

# Results of Psychometric Analysis of Specific Proof of the Continuous Assessment Programme Component Applied to Electrical Engineering Program at the University San Francisco

Claudette Maria Medeiros Vendramini, Dra.<sup>1</sup>, and Vicente Idalberto Becerra Sablón, Dr.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Universidade São Francisco, Brasil, claudette.vendramini@usf.edu.br, vicente.sablon@usf.edu.br

*Abstract— We present in this article the results of Electrical Engineering student performance on a test of student evaluation equalized through the Item Response Theory, the National Survey of Student Performance - ENADE integrating the National System of Higher Education Evaluation from Brazil. The results of the test analyzes allowed to assess student performance in relation to the syllabus provided for in the curriculum guidelines of the relevant undergraduate degree and the skills and competencies of students assessed by comparing them to all Brazilian students of the area.*

*Keywords— Evaluation, ENADE, TRI, skill, difficulty.*

**Digital Object Identifier (DOI):** <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.202>  
**ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6  
**ISSN:** 2414-6668

**13<sup>th</sup> LACCEI Annual International Conference:** “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”  
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic      **ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6      **ISSN:** 2414-6668  
**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.202>

# Resultados das Análises Psicométricas do Componente Específico da Prova do Programa de Avaliação Continuada Aplicada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco

Profa. Dra. Claudette Maria Medeiros Vendramini<sup>1</sup>, Prof. Dr. Vicente Idalberto Becerra Sablón<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> [claudette.vendramini@usf.edu.br](mailto:claudette.vendramini@usf.edu.br), Universidade São Francisco, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup> [vicente.sablon@usf.edu.br](mailto:vicente.sablon@usf.edu.br), Universidade São Francisco, São Paulo, Brasil.

**Resumo** – Apresentam-se neste artigo os resultados do desempenho de estudantes de Engenharia Elétrica em uma prova de avaliação discente equalizada, por meio da Teoria de Resposta ao Item, ao Exame Nacional de Desempenho de Estudantes - ENADE que integra o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior do Brasil. Os resultados das análises da prova permitiram aferir o desempenho dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares do respectivo curso de graduação e as habilidades e competências dos estudantes avaliados comparando-os a todos os estudantes brasileiros da área.

**Palavras Chaves** - Avaliação, ENADE, TRI, habilidade, dificuldade.

## I. INTRODUÇÃO

Em 31 de maio de 2010, a Universidade São Francisco realizou a aplicação da prova do Programa de Avaliação Continuada – PAC, com o objetivo de comparar o desempenho de seus estudantes com os demais universitários brasileiros avaliados pelo Exame Nacional de Desempenho de Estudantes – ENADE. A principal particularidade desta prova é que foi composta por um conjunto de itens comuns aos aplicados no ENADE 2005, selecionados por meio da Teoria de Resposta ao Item – TRI, de tal forma que os resultados obtidos puderam ser comparados aos obtidos pelas demais instituições brasileiras de ensino superior [1].

O presente artigo tem como finalidade apresentar os resultados das análises psicométricas do componente específico da prova aplicada ao curso de Engenharia Elétrica e compará-los aos dados de Engenharia Eletrônica do ENADE 2005, conforme cadastro no Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP, por meio de procedimentos de equalização de provas com itens comuns ao ENADE 2005 e ao Programa de Avaliação Continuada - PAC 2010. Os resultados das análises da prova permitiram verificar sua adequação para a classificação do nível de habilidade dos estudantes avaliados, bem como para avaliar o desempenho obtido pelos participantes desta pesquisa. Os resultados do componente específico da prova obtidos pelos estudantes da Universidade São Francisco - USF foram comparados por grupos de estudantes do ENADE classificados de acordo com os conceitos descritos na Tabela I [2]. Esses conceitos são atribuídos pelo ENADE a estudantes de cursos classificados

em cinco categorias (1 a 5), sendo que 1 é o resultado mais baixo e 5 é o melhor resultado possível, na área.

