# MODELAGEM DO SOFTWARE VIRTUAL-TANEB APLICADO NA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DA MATEMÁTICA DA 4ª SÉRIE DO ENSINO FUNDAMENTAL USANDO A TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM

*Jaclason Machado Veras[1], Sofiane Labidi [2], Nilson Santos Costa[3], Pedro Brandão Neto [4]*

***Abstract*** *— The evaluation systems of Brazilian basic education has evolved over the years, but still needs improvements related to the resources used in the estimates of the evaluation. One of the biggest advances has been the inclusion of the Item Response Theory (IRT) to these systems, providing a statistical analysis based on items as main elements of the test. Although the Item Response Theory is a great quantifier in educational evaluation, there are still factors that inhibit its use in large scale, such as the fact of the customization of each IRT application and the complexity of the mathematical methods involved. This paper has the purpose of a system modeling called Virtual Taneb, which uses the IRT as the basis of its evaluation process. This software will be implemented later, working on the analysis of students' knowledge of issues related to the geometry taught in the 4th grade of elementary school.*

*Index Terms —Educational evaluation. software agent. item response theory.*

## INTRODUÇÃO

As últimas duas décadas, no Brasil, foram marcadas por importantes reformas na área de educação. Com base nestas reformas, o Ministério da Educação do Brasil (MEC) desenvolveu alguns instrumentos fundamentais para medir a qualidade da Educação Básica, como o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) [10].

O SAEB é aplicado a cada dois anos aos estudantes da quarta e oitava séries do ensino fundamental e aos estudantes da terceira série do ensino médio. Ele almeja avaliar a qualidade da Educação Básica, sendo responsável pela coleta de informações sobre o desempenho acadêmico dos estudantes com a finalidade de registrar o nível de conhecimento de cada um em diversos momentos do seu percurso escolar, levando em consideração toda infra-estrutura das escolas. Os dados, obtidos através da aplicação de provas aos alunos permitem acompanhar a evolução do desempenho e dos diversos fatores associados à qualidade e à efetividade do ensino nas escolas [5]. Este sistema de avaliação, faz uso de instrumentos padronizados e de caráter amostral que serve para acompanhar a evolução da performance estudantil a longo de sua carreira acadêmica. Portanto, o SAEB introduziu avanços metodológicos importantes em suas formas de avaliação, como a Teoria da Resposta ao Item (TRI) que permite comparabilidade, consolidando o SAEB como um instrumento que garante qualidade e a confiabilidade das avaliações realizadas [8].

A TRI é um instrumento poderoso nos processos quantitativos de avaliação educacional, por permitir a construção de escalas de habilidades. No entanto, a aplicabilidade da TRI tem encontrado algumas dificuldades, tanto do ponto de vista teórico, devido aos problemas de difícil solução no campo da estimação, quanto do ponto de vista computacional [2]. Diante dessa problemática, o presente trabalho terá como objetivo a modelagem de um sistema denominado Virtual-TANEB (VT), para apoiar professores e pedagogos na gestão dos resultados educacionais, tendo como base esta Teoria. Esse software, em uma etapa subsequente, será implementado, pretendendo alcançar informações sobre o desempenho dos alunos na resolução das questões de matemática, particularmente na área de geometria no ensino fundamental. Neste trabalho, adota-se o termo *questões* para os itens que serão avaliados pela TRI, sendo assim, proporcionando um diagnóstico mais preciso da situação dos discentes nessa área de conhecimento.

As seções posteriores estão dispostas da seguinte forma: uma visão geral do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) é apresentada na seção 2. A seção 3 descreve a Teoria da Resposta ao Item, abordando os benefícios trazidos à avaliação educacional. Na seção 4, parte da modelagem do software Virtual-TANEB é mostrada. A seção 5 descreve alguns trabalhos relacionados à proposta do software. E, por fim, a seção 6 apresenta as conclusões e trabalhos futuros dos autores.

