soma dos acertos em cada item que compõe o instrumento de avaliação.

Diversos parâmetros podem ser calculados utilizando a análise clássica:

- O índice de dificuldade, calculado pela proporção dos estudantes participantes que acertaram o item, ou seja, o percentual de acerto do item, portanto menor o percentual de acerto de um item mais difícil é esse item.
- O índice de discriminação que mostra a capacidade do item de diferenciar os estudantes de maior habilidade daqueles com menor habilidade, ou seja, espera-se que para o item com boa qualidade o percentual de acerto do grupo que possui maior habilidade seja maior que o percentual de acerto do grupo de menor habilidade, e quanto maior for a diferença entre esses percentuais de acerto, maior é a discriminação do item.
- A bisserial, que mostra a relação entre o desempenho do aluno em um item e o desempenho desse mesmo aluno na prova. Esse coeficiente mostra se os alunos que estão acertando o item são os alunos que apresentam o melhor desempenho no geral do teste. Portanto, um valor negativo desse coeficiente mostra que o item possui um problema de interpretação visto que alunos com bom desempenho no teste (maiores notas) estão errando o item. O cálculo da correlação ponto-bisserial pode ser feito para cada alternativa utilizando a equação apresentada abaixo:

$$\rho_{pb} = \frac{\bar{X} - X_T}{S_T} \sqrt{\frac{p}{1-p}}$$

Equação 3.1: Correlação ponto-bisserial [SANTO, 1978].

Em que:

ρ_{pb} é a correlação ponto-bisserial;

\bar{X} é a média dos escores dos alunos que marcaram a determinada alternativa;

X_T é a média total dos escores do teste;

S_T é o desvio padrão do teste calculado por:

$$S_T = \sqrt{X^2 - \bar{X}^2};$$

P é a proporção dos estudantes que assinalaram a alternativa.

A bisserial pode ser usada para avaliar se existem itens com problemas de elaboração ou com erros de gabarito.

É possível calcular a bisserial de cada alternativa, e nesse caso, espera-se que apenas a alternativa correta apresente valores de bisserial positiva, pois a proporção de alunos com maiores notas assinalando essa alternativa é maior que a proporção dos alunos com baixos escores.

Caso alguma alternativa além do gabarito apresente valores positivos para a bisserial, significa que alunos com elevados escores estão sendo atraídos para essa alternativa, por algum motivo, que pode estar relacionado ao processo cognitivo desenvolvido no procedimento de resolução do item, pode estar confundindo os respondentes levando-os a assinalar a alternativa correta. Nesse caso o ideal é alterar o item buscando outra

alternativa que seja plausível ao contexto do item, mas que não seja atrativa a ponto de alterar a medida do item.

- O coeficiente alfa de Cronbach que mostra a consistência interna do instrumento de avaliação. Seu valor varia de 0 a 1, sendo menor a consistência para itens com valores próximos de 0 e maior para os itens com valores próximos de 1. O ideal seria que os itens apresentassem valores para esse coeficiente maiores que 0,8 indicando que existe boa fidedignidade do instrumento [Anjos, 2012]. O coeficiente alfa de Cronbach pode ser calculado pela fórmula abaixo:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2} \right)$$

Equação 3.2: Alfa de Cronbach [Andrade, 2000].

Em que,

n é o número de itens;

$\sum s_i^2$ é a soma das variâncias dos n itens;

s_T^2 é a variância global dos escores dos testes.

Embora a TCT seja bastante útil, essa teoria apresenta alguns problemas tais como: as medidas são totalmente dependentes da população que respondeu ao teste, portanto o teste somente servirá para aquela população ou uma população semelhante, outro problema é que teste diferentes com parâmetros psicométricos diferentes geram resultados diferentes para o mesmo indivíduo, outra limitação da teoria clássica é que se uma mesma habilidade é avaliada por dois instrumentos diferentes os

resultados gerados não são expressos na mesma escala, ou seja, não será possível uma comparação direta. Além disso, a teoria pressupõe que a variância dos erros de medida dos indivíduos é a mesma, não levando em consideração que cada aluno pode realizar o teste de maneira mais consistente que outros [Sartes, 2013]. Essas e outras limitações levaram os pesquisadores a buscarem uma nova técnica de análise estatística dos testes que resolvessem essas limitações. Apesar de todos esses pontos problemáticos apresentados a TCT não deve ser descartada das análises dos instrumentos de avaliação, ela juntamente com a TRI devem ser utilizadas de maneira complementar.

Teoria de Resposta ao Item (TRI)

A TRI busca associar a probabilidade de um indivíduo dar a resposta correta a um determinado item e seus traços latentes, ou habilidades que o indivíduo possui de uma determinada área de conhecimento que se pretende medir.

Um diferencial importante que essa teoria possui em relação às demais técnicas de avaliações é que ela permite traçar um comparativo entre populações que foram submetidas a provas que possuem ao menos alguns itens em comum [Andrade, 2000].

A TRI é um conjunto de modelos matemáticos que procuram representar a probabilidade de um indivíduo dar determinada resposta a um item como função dos parâmetros do item e da habilidade (ou habilidades) do respondente. Essa relação é sempre expressa de tal forma

que quanto maior a habilidade, maior a probabilidade de acerto no item. [Andrade 2000].

Existem diversos modelos matemáticos propostos pela TRI que expressam a probabilidade de um aluno acertar ao item em função de sua proficiência. E cada modelo pode levar em consideração as seguintes características do instrumento utilizado: Se os itens são dicotômicos ou não dicotômicos, se existe uma ou mais de uma população envolvida e a quantidade de habilidades avaliadas por cada item. Itens que avaliam uma habilidade (ou traço latente) apenas são itens conhecidos como unidimensionais e itens que avaliam mais de uma habilidade são os itens multidimensionais. Dessa forma o modelo logístico unidimensional de três parâmetros (ML3) é o utilizado nas análises de instrumentos de avaliação como o ENEM. De acordo com ANDRADE (2000), o modelo ML3 é definido pela função abaixo:

$$P(x_{ij} = 1 / \theta_j) = c_i + \frac{(1 - c_i)}{(1 + e^{(-D a_i (\theta_j - b_i)})})$$

Equação 3.3: Função de Resposta do Item para o modelo ML3 [Andrade, 2000].

Com $i = 1, 2, 3, \dots, I$ itens e $j = 1, 2, 3, \dots, J$ indivíduos.

X é uma variável que pode assumir dois valores: 1 quando o indivíduo j responde corretamente o item i e 0 quando o indivíduo j erra o item i .

A variável θ é a habilidade ou o traço latente do avaliando. A constante D é um fator de escala igual a 1. Quando se deseja que a função logística forneça resultados semelhantes ao da função ogiva normal o valor da constante D é 1,7.

O parâmetro a é o poder de discriminação do item. O parâmetro b é o nível de dificuldade do item e apresenta a mesma escala da proficiência do aluno e o parâmetro c representa a probabilidade de indivíduos com baixa proficiência acertar o item [Andrade 2000].

Para facilitar a interpretação de cada parâmetro, pode-se realizar uma análise da representação gráfica dessa função logística, essa representação é chamada de Curva Característica do Item.

Quando não se leva em consideração ou não há a possibilidade de acerto casual, a partir do modelo de três parâmetros é possível obter o modelo logístico unidimensional de dois parâmetros (ML2), para isso basta fazer $c=0$. Existe também o modelo logístico unidimensional de um parâmetro (ML1) também conhecido como modelo de Rasch, nesse modelo além do parâmetro c ser igual a zero os itens possuem o mesmo poder de discriminação, ou seja, os parâmetros a dos itens são iguais [Andrade 2000].

Para itens não dicotômicos existem o Modelo de Resposta Nominal, o Modelo de Resposta Gradual, o Modelo de Escala Gradual e o Modelo de Crédito Parcial, além dos modelos que envolvem duas ou mais populações.

A curva característica do Item (CCI)

Para entender melhor o funcionamento da função logística do modelo de três parâmetros é interessante observar a curva característica do item (CCI) representada na figura abaixo.

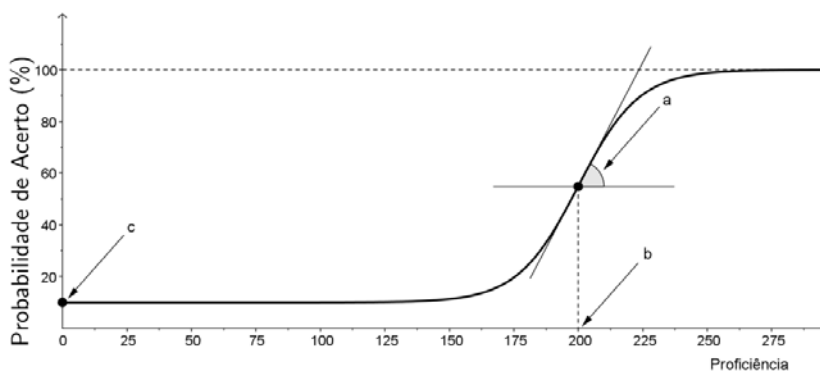


Figura 3.3: CCI modelo logístico de três parâmetros [Fonte: autor].

Essa curva foi construída no programa Geogebra 5.0.57 e possibilita entender melhor como cada um dos três parâmetros pode influenciar no item e na probabilidade de acerto de cada indivíduo. No eixo horizontal encontra-se a proficiência do aluno avaliado e no eixo vertical a probabilidade desse aluno acertar o item.

O valor do parâmetro a é proporcional à derivada no ponto de inflexão da CCI, ou seja, quanto maior o valor desse parâmetro maior será a inclinação da curva do item. Sendo assim, não se espera valores negativos para esse parâmetro, uma vez que isso significaria que quanto maior é a proficiência do aluno menor é a chance dele acertar o item. É possível observar que quanto maior o valor do parâmetro a , maior é a separação entre as probabilidades de dois indivíduos com diferentes proficiências acertar o item, portanto o indivíduo com maior proficiência tem muito mais chance de acertar do que um aluno com baixa proficiência. Já no caso do parâmetro a assumir valores muito baixos, o que se observa é que esses mesmos dois

alunos têm probabilidades de acertar o item muito próxima mesmo tendo uma diferença de proficiência grande.

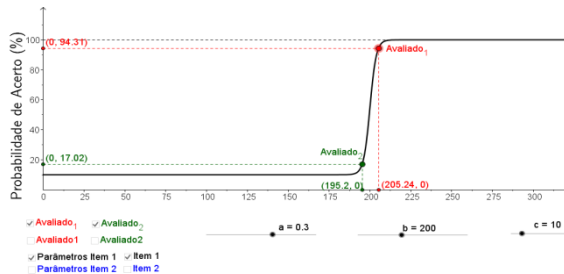


Figura 3.4 a: CCI para item com parâmetro $a = 0,3$ [Fonte: autor].

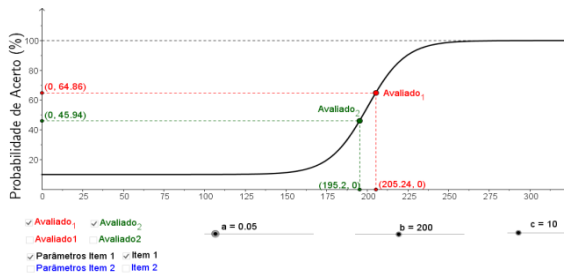


Figura 3.4 b: CCI para o item com parâmetro $a = 0,05$ [Fonte: autor].

Observe que as proficiências do avaliado 1 e do avaliado 2 foram mantidas iguais em ambas as figuras. O mesmo ocorre com os parâmetros b e c do item. A diferença de proficiência entre esses dois indivíduos é aproximadamente 10 pontos. No primeiro item, onde o parâmetro a é maior, a diferença de probabilidade de cada um acertar o item é de 77,29%, já no segundo item a diferença cai para 18,92%. Portanto o segundo item em

relação ao primeiro é menos adequado para diferenciar o aluno que sabe do que não sabe.

O parâmetro b está relacionado com o nível de dificuldade do item, e, portanto um item com parâmetro b alto requer um nível de proficiência maior por parte do aluno para aumentar suas chances de acertar o item, enquanto o item com baixo parâmetro b requer menos proficiência do aluno para responder corretamente o item. O parâmetro b corresponde à abscissa do ponto de inflexão da curva característica. De acordo com Andrade (2000), o parâmetro b representa a habilidade necessária para uma probabilidade de acertar o item de $(1 + c)/2$. Portanto, quanto maior o valor de b mais difícil é o item [Andrade, 2000].

Nas figuras abaixo é apresentado o comportamento da curva do item para dois parâmetros b distintos. Note que ao aumentar o parâmetro b do item a curva se desloca para a direita onde o valor da proficiência é maior.

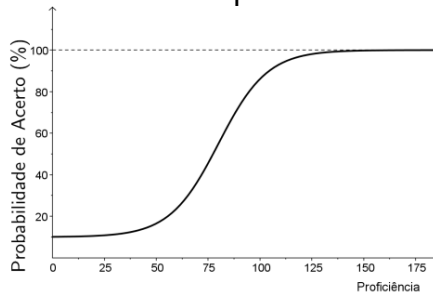


Figura 3.5 a: CCI para item com parâmetro $b = 80$ [Fonte autor].

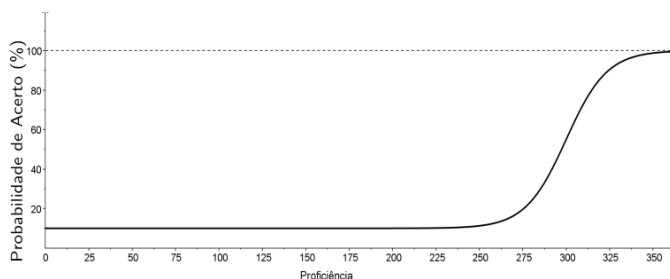


Figura 3.5 b: CCI para o item com parâmetro $b = 300$ [Fonte autor].

É fácil observar agora que o aluno que possui proficiência maior que o valor do parâmetro b do item, possui maior probabilidade de acertar esse item.

O parâmetro c está relacionado com a possibilidade de o aluno com baixa proficiência acertar o item. Isso pode ser observado na CCI como sendo, aproximadamente, a altura onde a função se inicia. Observe nas figuras abaixo os dois itens com parâmetro c diferentes. É nítido, portanto, que itens com parâmetro c muito alto não são adequados.

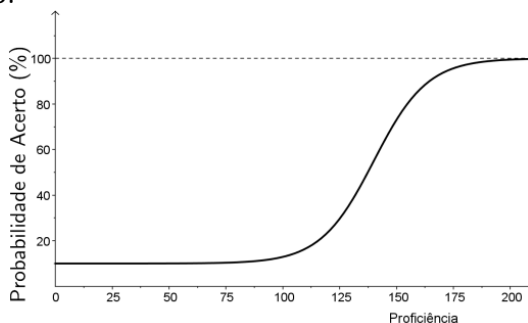


Figura 3.6 a: CCI para item com parâmetro $c = 10$ [Fonte: autor].

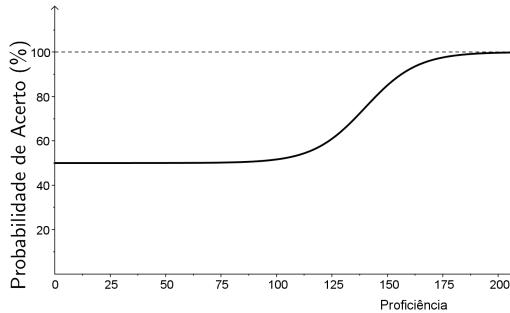


Figura 3.6 b: CCI para o item com parâmetro $c = 50$ [Fonte: autor].

A curva de informação do Item (CII)

Outra ferramenta útil para as análises é a curva de informação do item gerada a partir da função de informação do item definida de acordo com Andrade por:

$$I_i(\theta) = \frac{\left[\frac{d}{d\theta} P_i(\theta) \right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)}$$

Equação 3.4: Função de Informação do Item [Andrade, 2000].

Onde, $I_i(\theta)$ é a informação fornecida pelo item no nível de habilidade θ , $P_i(\theta)$ é a probabilidade de acerto ao item e $Q_i(\theta)$ é a probabilidade de errar o item, ou seja, $Q_i(\theta) = 1 - P_i(\theta)$ [Andrade 2000]. Na figura abaixo é apresentado o exemplo de uma curva de informação de um item do ENEM de 2009, essa curva foi gerado no software R versão 3.3.1.

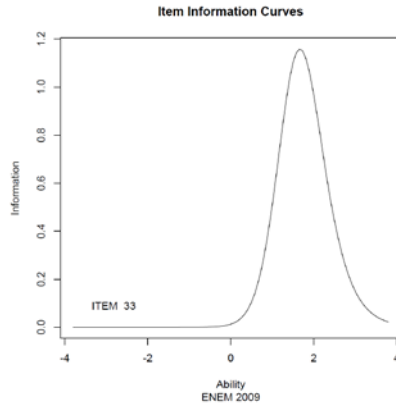


Figura 3.7: Curva de Informação do item do ENEM de 2009 [Fonte: autor].