A partir da Tabela I é possível verificar que a maior parte (35,0%) dos estudantes concluintes de Engenharia Elétrica, participantes do ENADE em 2005 eram de cursos com Conceito 2. Cabe salientar que, para os que participaram do ENADE, os estudantes de 1º ao 2º semestres foram considerados como ingressantes, e de 9º e 10º como concluintes.

TABELA I  
NÚMERO DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA ELETRÔNICA (GRUPO II) POR CONCEITO NO ENADE 2005

Conceito	Ingressantes		Concluintes		Total	
	n	%	n	%	n	%
1	91	08,3	75	08,4	166	08,4
2	385	35,0	369	41,6	754	37,9
3	237	21,5	183	20,6	420	21,1
4	159	14,5	112	20,6	420	21,1
SC	228	20,7	149	16,8	377	19,0
TOTAL	1100	100,0	888	100,0	1988	100,0

Já os estudantes da USF que fizeram o PAC foram divididos por ano de curso no qual estão matriculados. A categoria Ingressante do ENADE equivale ao 1º ano do PAC (1º e 2º semestre), as categorias 2º (3º e 4º semestre), 3º (5º e 6º semestre) e 4º ano (7º e 8º semestre) são considerados estudantes intermediários, categoria esta não presente no ENADE, e os estudantes da categoria 5º ano (9º e 10º semestre) correspondem à categoria dos concluintes do ENADE. A distribuição dos alunos que fizeram o PAC, por ano, está apresentada na Tabela II [2].

TABELA II  
NÚMERO DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA ELÉTRICA (USF) QUE FIZERAM O PAC POR CAMPUS E SITUAÇÃO ACADÊMICA

Ano	Itatiba		Campinas		Total	
	n	%	n	%	n	%
1	3	03,1	-	-	3	8,4
2	17	17,5	12	32,4	29	37,9
3	39	40,2	09	24,3	48	21,1
4	28	28,9	08	21,6	36	21,1
5	10	10,3	08	21,6	18	19,0
Total	97	100,0	37	100,0	134	100,0

Dos participantes do campus de Itatiba 72,4% responderam a prova do PAC-2010 e no campus de Campinas 44,0%.

## II. METODOLOGIA

Os itens e a prova como um todo foram analisados pela Teoria de Resposta ao Item-TRI que é um modelo estatístico que supre algumas das deficiências da Teoria Clássica dos Testes, viabilizando uma estimação mais precisa da habilidade das pessoas em uma dada amostra, considerando seus padrões de respostas e não somente a sua pontuação total bruta no teste (como na teoria clássica), como por exemplo, a comparação dos testandos com outras provas que avaliem construto teórico semelhantes. O modelo de análise adotado (modelo de Rasch) considera que a probabilidade de acerto de um item depende da habilidade da pessoa e da dificuldade do item. Nesse modelo são fornecidas medidas de ajuste dos itens que auxiliam identificar itens que têm boas propriedades psicométricas, ou que não apresentam acertos ou erros inesperados, levando-se em conta a dificuldade daquele item e a habilidade do respondente.

A relação existente entre a habilidade da pessoa, a dificuldade dos itens e a probabilidade de acertos pode ser expressa graficamente por meio da Curva Característica dos Itens. Nessas curvas, apresentadas por item, são expressas, no eixo X a habilidade das pessoas e, no eixo Y, a probabilidade de acerto ao item, sendo que a curva expressa a probabilidade de acerto de pessoas com os vários níveis de habilidade tendo em vista a dificuldade daquele item. Essas curvas são apresentadas nas Figuras 1 a 3.