1 Jaclason Machado, Aluno do Departamento de Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Eletricidade (PPGEE-UFMA), Avenida dos Portugueses S/N, Campus do Bacanga, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, São Luís, MA, Brasil, jaclason@gmail.com
2 Sofiane labidi, Professor do Departamento de Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Eletricidade (PPGEE-UFMA), Avenida dos Portugueses S/N, Campus do Bacanga, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, São Luís, MA, Brasil, labidi@uol.com.br
3 Nilson Santos Costa, Professor do Curso de Sistema de Informação do Centro Universitário do Maranhão (UNICEUMA), Rua Josué Montello, nº 1, Renascença II, São Luís, MA, Brasil, nilson2001@gmail.com
4 Pedro Brandão Neto, Professor do Curso de Sistema de Informação do Centro Universitário do Maranhão (UNICEUMA), Rua Josué Montello, nº 1, Renascença II, São Luís, MA, Brasil, pbn1983@gmail.com

## SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA (SAEB)

O SAEB é responsável por uma avaliação em larga escala, aplicada em amostras, representativas de todas as Unidades da Federação, das regiões e do país, de alunos cursando a quarta e a oitava séries do ensino fundamental e a terceira série do ensino médio. Além de identificar os níveis de desempenho e aprendizagem efetivamente alcançados pelos estudantes, os resultados do SAEB permitem estabelecer algumas correlações importantes sobre os fatores associados ao rendimento escolar. Essa avaliação é feita a partir de uma grande quantidade de questões, o que lhe confere maior validade curricular, pois contempla a amplitude de conteúdos e habilidades que abrange grande parte daquilo que é proposto nos currículos estaduais [6].

Portanto, o principal objetivo do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) é oferecer subsídios para a formulação, reformulação e monitoramento de políticas públicas, contribuindo, dessa maneira, para a universalização do acesso e a ampliação da qualidade, da equidade e da eficiência da educação brasileira [5].

## TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM

Os estudos sobre a Teoria da Resposta ao Item (TRI) surgiram na década de 1960 com objetivo de disponibilizar recursos não encontrados em outras teorias, como por exemplo, na Teoria Clássica de Medidas (TCM), trazendo informações mais ricas para análise de testes [3].

No Brasil, a TRI foi usada pela primeira vez em 1995 na análise dos dados do Sistema Nacional de Ensino Básico (SAEB). A introdução da Teoria da Resposta ao Item permitiu que os desempenhos de alunos de quarta e oitava séries do Ensino Fundamental e de terceira série do Ensino Médio pudessem ser comparados e colocados em uma escala única de conhecimento. Foi, a partir dos resultados obtidos no SAEB, que outras avaliações em larga escala, como por exemplo, o Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP), também foram planejadas e implementadas de modo a serem analisadas através da TRI [2].

A TRI assume a existência de um traço latente, isto é, uma habilidade que não pode ser diretamente observável, sendo difícil de mensurá-la. Entretanto, a habilidade pode ser estimada a partir de um modelo matemático que leva em consideração características das questões e a probabilidade do indivíduo acertar uma determinada questão dado o seu grau de habilidade [3].

Segundo [2], os modelos logísticos de respostas para itens dicotômicos são os mais utilizados. Este modelo possui os seguintes tipos de parâmetros: o de número 1 que representa somente a dificuldade do item, o de número 2 que simboliza a dificuldade e discriminação e, por último, o de número 3 que denota a dificuldade, discriminação e probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade.

Conforme [3], o modelo matemático geralmente utilizado é o de função logística de três parâmetros que caracteriza cada questão em 3 parâmetros, conforme pode ser visto em (1):

$$P(\phi) = c + (1-c)\frac{1}{1+e^{-a(\phi-b)}} \quad (1)$$

onde: *b* é o parâmetro de dificuldade
*a* é o parâmetro de discriminação
*c* é o parâmetro de acerto ao acaso
*ø* é o nível de habilidade/traço latente/proficiência.

O parâmetro *b* é capaz de informar o grau de dificuldade da questão, enquanto o parâmetro *a* é utilizado para identificar o poder que a questão tem em discriminar a habilidade dos estudantes. Já o parâmetro *c* é utilizado para informar a chance que um indivíduo tem em acertar a questão ao acaso [3].

Na área educacional, houve o crescimento do interesse em avaliar e selecionar alunos observando suas habilidades individuais através de um embasamento teórico mais consistente. A TCM [2]-[7], propõe uma solução a este problema. Contudo, os resultados encontrados dependem de um conjunto de elementos que compõem o instrumento de medida, as análises e interpretações são sempre associadas à prova em sua totalidade, o que é a característica principal desta metodologia, tornando inviável a comparação entre indivíduos que não foram submetidos às mesmas provas [7].