O eixo vertical fornece a quantidade de informação que o item gera, no horizontal encontra-se a escala de proficiência do aluno, que é a mesma escala do parâmetro b do item. A escala utilizada adota como média o valor zero e desvio-padrão igual a 1, essa escala é comumente utilizada pela TRI e é representada por $(0,1)$. Mais adiante será mostrado como converter da escala $(0,1)$ para a escala $(500,100)$ utilizada para apresentar as notas do ENEM. Dessa forma no eixo horizontal são apresentadas proficiências entre quatro desvios-padrão abaixo da média e quatro desvios-padrão acima da média. Observe nessa curva que o ponto da escala de habilidade em que o item mais fornece informação é o ponto $+1,58$ desvios-padrão que corresponde ao valor do parâmetro b desse item, portanto esse item funciona melhor para avaliar os alunos que se encontra na faixa de $+1$ a $+3$ desvios-padrão de proficiência.

Observe nas figuras abaixo, como o valor do parâmetro a do item afeta a curva de informação desse item.

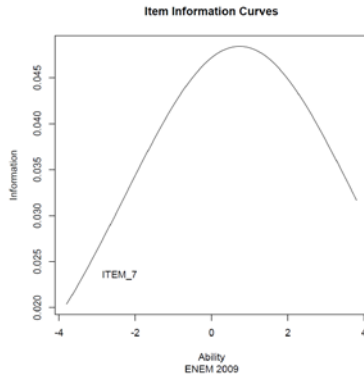


Figura 3.8 a: CII para item com parâmetro $a = 0,44$ [Fonte: autor].

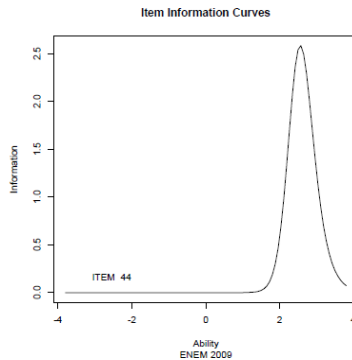


Figura 3.8 b: CII para o item com parâmetro $a = 3,89$ [Fonte: autor].

Observe que quanto menor o valor do parâmetro a maior é a abertura da CII, assim como menor é a informação fornecida pelo item, em contra partida quanto maior o parâmetro a , ou seja, quanto maior o poder de discriminação do item, menor é a abertura da curva de

informação e maior é o pico de informação extraída pelo item.

O pico de informação do item encontra-se no entorno do parâmetro b do item, dessa forma o valor do parâmetro de dificuldade irá afetar a curva de informação transladando o pico de informação da curva, de maneira semelhante ao que ocorre na curva característica. Nas abaixo são apresentados dois exemplos dessa situação.

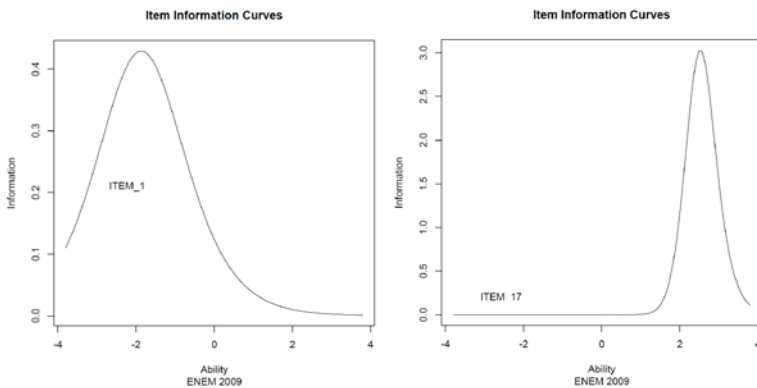


Figura 3.9 a (esquerda): CII para item com parâmetro $b = -1,87$ e **Figura 3.9 b (direita):** CII para o item com parâmetro $b = 2,50$ [Fonte, autor].

Dessa forma o parâmetro b do item indica a região da escala onde o item é mais adequado para a medida.

O parâmetro c também afeta a curva de informação, nesse caso quanto menor o valor do parâmetro de acerto ao acaso, maior a quantidade de informação que o item fornece.

Em resumo, quanto mais o valor da proficiência se aproxima do parâmetro b do item, e quanto maior o valor do parâmetro de discriminação e quanto menor o valor do

parâmetro c , maior é a quantidade de informação do item [Andrade 2000].

A curva de informação do teste

A informação fornecida pelo instrumento de avaliação é a soma das informações que cada item do teste fornece. Matematicamente a função de informação do teste é dada por [Andrade, 2000]:

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^I I_i(\theta)$$

Equação 3.5: Função de Informação do Teste [Andrade, 2000].

A figura abaixo traz um exemplo de uma curva de informação do teste.

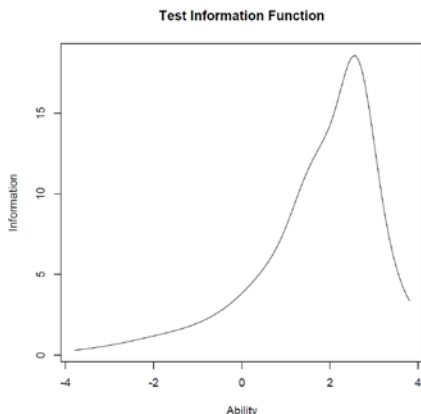


Figura 3.10: Exemplo de uma curva de informação do teste [Fonte: autor].

A partir da análise dessa curva, conclui-se que esse instrumento foi mais adequado para avaliar aqueles

estudantes que possuem proficiências entre 1 e 3 desvios-padrão acima da média.

Mudança de escala

É possível realizar uma mudança da escala logística para outras escala como, por exemplo, a escala utilizada no ENEM (500, 100), ou seja, de média de proficiência 500 pontos e desvio padrão igual a 100. A escala utilizada não faz diferença para a análises realizadas à luz da TRI, uma vez que o importante são as relações de ordem que existe entre os pontos da escala [Andrade, 2000]. De acordo com Andrade (2000) a mudança para escala $(\bar{\theta}, \sigma)$ pode ser feita a partir das transformações abaixo:

1. $\theta' = \sigma \cdot \theta + \bar{\theta}$

2. $b' = \sigma \cdot b + \bar{\theta}$

3. $a' = \frac{a}{\sigma}$

Nessas transformações as variáveis linhas, são os valores na nova escala que se pretende mudar. A partir dessa transformação um aluno que na escala logística apresenta uma proficiência de 2 desvios-padrão acima da média, na escala do ENEM a proficiência desse aluno seria $\theta' = 100 \cdot 2 + 500 = 700$, ou seja, continua dois desvios-padrão acima da média.

Características dos itens

O modelo logístico de três parâmetros utilizado nas avaliações pressupõe principalmente dois pontos: a unidimensionalidade e a independência local. Devido a isso os itens utilizados nessas avaliações devem ter

características como medir um único traço latente (habilidade), devido ao critério da unidimensionalidade, além de as respostas de cada item não depender das respostas dadas em outros itens, critério da independência local. Segundo Andrade, para satisfazer o postulado da unidimensionalidade, é suficiente admitir que haja uma habilidade dominante (um fator dominante) [Andrade, 2000].

Muitas vezes a unidimensionalidade do item é interpretada erroneamente como um facilitador na hora de resolver o item, uma vez que os itens desse tipo não exigem a manifestação de outros conhecimentos além do conhecimento avaliado pelo item. É importante notar que mesmo que isso realmente facilite o item, os resultados mostrados nessas avaliações indicam que a maioria dos alunos apresenta grandes dificuldades para resolver esses itens, uma vez que grande parte desses estudantes encontra-se nos níveis mais baixos da escala de proficiência, e, portanto mostra que existe uma deficiência durante o desenvolvimento dessas habilidades.

Escala de proficiência e itens âncora

A escala de proficiência é fundamental para executar a interpretação pedagógica. De maneira semelhante ao que foi feito no exemplo hipotético da estimação de altura, os itens dos testes podem ser alocados na escala juntamente com os participantes. O posicionamento dos itens é feito no momento de equalização do item e na estimação dos parâmetros desse item.

Segundo Andrade, uma escala de proficiência pode ser construída, pois

“Uma vez que todos os parâmetros dos itens e que todas as habilidades dos respondentes — tanto individuais como populacionais — de todos os grupos avaliados estão numa mesma métrica, ou seja, quando todos os parâmetros envolvidos são comparáveis, pode-se então construir escalas de conhecimento interpretáveis. [ANDRADE ET AL, 2000, pag. 109].”

Para tornar possível a construção de uma escala é necessário estabelecer uma conexão entre os valores dos parâmetros dos itens com os conteúdos avaliados pelo item, caso contrário somente será possível dizer que um indivíduo possui mais conhecimento que outro.

As escalas de proficiências são definidas por níveis âncoras (ou níveis de proficiência), cada nível é caracterizado por um conjunto de itens denominados itens âncoras.

O item âncora pode ser entendido como o item que pertence tipicamente a um determinado nível da escala, esse item é resolvido corretamente pela maioria dos alunos pertencente ao mesmo nível âncora do item e errado pela maioria dos alunos de níveis abaixo. Segundo Oliveira o processo de ancoragem permite verificar o que a maioria dos alunos em um ponto-âncora sabe e pode fazer, e o que a maioria dos alunos situados nos níveis imediatamente mais baixos não sabe e não pode fazer [OLIVEIRA, 2008].

O item âncora é definido por Andrade da seguinte forma: considerando os níveis hipotéticos N1 e N2 de uma escala de proficiência onde o nível $N2 > N1$ um determinado item

pertence ao nível N2 da escala se forem satisfeitas ao mesmo tempo:

- 1- $P(U = 1|\theta = N2) \geq 0,65$;
- 2- $P(U = 1|\theta = N1) < 0,50$;
- 3- $P(U = 1|\theta = N2) - P(U = 1|\theta = N1) \geq 0,30$.

Ou seja,

“[...] para um item ser âncora em um determinado nível âncora da escala, ele precisa ser respondido corretamente por uma grande proporção de indivíduos (pelo menos 65%) com este nível de habilidade e por uma proporção menor de indivíduos (no máximo 50%) com o nível de habilidade imediatamente anterior. Além disso, a diferença entre a proporção de indivíduos com esses níveis de habilidade que acertam a esse item deve ser de pelo menos 30% [ANDRADE ET AL, 2000, pag. 110].”

O INEP utiliza do método de calcular a dificuldade empírica do item, para posicionar o item em um determinado ponto da escala de proficiência (Mapa de Itens). De acordo com o documento “Interpretação Pedagógica das Escalas de Proficiência Exame Nacional do Ensino Médio – Enem” disponível no portal do INEP:

“A posição que cada item ocupa no mapa representa a menor proficiência com a qual pelo menos 65% dos participantes o acertaram. Ou seja, trata-se de um ponto que indica a dificuldade empírica do item, obtida após sua aplicação. Assim, podemos afirmar que pelo menos 65% dos participantes com determinada proficiência acertaram um item posicionado no

mapa, no ponto de dificuldade equivalente a essa proficiência [Fonte: Portal INEP].”

É possível também estimar o posicionamento de um item na escala de proficiência, calculando seu “ponto de ancoragem” que corresponde à proficiência necessária para uma probabilidade de 65% de acertar o item.

A partir da equação 3, substituindo o valor da probabilidade por 0,65 temos que:

$$0,65 = c_i + \frac{(1 - c_i)}{(1 + e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))})} \rightarrow 1 + e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))} = \frac{1 - c_i}{0,65 - c_i} \rightarrow$$

$$e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))} = \frac{1 - c_i}{0,65 - c_i} - 1$$

Aplicando o logaritmo em ambos os lados da equação,

$$\ln \left[e^{(-Da_i(\theta_j - b_i))} \right] = \ln \left[\frac{1 - 0,65}{0,65 - c_i} \right] \rightarrow \theta_j = b_i - \frac{\ln \left[\frac{1 - 0,65}{0,65 - c_i} \right]}{Da_i}$$

portanto o ponto de ancoragem do item é dado por:

$$P_{\text{Ancoragem}} = b_i - \frac{\ln \left[\frac{1 - 0,65}{0,65 - c_i} \right]}{1,7a_i}$$

Equação 3.6: Ponto de Ancoragem do Item [Oliveira, 2008].

Capítulo 4 – Avaliação educacional – características e vantagens.

A avaliação em larga escala e a prática pedagógica

É importante que os agentes envolvidos no processo educativo do aluno tenham pleno conhecimento sobre as possibilidades e aplicabilidades das avaliações externas de larga escala, caso contrário os dados levantados não serão devidamente utilizados, e a realidade da escola não será fielmente revelada.

A avaliação não é um assunto desconhecido pelos educadores, na verdade a avaliação faz parte do contexto pedagógico. Trata-se de um instrumento através do qual o professor pode acompanhar o progresso de seus alunos, analisar mais criticamente o desenvolvimento dos trabalhos, além de seu próprio desempenho [SANTOS, 2013].

Segundo SOLIGO (2011), a avaliação faz parte da atividade docente, mas apesar disso muitas vezes são feitas interpretações equivocadas dos resultados gerados, como por exemplo, apresentação dos resultados em forma de ranking sem contextualização e sem integrar à realidade. Para evitar essa interpretação errônea sobre a avaliação é importante que seus processos e resultados sejam apropriados pelos gestores, professores e toda a comunidade escolar. Segundo o autor, a avaliação se constitui em uma ferramenta de diagnóstico que possibilita a reflexão sobre as condições de aprendizagem nas escolas e no sistema de ensino.

A avaliação em larga escala faz o levantamento de dados sobre o perfil cognitivo e socioeconômico dos alunos e, assim seus resultados podem auxiliar na hora de escolher a melhor forma de ensinar. A prática pedagógica pode ser mais bem planejada de acordo com a situação de cada escola ou até mesmo cada sala de aula, e dessa forma potencializar a possibilidade de aprendizagem por parte dos discentes.

O levantamento do nível de proficiência dos alunos de uma determinada escola possibilita ao professor conhecer a população na qual ele irá se inserir, conhecendo fatores intra e extraescolares que podem influenciar no processo de aprendizagem do aluno, assim o docente poderá escolher técnicas e materiais de acordo com o que irá encontrar. Possibilita ainda para o professor conhecer os subsunçores dos alunos o que segundo a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel formam a base para que novas informações se ancorem de maneira significativa.

Para o ensino de Física as avaliações podem ir mais profundamente à busca de informações sobre a maneira como as habilidades relacionadas a essa disciplina se desenvolvem durante o processo de aprendizagem dos discentes. As ferramentas de “medida do conhecimento” utilizadas por esse tipo de avaliação permitem ao pesquisador melhor entender as fases de desenvolvimento das habilidades e competências de física que poderão auxiliar o professor em sua prática docente. Nas áreas de conhecimento que já utilizam há mais tempo desse mecanismo de pesquisa como a matemática e a língua portuguesa, já foi possível a construção de uma escala de

proficiência que permite visualizar como as habilidades se ancoram e quando estas começam eclodir. O conhecimento desses fatores é de extrema importância para o docente desenvolver um trabalho em sala de aula mais eficaz, garantindo maior qualidade de seu trabalho. As avaliações em Ciências e mais especificamente em Física são relativamente novas e ainda apresentam poucas edições de aplicações de testes, dessa forma ainda não existe uma escala de proficiência como a de matemática e língua portuguesa. O INEP já deu o primeiro passo em direção à construção de uma escala de proficiência de Física com o chamado Mapa de itens que basicamente é um instrumento que permite ancorar os itens e seus descritores em uma escala de proficiência através do estudo dos itens âncoras discutido no capítulo 3. Nesse mapa, até o presente momento o INEP inseriu os itens das edições do ENEM de 2009 a 2012 [*Portal INEP, 2015*]. Durante as pesquisas de mestrado que deu origem esse livro foi realizado um estudo dos itens âncoras do ENEM na tentativa de completar esse Mapa de itens. No anexo 5 você irá encontrar as habilidades dos itens âncoras do ENEM de 2013 que ainda não foram inseridas no Mapa de Itens.

A interpretação das escalas de proficiência permitirá ao professor de Física compreender diversos fatores sobre o conhecimento de seus alunos. De acordo com OLIVEIRA,

[...] Uma boa análise de uma escala de proficiência deve oferecer informações relevantes sobre o desenvolvimento cognitivo dos alunos, descrevendo, por meio de resultados apresentados através de escores de proficiência,

níveis distintos de ações e operações mentais utilizadas pelos alunos ao resolverem os desafios cognitivos expressos nos itens dos testes. A interpretação da escala deve apresentar, portanto, as habilidades desenvolvidas e consolidadas pelos alunos, como características de etapas próprias de seu desenvolvimento cognitivo, dentro de cada área do conhecimento avaliada [OLIVEIRA, 2008].