Esses gráficos apresentam a resposta correta marcada na legenda ao lado direito com dois asteriscos. Por essas informações é possível visualizar em quais alternativas as pessoas com diferentes níveis de habilidade marcam itens difíceis, médios e fáceis, conforme os exemplos das Figuras a seguir. A primeira delas é um dos itens indicados como uma das competências mínimas a serem desenvolvidas pelo curso, sendo um item fácil de ser respondido. Analisando a Figura 1 percebe-se que pessoas com níveis de habilidade de aproximadamente -1 ainda tem 50% de chance de responderem errado, com possibilidades de resposta nas categorias D e B. Conforme a habilidade das pessoas aumenta, a resposta correta (A) passa a ser a mais provável para um nível de habilidade de até aproximadamente 0,5 em que a probabilidade é quase 0,75 de acerto.

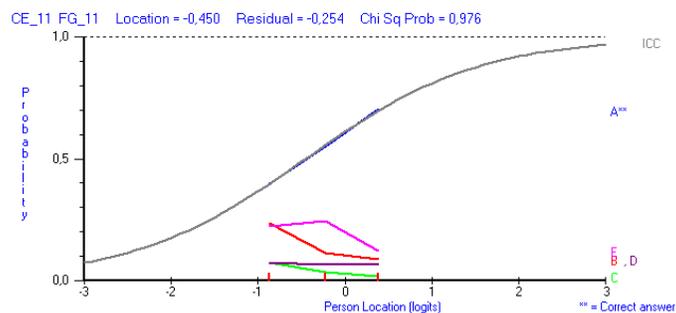


Fig. 1. Relação entre habilidade das pessoas e probabilidade de resposta por categoria no item 11 da prova de Componente Específico.

A Figura 2 apresenta a probabilidade de resposta por nível de dificuldade de um item com dificuldade média. Conforme se pode observar, as probabilidades de resposta são baixas para todas as categorias, estando todas confundidas com a alternativa correta, havendo pequena preferência pela resposta D. Todavia, esse item não diferencia bem a categoria de resposta certa das demais nos níveis de habilidade distintos. Em outras palavras, independentemente da habilidade das pessoas, as respostas não tendem para a alternativa correta, especialmente quando comparamos sujeitos de alta habilidade (à direita) com os sujeitos de baixa habilidade, movendo-se da esquerda para a direita na escala, como o padrão observado no item anterior. Assim, conclui-se que este é um item que apresenta problemas na sua construção ou que a habilidade requerida não foi a mesma envolvida nas outras questões da prova e que não é capaz de diferenciar pessoas com níveis variados de proficiência indexada pela nota global obtida na prova.

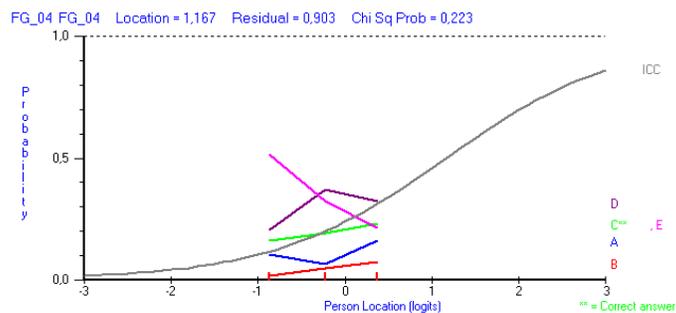


Fig. 2. Relação entre habilidade das pessoas e probabilidade de resposta por categoria no item 04 da prova de Formação Geral.

A Figura 3 apresenta a mesma relação para o item mais difícil da prova de Componente Específico. Pode-se observar, nesse caso, que a resposta correta é pouco provável em praticamente todos os níveis de habilidade das pessoas (B). Nesse caso, essa probabilidade começa a aumentar próximo ao nível de habilidade 0. As respostas mais prováveis a partir de aproximadamente -0,5 de habilidade são dadas pela categoria E que cresce com o aumento da habilidade dos sujeitos, e a categoria D que depois de -0,2 começa a decrescer. Este é um

item que requer especial atenção, uma vez que pode sugerir problemas na construção do mesmo.

