

# **Avaliação da Aprendizagem de Habilidades Laboratoriais por meio do Modelo Dicotômico de Rasch**

## **Evaluation of Laboratory Skills Learning Using the Rasch Dichotomous Model**

**Kellyne Andressa Aquino de Souza**

Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica – CEFET-MG  
kellyne.andressa@hotmail.com

**Alexandre da Silva Ferry**

Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica – CEFET-MG  
alexandreferry001@gmail.com

**Terezinha Ribeiro Alvim**

Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica – CEFET-MG  
tealvim@gmail.com

### **Resumo**

Este estudo apresenta a construção e validação de um instrumento de avaliação de habilidades técnicas laboratoriais desenvolvidas por estudantes da Educação Profissional Técnica de Nível Médio em Química, em decorrência da dificuldade de se medir um atributo que não é diretamente visível. A pesquisa envolveu observação e análise de registros visuais de aulas práticas, nas quais os estudantes prepararam soluções aquosas. O instrumento desenvolvido nessa investigação foi do tipo checklist, e analisado usando o modelo dicotômico de George Rasch. A validação do instrumento de avaliação se deu pelo bom ajuste dos dados ao modelo, visto que atenderam aos requisitos fundamentais de mensuração.

**Palavras chave:** avaliação, habilidade técnica, modelo Rasch

### **Abstract**

This study presents the construction and validation of an instrument for the evaluation of laboratory technical skills developed by students of Technical Vocational Education in Chemistry, due to the difficulty of measuring an attribute that is not directly visible. The research involved observation and analysis of visual records of practical classes, in which students prepared aqueous solutions. The instrument developed in this investigation was of the checklist type, and analyzed using George Rasch's dichotomous model. The validation of the assessment instrument was due to the good fit of the data to the model, since they met the fundamental measurement requirements.

**Key words:** evaluation, technical skill, Rasch model

## Introdução

Tendo em vista a importância do laboratório escolar como espaço de aprendizagem facilitador para assimilação e compreensão dos conhecimentos conceituais e procedimentais, este trabalho tem como objetivo geral contribuir para a compreensão dos processos de avaliação de habilidades técnicas laboratoriais desenvolvidas por estudantes da Educação Profissional Técnica de Nível Médio em Química.

Partindo-se do pressuposto de que as habilidades técnicas laboratoriais se constituem como traços latentes no processo formativo da profissionalização dos sujeitos, a sua avaliação pode se constituir como um problema de difícil resolução para professores de disciplinas técnicas-profissionalizantes. Contudo, consideramos ser possível mensurar o desempenho das habilidades técnicas, utilizando modelos de análise quantitativos, como o modelo estatístico dicotômico desenvolvido pelo dinamarquês Georg Rasch (1901-1980), através de variáveis observáveis indicadores desse atributo.

Nesse contexto, a pesquisa, que originou o presente trabalho, foi desenvolvida a partir da seguinte questão: é possível medir-se habilidades técnicas laboratoriais dos estudantes de modo válido e confiável? Portanto, considerando a problemática apresentada, juntamente com a questão proposta, tem-se como objetivo deste trabalho a avaliação do desenvolvimento de habilidades técnicas laboratoriais.

## Referencial Teórico

A construção e compartilhamento de significados da Ciência, particularmente da Química, compreende conceitos abstratos que podem tornar um desafio para o aluno assimilá-las sem a realização de aulas práticas (GOMES et al., 2015). Para Queiroz & Almeida (2004), a utilização dos laboratórios pode contribuir de forma significativa na aprendizagem durante a formação de discentes e futuros profissionais.

Porém, mesmo que as atividades práticas possam proporcionar ao aluno um progresso na aprendizagem em Ciências, segundo Prades & Espinar (2010), os professores carecem de critérios específicos para avaliar os alunos no laboratório. Há, portanto, uma dificuldade presente, de mensurar atributos que não são diretamente visíveis. Assim, os modelos matemáticos contribuem no sentido de atribuir um caráter de medida, para que os traços latentes possam ser medidos.

