CIÊNCIA e NATURA

UFSM

Ci. e Nat., Santa Maria v.42
Commemorative Edition: Statistic, e34, 2020
DOI: 10.5902/2179460X40196
ISSN 2179-460X

Statistics

Submissão 29/09/19 aprovação 19/11/19 publicação xx/xx/20

Uma aplicação da Teoria da Resposta ao Item na avaliação do ENADE do curso de Administração

An application of item response theory in ENADE's assessment of business administration

Vinícius Teodoro Scher[I], Fernando de Jesus Moreira Junior[II], Angela Cristina Angela[III]

Resumo

Tradicionalmente considerar os escores brutos ou padronizados como o resultado de uma avaliação ou seleção de certo indivíduo é um fato comum. No entanto, os resultados obtidos dependem dos itens ou questões que compõem os instrumentos avaliativos. No que diz respeito a aplicações de modelos que forneçam uma melhor interpretabilidade do instrumento avaliativo, a Teoria da Resposta ao Item (TRI) permite mensurar o traço latente dos indivíduos, ou seja, características que não podem ser observadas diretamente. O Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE), tem o objetivo de aferir o rendimento dos alunos dos cursos de graduação em relação aos conteúdos programáticos, suas habilidades e competências. O presente artigo exibe uma análise da prova do ENADE de 2009 que foi respondida por 231.531 alunos ingressantes e concluintes do curso de Administração de diversas instituições do país por meio da TRI. Foi possível verificar a viabilidade do uso da TRI como instrumento de medida de avaliação dos itens do ENADE, assim como a ocorrência de um ganho em termos de traço latente entre alunos ingressantes e concluintes, mostrando que os concluintes ao término do período acadêmico, tiveram em média um traço latente superior aos ingressantes e construíram de certa forma habilidades acadêmicas.

Palavras-chave: Teoria da resposta ao item; ENADE; Avaliação educacional.

Abstract

Traditionally considering gross or standardized scores as the result of an individual's assessment or selection is a common fact. However, the results obtained depend on the items or questions that compose the evaluation instruments. Model applications that provide a better interpretability of the evaluative instrument, the Item Response Theory (IRT) allows to measure the latent trait of individuals, that is, characteristics that cannot be directly observed. The National Assessment of Student Achievement (ENADE) aims to assess the performance of undergraduate students in relation to syllabus, their skills and competences. Its results provide important data in the educational field, building references that allow the definition of actions aimed at improving the quality of undergraduate courses. This article presents an analysis of the 2009 ENADE test that was answered by 231.531 new and graduating students of the Business Administration course of several institutions in the country through the IRT. It was possible to verify the feasibility of using the IRT as an instrument to measure ENADE items, as well as the occurrence of a latent trait gain between incoming and graduating students, showing that the graduates at the end of the academic period had average latent trait superior to newcomers and somehow built up academic skills.

Keywords: Item response theory; ENADE; Educational assessment

[I] Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. E-mail: vinitscher@gmail.com.
[II] Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil. E-mail: fmjunior@smail.ufsm.br.
[III] Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. E-mail: angela.c.correa@ufsc.br.

1 Introdução

No âmbito das avaliações educacionais é mais do que comum a utilização dos escores brutos ou padronizados das avaliações tradicionais como parâmetro para seleção ou classificação de indivíduos em determinadas áreas. Porém, os resultados obtidos dependem particularmente dos itens ou questões que compõem o instrumento avaliativo. Assim, torna-se inviável a comparação entre indivíduos que não foram submetidos às mesmas provas ou avaliações.

Atualmente, existe um grande interesse, por parte das áreas do conhecimento onde exista avaliação educacional, na aplicação de técnicas derivadas da Teoria de Resposta ao Item (TRI), que propõe modelos para os traços latentes, ou seja, características dos indivíduos que não podem ser observadas diretamente. Esse tipo de variável deve ser inferida a partir da observação de variáveis secundarias que estejam relacionadas a ela.

O Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE) é um subsistema de avaliação do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), ambos ligados ao Ministério da Educação, com o propósito de aferir o desempenho dos estudantes dos cursos de graduação em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares do respectivo curso, suas habilidades e competências. O ENADE foi instituído como um componente curricular obrigatório dos cursos de graduação, onde participam da avaliação os estudantes no final de primeiro ano (ingressantes) e do último ano (concluintes) das áreas e cursos a serem avaliados.

Com o advento do Conceito Preliminar de Curso - CPC, instituído pela Portaria N^{o} 4/2008 do MEC, tornou-se possível a substituição das tradicionais avaliações in loco para renovação de reconhecimento dos cursos de graduação, por um cálculo onde os resultados do ENADE são preponderantes. Com base nos resultados do CPC de todos os cursos de uma instituição, tornou-se possível calcular o Índice Geral de Cursos (IGC), atuando como um indicador geral de qualidade das instituições de nível superior. Em função destes novos conceitos e critérios, independentemente dos questionamentos levantados segundo Schwartzman (2008), o ENADE passou a ter maior repercussão no cenário educacional brasileiro.

Tradicionalmente, o instrumento de medida de avaliação das provas utilizado se fundamenta na Teoria Clássica dos Testes (TCT). A Teoria da Resposta ao Item é uma ferramenta estatística que surge como alternativa, para suprir as necessidades decorrentes das limitações da TCT. Baseado nos estudos de Andrade et al. (2000), Embretson e Reise (2000), Hambleton et al. (1991), São Paulo et al. (2007), Olea et al. (1996) e Vendramini et al. (set./dez 2004) podemos citar as principais desvantagens na utilização da TCT:

(1) O escore do indivíduo depende essencialmente dos itens que compõem o teste; não possui a possibilidade de considerar o acerto casual;
(2) Os indivíduos que acertam a mesma quantidade de itens possuem o mesmo escore, tendo acertado itens diferentes (fáceis ou difíceis) na mesma prova;
(3) Não permite a comparação através do escore entre os indivíduos que responderam questionários com itens diferentes para medir o mesmo traço latente;
(4) Não consegue determinar qual seria a resposta de um indivíduo a um determinado item que ele não respondeu em um questionário;
(5) Os índices de dificuldade e de discriminação, por se tratar de uma proporção de acertos, dependem da quantidade e da qualidade dos respondentes, ou seja, depende da amostra;
(6) O erro padrão de medida (EPM) é o mesmo para todos os escores dos respondentes;
(7) Formatos mesclados de itens (por exemplo, dicotômicos e poliatômicos nominais e graduais) na TCT conduzem a impacto desequilibrado nos escores total do teste;
(8) Analisa a confiabilidade em função de uma medida como um todo, geralmente por meio do Alfa de Cronbach.