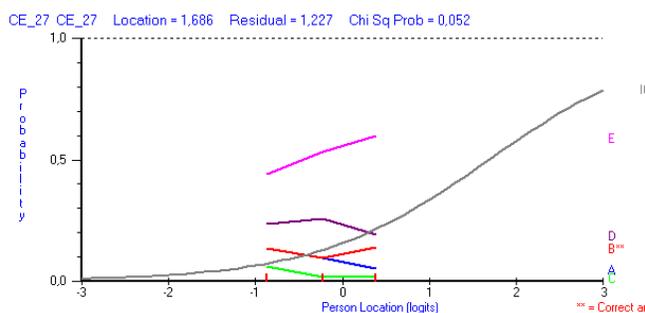


Fig. 3. Relação entre habilidade das pessoas e probabilidade de resposta por categoria no item 27 da prova de Componente Específico.

- *Montagem da prova*

As provas foram construídas com o formato semelhante ao ENADE, sendo compostas por 10 itens que avaliam a formação geral do estudante, sendo 5 deles comuns à mesma prova do ENADE 2005, selecionados por meio da TRI e 5 itens comuns ao ENADE 2008; e por 30 itens referentes ao componente específico do curso de Engenharia Elétrica, com 10 comuns ao ENADE 2005, selecionados por meio da TRI, e 20 propostos pelo colegiado do curso.

- *Níveis de habilidade dos estudantes*

O nível de habilidade dos estudantes calculado a partir do uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI) baseia-se em uma escala de valores theta ( $\theta$ ), que graduam as habilidades avaliadas pela prova. Os valores theta em geral concentram-se entre -4 e +4, sendo que valores extremos são raros. Quanto maior o theta, mais complexa a habilidade que ele representa e indica um maior nível de proficiência para os conteúdos avaliados.

Esse modelo apresenta uma vantagem significativa sobre outros modelos de TRI, como os de dois e três parâmetros. Nesses modelos se compara a habilidade necessária para realizar uma dada tarefa (no caso, acertar um item) em função das propriedades métricas da escala, das vantagens de sua interpretabilidade e da simplicidade (parcimônia), já que a resposta ao item depende somente da competência do sujeito e da dificuldade do item.

- *Níveis de dificuldade dos itens da prova*

O nível de dificuldade dos itens, chamado “b”, representa a dificuldade do item a partir da TRI. Os cálculos de estimação deste valor são feitos em relação aos padrões de erros e acertos que a amostra avaliada apresenta em todo o conjunto de itens da prova. Como verificado anteriormente, a dificuldade do item deve ser julgada em função da habilidade das pessoas que o respondem.

É considerada mediana a dificuldade de um item quando esta é igual à habilidade das pessoas que o respondem já que a probabilidade de acerto dessas pessoas a esse item é 50%. Já um item, com um índice de dificuldade um ponto maior do que a habilidade da pessoa que o responde (habilidade – dificuldade = -1), é considerado um item difícil, pois a pessoa terá somente 15% de chance de acertá-lo. Ao contrário, um item com um índice de dificuldade um ponto abaixo da habilidade da pessoa que o responde (habilidade – dificuldade = 1) é um item fácil pois ela terá 85% de probabilidade de acertá-lo. Geralmente o parâmetro “b” pode variar, de - 4 a + 4, sendo que maiores valores positivos representam níveis mais elevados de dificuldade (quanto mais próximo a +4 for o “b” de um item, mais difícil será). Em contrapartida, quando mais próximo a -4 for o “b” de um item, menor será a habilidade necessária para respondê-lo corretamente.

Na Tabela III apresentam-se Níveis de dificuldade dos itens quando estimados por TRI.