De acordo com [1], a TRI permite a comparação entre populações submetidas a provas diferentes, desde que essas provas tenham algumas questões comuns, ou, ainda, a comparação entre indivíduos da mesma população que tenham sido submetidos a provas totalmente diferentes. Isso porque uma das características principais da Teoria da Resposta ao Item é analisar como elemento central as questões que compõem uma prova. Como exemplo, suponha-se que seja preciso comparar o nível de conhecimento entre alunos de duas séries distintas (quarta e oitava séries do ensino fundamental, por exemplo). Na TCM essa comparação somente será possível caso seja aplicada a mesma prova para as duas turmas. Na TRI, são necessárias apenas algumas questões em comum nas provas aplicadas às duas séries. Sendo assim, a TRI é um modelo complementar a TCM [2].

## MODELAGEM DO SOFTWARE VIRTUAL-TANEB

Alguns software têm sido desenvolvidos com base nas Teorias Clássica de Medidas e de Resposta ao Item para aprimorar o processo de avaliação educacional. Desse modo, este artigo define a modelagem do Virtual-TANEB (VT), software que se encontra em fase de desenvolvimento. Na fase inicial, ele proporcionará um suporte aos professores e pedagogos na avaliação do conhecimento de matemática dos

alunos da quarta série do ensino fundamental, especificamente no domínio da geometria e, em uma fase subseqüente, ele abrangerá outras áreas de conhecimento. Este software determinará o nível de desempenho dos alunos, a partir das questões respondidas corretamente, aplicando a Teoria da Resposta ao Item para avaliar as respostas.

A arquitetura do Virtual-TANEB, conforme mostra a Figura 1, é constituída pela Interface Gráfica com o Usuário (GUI) e o Núcleo do Software. A Interface com o Usuário irá auxiliar o estudante na realização de sua prova e, posteriormente, permitindo que professores e pedagogos possam avaliar o nível de conhecimento destes alunos sobre uma determinada área. Esta interação possibilita que através dessas respostas, pode-se fazer uma análise, e através do resultado da análise inferir a qualidade do ensino fundamental na área de matemática em uma determinada escola. Portanto, a GUI é responsável por permitir o contato do aluno com as provas formuladas a partir da seleção das questões armazenadas em um banco de dados através de agente de software. E, também, possibilita o contato dos professores e pedagogos com os rendimentos dos alunos através dos resultados obtidos conforme os modelos matemáticos baseados na Teoria da Resposta ao Item.

O Núcleo do Software é composto por Agentes de Software, uma Base de Dados e da Teoria da Resposta ao Item. Os agentes de software, advindos da Inteligência Artificial, ficarão responsáveis pela escolha dos itens armazenados em um banco de dados para a elaboração de uma prova. A base de dados será responsável pelo armazenamento dos dados cadastrais das pessoas (Profissionais da Educação, Funcionários Administrativos e Alunos) envolvidas no processo de avaliação educacional como um todo, também das informações sobre a escola, e dos itens que constituirão a prova a ser criada. De um modo geral, essa arquitetura apresenta como o sistema será estruturado, as interações entre os elementos e uma idéia de como ele atingirá seus objetivos.

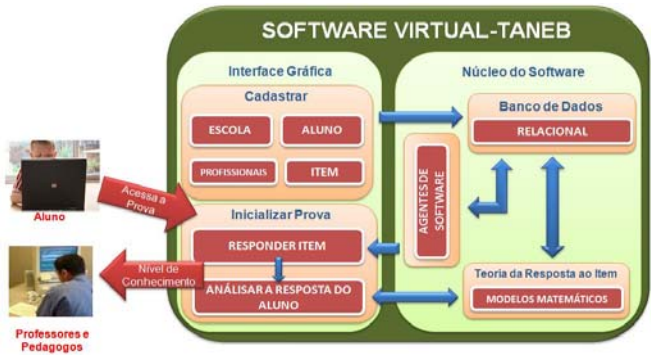


FIGURA 1
ARQUITETURA DO VIRTUAL-TANEB.

De acordo com a arquitetura definida acima, o sistema tem três abordagens fundamentais: a primeira proverá ao estudante um suporte amigável e interativo através de sua interface, guiando-os pela atividade de responder os itens de uma prova. A segunda é a utilização da Teoria da Resposta ao Item (TRI) para analisar quais as respostas foram efetuadas corretamente e qual o conhecimento do aluno sobre aquele item. A última abordagem define que os professores e os pedagogos realizarão um diagnóstico após as atividades de resolução dos itens, identificando o que é preciso fazer para impulsionar a aprendizagem dos alunos sobre o respectivo assunto analisado.