As avaliações educacionais tradicionais têm sido analisadas segundo os critérios da TCT. O surgimento da Teoria da Resposta ao Item possibilitou uma nova forma de

elaborar e interpretar esses instrumentos avaliativos. A TRI apresenta potencialidades efetivas que tem incentivado o incremento de seu uso como instrumento de mensuração, principalmente em sistemas de avaliação educacional. De acordo com Andrade et al. (2000), a TRI é uma metodologia que sugere formas de representar a relação entre a probabilidade de um indivíduo dar uma certa resposta a um item e seus traços latentes. Sob este prisma, a avaliação é realizada a partir de observações de variáveis secundarias relacionadas a determinada característica do indivíduo que não pode ser observada diretamente. Essa relação é possível por meio da utilização de modelos matemáticos e métodos complexos de estimação.

Levando em conta a importância que a TRI vem obtendo no meio acadêmico como forma de mensuração do traço latente, o presente artigo mostra uma análise da prova do ENADE de 2009 que foi respondida por 230.486 alunos ingressantes e concluintes do Curso de Administração de diversas instituições do país. Verificou-se a viabilidade do uso da TRI como instrumento de medida de avaliação do ENADE, avaliando o quanto a prova do ENADE do Curso de Administração mensura o verdadeiro traço latente dos seus acadêmicos, apresentando um comparativo entre o desempenho de ingressantes e concluintes do respectivo curso.

2 Estado da arte: Teoria da Resposta ao Item (TRI)

A TRI é um conjunto de modelos matemáticos que procura representar a probabilidade de um indivíduo dar uma certa resposta a um item como função dos parâmetros do item e da habilidade do respondente. Essa relação é expressa de tal forma que quanto maior a habilidade, maior a probabilidade de acerto no item, Andrade et al. (2000).

O estudo da TRI teve início na década de 50, onde os modelos consideravam apenas uma única habilidade, de um único grupo, sendo medida por um teste onde os itens eram corrigidos de maneira dicotômica. Os primeiros modelos desenvolvidos, propostos por Lord (1952), foram o modelo unidimensional de dois parâmetros e o modelo unidimensional de três parâmetros, baseados na distribuição normal acumulada (ogiva normal). Birnbaum (1968) aprimorou os modelos de Lord (1952),

substituindo, em ambos os casos citados anteriormente, a função ogiva normal pela função logística, que é mais conveniente matematicamente.

Paralelamente e independente do trabalho de Lord (1952), Rasch (1960) propôs o modelo unidimensional de um parâmetro, expresso também como modelo de ogiva normal e posteriormente aprimorado por Wright (1968), substituindo também, a função ogiva normal pela função logística. Samejima (1969) propôs o modelo de resposta gradual com o objetivo de obter mais informação das respostas dos indivíduos do que simplesmente avaliar se eles retornaram respostas corretas ou incorretas ao conjunto de itens que compunham o instrumento avaliativo. Bock (1972), Andrich (1978), Masters (1982) e Muraki (1992), também propuseram modelos para mais de duas categorias de resposta, assumindo diferentes estruturas entre essas categorias. Bock e Zimowski (1997) introduziram os modelos logísticos de 1, 2 e 3 parâmetros para duas ou mais populações de respondentes, fornecendo novas possibilidades para as comparações de rendimentos de duas ou mais populações submetidas a diferentes testes com itens comuns.

A TRI começou a ser utilizada no Brasil em 1995, primeiramente na pesquisa AVEJU da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo e posteriormente no Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP) e também no Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) do INEP/MEC, Andrade et al., (2000).

2.1 Estudo da TRI em avaliações educacionais

A partir de 1998 a TRI passou a ser utilizada na avaliação das provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), sob a responsabilidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais do Ministério da Educação (INEP/MEC). Algumas das provas do ENEM haviam sido previamente analisadas em estudos que utilizaram a TRI. Francisco (2005) realizou um estudo de caso por meio da aplicação da TRI, com a finalidade de verificar o desempenho dos alunos concluíntes do curso de Matemática da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), em Guarapuava-PR, no período de 2000 ate 2003, no Exame Nacional de Cursos (ENC). Foi estudado a estimação dos parâmetros dos modelos logísticos unidimensionais de um, dois e três

parâmetros da TRI. Os resultados mostraram que para a população em estudo (alunos concluíntes do curso de Matemática da UNICENTRO), em todos os anos considerados a grande maioria dos itens era difícil. No entanto, observaram que a quantidade de itens difíceis diminuiu ao longo do período analisado. Uma limitação desse estudo foi a amostra utilizada para a calibração dos itens. Foram analisadas quatro provas (uma para cada ano), com número de itens igual a 25, 40, 30 e 40, com número de respondentes igual a 46, 59, 41 e 41, respectivamente. Essa quantidade pequena de respondentes pode afetar severamente as estimativas dos parâmetros dos itens, tornando os resultados duvidosos com interpretabilidade deficiente. Outra restrição desse estudo é que os parâmetros estimados não podem ser utilizados para avaliar a proficiência dos alunos de outra instituição de ensino superior (IES), pois poderiam apresentar DIF (*Diferential item functioning*), já que a população não é a mesma.

Oliveira (2006) utilizou a TRI para realizar uma análise das propriedades psicométricas da prova do ENADE de 2004, aplicada aos alunos dos cursos de medicina. A amostra utilizada foi de 8.124 estudantes e as análises foram realizadas apenas com as questões objetivas, tanto do componente de Formação Geral (FG) quanto do componente de Formação Específica (FE), totalizando 28 itens a serem analisados. Os resultados, baseados no coeficiente de fidedignidade que utiliza a formula KR-21 Kuder e Richardson (1937) mostraram que os dados se ajustavam com maior confiabilidade ao Modelo Logístico Unidimensional de um parâmetro (Modelo de Rasch) do que nos Modelos Logísticos Unidimensionais de dois e três Parâmetros.