Objetivos da avaliação

As avaliações em larga escala têm como objetivo principal a coleta de dados que possibilitam uma análise criteriosa buscando diagnosticar a qualidade da educação pública. Essa análise e interpretação dos dados dão suporte à elaboração de políticas públicas que visam a melhoria da qualidade educacional. Além disso, permite o acompanhamento de perto do rumo do sistema educativo do país.

Através de instrumentos de avaliações (testes padronizados e questionários contextuais) cuidadosamente elaborados, as avaliações têm como objetivo buscar informações sobre os conteúdos adquiridos e os processos cognitivos envolvidos na resolução de um determinado item (problema). E ainda com a avaliação é possível recolher dados que podem fornecer informações de aspectos socioeconômicos tanto das escolas quanto dos alunos e a forma de como esses aspectos interferem no processo de aprendizagem dos alunos.

Estrutura e funcionamento

As avaliações possuem um papel fundamental na hora de medir o desempenho dos estudantes e a qualidade e o andamento da educação.

As avaliações em larga escala diferem-se das avaliações comuns aplicadas pelos professores em suas salas de aulas, por apresentarem técnicas de medidas do conhecimento muito mais elaboradas, mais precisas e que são constantemente aperfeiçoadas, o que permite obter uma gama muito maior de informações, diferentemente das interpretações individuais dos professores em suas avaliações internas.

Nesse tipo de avaliação são utilizadas questões padronizadas denominadas itens, que normalmente medem uma única dimensão do conhecimento, ou seja, mede uma única habilidade. Isso permite enxergar melhor o déficit apresentado por cada indivíduo avaliado. Esses itens apresentam diferentes níveis de complexidade o que possibilita estimar em qual ponto da escala de proficiência um aluno se encontra.

Os itens diferem-se das questões normalmente utilizadas em provas e testes aplicados pelos professores em suas salas de aulas, por medirem uma única habilidade ou dimensão do conhecimento. As avaliações internas normalmente utilizam questões que abordam uma variada gama de problemas que demandam do aluno a retomada ou movimentação de diversas habilidades para resolução correta da questão, esse tipo de avaliação apresenta como principal problema a impossibilidade de se aferir precisamente a dificuldade apresentada pelo aluno durante o processo de desenvolvimento da questão, o que prejudica o ensino e aprendizagem uma vez que fica

impossível o professor ter ciência de onde o aluno apresenta dificuldades. Esse entre outros fatores é que determina as vantagens das avaliações externas em relação às avaliações internas.

Existem pelo menos dois tipos de itens utilizados em avaliações de larga escala e que permitem o emprego de teorias estatísticas para a análise dos resultados. 1 os itens dicotômicos, os quais admitem duas possibilidades, acerto ou erro. Esse tipo de item é conhecido como itens de múltipla escolha. 2 os itens politômicos, itens de resposta abertas ou resposta livre e itens de múltipla escolha avaliados de maneira gradual, ou seja, apresenta uma ou mais categorias intermediárias de acerto ou erro [ANDRADE, TAVARES, VALLE, 2000]. O Modelo mais utilizado nas avaliações de larga escala são os itens dicotômicos, esses itens são construídos segundo um padrão de elaboração, esses padrões de elaboração são necessários para atender às exigências da Teoria de Resposta ao Item. Apesar de esses itens apresentarem duas possibilidades de correção (acerto ou erro), os erros não são os mesmos, pois cada alternativa assinalada pelo aluno corresponde a um erro e também a um pensamento diferente desenvolvido durante a resolução do item. As alternativas dos itens são pensadas e elaboradas de acordo com possíveis pensamentos a serem desenvolvidos pelo respondente durante o processo de resolução do item. As alternativas são compostas pela alternativa correta (o gabarito) e as demais alternativas (as erradas) são chamadas de distratores. Os distratores são nada mais que alternativas erradas, mas que apresentam como

justificativa uma possibilidade plausível de pensamento por parte do aluno respondente.

Cada item deve estar ligado a um único descritor da matriz de referência, dessa forma garante-se a unidimensionalidade do teste. O enunciado deve ser elaborado de forma clara e sucinta para evitar que o aluno se perca durante a leitura. O enunciado pode ser composto por um suporte que pode ser um texto, uma imagem, um gráfico entre outros, nesse caso o suporte não deve ser um elemento meramente ilustrativo, este deve ser importante para o processo de resolução do item caso contrário irá atrapalhar o aluno, os textos devem ser pequenos deve ser evitado utilizar trechos do texto que não são importantes para a resolução. Imagens e gráficos devem ser relevantes ao item e não apenas um acessório, devem apresentar boa qualidade e linguagem clara.

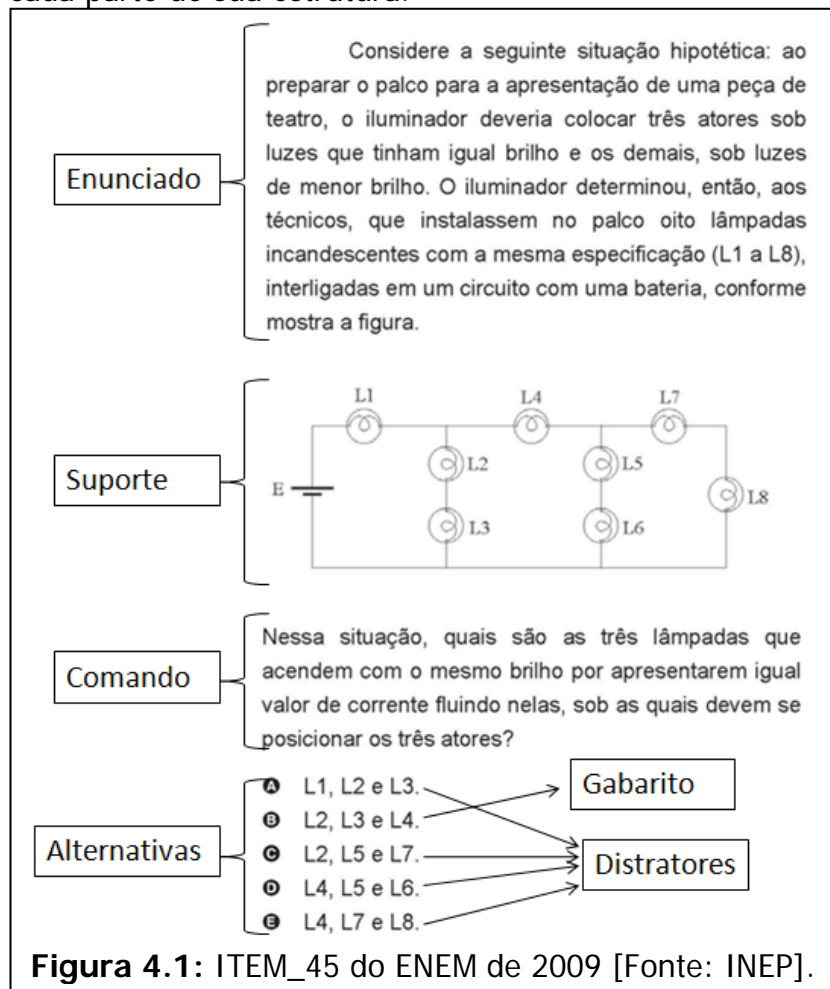
Sugere-se que o enunciado aborde contextos que despertem o interesse dos alunos, evitando situações de contexto escolar ou contextos de livros didáticos, o ideal é abordar situações que fazem parte do cotidiano do aluno.

O comando é a parte do item que relaciona-se diretamente com o descritor, o comando deve deixar claro a atividade a ser realizada evidenciando a habilidade avaliada pelo item.

As alternativas devem ser construídas sempre considerando os pensamentos possíveis de serem desenvolvidos pelo aluno evidenciando algum erro ou problema na estrutura cognitiva do aluno que seja plausível ao contexto e ao conteúdo abordado, isso evita que o aluno descarte alguma alternativa pelo método de eliminação e, dessa forma alterando o parâmetro c do

item, além de oferecerem informações sobre as dificuldades dos alunos.

Abaixo é apresentado um exemplo de item demarcando cada parte de sua estrutura.



O instrumento utilizado nas avaliações de larga escala são os testes padronizados. Esses testes são construídos de acordo com as habilidades contidas e descritas nas matrizes de referência do sistema avaliativo.

Os cadernos do teste são constituídos por um ou mais Blocos Incompletos Balanceados (BIB). O BIB é formado por um conjunto de itens sendo uma parcela da quantidade total de itens que compõe o teste. Esses blocos individualmente não cobrem toda a matriz, ou seja, não contemplam todas as habilidades presentes na matriz daí o nome incompleto, são balanceados segundo critérios como níveis de dificuldade, posicionamento adequado dos itens para evitar gabaritos repetidos em sequência dificultando o acerto por padrão de respostas. Cada bloco de itens busca abordar todos os domínios da matriz é interessante que cada bloco apresente o mesmo nível de dificuldade, pois assim os cadernos também irão apresentar os mesmos níveis de dificuldade evitando que alunos que respondem a cadernos diferentes façam testes mais ou menos difíceis, ou seja, cada aluno será avaliado com instrumentos que apresentam os mesmos níveis de dificuldades. Além disso, o ideal é que o bloco seja montado de maneira a iniciar com itens mais fáceis seguidos de itens mais difíceis e finalizando com itens mais fáceis, dessa forma evita do aluno desanimar no início do teste por não conseguir resolver os primeiros itens ao mesmo tempo em que evita que ele deixe de responder os itens no final do bloco por fadiga.

Os testes são constituídos por uma parcela de itens novos (itens pré-testados em outra população, mas que apresentam características parecidas com a população

que se pretende avaliar) e outra parcela (cerca de 35% a 40%) de itens que já foram aplicados na população em questão, esses itens servirão para equalizar os itens novos. A quantidade de itens em cada nível de dificuldade é escolhida segundo a quantidade de alunos em cada um desses níveis, portanto, se um teste for aplicado em uma população que possui cerca de 20% dos alunos em uma determinada faixa da escala, o teste deve conter 20% dos seus itens com parâmetro de dificuldade nessa mesma faixa. Essa distribuição dos itens garante que o instrumento avaliativo elaborado seja mais adequado à população que será avaliada o que possibilita obter informações mais precisas. Para melhor explicar a importância dessa adequação do instrumento, imagine que se pretende medir o comprimento de uma mesa, para essa tarefa uma régua de um metro de comprimento parece ser um instrumento adequado. Imagine agora que se queira medir o tamanho de um campo de futebol, para esse caso não é muito adequado usar o mesmo instrumento de medida utilizado na medida da mesa, claro que seria possível realizar a medida, no entanto o resultado encontrado seria carregado de erros associados à medida. Para essa nova tarefa o ideal é utilizar outro instrumento de medida de comprimento como, por exemplo, o teodolito que basicamente é um instrumento óptico muito utilizado para medir as dimensões de grandes extensões de terra, estradas, etc. A escolha do instrumento de medida mais adequado é de extrema importância para garantir que os resultados obtidos ao final do processo de medida sejam mais confiáveis.

Por fim, deve-se definir um padrão de medida para possibilitar a comparação dos dados obtidos o que permitirá uma interpretação desses resultados. Da mesma forma que para medir o comprimento de um objeto é definido o metro como unidade padrão, é preciso definir uma escala de “medida de conhecimento” essa unidade padrão de conhecimento é definida pela escala de proficiência. De acordo com OLIVEIRA, os resultados obtidos com a aplicação do instrumento de avaliação,

“[...] são interpretados por meio das escalas de proficiência que apresentam ordenadamente, em um continuum, o desempenho dos avaliados, do nível mais baixo ao mais alto. Então, os resultados da avaliação em larga escala são demonstrados em uma escala de proficiência apresentada em níveis, como, por exemplo, a escala de proficiência do SAEB, que varia aproximadamente de 0 a 500 pontos, de modo a conter, de forma bem distribuída, em uma mesma métrica, os resultados do desempenho escolar dos alunos da 4ª e 8ª séries do Ensino Fundamental e 3ª série do Ensino Médio.

Assim, os alunos situados em um nível mais alto da escala revelam dominar não só as habilidades do nível em que se encontram, mas também aqueles níveis anteriores. Quem está no terceiro nível de proficiência domina também as habilidades características no segundo nível e no primeiro; quem está no último nível revela também as habilidades de todos os níveis anteriores. Analisar cuidadosamente a descrição

das habilidades características de cada nível de proficiência produz um diagnóstico do desempenho escolar [OLIVEIRA, 2008].”

Muitas vezes o fato de o item abordar uma única habilidade e, portanto uma única operação cognitiva é confundido como um facilitador do item, mas é importante ressaltar que a maioria desses itens revelam um baixo desempenho dos alunos fazendo com que esses itens se ancorem em níveis mais elevados da escala. Essa característica está relacionada com a exigência da TRI quanto a unidimensionalidade do item. A operação cognitiva envolvida na resolução do item está diretamente ligada às operações cognitivas descritas pelos verbos da taxonomia de Bloom devendo o item abordar apenas uma dessas operações possibilitando a compreensão do nível de complexidade cobrado pelo item.

Capítulo 5 – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e as avaliações

Aprendizagem significativa e a UEPS

As unidades de ensino potencialmente significativas são baseadas na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Nessa perspectiva uma UEPS é uma sequência didática elaborada levando em consideração o conhecimento prévio do aluno, e nesse caso esse conhecimento servirá de âncora ou base para a aquisição de novos conhecimentos por parte do aluno, esse conhecimento base são chamados de subsunçores. De acordo com MOREIRA subsunçor é

“O nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimento do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento. A atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles [MOREIRA, 2010]²”.

² Citação original: subsunçor es el nombre que se da a un conocimiento específico, existente en la estructura de conocimientos del individuo, que permite darle significado a un nuevo conocimiento que le es presentado o que es descubierto por él. Tanto por recepción como por descubrimiento, la atribución de significados a nuevos conocimientos depende de la existencia de conocimientos previos específicamente relevantes y de la interacción con ellos. [MOREIRA, 2010].

Dessa forma UEPS se trata de uma sequência didática no qual os conhecimentos prévios relevantes na aquisição para o novo conhecimento que será apresentado foi levado em consideração na hora de planejar as atividades, tornando assim essa sequência potencialmente significativa.

De acordo com o autor o objetivo da UEPS é desenvolver unidades de ensino que sejam potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos do conhecimento [MOREIRA, versão 6.0].

Os resultados gerados pelas avaliações podem ser utilizados na construção das UEPS uma vez que mostram um pouco da realidade educacional do país e de casa escola. Pode ser usada para verificar a eficácia de ações passadas, para levantamento de conceitos e conteúdos apreendidos, entre outras finalidades, sendo assim os resultados de avaliações externas podem ser utilizado nos passos iniciais da elaboração da UEPS sendo mais uma ferramenta utilizada no momento de pesquisa sobre os conceitos prévios dos alunos. A partir dos dados das avaliações é possível verificar os conteúdos que os alunos mais apresentam dificuldades de aprendizagem, ou seja, os mais baixos desempenhos, e assim elaborar atividades diferenciadas que tentem facilitar a compreensão desses conceitos.

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre eletricidade

Nessa seção será apresentado um exemplo de sequência didática elaborada de acordo com os resultados obtidos por uma escola nas edições do ENEM de 2009 a 2014. Observou-se que, não só a escola utilizada como exemplo

para aplicação dessa sequência, mas no Brasil como um todo que os conteúdos relacionados à eletricidade apresentam os mais baixos resultados de desempenho, dessa forma essa UEPS busca desenvolver atividades que sejam potencialmente facilitadoras para a aprendizagem significativa desses conteúdos.

Essa UEPS é apenas um exemplo das diversas possibilidades de atividades que podem ser elaboradas a partir dos resultados de avaliações externas como o ENEM.

A UEPS

1. Conteúdo

- Leis de Ohm.
- Potência elétrica.
- Circuitos elétricos.
- Instrumentos de Medidas elétricas.

2. Objetivos

- i. Interpretar e dimensionar circuitos elétricos em situações cotidianas, considerando as informações sobre corrente, tensão, resistência e potência elétrica.
- ii. Compreender as grandezas elétricas presentes no cotidiano e como elas podem ser usadas para dimensionar o consumo energético.
- iii. Aplicar instrumentos de medidas elétricas em circuitos.
- iv. Aplicar as Leis de Ohm.
- v. Relacionar informações para compreensão de manuais de instalação e utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos no cotidiano.

3. Carga Horária total

10 aulas de 50 minutos cada.