A figura 2 exibe o fluxo de informações a serem analisadas a partir da entrada que contém os dados referentes aos alunos e aos itens da prova, seguindo para uma avaliação através da Teoria da Resposta ao Item e, por fim, retorna como saída o desempenho do estudante sobre a resolução da prova, em forma de amostra visualizada por meio de gráficos.

FIGURA 2
FLUXO DE INFORMAÇÕES.

É importante salientar que a aplicação da Teoria da Resposta ao Item nesse processo é fundamental, pois através dela é possível determinar o modelo matemático a ser adotado na avaliação da capacidade de conhecimento do aluno em relação à resolução de provas sobre a área de matemática. Assim, o Virtual-TANEB levará em consideração o modelo logístico de três parâmetros, a fim de possibilitar a construção de uma estimativa (um nível de conhecimento) de uma única população analisando a afinidade e as habilidades contidas em cada aluno.

## Diagramas do Virtual-TANEB

No software Virtual-TANEB, já estão definidos os agentes participantes do sistema (seletor, monitor, dica) e seus respectivos papéis. Sendo assim, para o desenvolvimento do nosso software, definimos primeiramente o contexto no qual o processo de avaliação ocorrerá a partir do VT através da Visão Organizacional do Software. Em seguida, utilizamos o Processo Unificado [4] com a notação UML para descrever as tarefas e interações dos agentes envolvidos no processo de elaboração e resolução dos itens da prova.

A figura 3, a seguir, exibe uma visão geral, dividida em módulos do funcionamento do software Virtual-TANEB, analisando a estrutura organizacional em que os agentes de

software (seletor, monitor, dica) estão inseridos e definindo os relacionamentos de familiaridade que estes agentes possuem. Neste caso, o Módulo I é a parte do sistema que fica direcionado ao cadastramento dos dados pessoais dos profissionais envolvidos neste software, dentre eles, estão os professores, pedagogos, alunos, gestores e funcionários administrativos envolvidos na formulação e resolução dos itens, também cadastrados nesta seção. Já o Módulo II, é parte integrante do sistema responsável pela elaboração da prova, aonde temos uma interação entre o Agente Seletor e um Repositório de Dados no processo de selecionar itens para a formulação da prova a ser realizada pelos alunos. E, por último, participam ainda o Agente Monitor e o Agente Dica no Módulo III. O primeiro agente fazendo o monitoramento do desempenho do aluno, desde o tempo gasto para responder cada item, até a verificação do nível de desempenho por itens acertados e, o segundo agente aqui citado, ficando responsável por disponibilizar informações que possam auxiliar o discente na realização da prova. Todos fazendo uso de alguns repositórios de dados, dentre eles, uma ontologia que será usada pelo Agente Dica.

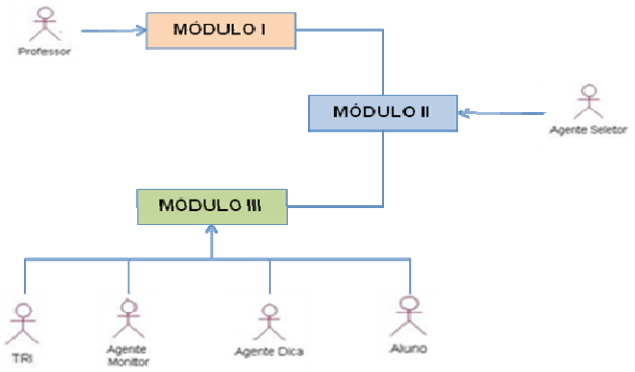


FIGURA 3
VISÃO GERAL DO VIRTUAL-TANEB.

A partir da Visão Geral do VT exibida anteriormente, identificaram-se os Casos de Uso, do Módulo I, para cadastrar itens demonstrados na Figura 4.