Nogueira (2008) utilizou a TRI para avaliar as questões de FG da prova do ENADE, em especial aquelas que envolvem conceitos estatísticos, visando estimar a proficiência dos estudantes nos conteúdos avaliados e o ajuste dos itens ao modelo de Rasch. A amostra utilizada foi de 403.512 estudantes de vários cursos que fizeram a prova do ENADE nos anos de 2004 e 2005. Os resultados mostraram que as questões objetivas da prova de 2004 apresentaram parâmetros de dificuldade mais elevados em relação a prova de 2005, exigindo maior habilidade do estudante para respondê-las. Por outro lado, as questões discursivas de 2004 e 2005 apresentam parâmetros de dificuldade menos elevados, embora não sejam equiparáveis. O modelo da TRI utilizado neste

último estudo é mais restrito, pois considera que todos os itens possuem o mesmo nível de discriminação e apenas a dificuldade dos itens é avaliada, não levando em conta a possibilidade do acerto casual.

Primi et al. (2010), apresentaram outro enfoque da aplicação da TRI no ENADE para a determinação de pontos de corte, formando grupos de competências requeridas para a resolução de itens. A amostra utilizada foi de 26.613 estudantes que realizaram a prova do ENADE de Psicologia em 2006 e foram analisadas somente as questões referentes ao conteúdo específico. Os resultados mostraram que de maneira geral, os estudantes concluintes concentram-se na competência mínima, enquanto que os ingressantes distribuem-se, em sua maioria, em competência mínima e fraca. Primi et al. (2010) expõem um estudo utilizando DIF no ENADE. O DIF pode ser definido com sendo a observação em pessoas com a mesma habilidade, de uma chance diferenciada de acerto de um item. Os parâmetros estimados pela TRI devem ser invariantes em relação a habilidade da amostra, mas quando isso não ocorre, tem-se essa situação anômala chamada de DIF.

O uso da TRI no ENEM proporcionou o seu destaque em âmbito nacional. No contexto internacional, a TRI vem sendo empregada amplamente por vários países: Estados Unidos, Franca, China, Holanda, Coreia do Sul e principalmente nos países participantes do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) que conta com a participação de 32 países, tais como Canadá e Brasil. O PISA utiliza o modelo de Rasch da TRI e coloca os resultados em uma mesma escala de proficiência para cada área, ao longo dos anos (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2003; 2011; KLEIN, 2011).

Outro exemplo de avaliação utilizando a TRI é o exame de proficiência em língua inglesa (TOEFL). Este exame surgiu em 1964 e tem sido amplamente utilizado em todo o mundo. Desde sua origem, este exame já avaliou mais de 25 milhões de alunos e tem sido administrado por mais de 4.500 centros em 165 países Karino, Andrade (2010). As avaliações educacionais tradicionalmente têm sido analisadas segundo os critérios da TCT. A TRI surge como uma metodologia alternativa utilizada em diversas áreas do conhecimento, e em larga escala em avaliações educacionais.

2.2 O modelo matemático

Existem diversos modelos matemáticos que são utilizados nas aplicações da TRI. Propõe-se neste estudo a utilização do Modelo Logístico Unidimensional de Três Parâmetros (MLU3), por ser mais completo e o mais indicado na aplicação das avaliações educacionais de proficiência. O modelo MLU3 é adequado para o ajuste de itens politômicos (itens com duas ou mais categorias) com uma única opção de resposta correta, o que permite que o item seja dicotomizado em duas categorias: certa e errada. Além disso, esse modelo permite avaliar a dificuldade do item, a discriminação e a probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade.

O modelo logístico unidimensional de três parâmetros (ML3) é dado por:

$$P(U_{ij}=1|\theta_j)=c_i+(1-c_{ij})+\frac{1}{1+e^{-Da_i(\theta_j-b_i)}}, para\ i=1,2,..I \quad e \quad j=1,2,..,n$$

onde:

U_{ij} é uma variável dicotômica (assume o valor 1 quando o indivíduo *j* responde corretamente o item *i*, ou assume o valor 0, caso contrário);

θ_j é o valor do traço latente (parâmetro da habilidade) do indivíduo *j*;

$P(U_{ij}=1|\theta_j)$, também chamada de Função de Resposta do Item (FRI), é a probabilidade do indivíduo *j* responder corretamente o item *i*, dado que ele tem habilidade θ_j, ou seja, é a proporção de respostas corretas do item *i* dos indivíduos da população com habilidade θ_j;

a_i é o parâmetro de discriminação (ou de inclinação) do item *i*;

b_i é o parâmetro de dificuldade (ou de posição) do item *i*, medido na mesma escala da habilidade;

c_i é o parâmetro de acerto casual, que representa a probabilidade de indivíduos com baixa habilidade responderem corretamente o item *i*;

D é um fator de escala constante, igual a 1 se os parâmetros dos itens são estimados na métrica da Logística, ou igual a 1,7, se os parâmetros dos itens são estimados na métrica da ogiva normal, que é a distribuição Normal acumulada, por

aproximação (nesse estudo os parâmetros serão analisados pela métrica da Logística, considerando, portanto, D = 1);

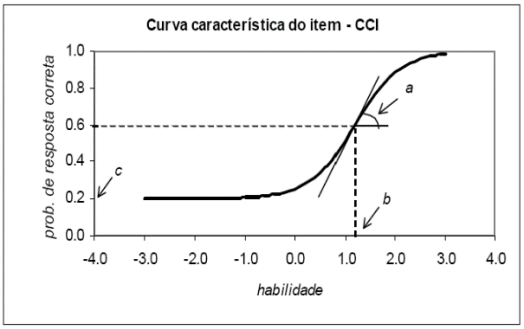
e é a conhecida constante matemática igual a 2,718281...(número de Euller);

i é o número total de itens; e

n é a quantidade total de indivíduos na amostra.