4. Metodologia

- Levantamento das concepções prévias.
 - Resultados do ENEM de 2009 a 2014.
 - Aplicação de um questionário prévio.
- Aulas Expositivas.
 - Aulas intercaladas conforme evolução da aprendizagem.
- Simulações PHET.
 - 1 - Lei de Ohm Versão 2.03
 - 2 - Resistência em um Fio Versão 2.02
 - 3 - Kit de Construção de Circuito (AC+DC) Versão 3.20
 - Ao final de cada simulação o aluno elabora um pequeno texto. E responde a algumas questões simples.
- Experimento.
 - Experimento Medidas elétricas.
 - Ao final de cada experimento o aluno elabora um relatório.
- Aplicação de um teste com questões do ENEM e de livros.
 - Fazer a análise (Teoria Clássica dos Testes) das respostas e comparar com os resultados do ENEM.
- Levantamento das concepções após a aplicação da UEPS.
 - Aplicação de questionário pós semelhante ao questionário prévio.

- o Redação. Tema: Os circuitos elétricos presentes em sua residência e os tipos de associações (paralelo, série e misto).

5. Sequência didática

Antes do início das aulas o professor deve realizar a análise dos resultados do ENEM de 2009 a 2014 segundo os critérios apresentados no apêndice 1. Esses resultados servirão de apoio para o levantamento dos conhecimentos prévios e das características da escola.

Cada aula apresentada nessa sequência tem duração de 50 minutos.

Aula 1 Levantamento dos conhecimentos prévios

a. Aplicação de questionário prévio (Anexo 1)

- i. Deve ser respondido individualmente por aproximadamente 25 minutos.

Aula 2 Aula expositiva sobre Lei de Ohm e resistência

Essa aula deve ser organizada de acordo com os resultados obtidos da aula 1 e dos resultados do ENEM.

A aula deve focar nos conceitos que os alunos mais apresentaram dificuldades segundo os resultados dos levantamentos dos conhecimentos prévios.

O conteúdo programático é uma sugestão de trabalho, o professor deve sempre preparar a aula de acordo com o resultado encontrado no levantamento dos conhecimentos prévios.

Como apoio para o desenvolvimento da aula serão utilizadas as simulações: 1 - Lei de Ohm Versão 2.03 e 2 - Resistência em um Fio Versão 2.02. Essas simulações estão disponíveis no site do PHET.

Sugestão de conteúdo programático

A relação entre voltagem, corrente e resistência é resumida no enunciado chamado de **Lei de Ohm**. Ohm descobriu que a corrente em um circuito é diretamente proporcional à voltagem estabelecida através do circuito, e inversamente proporcional à resistência do circuito. Em

$$i = \frac{U}{R}$$

notação matemática, $i = \frac{U}{R}$.

Assim, para um dado circuito onde a resistência é constante, a corrente e a voltagem são proporcionais entre si. Quanto maior a resistência, menor a corrente e quanto maior a voltagem maior a corrente.

Nessa parte da aula utilizar para a explicação dessa relação entre as grandezas a simulação: Lei de Ohm Versão 2.03 do PHET³.

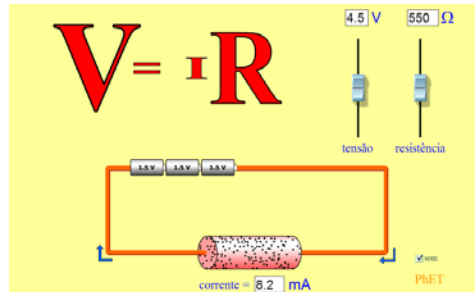


Figura 5.1: Simulação Lei de Ohm do PHET. [Fonte: PHET]

Nessa simulação é possível alterar os valores dos parâmetros de voltagem e de resistência para visualizar o valor da corrente que passará no circuito.

³ Simulação Lei de Ohm Versão 2.03 disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/ohms-law/ohms-law_pt_BR.html>. Acesso em: 10 nov. 2015

Durante a explicação o professor deve alterar os valores de voltagem e de resistência para mostrar a relação de proporcionalidade quanto maior a resistência, menor a corrente e quanto maior a voltagem maior a corrente.

O professor deve apresentar essa relação mostrando o que ocorre quando se dobra os valores de voltagem e resistência. Por exemplo: Ajustar o valor de voltagem para 3 V e de resistência para 60 Ω o professor anota no quadro o valor da corrente apresentada pela simulação ($i=50$ mA). Em seguida o professor lança aos alunos a pergunta: Qual o valor da corrente que fluirá quando 6 V forem aplicados? O professor espera um minuto para que os alunos respondam e em seguida altera o valor da voltagem para 6 V chamando a atenção dos alunos que o valor da voltagem foi dobrada e mantido o valor de resistência. Novamente é anotado o valor da nova corrente apresentada ($i=100$ mA). Na sequência o professor faz aos alunos a pergunta: Qual é a resistência de uma frigideira elétrica que puxa 12 A de corrente quando conectada a uma tomada de 120 V? Após 2 minutos para respostas, o professor resolve no quadro.

A LEI DE OHM E O CHOQUE ELÉTRICO

Os efeitos danosos do choque elétrico são o resultado da passagem da corrente através do corpo. O que causa um choque elétrico no corpo humano - a corrente ou a voltagem? Da lei de Ohm, vemos que essa corrente depende da voltagem aplicada e também da resistência do corpo humano. A resistência de um corpo depende de suas condições e varia desde cerca de 100 Ω , se está

encharcado com água salgada, até cerca de 500 000 Ω , se a pele está muito seca.

O professor pode apresentar o quadro abaixo para exemplificar alguns efeitos da corrente sobre o corpo humano.

Corrente (A)	Efeito
0,001	Pode ser sentida
0,005	É dolorosa
0,010	Causa a contração involuntária dos músculos (espasmos)
0,015	Causa perda do controle muscular
0,070	Através do coração, causa distúrbio sério; provavelmente fatal se a corrente perdurar por mais de 1 s.

Quadro 5.1: Efeitos de correntes elétricas sobre o corpo humano. [Fonte: Física Conceitual]

Em seguida fazer as seguintes perguntas:

Qual será a corrente produzida em seu corpo, ao tocar nos terminais de uma bateria de 12 volts, se sua resistência for de 100 000 Ω ?

Se sua pele estiver muito úmida - de maneira que sua resistência seja de apenas 1 000 Ω - e você tocar nos terminais de uma bateria de 12 volts, quanta corrente passará por seu corpo?

Verifique sua resposta:

$$1. \text{ Corrente} = \frac{\text{voltagem}}{\text{resistência}} = \frac{12 \text{ V}}{100000 \Omega} = 0,00012 \text{ A.}$$

$$2. \text{ Corrente} = \frac{\text{voltagem}}{\text{resistência}} = \frac{12 \text{ V}}{1000 \Omega} = 0,012 \text{ A.}$$

Resistividade

A resistência elétrica depende de alguns fatores tais como: o material que o constitui, de suas dimensões e de sua temperatura.

Utilizando a simulação Resistência em um Fio Versão 2.02⁴ o professor deve conduzir o aluno a compreender a relação matemática entre esses parâmetros.

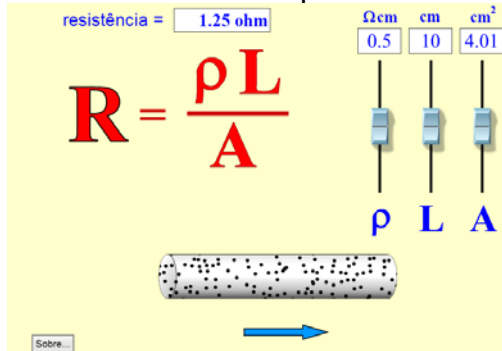


Figura 5.2: Resistência em um Fio Versão 2.02 do PHET. [Fonte: PHET]

Mantendo o valor de ρ e de A constantes altere o valor de L de maneira a dobrar o valor inicial, por exemplo, de 10 cm para 20 cm, mostrando para o aluno que ao dobrar o comprimento do fio o valor da resistência dobra.

Em seguida faça o mesmo procedimento mantendo constante o valor de ρ e de L . E por fim mantendo constante o valor de A e de L , altere os valores de ρ . Sempre apontando o que ocorre com a resistência ao fazer essas alterações.

⁴ Simulação Resistência em um Fio Versão 2.02 disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/resistance-in-a-wire>. Acesso em: 10 nov. 2015.

Ao final da apresentação dessa simulação o professor deve juntamente com os alunos concluir que a resistência obedece, quando em temperatura constante, a relação

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

matemática

Aula 3 Aula expositiva sobre instrumentos de medidas elétricas em circuitos elétricos e potência elétrica

Essa aula deve ser organizada de acordo com os resultados obtidos da aula 1 e dos resultados do ENEM.

A aula deve focar nos conceitos que os alunos mais apresentaram dificuldades segundo os resultados dos levantamentos dos conhecimentos prévios.

O conteúdo programático é uma sugestão de trabalho, o professor deve sempre preparar a aula de acordo com o resultado encontrado no levantamento dos conhecimentos prévios.

Sugestão de conteúdo programático

POTÊNCIA ELÉTRICA

Uma carga que se move através de um circuito gasta energia, a menos que o meio seja um supercondutor. Isso pode resultar no aquecimento do circuito ou no giro de um motor. A taxa com a qual a energia elétrica é convertida em outra forma, tal como energia mecânica, calor ou luz, é chamada de potência elétrica. A potência elétrica é igual ao produto da corrente pela voltagem, ou seja, $P = iU$, e sua unidade é o watt (W). O professor deve aproveitar a fórmula e evidenciar que $W = \text{unid.}i \times \text{unid.}U \rightarrow 1W = 1A.V$.

A relação entre energia e potência é um assunto de interesse prático. Da definição, potência = energia por unidade de tempo, segue que energia = potência X tempo. Assim, uma unidade de energia pode ser uma unidade de potência multiplicada por outra de tempo, como o quilowatt-hora (kWh). Um quilowatt-hora é a quantidade de energia transferida durante 1 hora a uma taxa de 1 kW. Por exemplo, em uma localidade em que a energia elétrica custa 15 centavos por kWh, um ferro de passar de 1 000 W operará durante 1 hora a um custo de 15 centavos.

Nessa parte da aula o professor pode aproveitar para comparar as lâmpadas fluorescentes e de *led* com as lâmpadas incandescentes e discutir sobre as vantagens e desvantagens de cada lâmpada.

CIRCUITOS ELÉTRICOS

Qualquer caminho por onde os elétrons possam fluir é chamado de um *circuito elétrico*. Para um fluxo contínuo de elétrons, deve haver um circuito elétrico sem interrupções. Uma chave elétrica, que pode ser ligada e desligada para estabelecer ou cortar o fornecimento de energia, é geralmente usada para implementar interrupções no circuito. A maior parte dos circuitos possui mais do que um dispositivo que recebe energia elétrica. Esses dispositivos em geral são conectados a um circuito de uma entre duas maneiras possíveis, ou *em série* ou *em paralelo*.

Circuito em Série

Todos os dispositivos são ligados ponta a ponta, formando um único caminho por onde os elétrons podem fluir. Na

figura as três lâmpadas estão conectadas em série com a bateria. Quando a chave é fechada, a mesma corrente se estabelece quase que imediatamente nas três lâmpadas, e também na bateria. Quanto maior a corrente em uma lâmpada, mais intensamente ela brilhará. Os elétrons não "se acumulam" em nenhuma lâmpada e sim fluem através de cada uma delas - simultaneamente.

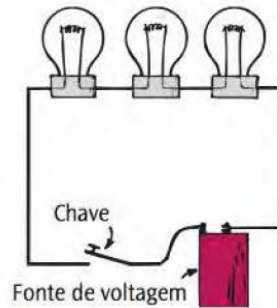
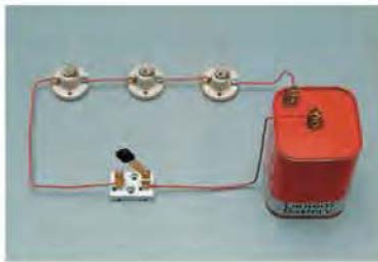


Figura 5.3: Três lâmpadas associadas em série [Fonte: Física Conceitual].

Uma interrupção em qualquer lugar do circuito resultará em um circuito aberto e na interrupção da corrente. A queima do filamento de qualquer das lâmpadas, ou simplesmente a abertura da chave, causará tal interrupção.

Características importantes das conexões em série:

1. A corrente elétrica dispõe de um único caminho através do circuito. Isso significa que a mesma corrente percorre cada um dos dispositivos elétricos do circuito.
2. Essa corrente enfrenta a resistência do primeiro dispositivo, a resistência do segundo e a do terceiro também, de modo que a resistência total do circuito à corrente é a soma das resistências

individuais que existem ao longo do circuito.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

3. A corrente no circuito é numericamente igual à voltagem fornecida pela fonte dividida pela resistência total do circuito. Isso está de acordo com a lei de Ohm.
4. A voltagem suprida pela fonte é igual à soma das "quedas de voltagem" individuais em todos os dispositivos. Isso é consistente com o fato de a energia total fornecida ao circuito ser igual à soma das energias fornecidas a cada dispositivo.
5. A queda de voltagem em cada dispositivo é proporcional à sua resistência - a lei de Ohm se aplica separadamente a cada um deles. Isso segue do fato de mais energia ser dissipada quando uma corrente atravessa uma grande resistência do que quando passa por uma pequena resistência.

Aula 4 Continuação da aula 3 sobre instrumentos de medidas elétricas em circuitos elétricos e potência elétrica

Circuitos em paralelo

Os dispositivos elétricos que estão conectados aos mesmos dois pontos de um circuito elétrico são ditos estar conectados em paralelo. O caminho para a corrente fluir de um terminal da bateria ao outro estará completo se apenas uma das lâmpadas estiver ligada. Na ilustração abaixo, os ramos do circuito correspondem aos três caminhos separados ligando A a B. Uma interrupção em um desses caminhos não interrompe o fluxo de carga

através dos outros caminhos. Cada dispositivo opera independentemente dos outros dispositivos.

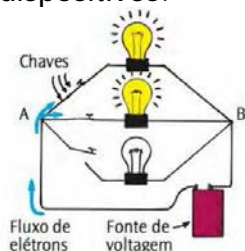
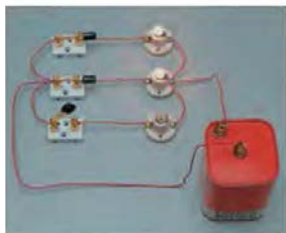


Figura 5.4: Três lâmpadas associadas em paralelo [Fonte: Física Conceitual].

Características importantes das conexões em paralelo:

1. Cada dispositivo conecta os mesmos dois pontos A e B do circuito. A voltagem, portanto, é a mesma através de cada dispositivo. Consequentemente
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}$$
2. A corrente total no circuito se divide entre os vários ramos paralelos. A lei de Ohm se aplica separadamente a cada ramo.
3. A corrente total no circuito é igual à soma das correntes em seus ramos paralelos. Esta soma é igual à corrente na bateria ou em outras fontes de voltagem.
4. Quando o número de ramos paralelos aumenta, a resistência total do circuito diminui. A resistência total diminui a cada caminho adicionado entre dois pontos quaisquer do circuito. Isso significa que a resistência total do circuito é menor do que a resistência de qualquer um de seus ramos.

MEDIDAS ELÉTRICAS

Galvanômetro

Seu funcionamento baseia-se nos efeitos da corrente elétrica; os mais comuns funcionam segundo o efeito magnético da corrente elétrica.



Figura 5.5: Exemplo de multímetro [Fonte: Autor].

Tipos:

Amperímetro: Medida de Intensidade de corrente. Deve ser ligado em série.

Amperímetro é chamado ideal quando sua resistência é nula.

Voltímetro: Medida de diferença de potencial. Deve ser ligado em paralelo.

Voltímetro é chamado ideal quando sua resistência é infinita.

LIGAÇÃO

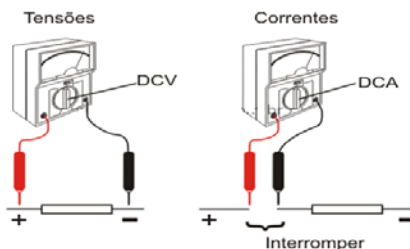


Figura 5.6: Ligação no circuito do voltímetro e do amperímetro [Fonte: Disponível em:

<http://www.arnerobotics.com.br/eletronica/new_pictures/fonte_bancada_2_fig2.png>. Acesso em: 25 nov. 2015.].

Aula 5 Interação com a simulação 3 - Kit de Construção de Circuito (AC+DC) Versão 3.20⁵.

Aula deverá ser realizada no laboratório de informática. O professor deve instalar e testar os softwares necessários antes de levar os alunos para o laboratório.



Figura 5.7: Tela inicial da simulação Construção de Circuito (AC+DC) [Fonte: PHET].

Essa simulação conta com diversos componentes eletrônicos. No início da aula o professor deve fazer uma pequena introdução ao programa, apresentado as características de seu funcionamento e quais são as formas de ligar e desligar os componentes. Sugere-se disponibilizar 5 minutos da aula para os alunos interajam com o programa.

Como tarefa para essa aula, pode ser realizada a resolução prática da questão do ENEM de 2013 apresentada abaixo.