TABELA III  
CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE DIFICULDADE DOS ITENS ESTIMADOS PELA TRI

Índice de dificuldade “b”	Nível de dificuldade
$-4 < b \leq -2$	Muito Fácil
$-2 < b \leq -1$	Fácil
$-1 < b \leq +1$	Mediano
$+1 < b \leq +2$	Difícil
$+2 < b \leq +4$	Muito Difícil

A existência de uma única escala para expressar as habilidades e dificuldades permite-nos fazer previsões sobre quais questões espera-se que o aluno acerte dependendo de sua posição na escala. Para isso é preciso calcular a diferença entre sua habilidade e a dificuldade dos itens para os quais se deseja saber a probabilidade de acerto. Por exemplo, quando um estudante, cuja habilidade é 1 na escala, para os itens com dificuldade aproximadamente 1, ele terá 50% de chances de acertá-lo. Pode-se pensar alternativamente em uma prova de dez itens desse tipo, situação na qual o estudante teria nota esperada 5 ( $10 \cdot 0,50$ ). Já se esse aluno com habilidade 1 encontrar itens com nível de dificuldade igual a 0 ele terá 85% de probabilidade de acertá-lo. Então uma prova composta por dez itens desse tipo espera-se uma nota, para esse estudante, de 8,5 ( $10 \cdot 0,85$ ). Esses cálculos são feitos calculando-se a diferença “Habilidade-Dificuldade”, respectivamente  $(1-1 = 0)$  e  $(1-0 = 1)$  para os casos citados, e achando-se a probabilidade de acerto esperada na Tabela IV.

TABELA IV  
PROBABILIDADE DE ACERTO ESPERADA

Habilidade – Dificuldade	Probabilidade de Acerto (%)
-3,0	1
-2,5	1
-2,0	3
-1,5	7
-1,0	15
-0,5	30
0,0	50
0,5	70
1,0	85
1,5	93
2,0	97
2,5	99
3,0	99

- *Indicadores de desajuste ao Modelo de Rasch (Infit e Outfit)*

Os índices *infit* e *outfit* são indicadores de desajuste dos itens ao Modelo de Rasch. Esses parâmetros indicam a ocorrência de padrões de respostas inesperados, considerando a dificuldade dos itens e o nível de habilidade das pessoas. O *outfit* acusa a presença de padrões inesperados de respostas de pessoas com níveis de habilidade muito diferentes da dificuldade do item. Se muitas pessoas com um alto nível de habilidade erram um item fácil, por exemplo, este apresentará um alto valor de *outfit*. Já o *infit* indica padrões de respostas inesperados para pessoas com níveis de habilidades próximos à dificuldade do item. Espera-se encontrar valores de *infit* e *outfit* inferiores a 1,5.

### III. RESULTADOS

As notas de desempenho dos estudantes da universidade no PAC foram comparadas com as notas dos estudantes brasileiros no ENADE 2005. Essas notas estão apresentadas em uma escala percentilica calculada por procedimentos de comparação normativa que varia de 1 a 99 e indica a proporção de alunos do grupo de referência que obtiveram a mesma quantidade ou menos acertos que o aluno em foco. Assim, um aluno cuja nota equivale ao percentil 60 tem uma nota que supera, aproximadamente, 60% das notas do grupo de referência. Em razão da equalização das notas PAC com o ENADE é possível ter como grupo de referência todos os estudantes do Brasil que fizeram o ENADE em 2005. Portanto, calcularam-se os percentis a partir das notas da amostra nacional ENADE. Como as notas do PAC e do ENADE foram equalizadas, os valores numéricos da escala do PAC correspondem ao mesmo nível de habilidade no ENADE.

As estatísticas descritivas das notas percentilicas são apresentadas em diagrama de caixa (*Box Plot*), que apresenta o valor mínimo, o valor máximo, a mediana e os percentis 25 e 75 das notas dos estudantes brasileiros distribuídos em razão do conceito de suas instituições no ENADE e no PAC em razão do campus e do período (ano) em que estão matriculados.

Na Figura 4 observa-se que a média das notas percentilicas no ENADE de ingressantes e concluintes do Brasil são mais altas para estudantes de cursos com maior conceito, para o Conceito 4 as notas são superiores aos demais.