O MLU3 é um modelo cumulativo, ou seja, a medida que o valor do traço latente aumenta, a probabilidade do indivíduo acertar o item também aumenta e vice-versa. A Figura 1 apresenta um exemplo da Curva Característica do Item (CCI) de um MLU3 e a sua relação existente com os parâmetros dos itens a_i (inclinação da curva), b_i (posição do item na escala) e c_i (probabilidade de acerto casual de indivíduos com baixa habilidade). A CCI (Figura 1) é o gráfico da função do modelo matemático, onde o eixo *y* das ordenadas é a probabilidade de resposta correta de um indivíduo segundo o valor da sua habilidade (eixo *x* das abcissas).

Figura 1 – Relação entre os parâmetros dos itens e a CCI



Fonte: Andrade et al. (2000).

O traço latente (habilidade ou proficiência) do indivíduo (θ_j) é medido em uma escala arbitraria que varia teoricamente em toda a reta real. Porém, o importante nessa escala não é a sua magnitude, mas as relações de ordem existentes, Andrade et al., (2000). O traço latente, no modelo cumulativo é especificado como um tipo de característica que apresenta uma probabilidade maior para indivíduos com θ_j maior, e uma probabilidade menor para indivíduos com θ_j menor. Ou seja, quanto maior for θ_j, maior será a probabilidade do indivíduo *j* acertar o item.

Segundo Baker (2001), o traço latente θ_j do indivíduo *j* é invariante em relação aos itens utilizados para estimá-lo, desde que os itens sejam adequados, isto é, estejam calibrados (ou seja, possuam uma boa estimativa dos parâmetros), em uma métrica comum e medindo o mesmo traço latente (unidimensionalidade). Isso justifica o fato do resultado do θ_j ser o mesmo, independente dos itens que formam o questionário, o que não ocorre na TCT. Portanto, não importa se o teste é composto por itens difíceis ou fáceis, a estimativa da habilidade é a mesma. Isso é condizente com a realidade, já que a habilidade de um indivíduo, num determinado tempo *t* é a mesma independente do grau de dificuldade do teste. Essa é a chamada propriedade de invariância do parâmetro de habilidade da TRI.

O parâmetro a_i mede a discriminação do item. Valores baixos de a_i indicam que o item tem pouco poder de discriminação, ou seja, a probabilidade de um indivíduo responder corretamente o item ou concordar com ele é aproximadamente a mesma para indivíduos com baixa ou elevada proficiência. Por outro lado, valores altos de a_i indicam que o item tem grande poder de discriminação, dividindo os indivíduos praticamente em dois grupos: os que possuem habilidades abaixo do valor de b_i (com baixa probabilidade de acertar o item), e os que possuem habilidades acima do valor de b_i (com alta probabilidade de acertar o item). Não existe um valor ideal de a_i para decidir se um item discrimina bem ou não. Em geral na métrica logística, um item com a_i maior que 0,7 pode ser considerado aceitável, mas um valor maior ou igual a 1,0 indica que o item discrimina bem. Valores extremamente altos de a_i também não são adequados, pois provavelmente dividiria os indivíduos em dois grupos distintos (os que têm θ_j maior que b_i e os que têm θ_j menor que b_i), mas não faria distinção entre os indivíduos dentro dos grupos.

O parâmetro mais importante do MLU3 é o b_i , parâmetro de dificuldade ou proficiência do item, que é medido na mesma unidade da escala da habilidade do indivíduo θ_j. Ele representa o grau de dificuldade do item, ou seja, quanto maior seu valor, mais difícil o item é (somente indivíduos com habilidade alta terão uma boa probabilidade de acertá-lo), e vice-versa. Esse valor de b_i é que vai definir a posição do item na escala, por este motivo ele também é chamado de parâmetro de localização.

Teoricamente, b_i pode assumir qualquer valor entre $-\infty$ e $+\infty$, entretanto, para valores muito altos ou baixos, o item pode não ser adequado, sendo usual os valores entre -3 e 3, na escala (0, 1), isto é, com media igual a zero e desvio padrão igual a um (ANDRADE et al., 2000).

O parâmetro c_i é a probabilidade de um indivíduo com baixa proficiência ou com pouco (ou nenhum) conhecimento, em relação ao assunto que está sendo avaliado, responder corretamente ao item *i*. O parâmetro c_i é considerado quando existe a possibilidade de acerto casual, que é o caso do MLU3, e o seu valor depende da quantidade de alternativas que o item apresenta. Por exemplo, para um item com 5 alternativas, espera-se valores entre 0,1 e 0,3. O índice de discriminação *a*, refere-se a inclinação da CCI no ponto de inflexão, isto é, quando a curva corta a linha que corresponde a probabilidade de (1 + c)/2 de resposta correta. Quanto maior for a inclinação da curva, maior será o seu valor. Ele é proporcional ao coeficiente angular da reta tangente ao ponto de inclinação máxima, ou seja, onde a probabilidade de acerto for igual a (1 + c)/2. Dessa forma, itens com *a* negativo não são esperados para esse modelo, uma vez que indicariam que a probabilidade de responder corretamente o item diminui com o aumento da habilidade.

Vale ressaltar que a capacidade de discriminação dos itens varia de acordo com o nível de habilidade avaliado (PRIMI et al., 2010). Todo item fornece uma informação a avaliação na TRI, através da Função de Informação do Item (FII), que permite analisar a quantidade de informação que um item fornece para a medida do traço latente analisado e reflete a qualidade do item. Maiores detalhes podem ser encontrados em Andrade et al. (2000).

2.3 Métodos de estimação

Os modelos da TRI são completamente especificados a partir da estimação dos parâmetros dos itens e das habilidades dos respondentes. O processo de estimação dos parâmetros dos itens é chamado de calibração (BAKER, 2001). No processo de estimação podem ocorrer os seguintes casos:

1 os parâmetros dos itens são conhecidos e precisa-se estimar as habilidades;

2 os parâmetros das habilidades dos respondentes são conhecidos e precisa-se estimar os parâmetros dos itens;

3 os parâmetros das habilidades e dos itens são estimados simultaneamente

No primeiro caso a solução é dada empregando o método da máxima verossimilhança ou métodos bayesianos, ambos através da aplicação de procedimentos iterativos, como, por exemplo, o método de Newton-Raphson ou Scoring de Fisher. O segundo caso tem apenas caráter teórico sendo solucionado usando o método da máxima verossimilhança. O último caso, mais encontrado na prática e presente neste trabalho, pode ser resolvido de duas formas usando o método da máxima verossimilhança: a estimação conjunta dos parâmetros dos itens e das habilidades dos indivíduos; ou em duas etapas, primeiro a estimação dos parâmetros dos itens e, em seguida, a estimação das habilidades. A TRI nos possibilita analisar individualmente os itens de um teste fornecendo parâmetros referentes aos itens e parâmetros referentes aos indivíduos. Bem interpretados esses parâmetros fornecem uma grande quantidade de informação necessária para a análise de instrumentos avaliativos, identificando itens por sua dificuldade e por seu poder de discriminação entre os indivíduos de maior ou menor nível de habilidade. Informações mais detalhadas sobre a estimação dos parâmetros podem ser encontradas em Baker (2001), Lord (1952) e Birnbaum (1968).