⁵ Simulação Kit de construção de circuito (AC+DC). Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab>. Acesso em: 10 nov. 2015.

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.

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.

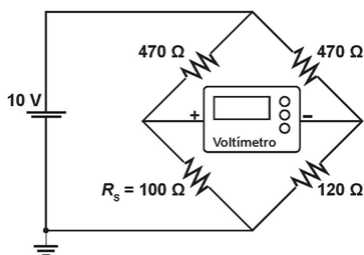


Figura 5.8: ITEM_38 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

O circuito desse item deve ser construído pelos alunos e salvo em cada máquina. O Professor pode recolher o arquivo para posterior avaliação.

A imagem abaixo mostra a construção do suporte desse item feita nessa simulação do PHET.

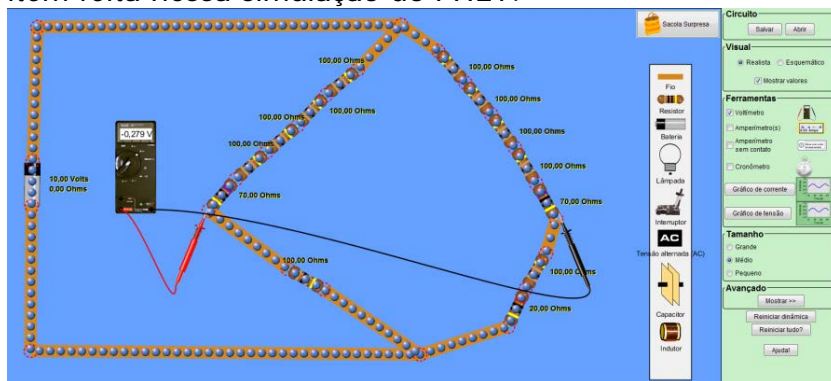


Figura 5.9: Suporte do ITEM_38 do ENEM de 2013 construído no PHET [Fonte: Autor].

Como os valores possíveis para a resistência variam de 0 a 100 Ω os alunos devem usar a associação de resistores

para conseguir montar o circuito equivalente ao apresentado no item.

Sugere-se que essa atividade seja realizada individualmente, mas dependendo da disponibilidade de máquinas na escola, o professor pode optar por realizar a tarefa em duplas ou trios.

Ao final da simulação o aluno deve elaborar um pequeno texto explicando o que foi feito e o que ele entendeu e quais as conexões feitas dessa aula com as aulas anteriores.

Como tarefa eles devem também responder às questões:

- 1) Qual o motivo de ter utilizado a associação de resistores em série para conseguir construir o circuito elétrico?
- 2) Qual o valor da corrente elétrica total do circuito? Mostre os cálculos e confira o resultado na simulação.
- 3) Qual o valor da ddp que o resistor R_s está submetido?
- 4) Qual a resistência equivalente do circuito?

Aula 6 Atividade experimental

Nesse experimento o professor deve apresentar e explicar brevemente aos estudantes alguns componentes do kit e também o equipamento de medida, o multímetro, nesse experimento ele será usado nas funções de Amperímetro e voltímetro.

Nesse experimento é possível avaliar a utilização do multímetro bem como o entendimento sobre as possíveis associações de componentes eletrônicos.

Essa atividade pode ser realizada em grupos de 4 a 5 integrantes, durante o experimentos os alunos devem coletar e registrar dados e ao final da atividade os devem

elaborar um relatório contendo: introdução, desenvolvimento experimental, apresentação dos dados e conclusão.

Cada grupo deve receber um kit contendo três lâmpadas, três bocais, um suporte para pilhas, duas pilhas, fios, presilhas jacaré e um multímetro, como mostrado na imagem abaixo.



Figura 5.10: Kit para a atividade experimental sobre circuitos e medidas elétricas [Fonte: Autor].

A ATIVIDADE EXPERIMENTAL

A atividade compreende em um experimento simples, de baixo custo e de fácil montagem. O objetivo desse kit é possibilitar ao aluno a interação com os mesmos componentes de circuitos apresentados nas aulas anteriores e também na atividade com a simulação do PHET.

Primeiramente o grupo deve tentar ligar a lâmpada sem o apoio do bocal, essa atividade foi proposta para comparar os resultados com a questão 5 do questionário prévio presente no anexo 1. A forma correta para ser ligada a lâmpada está apresentada na figura abaixo.



Figura 5.11: Ligação da lâmpada sem apoio do bocal [Fonte: Autor].

Em seguida os grupos devem ligar as duas lâmpadas agora com o apoio do bocal, em série e depois em paralelo e comparar a intensidade luminosa de cada lâmpada em cada tipo de ligação. Essa atividade é demonstrada nas imagens abaixo.

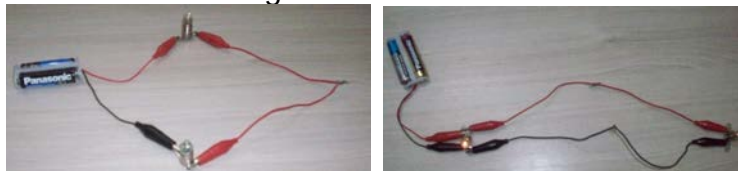


Figura 5.12: Ligação das lâmpadas em série e em paralelo [Fonte: Autor].

Em cada tipo de ligação (série e paralelo), os alunos devem retirar uma das lâmpadas do circuito, mantendo o bocal, e observar o que acontece. Essa atividade está relacionada com a questão 1 do questionário pós-intervenção apresentado no anexo 3.

Aula 7 Continuação da atividade experimental

A segunda parte da atividade procura mostrar aos alunos como realizar medidas elétricas em circuitos.

O grupo deve novamente montar o circuito com as lâmpadas em série e em paralelo, e em cada um realizar a

medida da corrente elétrica que passa por cada lâmpada e a voltagem a que cada uma está submetida.

Na terceira e última parte da atividade experimental os alunos devem ligar agora 3 Lâmpadas em uma associação mista, e novamente realizar as medidas de intensidade de corrente elétrica e voltagem de cada lâmpada do circuito. Após a realização das medidas, os alunos devem novamente retirar uma das lâmpadas do circuito, mantendo o bocal, e observar o que acontece. Primeiramente deve ser retirada uma das lâmpadas que está associada em série e em seguida retirar a lâmpada que está em paralelo com as lâmpadas associadas em série.

Aula 8 Atividade avaliativa

Avaliação em sala:

Aplicação de um teste com questões do ENEM e de livros sugestão de questões no anexo 2.

Avaliação externa:

Os alunos devem elaborar em casa uma redação com o tema: Os circuitos elétricos presentes em sua residência e os tipos de associações (paralelo, série e misto), para ser entregue na aula 8.

Aula 9 Aplicação do questionário pós-intervenção

Aplicação de questionário semelhante ao questionário prévio (anexo 3).

Capítulo 6 – Recursos computacionais

Nesse capítulo serão apresentados os recursos computacionais que podem ser usados para gerar os parâmetros estatísticos da TCT e da TRI. Nesse exemplo serão utilizados os microdados do ENEM de 2012⁶ disponível no portal do INEP.

Primeiramente devem-se utilizar os recursos do software IBM SPSS Statistics 22, para a leitura e tratamento inicial da base de dados. Esse software será usado para: gerar o percentual de marcação por alternativa, agrupar os alunos por estado e por região brasileira, calcular a média e o desvio padrão da proficiência, além disso servirá de apoio para realizar a análise de item âncora e preparar a base para ser usada no software R para gerar os demais parâmetros. Em seguida utilizando o software R x64 3.3.1, será calculado: os parâmetros a , b e c da TRI, o coeficiente alfa de Cronbach, as curvas características e de informação de cada item e finalmente a curva de informação do teste.

Leitura dos dados

Após baixar o arquivo no formato “.RAR” o professor deve extrair os arquivos e utilizar o programa SPSS para leitura e tratamento dos dados. Dentre os arquivos baixados existe um arquivo de nome “INPUT_SPSS_ENEM_2012.sps”, esse arquivo é um

⁶ Os microdados do ENEM e de outras avaliações realizadas pelo INEP são disponibilizadas no endereço eletrônico: <http://portal.inep.gov.br/basicalevantamentos-acessar>.

programa que executa a leitura dos dados disponíveis em outro arquivo de nome "ITENS_ENEM_2012.csv". Ao executar esse programa de acordo com as orientações dadas no início do próprio arquivo, os dados serão abertos em uma janela do programa SPSS onde poderão ser manipulados de acordo com a necessidade. O professor deve ter o cuidado de trocar o endereço do arquivo que contém os dados na terceira linha de comando do programa conforme abaixo.

```
1 - GET DATA
2 -           /TYPE=TXT
3 -           /FILE="C:\DADOS_ENEM_2012.csv"
```

Figura 6.1: Fragmento do código para leitura dos dados no software SPSS [Fonte: autor].

Nas bases de dados mais recentes, o programa de leitura dos dados já realiza alguns tratamentos nas variáveis inserindo os respectivos rótulos e nomes, mas caso contrário, esse tratamento pode ser feito na janela "visualização da variável".

Classificação da população em cada nível de proficiência

Para classificar os alunos em cada nível de proficiência é utilizada a ferramenta "Recodificar em variáveis diferentes" disponível no menu "Transformar".

Ao abrir a ferramenta escolha a variável referente à nota na prova de Ciências da Natureza, frequentemente essa variável vem com o nome de "Nota_CN". No campo variável de saída coloque o nome da variável e o rótulo e em seguida clique em alterar. A imagem abaixo mostra um exemplo dessa ferramenta.

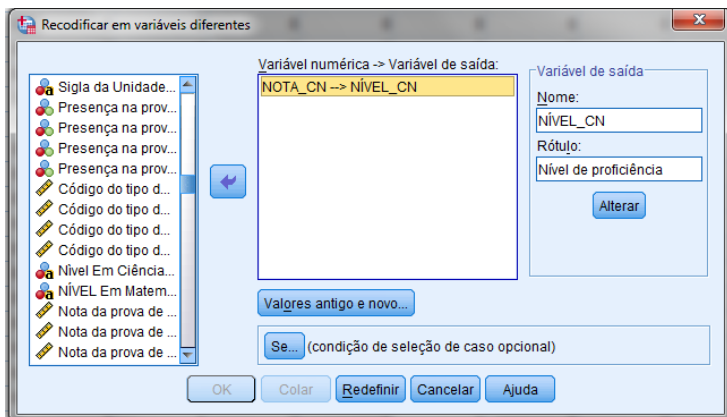


Figura 6.2: Exemplo janela de visualização da ferramenta Recodificar em variáveis diferentes do SPSS [Fonte: autor].

Em seguida clique em “valores antigo e novo”, uma janela igual a exibida na imagem abaixo irá abrir, nessa janela atribua os valores de intervalos das notas e o novo valor que irá receber cada intervalo.

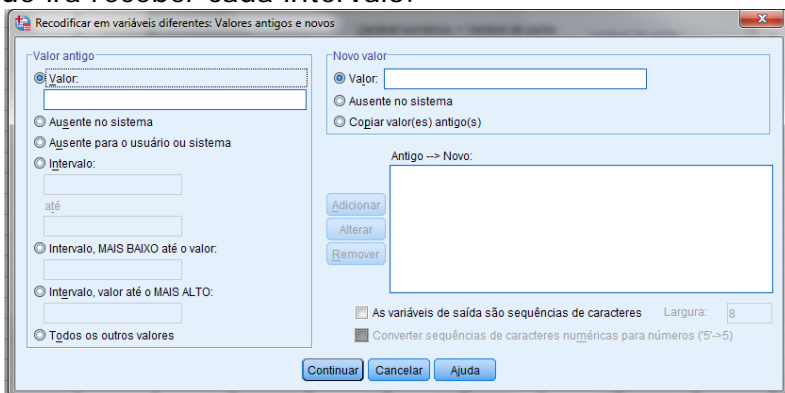


Figura 6.3: Exemplo submenu da ferramenta Recodificar em variáveis diferentes: Valores antigos e novos do SPSS [Fonte: autor].

Use os intervalos de acordo com o quadro abaixo.

Nível	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
Intervalo de notas	Notas de 0 a 350 pontos	Notas de 350 a 450 pontos	Notas de 450 a 550 pontos	Notas de 550 a 650 pontos	Notas de 650 a 750 pontos	Notas de 750 a 850 pontos	Notas de 850 a 1000 pontos

Quadro 6.1: Divisão dos níveis de proficiência.

Em seguida clique em “continuar”, e depois em “ok”.

O programa irá processar e criar uma nova variável chamada “NÍVEL_CN” onde irá colocar o nível de cada aluno de acordo com a nota obtida em Ciência da Natureza.

Outra forma é utilizar a sintaxe abaixo.

```
STRING Nivel_CN (A8).
RECODE NOTA_CN (Lowest thru 350='N1') (350.001 thru
450='N2') (450.001 thru 550='N3') (550.001 thru 650='N4')
(650.001 thru 750='N5') (750.001 thru 850='N6') (850.001 thru
Highest='N7') (ELSE='AUSENTE') INTO Nivel_CN.
VARIABLE LABELS Nivel_CN 'Nível em Ciências da Natureza'.
EXECUTE.
FREQUENCIES VARIABLES=Nivel_CN
  /FORMAT=LIMIT(50)
  /ORDER=ANALYSIS.
```

Figura 6.4: Sintaxe do programa para classificação dos alunos por nível de proficiência no software SPSS [Fonte: autor].

Seleção dos concluintes do Ensino médio

Para esse fim utilize a ferramenta “selecionar casos” disponível no menu “dados” para selecionar apenas os

alunos que declararam que estavam concluindo ensino médio no ano de aplicação do teste.

Clique em “dados” em seguida “selecionar casos” marque a opção “se a condição for cumprida” clique em “Se”, na nova janela monte a expressão de acordo com a imagem abaixo. Existe um arquivo de nome “Dicionário_Microdados_ENEM_2012.xlsx” que traz o significado e os possíveis valores de cada variável presente na base de dados, nele pode-se verificar que a variável “ST_CONCLUSAO” pode assumir os valores de 1 a 4, sendo, nesse caso, o valor 2 para aqueles alunos que concluíram o ensino médio em 2012.

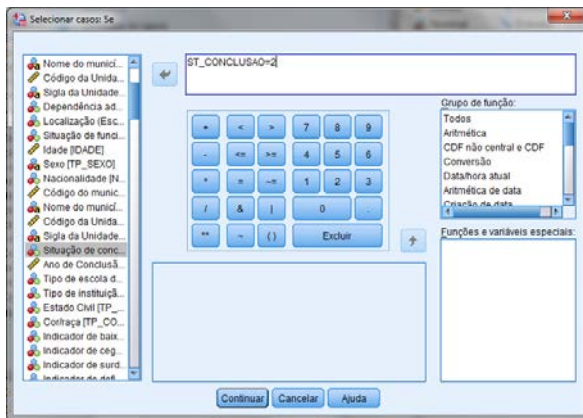


Figura 6.5: Exemplo janela de visualização da ferramenta “selecionar casos” do SPSS [Fonte: autor].

Uma nova janela de dados será aberta contendo apenas os dados referentes a aqueles alunos que se enquadrem na situação de concluinte do ensino médio. Salve essa

nova janela, esses serão os dados⁷ que utilizaremos para gerar as informações estatísticas.

Separação do vetor de resposta

Na base original as resposta de cada aluno são trazidas em um vetor⁸ de 45 posições, nesse caso deve ser feita a separação desse vetor para que seja possível calcular o percentual de marcação por alternativa. Para fazer a separação do vetor de resposta, "TX_RESPOSTAS_CN", foi criada uma sintaxe que realiza a leitura de cada posição do vetor de resposta e atribui o valor encontrado a uma nova variável.

Para criar uma nova sintaxe clique em "Arquivo" em seguida em "Novo" e por último em "Sintaxe" escreva o programa utilizando os comandos de acordo com o fragmento apresentado abaixo e em seguida execute o código.

⁷ A finalidade desse livro é apresentar como utilizar os programas para realizar as análises de TCT e TRI para os alunos do ensino médio, caso o professor tenha interesse, pode-se utilizar a base completa que contém todos os alunos que realizaram a prova.

⁸ Vetor utilizado em computação é o nome de uma matriz unidimensional que na maioria das vezes é constituída por dados do mesmo tipo e tamanho que são agrupados continuamente na memória e acessados por sua posição (índice) dentro do vetor.

```

STRING ITEM_1 (A1).
COMPUTE ITEM_1 = SUBSTRING(TX_RESPOSTAS_CN,1,1).

STRING ITEM_2 (A1).
COMPUTE ITEM_2 = SUBSTRING(TX_RESPOSTAS_CN,2,1).

STRING ITEM_3 (A1).
COMPUTE ITEM_3 = SUBSTRING(TX_RESPOSTAS_CN,3,1).

STRING ITEM_4 (A1).
COMPUTE ITEM_4 = SUBSTRING(TX_RESPOSTAS_CN,4,1).

...

STRING ITEM_n (A1).
COMPUTE ITEM_n = SUBSTRING(TX_RESPOSTAS_CN,n,1).

EXECUTE.