Em relação ao PAC, observa-se na Figura 5 que o desempenho dos estudantes do curso de Itatiba apresentou resultados não esperados, muito embora com variações de acordo com os anos. Essa nota média dos alunos concluintes da USF foi inferior aos estudantes ingressantes com conceitos 2 e 3 do ENADE, e bem inferior a todos os conceitos dos concluintes do ENADE. Esses resultados poderiam ter ocorrido por necessidade de adequações metodológicas, pedagógicas ou pelo perfil diferenciado dos ingressantes.

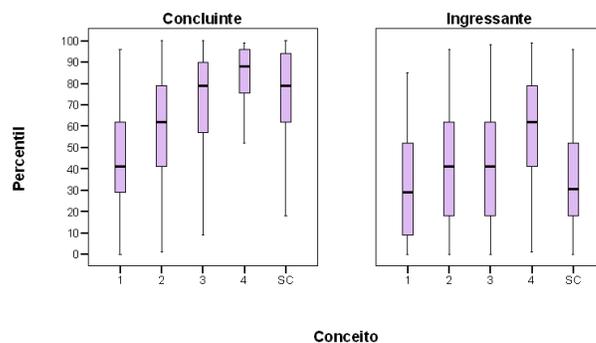


Fig.4. Distribuição dos percentis de nota média no ENADE de ingressantes e concluintes por conceito do curso

Vale ressaltar que em 2005 o curso de Engenharia Elétrica da USF do campus de Itatiba ficou na categoria nomeada “Sem Conceito” no ENADE, considerando que apenas 2 alunos ingressantes, e nenhum concluinte, do curso de Engenharia Elétrica de Campinas fizeram o ENADE e 31 concluintes, e nenhum ingressante, do curso de Itatiba. Por esse motivo, não foi calculado o conceito desses cursos no ENADE 2005.

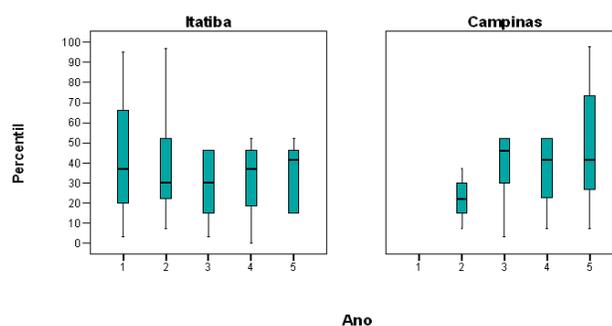


Fig.5. Distribuição dos percentis de nota média no PAC por ano e campus

Para os estudantes do campus de Campinas observa-se um avanço de desempenho no componente específico com o aumento do número de anos de estudo, resultado esse esperado.

Os alunos do 2º ano obtiveram desempenho inferior ao de alunos ingressantes de instituições com Conceito 1 no ENADE. A distribuição de alunos concluintes da USF, considerando-se o extrato de 50% de alunos com notas entre percentil 25 e 75, e semelhante a de alunos concluintes de Conceito 1 no ENADE.

A distribuição do nível de habilidade dos estudantes que responderam à prova do PAC 2010 apresentou uma concentração de estudantes entre os valores 0 a -2. Observou-se que o item 11 da prova no PAC de Engenharia Elétrica foi o mais difícil ( $b = 2,44$ ), o Item 12 do *Componente Específico* foi o mais fácil da prova e a maior parte dos estudantes que responderam a prova conseguiram acertá-los ( $b = -2,78$ ). A média das habilidades das pessoas ( $M = -0,93$ ) e das dificuldades dos itens ( $M = -0,10$ ), indicou que o teste foi difícil para as pessoas avaliadas. As pessoas apresentaram uma média de habilidade abaixo da média de dificuldade dos itens. Não houve pessoas com habilidades muito elevadas, e a mais alta alcançou o nível 0,50 de theta. Em contrapartida, houve pessoas com baixa habilidade ( $\theta = -3,76$ ).