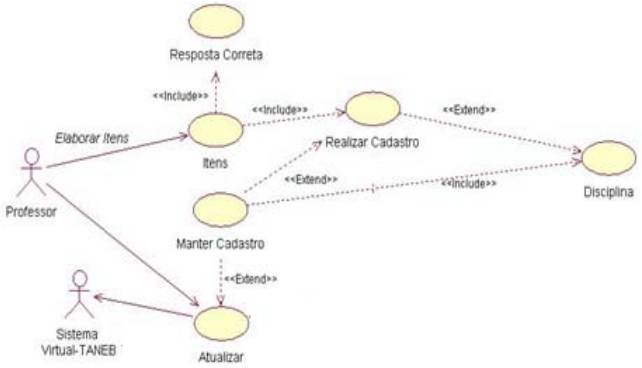


FIGURA 4
DIAGRAMA DE CASOS DE USO PARA CADASTRAR ITENS.

Na figura 5, a seguir, é exibido os Casos de Uso pertencentes ao Módulo II do software Virtual-TANEB, que traz a atividade a ser executada pelo Agente Seletor.

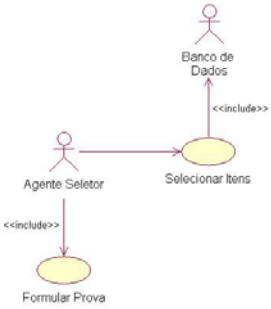


FIGURA 5
DIAGRAMA DE CASOS DE USO DO AGENTE SELETOR.

O agente seletor inicia o processo de formulação da prova selecionando os itens armazenados no banco de dados de acordo com os descritores estabelecidos pelo Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) para a matemática da quarta série do ensino fundamental, respectivamente sobre a área de geometria (espaço e forma). Este verifica se as solicitações seguem o padrão dos descritores, registra-os, faz a seleção e repassa os itens para as respectivas provas a serem realizadas pelos alunos.

A partir da Visão Geral do Virtual-TANEB apresentada, identificou-se os Casos de Uso do Módulo III, demonstrados na Figura 6.

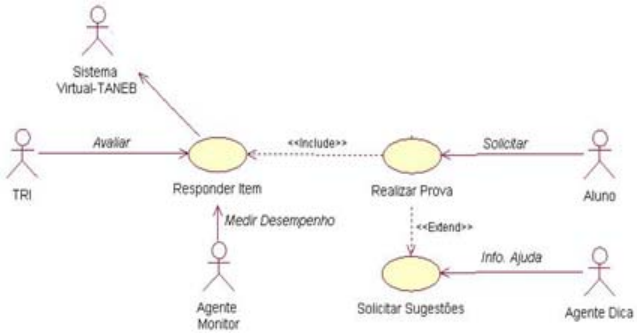


FIGURA 6
DIAGRAMA DE CASOS DE USO DO REALIZAR PROVA.

Diante dessas modelagens apresentadas anteriormente, o Virtual-TANEB visa à utilização de agentes de software e modelos matemáticos relacionados à Teoria da Resposta ao Item para melhorar o processo de avaliação da educação básica nas escolas, tanto de domínio público quanto de particular. Assim, ele dará um suporte amigável e interativo para que alunos, professores, pedagogos e gestores possam usufruir do software, visando identificar inicialmente os problemas existentes com o ensino da geometria da quarta série do ensino fundamental, ou seja, servirá para apontar falhas e soluções a serem implantadas relacionadas a este ensino.

## TRABALHOS RELACIONADOS

Atualmente, existem programas que já utilizam a Teoria da Resposta ao Item, tais como TESTFACT [13], BILOG [9] e BILOG-MG [14].

Aqui no Brasil, os programas disponíveis em mercado e que são atualmente utilizados nos diagnóstico envolvendo a Teoria da Resposta ao Item são o BILOG [9] e o BILOG-MG [14]. Para [2], estes dois programas são específicos para análises de itens dicotômicos ou dicotomizados e ambos têm implementados os modelos unidimensionais logísticos de 1, 2 e 3 parâmetros. A diferença básica entre eles é que o BILOG-MG permite a análise de mais de um grupo de respondentes, enquanto que o BILOG permite apenas analisar respondentes considerados como provenientes de uma única população.

## CONCLUSÃO

A evolução em torno dos sistemas de avaliação da educação básica brasileira trouxe novos estudos e propostas, para a definição de software baseados em teorias aplicadas, ao âmbito da busca de um diagnóstico mais preciso e eficiente sobre os aspectos relacionados ao conhecimento do aluno, perante o ensino de Matemática e de Língua Portuguesa.