```

Figura 6.6: Fragmento do código para separação do vetor de resposta no software SPSS [Fonte: autor]. Esse código cria uma variável de nome "ITEM_n" e atribui a ela o valor do elemento localizado na coluna n e linha 1 do vetor "TX_RESPOSTAS_CN".

Reagrupamento dos itens de acordo com a ordem de um modelo de prova.

Como o ENEM possui quatro modelos de cadernos, é necessário reagrupar os itens de acordo com a ordem de um dos modelos. Para isso deve-se separar a base completa em quatro novas bases, uma de cada caderno. Utilize a ferramenta "selecionar casos" para separar a, clique em "dados" em seguida "selecionar casos" marque a opção "se a condição for cumprida" clique em "Se", na

nova janela monte a expressão de acordo com a imagem abaixo.

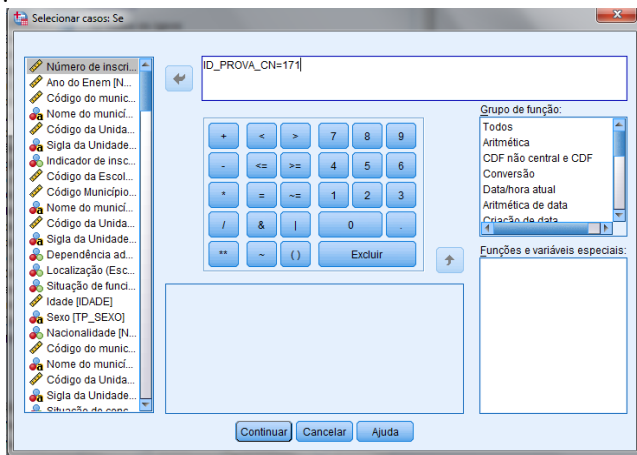


Figura 6.7: Exemplo janela de visualização da ferramenta “selecionar casos” do SPSS usada para separar os modelos de cadernos [Fonte: autor].

O valor da variável “ID_PROVA_CN” deve ser consultado no dicionário das variáveis.

Repita o procedimento mudando os valores dos ID’s de cada modelo 141, 142, 143, 144, esses valores são os valores referentes à cor do caderno respondido pelo aluno.

Ao final terão gerado quatro novas bases uma de cada caderno, abra cada base e reposicione cada item de acordo com a posição dele em um caderno de referência, por exemplo, o caderno 141 (caderno azul). As informações de posição de cada item em cada modelo de caderno estão disponíveis na planilha “ITENS_ENEM.xlsx” baixada junto do arquivo “.RAR”.

Após os itens terem sido reposicionados deve ser feito o reagrupamento das bases. Abra a base referente ao caderno 141 e clique em “dados” em seguida “mesclar arquivos” e por fim “adicionar casos”. Selecione as bases referentes aos outros cadernos para mesclar com a base do caderno 141. Ao final terá criado novamente a base completa com todos os cadernos e todos os itens reposicionados.

Verificação de Acerto (1) ou erro (0)

Para verificar a situação de acerto ou erro de cada item para cada aluno crie uma nova sintaxe escrevendo o programa de acordo com o fragmento abaixo. Esse programa cria uma nova variável de nome “ACERTO_ITEM_n” e atribui o valor 1 para o caso em que o valor da variável “ITEM_n” é igual a X, onde X é o valor do gabarito (valores entre A e E) e 0 quando é diferente de X. Além disso, o comando “VARIABLE LABELS” atribui o rótulo “Acerto ou erro no item n” para a nova variável criada.

```
RECODE ITEM_1 ('B'=1) (ELSE=0) INTO ACERTO_ITEM_1.  
VARIABLE LABELS ACERTO_ITEM_1 'Acerto ou erro no item 1'.  
  
RECODE ITEM_2 ('A'=1) (ELSE=0) INTO ACERTO_ITEM_2.  
VARIABLE LABELS ACERTO_ITEM_2 'Acerto ou erro no item 2'.  
  
RECODE ITEM_3 ('E'=1) (ELSE=0) INTO ACERTO_ITEM_3.  
VARIABLE LABELS ACERTO_ITEM_3 'Acerto ou erro no item 3'.  
  
RECODE ITEM_4 ('B'=1) (ELSE=0) INTO ACERTO_ITEM_4.  
VARIABLE LABELS ACERTO_ITEM_4 'Acerto ou erro no item 4'.  
  
RECODE ITEM_5 ('E'=1) (ELSE=0) INTO ACERTO_ITEM_5.  
VARIABLE LABELS ACERTO_ITEM_5 'Acerto ou erro no item 5'.  
  
...  
  
RECODE ITEM_n ('X'=1) (ELSE=0) INTO ACERTO_ITEM_n.  
VARIABLE LABELS ACERTO_ITEM_n 'Acerto ou erro no item n'.  
  
EXECUTE.
```

Figura 6.8: Fragmento do código para verificação de acerto ou erro de cada item no software SPSS [Fonte: autor].

Classificação da região brasileira

Para identificar de qual região brasileira o aluno pertence deve-se utilizar o código abaixo.

```

STRING Regiao (A12).
RECODE      COD_MUNICIPIO_INSC      (1100001      thru
1800001='NORTE') (2100001 thru 2990001='NORDESTE')
(3100001 thru 3600001='SUDESTE') (5000000 thru
5400001='CENTRO-OESTE') (4100001 thru 4400001='SUL') INTO
Regiao.
VARIABLE LABELS Regiao 'Região brasileira'.
EXECUTE

```

Figura 6.9: Código do programa para identificar a região brasileira no software SPSS [Fonte: autor].

Esse programa cria uma nova variável de nome “Regiao” e atribui o valor com o nome da região brasileira de acordo com o intervalo da variável que contém o código de município que o aluno se inscreveu “COD_MUNICIPIO_INSC”.

Análise de frequência das alternativas

Para realizar a frequência de marcação em cada alternativa de cada item, em uma nova janela de sintaxe escreva o programa abaixo.

```

FREQUENCIES VARIABLES=ITEM_1 ITEM_2 ITEM_3 ITEM_4
ITEM_5 ITEM_6 ITEM_7 ITEM_8 ITEM_9 ITEM_10
ITEM_11 ITEM_12 ITEM_13 ITEM_14 ITEM_15 ITEM_16
ITEM_17 ITEM_18 ITEM_19 ITEM_20 ITEM_21 ITEM_22
ITEM_23 ITEM_24 ITEM_25 ITEM_26 ITEM_27 ITEM_28
ITEM_29 ITEM_30 ITEM_31 ITEM_32 ITEM_33 ITEM_34
ITEM_35 ITEM_36 ITEM_37 ITEM_38 ITEM_39 ITEM_40
ITEM_41 ITEM_42 ITEM_43 ITEM_44 ITEM_45
/FORMAT=LIMIT(50)
/ORDER=ANALYSIS.
EXECUTE.

```

Figura 6.10: Código do programa para verificação da frequência de marcação de cada alternativa para cada item no software SPSS [Fonte: autor].

Cálculo da média e desvio-padrão da proficiência

Para calcular a média e o desvio-padrão da proficiência basta clicar com o botão direito do mouse sobre a variável "NOTA_CN" e em seguida clicar em "estatísticas descritivas". O resultado será exibido na janela de saída do programa.

Para calcular a média por estado primeiramente deve-se utilizar o programa abaixo para gerar uma nova variável que contenha o código do estado. Esse programa cria uma nova variável numérica "COD_UF" e atribui o valor de 1 a 27 para cada estado brasileiro.

```
RECODE UF_INSC ('AC'=1) ('AL'=2) ('AM'=3) ('AP'=4) ('BA'=5)
('CE'=6) ('DF'=7) ('ES'=8) ('GO'=9) ('MA'=10) ('MG'=11)
('MS'=12) ('MT'=13) ('PA'=14) ('PB'=15) ('PE'=16) ('PI'=17)
('PR'=18) ('RJ'=19) ('RN'=20) ('RO'=21) ('RR'=22)
('RS'=23) ('SC'=24) ('SE'=25) ('SP'=26) ('TO'=27) INTO
COD_UF.
VARIABLE LABELS COD_UF 'Código Estado'.
EXECUTE.
```

Figura 6.11: Código do programa para criar a variável com o código de cada estado no software SPSS [Fonte: autor].

Em seguida utiliza-se o programa abaixo para executar a calcular a proficiência média por estado.

Esse programa filtra cada estado e executa para cada um a análise descritiva da variável "NOTA_CN" o resultado é exibido na janela de saída.

```

DATASET ACTIVATE Conjunto_de_dados1.
DATASET COPY UF_1.
DATASET ACTIVATE UF_1.
FILTER OFF.
USE ALL.
SELECT IF (COD_UF=1).
EXECUTE.
DATASET ACTIVATE Conjunto_de_dados1.
DATASET ACTIVATE UF_1.
FREQUENCIES VARIABLES=NOTA_CN
  /STATISTICS=RANGE MINIMUM MAXIMUM STDDEV MEAN
  MEDIAN
  /FORMAT=LIMIT(50)
  /ORDER=ANALYSIS.
DATASET ACTIVATE Conjunto_de_dados1.
DATASET CLOSE UF_1.
...
DATASET ACTIVATE Conjunto_de_dados1.
DATASET COPY UF_n.
DATASET ACTIVATE UF_n.
FILTER OFF.
USE ALL.
SELECT IF (COD_UF=n).
EXECUTE.
DATASET ACTIVATE Conjunto_de_dados1.
DATASET ACTIVATE UF_n.
FREQUENCIES VARIABLES=NOTA_CN
  /STATISTICS=RANGE MINIMUM MAXIMUM STDDEV MEAN
  MEDIAN
  /FORMAT=LIMIT(50)
  /ORDER=ANALYSIS.
DATASET ACTIVATE Conjunto_de_dados1.
DATASET CLOSE UF_n.

```

Figura 6.12: Fragmento do código do programa para calcular a proficiência média por estado no software SPSS [Fonte: autor].

De maneira semelhante pode ser escrito um programa para calcular a média de proficiência por região.

```
RECODE Regiao ('NORTE'=1) ('NORDESTE'=2) ('SUDESTE'=3)
('SUL'=4) ('CENTRO-OESTE'=5) INTO COD_REGIAO.
VARIABLE LABELS COD_REGIAO 'Código da Região Brasileira'.
EXECUTE.
DATASET COPY NORTE.
DATASET ACTIVATE NORTE.
FILTER OFF.
USE ALL.
SELECT IF (COD_REGIAO = 1).
EXECUTE.
DATASET ACTIVATE Conjunto_de_dados1.
DATASET ACTIVATE NORTE.
FREQUENCIES VARIABLES=NOTA_CN
  /STATISTICS=RANGE MINIMUM MAXIMUM STDDEV MEAN
  MEDIAN
  /FORMAT=LIMIT(50)
  /ORDER=ANALYSIS.
DATASET CLOSE NORTE.
...
```

Figura 6.13: Fragmento do código do programa para calcular a proficiência média por região no software SPSS [Fonte: autor].

Análise de frequência dos níveis de proficiência

Abaixo é apresentado o código para realizar a análise de frequência de cada nível de proficiência.


```
FREQUENCIES VARIABLES=NÍVEL_CN  
/FORMAT=LIMIT(50)  
/ORDER=ANALYSIS.  
EXECUTE.
```

Figura 6.14: Código do programa para verificação da frequência dos níveis de proficiências no software SPSS [Fonte: autor].

Um programa semelhante ao escrito para calcular a média por região e por estado pode ser construído para calcular o percentual de alunos em cada nível por estado e por região, para isso basta alterar, no respectivo programa, a variável "NOTA_CN" para a variável "NÍVEL_CN".

Preparação da base de dados para entrada no software R

Para calcular os demais parâmetros estatísticos utilizando o programa R será necessário preparar a base de dados para carregá-la no R.

Os demais parâmetros necessitam apenas das variáveis de acerto ou erro do item com os valores de 0 e 1 preenchidos, para isso sugere-se fazer uma cópia da base de dados usada no SPSS e apagar as variáveis que não serão utilizadas deixando apenas as seguintes variáveis: "NU_INSCRICAO" para identificação do aluno, "NU_ANO" para identificação da edição do teste e as variáveis que indicam se o aluno acertou ou errou o item, ou seja a variável "ACERTO_ITEM_n" de cada item. Portanto no final teremos 47 variáveis.

Software R início

Nesse exemplo foi utilizado a versão 3.3.1 é interessante ressaltar que trata-se de um software livre resultado de

um projeto colaborativo. A imagem abaixo mostra a tela inicial do programa.

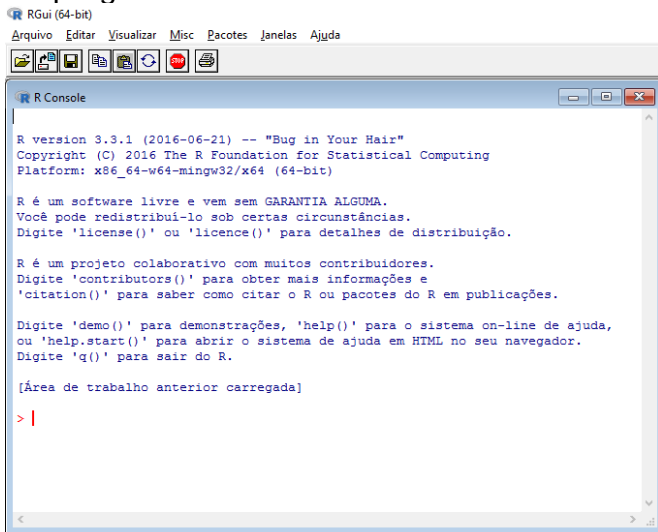


Figura 6.15: Tela inicial do software R 3.3.1 [Fonte: autor].

Existem diversos pacotes que podem ser utilizados para realizar as análises psicométricas nessa obra será apresentado como utilizar o pacote "lrm".

Primeiramente deve-se ter instalado o respectivo pacote para isso clique em "pacote" em seguida "instalar pacote(s)..." em seguida selecione Brazil (RJ) [https] e clique em "ok". Na sequência será exibido uma nova janela contendo os diversos pacotes do R, selecione o pacote "lrm" e clique em "ok".

Importação de dados da base do SPSS no R

Para importar os dados da base preparada no SPSS utilize os comandos abaixo.

```

>library(foreign, pos=15)
>require(foreign)
>ENEM2012<-read.spss("D:/
/MICRODADOS/2012/R/ENEM2012.sav", use.value.labels=TRUE,
max.value.labels=Inf, to.data.frame=TRUE)

```

Figura 6.16: Comando para leitura dos dados do SPSS no software R [Fonte: autor].

Esse comando irá criar um objeto de nome “ENEM2012” e atribuir os valores encontrados no arquivo de base de dados no endereço informado.

Para exibir os seis primeiros valores desse objeto utilize o comando “head(ENEM2012)”, a imagem abaixo traz um exemplo.

```

> head(ENEM2012)
  NU_INSCRICAO  NU_ANO  ITEM_1  ITEM_2  ITEM_3  ITEM_4  ITEM_5  ITEM_6  ITEM_7  ITEM_8  ITEM_9  ITEM_10  ITEM_11  ITEM_12  ITEM_13  ITEM_14  ITEM_15  ITEM_16  ITEM_17  ITEM_18  ITEM_19
1      4e+11  2012      0      0      1      1      1      1      0      0      0      0      0      0      1      0      0      0      0      0      0
2      4e+11  2012      0      1      0      1      1      0      1      1      0      0      0      1      0      0      0      1      0      0      0      0
3      4e+11  2012      0      0      1      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
4      4e+11  2012      0      0      1      0      0      0      0      0      1      0      0      1      1      1      0      0      0      1      1      1
5      4e+11  2012      0      1      0      0      1      0      0      0      0      0      0      1      1      0      0      0      0      0      0      0
6      4e+11  2012      1      1      0      1      1      1      1      1      0      1      1      1      1      0      1      1      0      0      1      0

  ITEM_20  ITEM_21  ITEM_22  ITEM_23  ITEM_24  ITEM_25  ITEM_26  ITEM_27  ITEM_28  ITEM_29  ITEM_30  ITEM_31  ITEM_32  ITEM_33  ITEM_34  ITEM_35  ITEM_36  ITEM_37  ITEM_38  ITEM_39
1      0      0      0      0      0      0      1      0      0      0      0      1      1      1      0      0      0      1      0      0      1
2      0      0      1      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
3      1      0      0      1      0      0      0      1      1      0      0      0      0      0      1      0      0      0      0      1      0
4      0      0      1      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      1      0      0
5      0      0      0      0      1      0      1      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      1      1      0
6      1      1      1      1      1      1      1      1      1      1      0      1      1      1      1      1      1      1      1      0      1

  ITEM_40  ITEM_41  ITEM_42  ITEM_43  ITEM_44  ITEM_45
1      1      1      0      0      0      0
2      1      0      0      0      0      0
3      0      0      0      1      1      0
4      1      0      0      0      0      0
5      0      0      1      0      0      0
6      1      1      1      0      0      1
>

```

Figura 6.17: Exibindo os seis primeiros valores de um objeto do software R [Fonte: autor].