Também, no geral, os índices de ajuste de *infit* e *outfit* estiveram bons, considerando o limite indicado de desajuste (1,5).

A Tabela V apresenta os parâmetros psicométricos dos itens das provas administradas no PAC 2010 de Engenharia Elétrica (correspondente ao Grupo II de Engenharia Eletrônica do ENADE 2005) e de seus respondentes, sendo apresentado o ajuste médio das pessoas nas medidas de *infit* e *outfit*, assim como a média de habilidade do grupo. Também apresenta os valores médios da dificuldade dos itens na prova e suas respectivas médias de ajuste, conforme dados apresentados na Tabela V.

TABELA V  
ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS PARÂMETROS DE DIFICULDADE DOS ITENS E DAS HABILIDADES DAS PESSOAS PELO MODELO DE RASCH

Parâmetros dos Itens					
Estatísticas	Escore bruto	Número de respostas	Nível de dificuldade	<i>Infit</i>	<i>Outfit</i>
Média	38,6	123	0,10	0,99	0,99
Desvio-Padrão	27,1	0,8	1,22	0,08	0,13
Máximo	103,0	124	2,44	1,20	1,34
Mínimo	5,0	121	-2,78	0,87	0,79
Parâmetros da Pessoa					
Estatísticas	Escore bruto	Número de respostas	Nível de habilidade	Índice de ajuste	
				<i>Infit</i>	<i>Outfit</i>
Média	7,2	22,8	-0,93	0,99	0,99
Desvio-Padrão	2,4	1,4	0,71	0,24	0,37
Máximo	13,0	23,0	0,50	1,54	2,05
Mínimo	1,0	8,0	-3,71	0,48	0,22

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Universidade São Francisco atenta e preocupada com a formação integral de seus alunos tem hoje um Programa de Avaliação Continuada, integrado ao sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior no Brasil. O sistema é um meio de aferir o desempenho dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares do respectivo curso de graduação neste caso em especial o curso de Engenharia Elétrica. Com isso, tem a possibilidade de ajustar cada disciplina ao contexto do curso promovendo um pensar e repensar nas dificuldades encontradas pelos alunos.

A TRI contribuiu de forma significativa para que fossem identificadas as habilidades dos estudantes e itens de maior dificuldade que necessitassem de ajustes metodológicos e pedagógicos que melhorem o processo de ensino aprendizagem na universidade.

## AGRADECIMENTOS

A toda equipe do Laboratório de Avaliação Psicológica e Educacional da USF – LabAPE, em especial aos professores Ricardo Primi e José Roberto Paollilo.

## REFERENCES

- [1] [www.portal.inep.gov.br/enade/](http://www.portal.inep.gov.br/enade/). Data de acesso:13.03.2015
- [2] LABAPE, Programa de Avaliação Continuada (PAC-2010): Análise Psicométrica e Resultados dos Alunos da USF – Engenharia Elétrica. Relatório 2014. Itatiba. SP. Brasil
- [3] FERRÃO, M. E. Introdução aos modelos de regressão multinível em educação. Campinas: Komed, 2003. 106p.
- [4] JESUS, G. R.; LAROS, J. A. Eficácia escolar: regressão multinível com dados de avaliação em larga escala. Avaliação Psicológica, 2004. 3(2), 93-106.
- [5] RAUDENBUSH, S. W. What are value-added models of estimating and what does this imply for statistical practice. Journal of Educational and Behavioral Statistics. Spring 2004. Vol. 29, No. 1, pp. 121-129.
- [6] RUBIN, D. B., STUART, E. A., & ZANUTTO, E. L. A potential outcomes view of value-added assessment in education. Journal of Educational and Behavioral Statistics, Spring 2004. Vol. 29, pp. 103-116.
- [7] GOMES, P. R. & FREITAS, L.C. Resultados do Programa de Avaliação Discente – PADUSF para os Cursos de Engenharia Ambiental e Elétrica do Câmpus de Campinas da USF. COBENGE 2011. Blumenau .SC. Brasil