2.4 Construção e interpretação das escalas de habilidade

Uma escala é constituída por uma sequência numérica onde o número em uma escala está sempre associado a uma interpretação. Na escala utilizada pelo SAEB por exemplo, cada intervalo numérico representa um nível de desempenho de grupos de estudantes e vem acompanhado de uma interpretação das competências e habilidades que eles já construíram no seu processo de desenvolvimento. A escala é definida por níveis âncora, que por sua vez são caracterizados por um conjunto de itens denominados itens âncora. Níveis âncora são pontos selecionados pelo analista na

escala da habilidade para serem interpretados pedagogicamente. Já os itens âncora são itens selecionados para cada um dos níveis âncoras segundo um critério de definição, ou seja, sejam dois níveis âncora consecutivos Y e Z com Y < Z. Um determinado item é âncora para o nível Z somente se as 3 condições abaixo forem satisfeitas simultaneamente, (ANDRADE et al., 2000):

2. $P(U=1|\theta=Z)\geq 0{,}65$
3. $P(U=1|\theta=Y)<0{,}50$
4. $P(U=1|\theta=Z)-P(U=1|\theta=Y)\geq 0{,}30$

Dessa forma, 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 acertaram a esse item deve ser de pelo menos 30%. Assim, itens âncora caracterizam um ponto ou nível das escalas para o qual a grande maioria dos alunos situados naquele nível acerta o item, ao passo que um percentual considerável de alunos situados ao nível abaixo da escala erra o item. Esses itens têm o objetivo de discriminar pontos na escala que separam alunos que construíram daqueles que não construíram determinadas competências ou habilidades. Para auxiliar na interpretação das escalas, é preciso identificar um número razoável de itens âncora para cada um dos níveis da escala. É importante que o conjunto de itens âncora cubra a maior extensão possível da matriz de referência para que a análise das competências e habilidades seja rica (ANDRADE et al., 2000).

3 Metodologia

3.1 Definição da amostra

Alunos que realizaram a prova do ENADE no ano de 2009 que foi respondida por 231.531 participantes, entre ingressantes e concluintes do Curso de Administração de diversas instituições de ensino superior do país. A idade dos universitários variou entre 16 e 79 anos tendo uma predominância do sexo feminino (55%). Após uma averiguação

e filtragem do banco de dados, excluindo casos onde o candidato deixou prova em branco ou cometeu algum erro de preenchimento de gabarito, a amostra utilizada para o presente trabalho foi de 230.486 participantes. A idade dos universitários variou entre 16 e 80 anos, ocorrendo uma forte concentração na faixa etária de 20 a 30 anos.

3.2 Instrumento avaliativo

A prova do ENADE do curso de Administração é composta por 35 questões de múltipla escolha e 5 questões discursivas, onde 10 questões são de formação geral e 30 são de formação específica da área. A Tabela 1 descreve de forma exata a divisão das questões bem como os pesos atribuídos a cada área:

Tabela 1 – Estrutura da prova do ENADE

Partes	Nº das questões	Peso/Questões	Peso/Componentes
Formação Geral/Múlt. Escolha	01 à 08	60%	25%
Formação Geral/Disc.	09 e 10	40%	
Comp. Espec./Múlt. Escolha	11 à 37	85%	75%
Comp. Espec./Disc	38 à 40	15%	

3.3 Compilação dos dados

Como exposto anteriormente, a prova do ENADE é composta por 40 questões ao todo. O presente artigo contempla a análise somente das 35 questões objetivas. Foram realizadas estimações prévias na qual foram excluídas 8 questões, pois os valores dos seus parâmetros eram inadequados para o estudo, podendo causar possíveis distorções tanto nos resultados obtidos quanto na sua interpretabilidade, Andrade et al. (2000).

3.4 Recursos computacionais

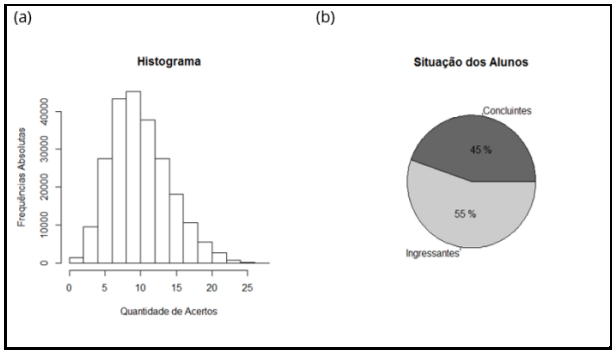
Tanto no que diz respeito à estimação dos parâmetros dos itens quanto para a estimação dos traços latentes dos indivíduos, utilizou-se o software estatístico livre R Core Team (2017), conjuntamente com o pacote *irtoys,* Partchev, (2014). A construção dos gráficos e tabelas também contaram com o Software R como ferramenta. O tempo computacional para este estudo foi elevado devido ao fato da extensão do banco de dados utilizado.

4 Resultados

Diversas análises estatísticas utilizando o aparato de ferramentas da TRI foram realizadas para este estudo de caso, tendo como objetivo inicial de verificar a aplicabilidade da TRI na prova do ENADE do curso de Administração no ano de 2009. Dada a viabilidade da utilização da TRI neste estudo, a investigação da ocorrência de um certo ganho em termos de traço latente comparando ingressantes e concluintes do curso de graduação em questão também foi realizada.

A Figura 2 mostra a distribuição da quantidade de acertos que os candidatos obtiveram dentre as 27 questões selecionadas (lado esquerdo) e uma caracterização da amostra com relação a situação acadêmica dos indivíduos que realizaram a prova do ENADE no ano de 2009.