Cálculo dos parâmetros da TRI

Para realizar as análises da TRI serão necessários apenas os valores de acerto ou de erro de cada item, para isso deve-se utilizar o seguinte comando.

```

> ENEM2012.itens<-ENEM2012[,3:47]

```

Figura 6.18: Comando para leitura dos dados do SPSS no software R [Fonte: autor].

Esse comando atribui ao objeto "ENEM2012.itens" os valores presentes entre a coluna 3 e a coluna 47 do objeto "ENEM2012".

Para calcular os valores dos parâmetros a , b e c de cada item utilize o pacote "ltm". Carregue o pacote utilizando o comando "library(ltm)". Em seguida utilize o comando abaixo para gerar os parâmetros.

```
>ENEM2012.tpm<-tpm(ENEM2012.itens, control=list(GHk=22))
```

Figura 6.19: Comando para comando para gerar os parâmetros da TRI com o pacote "ltm" do software R [Fonte: autor].

Esse comando irá armazenar no objeto "ENEM2012.tpm" o resultado gerado para os valores dos parâmetros.

Para exibir o resultado basta digitar o nome do objeto e pressionar "enter".

```
> ENEM2012.tpm<-tpm(ENEM2012.itens, control=list(GHk=22))
> ENEM2012.tpm

Call:
tpm(data = ENEM2012.itens, control = list(GHk = 22))

Coefficients:
      Gussng  Dffc1t  Dscrmn
ITEM_1  0.050  1.578  1.793
ITEM_2  0.224  0.829  2.026
ITEM_3  0.151  2.368  0.881
ITEM_4  0.140  1.712  2.133
ITEM_5  0.110 -0.305  0.709
ITEM_6  0.230  1.129  2.227
ITEM_7  0.026 -0.900  0.677
ITEM_8  0.131  1.147  1.392
ITEM_9  0.135  1.376  1.787
ITEM_10 0.052  3.322  1.488
ITEM_11 0.280  1.531  1.260
ITEM_12 0.011  4.210  0.455
ITEM_13 0.351  1.700  1.758
ITEM_14 0.223  2.155  2.888
```

Figura 6.20: Exibindo fragmento do objeto "ENEM2012.tpm" [Fonte: autor].

Essa função utiliza o método da quadratura de Gauss para calcular as integrais envolvidas, o argumento "control=list(GHk=22)" controla o número de pontos de quadratura, esse valor pode ser alterado caso não se consiga uma convergência para valores positivos.

Estimação da proficiência

Para estimar o valor da proficiência de cada indivíduo utilize-se a função "*factor.scores*", para isso basta utilizar o comando abaixo.

```
>resp=factor.scores(ENEM2012.tpm, method = "EAP",  
+ prior = TRUE, resp.patterns=ENEM2012.itens)
```

Figura 6.21: Comando para estimar a proficiência com o pacote "ltm" do software R [Fonte: autor].

Esse comando atribui ao objeto "resp" o valor da proficiência estimada para cada indivíduo a partir dos parâmetros dos itens contidos no objeto "ENEM2012.tpm" e o padrão de resposta de cada aluno contido no objeto "ENEM2012.itens".

Para visualizar o resultado utilize o comando "resp". O resultado exibido estará na escala logística, é possível utilizar a transformação de escala apresentada no capítulo 3 para obter as notas na escala do ENEM.

Gráficos CCI, CII e CIT via pacote "ltm"

Para plotar as curvas características de cada item pode-se utilizar o comando abaixo.

```
>plot(ENEM2012.tpm, item=1, sub='ENEM 2012', legend=F)
```

Figura 6.22: Comando para gerar os parâmetros da TCT com o pacote "ltm" do software R [Fonte: autor].

O argumento "item=1" indica a curva de qual item será gerada e o argumento "sub='ENEM 2012'" insere uma legenda na parte inferior do gráfico.

Para a curva de informação do item basta inserir nesse comando o argumento "type="IIC"", para gerar a curva

de informação do teste basta utilizar o argumento "item=0".

Cálculo dos parâmetros da TCT

Para essa tarefa pode-se usar a função "*descript*", para isso utilize o comando abaixo.

```
>ENEM2012.desc<-descript(ENEM2012.itens)
```

Figura 6.23: Comando para gerar os parâmetros da TCT com o pacote "lrm" do software R [Fonte: autor].

Esse comando armazena no objeto "ENEM2012.desc" os valores para os coeficientes alfa de Cronbach e a correlação ponto-bisserial de cada item. Para visualizar o resultado basta digitar o nome do objeto e pressionar "enter". Caso queira pode-se utilizar a equação

```

> ENEM2012.desc<-descript(ENEM2012.items)
> ENEM2012.desc
Descriptive statistics for the 'ENEM2012.items' data-set
Sample:
  45 items and 1278394 sample units; 0 missing values

Proportions for each level of response:
      0    1  logit
ITEM_1 0.8256 0.1744 -1.5547
ITEM_2 0.5701 0.4299 -0.2821
ITEM_3 0.7314 0.2686 -1.0015
ITEM_4 0.7777 0.2223 -1.2524
ITEM_5 0.4021 0.5979  0.3969
ITEM_6 0.6250 0.3750 -0.5108
...
Point Biserial correlation with Total Score:
      Included Excluded
ITEM_1  0.4363  0.3797
ITEM_2  0.4249  0.3494
ITEM_3  0.2474  0.1720
ITEM_4  0.3578  0.2913
ITEM_5  0.2891  0.2070
ITEM_6  0.4048  0.3297
...
Cronbach's alpha:
      value
All Items      0.7496
Excluding ITEM_1 0.7393
Excluding ITEM_2 0.7389
Excluding ITEM_3 0.7473
Excluding ITEM_4 0.7423
Excluding ITEM_5 0.7459
...

```

Figura 6.24: Exibição de parte do objeto "ENEM2012.desc" [Fonte: autor].

Exportação para arquivo de texto

Todos esses valores calculados podem ser exportados para um arquivo "txt" e posteriormente copiados para uma planilha. Para isso basta clicar em "Arquivo" e em seguida em "Salvar em arquivo...".

Considerações finais

As avaliações objetivam a busca da melhoria da qualidade da educação através do fornecimento de informações a respeito do andamento do sistema como um todo, possibilitando que providências adequadas sejam tomadas de acordo com cada situação apresentada pelos resultados.

Muitas vezes a falta de conhecimento ou mesmo um conhecimento equivocado sobre o tema, leva os professores a elaborarem propostas de trabalhos em sala de aula incoerentes com o real propósito da avaliação.

Esse livro buscou suprir a necessidade de informações a respeito das avaliações possibilitando aos docentes uma capacitação sobre o assunto. A finalidade é dar subsídios aos professores para desenvolver um olhar crítico sobre essas avaliações, além de auxiliar no tratamento dos dados gerados e na utilização desses dados para desenvolver atividades em sala de aula que busquem potencializar o ensino-aprendizagem em Física.

A sequência didática sugerida no capítulo 5 é uma tentativa de desenvolver atividades diferenciadas que busquem ser um facilitador para desenvolver habilidades mais complexas descritas nos níveis mais elevados da escala de proficiência, uma vez que os resultados do ENEM mostram que a maior parte dos alunos que concluem o ensino médio apresenta-se nos três níveis mais baixos, portanto sendo necessária uma estratégia mais adequada.

Com o capítulo 6 buscou-se fornecer informações sobre os recursos computacionais necessários para realizar a análise de TCT e TRI com o objetivo de dar subsídios ao professor para desenvolver estudos sobre as avaliações e caso deseje realizar as análises em testes internos aplicados aos seus discentes.

Esperamos que essa obra contribua significativamente para despertar o interesse dos professores de física e de outras áreas pelo assunto e que venha desfazer o atual sentimento de “amor e ódio” a respeito do tema Avaliação externa.

Anexo 1 - Questionário prévio

1 - Um circuito em série, como o pisca-pisca (enfeites de arvores de Natal), tem três lâmpadas. Se uma queimar o que acontecerá com as outras?

2 - Por que os aparelhos com grande potência não podem ser conectados em fios muito finos?

3 - Se colocarmos num circuito em serie uma lâmpada de 40 W, uma de 60 W e uma de 100 W quem brilhará mais? Justifique a sua resposta.

4 - Você já ouviu falar em disjuntores? Qual é a sua função?

5 - A lâmpada ligada a bateria, conforme a figura, irá acender ou não?

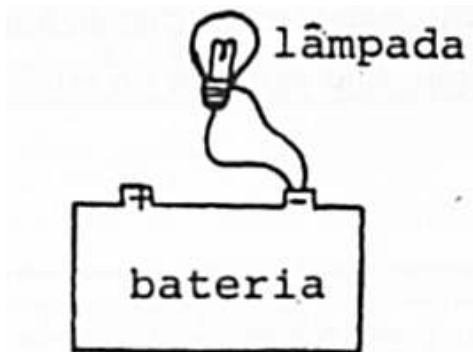


Figura A.1 Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2016.

Anexo 2 - Teste Avaliativo

O professor pode selecionar questões de livros a sua escolha, mas é importante colocar alguns itens utilizados em provas, pois estes possuem as informações estatísticas e, portanto estão equalizados.

Sugestão de questões a serem utilizadas

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.

Figura A.2: ITEM_30 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

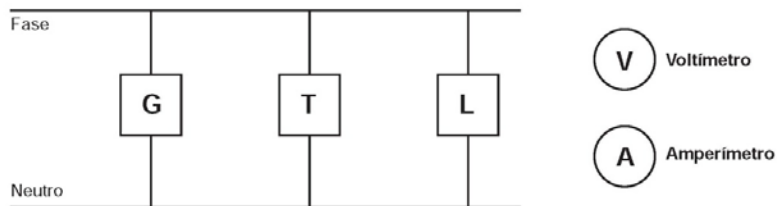
Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento 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.

Figura A.3: ITEM_34 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

Um eletricitista 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 eletricitista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada. Para isso, ele dispôs de um voltímetro (V) e dois amperímetros (A).



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

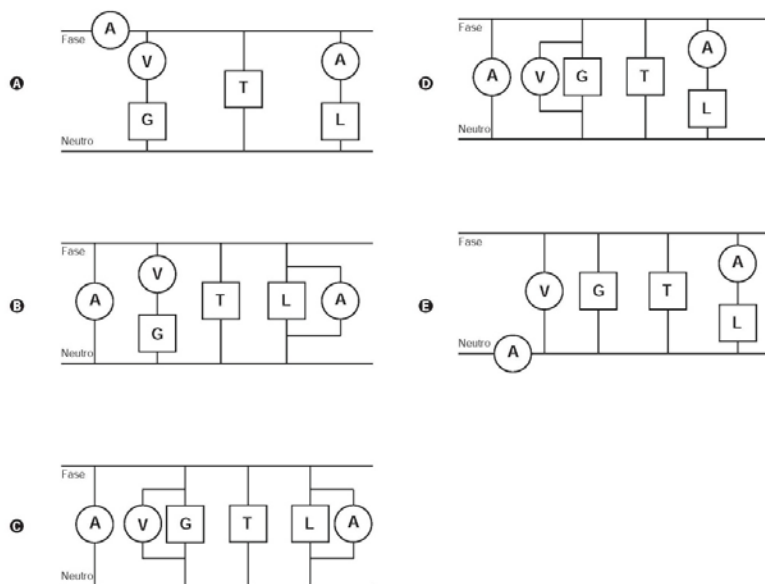


Figura A.4: ITEM_27 do ENEM de 2013 [Fonte: INEP].

Anexo 3 - Questionário pós-intervenção

1 – No circuito abaixo o que acontece se a lâmpada a queimar?

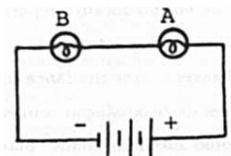


Figura A.5: Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2016.

2 – Dois chuveiros de 5 500 W podem ser ligados ao mesmo tempo em uma residência que possui um disjuntor de 40A? Justifique.

3 – No seguinte circuito a chave interruptora está inicialmente aberta. Existe ddp entre os pontos a e b ou não? E entre c e d? E entre e e f? Se fecharmos a chave: Existe ddp entre os pontos a e b? E entre c e d? E entre e e f?

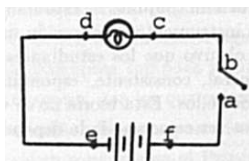


Figura A.6: Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2016.

4 - Você já ouviu falar em fusível? Qual é a sua função?

5 – Explique porque a lâmpada A acende. A corrente elétrica em 1 é maior, menor ou igual a corrente elétrica em 2?

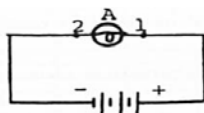


Figura A.7: Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2016.

Anexo 4 – Mapa de Itens do ENEM – Descrição dos níveis de proficiência

Nível	Habilidade
N1 Até 350	Não existe descrição
N2 350	Relacionar o movimento aparente do Sol em relação à Terra à projeção de sombras no solo.
- 450	Selecionar a melhor matriz energética a partir de condições ambientais.
N3 450 - 550	Reconhecer a energia potencial elástica em mecanismos que envolvem conversão de energia.
	Reconhecer propriedades elétricas responsáveis pela eficiência energética no sistema de produção, distribuição e consumo de energia elétrica.
	Identificar fontes de energia a partir de um esquema gráfico.
	Calcular o tempo gasto por um móvel em um trajeto sob determinadas condições de velocidade.
	Relacionar elementos que alteram a pressão exercida por uma força sobre uma superfície na prevenção da compactação do solo.
	Identificar o desequilíbrio ecológico decorrente da construção de uma hidrelétrica.
	Identificar as transformações de energia que ocorrem durante o salto com vara.
Identificar as condições para que ocorra interferência em ondas de rádio.	
N4 550 - 650	Selecionar a melhor matriz energética a partir de condições sócio-ambientais.
	Identificar o processo de transformação de energia em sistemas de cogeração.
	Reconhecer os princípios da segunda lei da termodinâmica em um motor à combustão.
	Calcular acelerações a partir de diagramas cinemáticos de

	<p>velocidades.</p> <p>Explicar o fenômeno de refração da luz na diferença de posição entre a imagem de um objeto na água e sua real posição em relação ao observador.</p> <p>Inferir as mudanças nas características de ondas formadas na superfície da água</p> <p>Reconhecer a analogia entre o armazenamento de energia em cristais e molas.</p> <p>Identificar a cor de uma substância a partir de seu espectro de absorção.</p> <p>Reconhecer as condições para a indução de corrente elétrica em captadores de guitarra elétrica.</p> <p>Comparar a eficiência energética entre lâmpadas.</p> <p>Calcular a corrente elétrica máxima em um circuito resistivo de chuveiros elétricos.</p> <p>Identificar o processo de indução eletromagnética na geração de energia elétrica em dínamos.</p> <p>Aplicar o conceito de empuxo na remoção de objetos imersos.</p> <p>Calcular densidades de amostras que obedecem normas internacionais.</p>
<p>N5 650 - 750</p>	<p>Reconhecer a posição de um corpo em função do tempo em uma representação gráfica.</p> <p>Comparar as resistências elétricas de circuitos resistivos por meio de informações presentes em manuais de instruções.</p> <p>Identificar o fenômeno da difração em ondas luminosas e sonoras em diferentes situações.</p> <p>Comparar propriedades da luz em uma situação de daltonismo.</p> <p>Relacionar as propriedades da radiação eletromagnética com o bronzeamento da pele.</p> <p>Reconhecer forças de atrito estático e cinético na frenagem com ou sem sistema ABS.</p> <p>Aplicar a lei da refração luminosa em materiais de índice de refração negativo.</p> <p>Comparar características de formação de imagens produzidas</p>

	<p>por espelhos convexos com ideias de senso comum.</p> <p>Identificar a altura da coluna d'água que determina a pressão num esquema de instalação hidráulica.</p> <p>Avaliar o combustível mais energético em função da densidade e do calor de combustão.</p> <p>Relacionar a 2ª lei da termodinâmica à eficiência de motores.</p> <p>Calcular a densidade de um corpo a partir dos valores do empuxo e do peso aplicados.</p> <p>Calcular o valor pago pelo consumo de energia elétrica a partir de dados apresentados em um relógio de luz analógico.</p>
N6 750 - 850	<p>Aplicar conceitos de movimento circular no dimensionamento de curvas.</p> <p>Comparar correntes em um circuito elétrico misto.</p> <p>Identificar a faixa de comprimento de onda em que é maior a diferença de refletância entre objetos a partir de um gráfico.</p> <p>Comparar a energia liberada por um combustível na combustão e em um gerador de eletricidade.</p> <p>Explicar as transferências de energia térmica em refrigeradores.</p> <p>Calcular a energia térmica transferida para uma determinada massa de água em um aquecedor solar.</p> <p>Analisar a influência do movimento browniano sobre o movimento do eixo de pequenos motores.</p>
N7 850 - 100 0	<p>Não existe descrição</p>

Anexo 5 – Habilidades ainda não inseridas no Mapa de Itens do ENEM

As habilidades aqui apresentadas são resultados da pesquisa de itens âncoras realizadas na seção 5.6 da dissertação de mestrado que deu origem a esse produto educacional.