No entanto, poucos são os software especificadamente voltados ao sistema de avaliação educacional, como o TESTFACT [13], o BILOG [9] e o BILOG-MG [14]. Além disso, há a necessidade de um software que compreenda modelos associados à Teoria da Resposta ao Item para a atividade de avaliação educacional, pois, os existentes podem ser adequados a um determinado cenário e inadequado para outros. Sendo assim, essas limitações demonstram fatores importantes a serem considerados na modelagem, aqui proposta, para um software relacionado à Teoria da Resposta ao Item, a fim de representar o nível de conhecimento do aluno referente à geometria lecionada na quarta série do ensino fundamental. Para a elaboração da modelagem, buscou-se abordar de forma geral os requisitos necessários para a interação entre o aluno e o sistema no momento de fornecer respostas aos itens aplicados. Isso se torna possível através de análises, feitas a partir de trabalhos relacionados à Teoria da Resposta ao Item, associadas ao sistema de avaliação adotado pelo Brasil, o SAEB.

Visto que o desenvolvimento dessa modelagem buscou definir de modo compreensivo a representação da arquitetura do Virtual-TANEB, tem-se como trabalho futuro a expansão desse software para outras áreas de conhecimento, fazendo uso da Teoria da Resposta ao Item para avaliar o desempenho dos discentes através da resolução de itens da matemática (geometria) do ensino fundamental e a necessidade existente de desenvolvimento de sistemas para avaliar o ensino básico brasileiro.

## REFERÊNCIAS


[1] Alexandre, J. W. C., Andrade, D. F., Vasconcelos, A. P. e Araujo, A. M. S., "Uma Proposta de Análise de um Construto para Medição dos Fatores Críticos da Gestão pela Qualidade por Intermédio da Teoria da Resposta ao Item", 2002, Fortaleza – CE.

[2] Andrade, D. F., Tavares, H. R. e Valle, R. C., "Teoria da Resposta ao Item: Conceitos e Aplicações", In SINAPE, 2000, São Paulo – SP.

[3] Andrade, D. F., Justino, G., "Software para avaliação de aprendizagem utilizando a teoria da resposta ao item". In XIII Workshop sobre Informática na Escola, 2007, Rio de Janeiro – RJ.

[4] Booch, G., Rumbaugh, J. e Jacobson, I. , "UML: Guia do Usuário", Editora Campus, 2000, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

[5] Brasil, Ministério da Educação, "Primeiros Resultados: Médias de Desempenho do SAEB/2005 em Perspectiva Comparada", http://www.inep.gov.br/download/saeb/2005/SAEB1995_2005.pdf, 2007, Fevereiro.

[6] Castro, M. H. G, "Avaliação do Sistema Educacional Brasileiro: Tendências e Perspectivas", 1998, Brasília – DF.

[7] Fernandes, F. M. O., Ferreira, E. B. e Oliveira, M. S., "Análise da Prova de Português para o Curso de Agronomia Através da Teoria da Resposta ao Item". In: 3ª RBRAS, 2008, Lavras – MG.

[8] Massae, L, "Propostas e Programas de Avaliação da Educação Básica". In: Fórum Permanente de Desafios do Magistério, 2006, Campinas – SP.

[9] Mislevy, R. J. and Bock, R. D., "BILOG 3: Item Analysis and TestScoring with Binary Logistic Models". Chicago: Scientific Software, 1990.

[10] Parandekar, S., Amorim, E. e Welsh, A., "Prova Brasil – Construindo um arcabouço para mensurar o progresso nos resultados da aprendizagem", http://siteresources.worldbank.org/INTENBREVE/Newsletters/21809380/Mar08_121_BR_PROVA_PR.pdf, 2008, Março.

[11] Pasquali, L. e Primi, R., "Fundamentos da Teoria da Resposta ao Item: TRI", http://pepsic.bvspsi.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167704712003000200002&lng=es&nrm=iso, 2003, Dezembro.

[12] Souza, F. M. e Sampaio, E. M., "SAEB: Inclusão pela Qualidade", http://www.tvebrasil.com.br/salto/boletins2003/saeb/tetxt2.htm, 2003.

[13] Wilson, D. T., Wood, R., Downs, P. K. and Gibbons, R. "TESTFACT: Test Scoring, Item Statistics and Item Factor Analysis". Chicago: Scientific Software, 1991.

[14] Zimowski, M. F., Muraki, E., Mislevy, R. J. and Bock, R.D.,"BILOG-MG: Multiple-Group IRT Analysis and Test Maintenance for Binary Items". Chicago: Scientific Software, 1996, Inc.