Figura 2 – Caracterização da amostra: frequência de acertos (a) e situação dos alunos (b)



Através da Figura 2(a) é possível notar uma leve assimetria positiva, mostrando que a maior concentração de acertos ficou em torno da média amostral que foi de 10 acertos, isto é, maior concentração de acertos abaixo de 50% do total de questões consideradas. Na Figura 2(b) mostra que uma quantidade maior de ingressantes realizou a prova do ENADE.

O processo de estimação dos parâmetros é denominado calibração. Na Tabela 2 podemos visualizar as estimativas dos parâmetros dos itens (*a, b* e *c*) para cada item que compõe a prova. Esses parâmetros foram obtidos através das respostas dos participantes a uma das cinco alternativas de cada questão. Indicadas as respostas corretas, os dados foram transformados em itens do tipo certo/errado (itens dicotômicos) e estimados com o auxílio do software estatístico livre R Core Team (2017)

por meio do pacote *irtoys*. O parâmetro *a* indica o quanto determinado item consegue discriminar quem construiu de quem não construiu determinadas competências, ou seja quanto maior o valor de *a* melhor o item irá discriminar. Ainda na Tabela 2 é possível verificar que os três itens com maior valor de *a* em ordem decrescente foram os itens Q32, Q28 e Q25. Já os itens com menor poder de discriminação foram Q19, Q13 e Q11 em ordem decrescente, ou seja, esses itens não conseguem discriminar quem construiu de quem não construiu determinada competência. O parâmetro *b* determina o grau de dificuldade do item e tem seus valores entre -3 e 3, na escala (0, 1), isto é, com media igual a zero e desvio padrão igual a um. Também é possível verificar que os três itens com maior grau de dificuldade em ordem crescente foram Q32, Q35 e Q15, por possuírem valores maiores do que 2 para o parâmetro *b*.

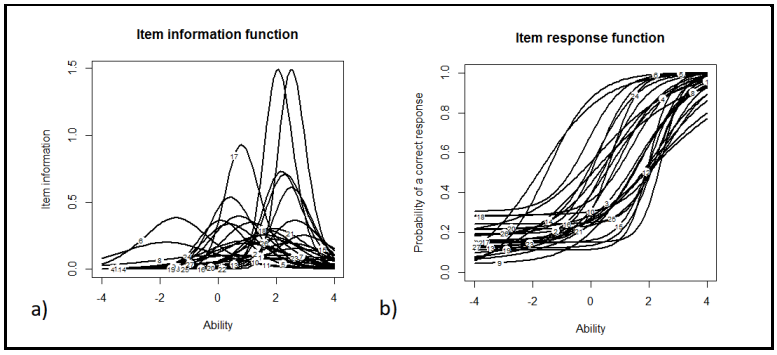
Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros dos itens

Item	a	b	c	Item	a	b	c	Item	a	b	c
Q3	0,78	0,28	0,19	Q15	1,32	2,69	0,29	Q28	2,72	2,00	0,11
Q4	1,05	2,22	0,19	Q18	0,90	-1,78	0,01	Q30	0,96	2,40	0,22
Q5	1,09	1,67	0,16	Q19	0,60	2,10	0,05	Q31	1,28	1,80	0,16
Q6	1,00	0,71	0,09	Q21	1,89	2,21	0,12	Q32	2,83	2,45	0,15
Q7	1,62	-0,12	0,31	Q22	1,04	0,70	0,18	Q33	1,42	0,59	0,13
Q8	1,27	-1,48	0,02	Q23	1,97	2,08	0,15	Q34	1,39	0,21	0,18
Q11	0,67	2,05	0,05	Q24	1,97	2,37	0,24	Q35	1,49	2,45	0,22
Q13	0,64	0,07	0,00	Q25	2,24	0,71	0,16	Q36	1,77	0,27	0,19
Q14	1,05	1,53	0,04	Q27	1,43	1,45	0,28	Q37	1,34	0,98	0,13

A Figura 3(a) mostra as curvas características dos itens da prova do ENADE de 2009. É possível observar que existe uma grande variação no que diz respeito à posição do ponto de inflexão de cada curva, que está diretamente relacionado ao parâmetro *b* de dificuldade de cada item. Observa-se também a existência de variações na inclinação que cada curva apresenta. Essas inclinações correspondem ao valor que o parâmetro *a* assume, ou seja, parâmetro de discriminação, mostrando que o instrumento avaliativo analisado possui questões bem distintas para este quesito. Já na Figura 3(b) temos as funções de informação de todos os itens que compõem a prova,

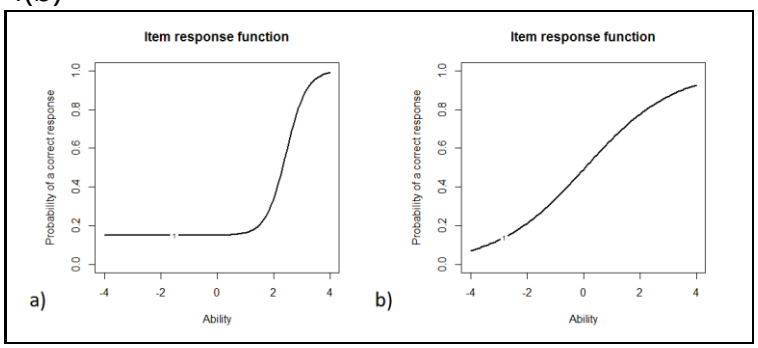
mostrando também que os itens que possuem maior valor de informação estão localizados no intervalo onde a habilidade assume valores entre 0 e 3.

Figura 3 – Curva característica dos itens figura 3(a); função de informação dos itens, figura 3(b)



As Figuras 4(a) e 4(b) apresentam a curva característica dos itens Q32 e Q13 respectivamente. Estes itens proporcionam uma boa visualização gráfica do quanto a prova apresentou questões heterogêneas com relação à dificuldade e discriminação. Através da analise da Figura 4(a) percebemos que a questão 32 possui um valor elevado para *a* caracterizando um item de boa discriminação e por isso sua inclinação vertical no gráfico é mais íngreme que na Figura 4(b). A questão 32 também possui um valor alto para o parâmetro *b*, e por isso seu deslocamento do ponto de inflexão da curva característica para a direita ao contrario da questão 13 que possui ponto de inflexão próximo a zero.