O quadro abaixo traz as habilidades de física que ainda não foram incluídas no mapa de itens.

Edição	Item	Nível	Habilidade
2013	ITEM_7	N3	Compreender como ondas eletromagnéticas de celulares e outros aparelhos podem afetar as comunicações via rádio entre o piloto da aeronave e a torre de controle.
2013	ITEM_4	N5	Calcular a massa residual de uma amostra radioativa a partir do seu tempo de meia vida.
2013	ITEM_20	N5	Relacionar as grandezas ondulatórias: velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência.
2013	ITEM_12	N6	Analisar a influência da pressão no escoamento de um fluido.
2013	ITEM_21	N6	Compreender a transmissão do movimento circular envolvida no funcionamento de um motor acoplado a polias.
2013	ITEM_27	N6	Compreender as formas de ligação de amperímetros e voltímetros em circuitos elétricos.
2013	ITEM_30	N6	Aplicar a Segunda Lei de Ohm.
2013	ITEM_31	N6	Compreender a direção e sentido de aplicação da força de atrito no movimento de uma pessoa.
2013	ITEM_34	N7	Compreender o conceito de corrente elétrica e

			campo elétrico no interior de um condutor.
2013	ITEM_40	N7	Calcular a intensidade da força magnética sobre um condutor reto imerso em um campo magnético uniforme.

Quadro A.1: Habilidades de física ainda não incluídas no mapa de itens. [Fonte: Autor].

Referências bibliográficas

ANDERSON, Lorin W., DAVID R., KRATHWOHL, AIRASIAN, Peter W., CRUIKSHANK, Kathleen A., MAYER, Richard E., PINTRICH, Paul R., RATHS, James, WITTROCK, Merlin C. **UMA CATEGORIZAÇÃO PARA A APRENDIZAGEM, O ENSINO E A AVALIAÇÃO: Uma revisão da categorização dos objetivos educacionais de Bloom.** Tradução. CAEd/UFJF.

ANDRADE, Dalton Francisco de; TAVARES, Heliton Ribeiro; VALLE, Raquel da Cunha **Teoria da Resposta ao Item: Conceitos e Aplicações.** Projeto Temático da FAPESP no. 96/01741-7 e PRONEX no. 76.97.1081.00.

ANJOS, Adilson dos, ANDRADE, Dalton Francisco de. **Teoria da Resposta ao Item com uso do R.** Disponível em: <<http://www.ufpa.br/heliton/arquivos/tri/RTRIsinape.pdf>>. Acesso em: 6 out. 2015.

ARAUJO, Eutalia Aparecida Candido de, ANDRADE, Dalton Francisco de,

AZEVEDO, Caio Lucidius Naberezny. **Métodos de Estimação Na Teoria de Resposta ao Item.** Dissertação de Mestrado, São Paulo, Fevereiro de 2003.

BAKER, Frank B. **THE BASICS OF ITEM RESPONSE THEORY.** 2, United States of America: ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, 2001.

BAZÁN, Jorge Luis. **ENFOQUE BAYESIANO NOS MODELOS DE TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM.** Minicurso Enfoque Bayesiano nos modelos de Teoria da Resposta ao Item. 21º SINAPE - Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística – 2014.

BECKER, Fernanda Da Rosa. **Avaliação educacional em larga escala: a experiência brasileira.** Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação ISSN: 1681-5653 n.º 53/1 – 25/06/10.

BLACK, Paul. **Formative assessment: raising Standards inside the classroom.** School Science Review, December 1998, 80 (291).

BLOOM, Benjamin S, ET AL. **Taxonomia de objetivos educacionais: Compêndio Primeiro: Domínio Cognitivo.**

Tradução Flavia Maria Sant'anna. 1. ed. Porto Alegre: Globo, 1973. 180 p.

BORGATTO, Adriano Ferreti, ANDRADE, Dalton Francisco De. **ANÁLISE CLÁSSICA DE TESTES COM DIFERENTES GRAUS DE DIFICULDADE**. Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 23, n. 52, p. 146-156, maio/ago. 2012.

BORTOLOTTI, Silvana Ligia Vincenzi. **Teoria da Resposta ao Item**. Rev Esc Enferm USP 2009; 43(Esp):1000-8 www.ee.usp.br/reeusp/.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Parecer n° 05, de 04 de maio de 2011. Relator: José Fernandes de Lima. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=8016&Itemid>. Acesso em: 21 fev. 2015.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais : introdução aos parâmetros curriculares nacionais /** Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília : MEC/SEF, 1997.126p.

BROOKE, Nigel, CUNHA, Maria Amália de A., FALEIROS, Matheus. **A AVALIAÇÃO EXTERNA COMO INSTRUMENTO DA GESTÃO EDUCACIONAL NOS ESTADOS**. estudo foi realizado pelo Game/FAE/UFMG sob encomenda da Fundação Victor Civita (FVC). Disponível em: <<http://www.fvc.org.br/pdf/livro2-01-avaliacao.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

CANÇADO, Regina; CASTRO, Maria Jose Pereira; OLIVEIRA, Isabella Fernandes de. **Análise Pedagógica de Itens de Teste por Meio da Teoria de Resposta ao Item**. ANAIS, VII Reunião da ABAVE Avaliação e Currículo: um diálogo necessário N° 1, Ano 2013 p. 93-108.

COLA, André Ricardo. **Avaliação em Larga Escala: concepções de Professores que Ensinam Matemática**. Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP, e-mail: andrecola@uol.com.br. Orientadora: Profa. Dra. Celina Aparecida Almeida Pereira Abar.

DA SILVA, Vailton Afonso; MARTINS, Maria Inês. **ANÁLISE DE QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM PELA TAXONOMIA DE BLOOM**

REVISADA. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 16, núm. 3, septiembere-diciembre, 2014, pp. 189-202.

FERNANDES, Neimar Da Silva, SOARES, Tufi Machado, PENA, Anderson Córdova, CUNHA, Iago Carvalho. **O conhecimento do professor em avaliação educacional e a proficiência do aluno.** Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 21, n. 47, p. 569-590, set./dez. 2010.

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais.** Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FONSECA, Luis Carlos Costa, COUTINHO, Lidinalva de Almada, SANTOS, Lanyllo Araujo dos. **FERRAMENTA PARA ESTIMAR A PROFICIÊNCIA DE INDIVÍDUOS BASEADA NA TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM.** CINTED-UFRGS Novas Tecnologias na Educação, V. 11 Nº 1, julho, 2013.

FONSECA, Luis Carlos Costa; COUTINHO, Lidinalva de Almada; SANTOS, Lanyllo Araujo dos. **FERRAMENTA PARA ESTIMAR A PROFICIÊNCIA DE INDIVÍDUOS BASEADA NA TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM.** CINTED-UFRGS, 2, Novas Tecnologias na Educação, V. 11 Nº 1, julho, 2013.

GUIMARÃES, Juliana-Bahiense de Sousa. **Análise Estatística Utilizando o SPSS Guia prático de comandos.** Disponível em: < <http://www.prograd.uff.br/estatistica/sites/default/files/Apostila-SPSS.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

HANBLETON, Ronald K. SWAMINATHAN H., ROGERS, D. Jane. **Fundamentals of Item Response Theory.** 1. ed. Newbury Park london New Deihl: SAGE PUBLICATIONS, 1991. 173 p.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 11 ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2011. 763 p.

HILGER, Thais Rafaela. GRIEBELER, Adriane. **UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO UTILIZANDO MAPAS CONCEITUAIS.** Investigações em Ensino de Ciências – V18(1), pp. 199-213, 2013.

JUNIOR, Wanderley P. Gonçalves, BARROSO, Marta F. **As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 1, 1402 (2014).

JUNIOR, Wanderley Paulo Gonçalves. **AVALIAÇÕES EM LARGA ESCALA E O PROFESSOR DE FÍSICA**. 2012, 227 f. Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2012.

KLEIN, R. **Utilização da Teoria de Resposta ao Item no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (Saeb)**. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 40, p. 283-296, 2003.

KLEIN, Ruben. **Alguns aspectos da Teoria de Resposta ao Item relativos à estimação das proficiências**. Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v. 21, n. 78, p. 35-56, jan./mar. 2013.

KRATHWOHL, David R. **A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview**. THEORY INTO PRACTICE, Volume 41, Number 4, Autumn 2002 Copyright C) 2002 College of Education, The Ohio State University.

LENHARD, Tiago Henrique. **Métodos de verificação das suposições e da qualidade de ajuste dos modelos TRI cumulativos unidimensionais**. (Monografia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

LOPES, José Christian. **AS QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM 2011**. 2015. 170 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2015.

MARCOM, Guilherme Stecca, KLEINKE, Maurício Urban. **Análises dos distratores das questões de Física em Exames de Larga Escala**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 72-91, abr. 2016.

MARGHOTI, Adriana Mafra ET AL. **As avaliações em larga escala e suas contribuições ao processo de ensino e aprendizagem**. FLORIANÓPOLIS 2014.

MOREIRA, Marco Antonio. **¿AL FINAL, QUÉ ES APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO?**. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências 1ª, Porto Alegre, Brasil 2009.

MOREIRA, Marco Antonio. **A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD, O ENSINO DE CIÊNCIAS E A PESQUISA NESTA ÁREA.** Investigações em Ensino de Ciências – V7(1), pp. 7-29, 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM MAPAS CONCEITUAIS.** Texto elaborado a partir da conferência Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa proferida no I Workshop sobre Mapeamento Conceitual, realizado em São Paulo, Brasil, na USP/Leste, dias 25 e 26 de março de 2013. Publicado na série Textos de Apoio ao Professor de Física, Vol. 24, N. 6, 2013, do PPGEnFis/IF-UFRGS, Brasil.
(http://www.if.ufrgs.br/public/taef/v24_n4_moreira.pdf).

MOREIRA, Marco Antonio. **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS.** Original a ser submetido à publicação. Versão 6.0. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

MURI, Andrielle Ferreira; ORTIGÃO, Maria Isabel Ramalho. **A Alfabetização Científica Brasileira: um estudo a partir dos dados do PISA 2006.** ANAIS, VII Reunião da ABAVE Avaliação e Currículo: um diálogo necessário Nº 1, Ano 2013 p. 385-400.

OLIVEIRA, Lina Kátia Mesquita de. **Três Investigações sobre escalas de proficiência e suas interpretações.** Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008, orientador: Francisco Creso J. F. Júnior ; co-orientador: Tufi Machado Soares. – 2008. 216 f. : il. ; 30 cm.

OLIVEIRA, Maria Auxiliadora Monteiro, ROCHA, Gladys. **AVALIAÇÃO EM LARGA ESCALA NO BRASIL NOS PRIMEIROS ANOS DO ENSINO FUNDAMENTAL.** Disponível em: <http://www.anpae.org.br/congressos_antigos/simposio2007/274.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2015.

PARTCHEV, Ivailo. **Package: Simple interface to the estimation and plotting of IRT models.** Disponível em: <<https://cran.r->

project.org/web/packages/irtoys/irtoys.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2015.

PASQUALI, L. **Psicometria: teoria e aplicações**. Brasília: Ed. UnB, 1997.

PASQUALI, Luiz, PRIMI, Ricardo. **Fundamentos da Teoria da Resposta ao Item –TRI**. Avaliação Psicológica, 2(2), 2003, pp. 99-110.

PEREIRA, Greiciane. **UMA ANÁLISE DO CURRÍCULO DO ENSINO FUNDAMENTAL BRASILEIRO E SUAS RELAÇÕES COM A AVALIAÇÃO EM LARGA ESCALA DESENVOLVIDA PELO MEC E INEP**. 6º Seminário Nacional Estado e Políticas Sociais/ 2º Seminário de Direitos Humanos. Unioeste – Campus de Toledo, PR. 2014.

QUADROS, Fernanda Maciel de. **Comparação da Teoria Clássica dos Testes com a Teoria de Resposta ao Item aplicado ao subteste Semelhanças da WASI**. (Monografia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

RIZOPOULOS, Dimitris. **Package ‘Irm’ Latent Trait Models under IRT**. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/Irm/Irm.pdf> >. Acesso em: 11 nov. 2015.

SANTO, Alexandre do Espírito. **Técnicas empregadas na análise de itens**. SEMINA, vol. 1, n. 2 jul/dez 78.

SANTOS, Anderson Oramísio, GIMENES, Olíria Mendes, MARIANO, Sangelita Miranda Franco. **AVALIAÇÕES EXTERNAS E SEUS IMPACTOS NAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS: PERCEPÇÕES E VISÕES PRELIMINARES**. Revista Encontro de Pesquisa em Educação Uberaba, v. 1, n.1, p. 38-50, 2013.

SANTOS, Lillian Maria. **Desempenho Escolar em Pernambuco: Análise dos Itens e das Habilidades usando Teoria Clássica e TRI**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

SANTOS, Marcos Antonio Da Cunha, SOARES, José Francisco. **ESTIMATIVAS NÃO PARAMÉTRICAS DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DOS ITENS EM TESTES EDUCACIONAIS**. Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 23, n. 52, p. 130-144, maio/ago. 2012.

SARTES, Laisa Marcorela Andreoli, SOUZA-FORMIGONI, Maria Lucia Oliveira de. **Avanços na Psicometria: Da Teoria Clássica dos**

Testes à Teoria de Resposta ao Item. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26(2), 241-250. disponível em: <www.scielo.br/prc>.

SILVA, Fernando Augusto; KAWAMURA, Maria Regina D. **As Matrizes de Referência em Física das Avaliações Estaduais: um olhar na perspectiva formativa.** ANAIS, VII Reunião da ABAVE Avaliação e Currículo: um diálogo necessário N° 1, Ano 2013 p. 573-574.

SILVA, Isabelle Fiorelli. **O sistema nacional de avaliação: características, dispositivos legais e resultados.** Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 21, n. 47, p. 427-448, set./dez. 2010.

SOLIGO, Valdecir. **Formação de professores e as avaliações em larga escala: experiências com os resultados da Prova Brasil.** Pleiade, Foz do Iguaçu, v. 10, n. 10, p. 7-32, jul./dez 2011.

WERLE, Flávia Obino Corrêa. **Políticas de avaliação em larga escala na educação básica: do controle de resultados à intervenção nos processos de operacionalização do ensino.** Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v. 19, n. 73, p. 769-792, out./dez. 2011.

WIEBUSCH, Eloisa Maria. **AVALIAÇÃO EM LARGA ESCALA: UMA POSSIBILIDADE PARA A MELHORIA DA APRENDIZAGEM.** Disponível em:

<<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/1599/140>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

WITTMANN, Maria José de Moraes. **AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA EM LARGA ESCALA EM NÍVEL NACIONAL: PREVISTOS E ACONTECIDOS.** INEP/CAPES – Observatório da Educação.

_____. ESTADO DO TOCANTINS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. **GUIA PEDAGÓGICO DO PROFESSOR.** Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/232045/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Exame Nacional do Ensino Médio (Enem): fundamentação teórico-metodológica.** Brasília: MEC/Inep, 2005.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Relatório Pedagógico: Enem 2008.** Brasília: MEC/Inep, 2015.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **ENTENDA SUA NOTA NO ENEM, GUIA DO PARTICIPANTE**: Enem 2012. Brasília: MEC/Inep, 2012.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Interpretação Pedagógica das Escalas de Proficiência Exame Nacional do Ensino Médio – Enem**: Brasília: MEC/Inep, 2011.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **NOTA TÉCNICA: Procedimentos de cálculo das notas do ENEM**: Brasília: MEC/Inep, 2011.

_____. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. DADOS ENEM. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar>>. Acesso em: 9 nov. 2015.

_____. INEP. **Relatório Nacional PISA 2012** Resultados brasileiros. ISBN 978-85-63489-17-3. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2014/relatorio_nacional_pisa_2012_resultados_brasileiros.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2015.

_____. São Paulo (Estado) Secretaria da Educação. **Matrizes de Referência para avaliação SARESP**: Documento básico; coordenação geral: Maria Inês Fine. São Paulo: SEE, 2009 174p. v. 1.

_____. SITE PHET
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics.

_____. **Taxonomia da aprendizagem, Taxonomia de Bloom**. Disponível em: <http://www.ead.unifei.edu.br/arquivos/Dicas_objetivos.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2015.