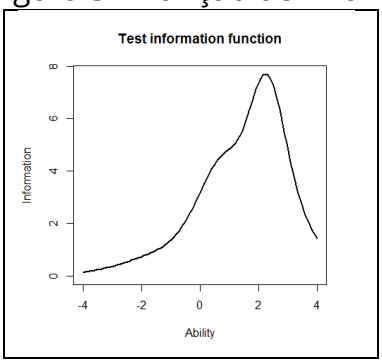
Figura 4 – Curva característica dos itens, questão 32 figura 4(a) e questão 13, figura 4(b)



A Figura 5 exibe a função de informação do teste. Este gráfico mostra que a prova do ENADE de 2009 apresentou uma dificuldade alta, pois somente indivíduos que possuem habilidade igual ou superior a 2 tem uma grande probabilidade de obter um

bom desempenho ou seja, o instrumento é mais adequado para medir o traço latente de indivíduos que tem habilidade próxima a 2.

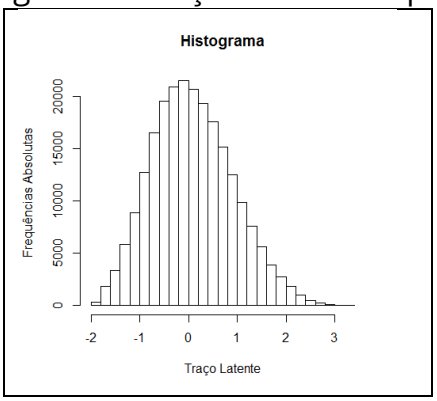
Figura 5 – Função de informação do teste



Depois de finalizada a fase de calibração dos parâmetros dos itens, é realizada a estimação das habilidades dos respondentes. O pacote *irtoys* oferece três métodos de estimação: por máxima verossimilhança, por esperança a posteriori (EAP) e por máximo a posteriori (MAP), o qual foi escolhido para essa estimação.

Na Figura 6 temos o histograma das habilidades de todos os participantes da prova do ENADE de 2009. Nota-se através da análise da Figura 6 o fato de uma grande maioria dos participantes terem habilidades em torno de zero, diferentemente da função informação do teste que consegue mensurar com maior precisão indivíduos com habilidades em torno de 2.

Figura 6 – Traço latente dos participantes

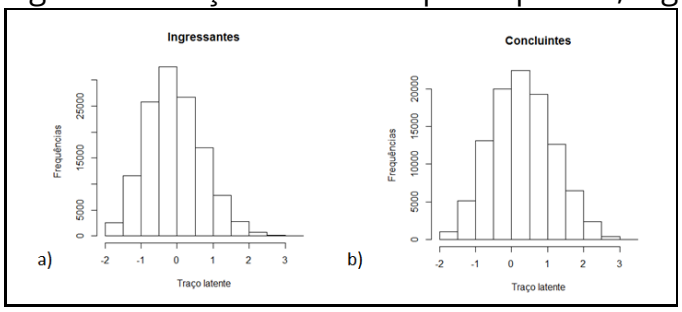


Esse fato reforça a conclusão de que a prova do ENADE de 2009 não consegue avaliar de forma precisa a grande maioria dos indivíduos respondentes.

Na Figura 7(a) temos o histograma das habilidades dos indivíduos ingressantes no curso de administração que realizarão a prova do ENADE. Nota-se que pelo menos

metade dos alunos tem habilidades menores do que zero. Já na Figura 7(b), onde temos o histograma de habilidades dos indivíduos concluintes do curso, mostrando que pelo menos metade dos alunos tem habilidade acima de zero.

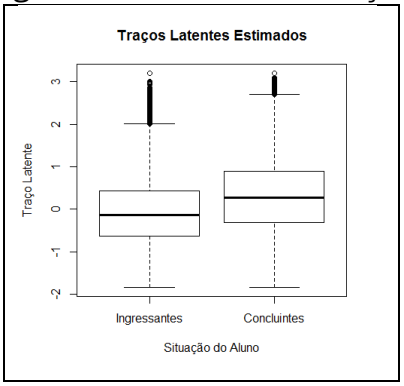
Figura 7 – Traço latente dos participantes, ingressantes (a) e concluintes (b)



Analisando conjuntamente os dois gráficos presentes na Figura 7, podemos notar que existe um ganho em termos de traço latente quando comparamos indivíduos ingressantes e concluintes. Uma interpretação possível para tal ganho, foram as habilidades que os indivíduos concluintes adquiriram durante o seu processo de formação superior, isto é, os alunos do curso de administração que prestaram a prova do ENADE de 2009 estão concluindo sua graduação tendo maior conhecimento sobre sua área do que quando ingressaram na universidade.

O resultado mencionado acima fica ainda mais evidente quando analisamos o Box-Plot na Figura 8, que também compara indivíduos ingressantes e concluintes. Esse resultado mostra, que apesar da prova não ser tão precisa para mensurar o traço latente de indivíduos que possuem habilidades estimadas menores do que 0, ela consegue mostrar que o aluno ao sair da universidade adquiriu habilidades e conhecimento.

Figura 8 – Box-Plot do traço latente



Também é possível perceber essa diferença quando comparamos os valores médios do traço latente entre ingressantes e concluintes, que são de -0,081 e 0,30 respectivamente.

A obtenção dos itens âncoras, ou seja itens que conseguem avaliar de forma mais precisa indivíduos que construíram determinada competência dos que não construíram, foi possível encontrar os níveis 1, 2 e 3, onde as questões ficaram distribuídas em cada nível conforme abaixo:

5. nível 1: Q7, Q34 e Q36
6. nível 2: Q27
7. nível 3: Q21, Q23, Q24, Q28, Q31, Q32 e Q35

É importante notar que nenhuma das questões que compunham a prova são itens âncora de nível 0, -1, -2 e -3, o que é aceitável, tornando ainda mais verdadeiro o fato de que o instrumento avaliativo consegue mensurar de forma mais precisa indivíduos que tenham habilidades nos níveis 1,2 e 3, isto é, maiores do que zero.

5 Conclusão

De maneira geral, o objetivo deste artigo foi mostrar os benefícios do estudo da TRI em uma avaliação educacional, através da verificação do quanto a prova do ENADE de 2009 mensurou o verdadeiro traço latente dos indivíduos respondentes. Também verificamos se a prova é adequada para o publico alvo, identificando a existência de itens problemáticos e comparando o desempenho entre indivíduos ingressantes e concluintes.

Os resultados das análises da prova do ENADE do curso de Administração no ano de 2009 de várias instituições de ensino superior do país, mostram que é viável a utilização da TRI como instrumento avaliativo. Apesar da prova apresentar itens problemáticos, ou seja, itens que não tem uma boa calibração, após a eliminação desses itens do banco de dados, não ocorreram problemas que impedissem a estimação de nenhum parâmetro ou informação de algum item. A prova consegue mensurar de maneira mais precisa os indivíduos que tem habilidades superior a 0. Isso não quer dizer que ela não consiga mensurar as habilidades de indivíduos que

possuem valores abaixo de 0, apenas o traço latente estimado terá um erro padrão maior para esses indivíduos. O resultado mais interessante fica por conta do comparativo entre ingressantes e concluintes. Houve um ganho em termos de traço latente entre esses dois grupos de alunos, ficando claro que os concluintes ao término do período acadêmico, tiveram em media um traço latente superior aos ingressantes e construíram de certa forma habilidades acadêmicas durante o período letivo. Esse tipo de comparação é uma das grandes vantagens da TRI com relação a TCT, a qual não permite verificar o ganho de traço latente. A análise da prova através da TRI possibilitou também mostrar que os itens que compõem o teste possuem níveis de dificuldade elevado, não sendo muito adequada para avaliar indivíduos que possuem conhecimento abaixo de 0.

Referências

ANDRADE, D. F., TAVARES, H. R., VALLE, R. C. **Teoria da resposta ao item**: conceitos e aplicações. São Paulo, 2000.

ANDRICH, D. A rating formulation for ordered response categories. **Psychometrika**, 43., 561-573, 1978.

BAKER, F. B. **The Basics of Item Response Theory.** 2 ed. USA, 2001.

BIRNBAUM, A. **Some Latent Trait Models and Their Use in Infering an Examinee's Ability**, 1968.

BOCK, R. D. Estimating item parameters and latent ability when responses are scored in two or more nominal categories. **Psychometrika**, 37., 29-51, 1972.

BOCK, R. D., ZIMOWSKI, M. F. **Multiple Group IRT.** In: Handbook of Modern Item Response Theory. New York: Spring-Verlag, 1997.

EMBRETSON, S. E., REISE, S. P. **Item Response Theory for Psychologists.** New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.

FRANCISCO, R. **Aplicação da teoria da resposta ao item (TRI) no exame nacional de cursos (ENC) da Unicentro**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

HAMBLETON, R. K., SWAMINATHAN, H., ROGERS, H. J. **Fundamentals of item response theory.** Newbury Park, CA: Sage, 1991.

KARINO, C. A., ANDRADE, D. F. (2010). **Entenda a teoria de respostas ao item (tri), utilizada no enem**. Disponível em: http://www.senado.gov.br/comissoes/CE/AP/AP20101116_NotaTecnica_INEPMEC_TeoriaRespostasAoItem.pdf. Acesso em: 01/06/2014.

KLEIN, R. Uma re-analise dos resultados do PISA: problemas de comparabilidade. **Ensaio: aval.pol.públ.Educ**. vol.19 no.73 Rio de Janeiro Oct./Dec. 2011.

KUDER, G. F., RICHARDSON, M. W. **The theory of estimation of test reliability,** 1973.
LORD, F. M. **A theory of test scores** (Nº. 7). Psychometric Monograph, 1952.

MASTERS, G. N. A rasch model for partial credit scoring. **Psychometrika**, 47., 149-174, 1982.

MURAKI, E. A generalized partial credit model: Application of an em algorithm. **Applied Psychological Measurement**, 16, 159-176, 1992.

NOGUEIRA, S. O. **ENADE: Analise de itens de formação geral e de estatística pela TRI.** Dissertação de Mestrado, Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.

OLEA, J., PONSODA, V., REVUELTA, J., BELCHI, J. Propiedades psicométricas de un test adaptativo informatizado de vocabulario inglês. **Estudios de Psicologia**, n. 55, p. 61-73, 1996.

OLIVEIRA, K. S**. Avaliação do exame nacional de desempenho do estudante pela teoria de resposta ao item.** Dissertação de Mestrado, Universidade São Francisco, Itatiba, 2006.

PARTCHEV, I. **Simple interface to the estimation and plotting of irt models**, 2014.
PRIMI, R., CARVALHO, L. F., MIGUEL, F. K., SILVA, M. C. R. **Analise do funcionamento diferencial dos itens do exame nacional do estudante (ENADE) de psicologia de 2006**. Psico-USF, 15, n. 3, p. 379-393, 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foun-dation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2012.

RASCH, G. **Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests**. Copenhagem: Da-nish Institute for Educational Research, 1960.

SAMEJIMA, F. A. **Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores.** Psychometric Monograph, N. 17. 1969.

SCHWARTZMAN, S. O "conceito preliminar" e as boas praticas de avaliação do ensino superior. **Revista da Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior,** n. 38, pp. 9-32, 2008.

SAO PAULO, E., MIRANDA, B. S., MOREIRA NETO, J. G., PAIXAO, L. A. R. Aplicação do modelo de credito parcial generalizado na avaliação do projeto sesi por um brasil alfabetizado. **Revista Eletronica Iberoamericana sobe Calidad, Eficacia y Cambio en Educacion,** v. 5, n. 2e, p. 24-38, 2007.

VENDRAMINI, C. M. M., SILVA, M. C., CANEL, M. Analise de itens de uma prova de raciocínio estatístico. **Psicologia em Estudo,** Maringá , v. 9, n. 3, p. 487-498. (set./dez 2004).

WRIGHT, B. D. Sample-free test calibration and person measurement. **Procedings of the 1967 Invitational Conference on Testing Problems.** Princeton, NJ: Educational Testing Service., 1968.