O matemático Georg Rasch desenvolveu um modelo probabilístico de mensuração capaz de prever a probabilidade de sucesso de uma pessoa em um item, dependendo da habilidade da pessoa (RASCH, 1977). Através de seu modelo, os dados observáveis dos traços latentes, escores brutos, podem ser convertidos em medidas intervalares para que possam ser comparados. Além disso, as estimativas das habilidades das pessoas são realizadas pelo seu escore bruto independentemente de quais itens responderam corretamente (AMANTES; COELHO; MARINHO, 2015).

Dentre os modelos da família Rasch, o mais conhecido é o modelo dicotômico que se comporta em função de dois parâmetros: o certo ou o errado. Este modelo apresenta uma abordagem psicométrica que visa contribuir na construção, validação e interpretação de instrumentos de medição relacionados às ciências humanas (NÚÑEZ; ROJAS, 2017).

## Metodologia

Nossa pesquisa, de natureza quantitativa, foi desenvolvida com estudantes da 1ª série do curso técnico em Química de uma escola profissionalizante da Rede Federal de Educação Tecnológica. O desenvolvimento da pesquisa envolveu duas fases: (1ª) registros em vídeos de aulas práticas de preparo de soluções no laboratório de físico-química, e preenchimento de um *checklist*, próprio para cada aluno; (2ª) análise dos dados coletados por meio do *checklist* aplicando o modelo estatístico de Rasch usando o programa WINSTEPS®.

Os registros foram realizados durante três semanas de aulas, na disciplina *Introdução à Química Experimental*<sup>1</sup>, com uma turma de 36 estudantes organizada em três subturmas para realizar a aula prática, com uma média de 12 estudantes/subturma. As aulas de laboratório foram dedicadas à técnica de preparo de soluções a partir de solutos sólidos.

Elaboramos um instrumento para a avaliação da habilidade de preparo de soluções do tipo *checklist* (Quadro 1), contendo 25 itens, e preenchido durante a análise dos vídeos de cada estudante observado. Os tópicos do *checklist* foram criados a partir dos primeiros registros realizados, e de dois Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), elaborados pelas professoras Lúcia Emília L. Ribeiro e Jeannette de M. M. Lopes, do Departamento de Química do CEFET-MG, um para o preparo de soluções a partir de solutos sólidos e o outro para a realização de medidas de massa em balança eletrônica.

Para fazer as avaliações da habilidade técnica dos estudantes, atribuímos para cada item do *checklist* um escore de 0 (zero) quando o procedimento descrito era realizado incorretamente, ou 1 (um) para o procedimento realizado corretamente. A soma dos resultados dos 25 itens constituiu o escore bruto da habilidade de um mesmo estudante para cada ocasião em que ele executou a técnica.

Após o preenchimento dos *checklists*, montamos uma matriz com os resultados de cada ocasião, que foi posteriormente inserida no programa WINSTEPS®, com o objetivo de gerar uma escala intervalar de medida para a aprendizagem da habilidade técnica avaliando a validade do instrumento. Executamos o programa que gerou as estatísticas que nos permitiram verificar o ajuste dos dados ao modelo Rasch dicotômico, assim como as medidas estimadas da habilidade de cada estudante e da dificuldade de cada item.

## **Análise dos dados, resultados e discussão**

Os vídeos dos estudantes executando a técnica foram analisados por ocasião obtendo-se o escore bruto de cada estudante. Na medida que os vídeos eram analisados, preenchíamos os *checklists* de forma dicotômica.

Um dos requisitos de ajuste ao modelo Rasch é a unidimensionalidade do instrumento de medida (LINACRE, 2020). Esta propriedade foi analisada a partir do percentual de variância explicada pelo modelo. Começamos por observar o mapa da distribuição das medidas das habilidades dos estudantes (pessoas) e das dificuldades dos itens (Quadro 2). Neste, a variável é apresentada verticalmente com as pessoas mais capazes e os itens mais difíceis no topo. A coluna da esquerda localiza as medidas de habilidade do estudante ao longo da variável, e a coluna da direita localiza as medidas de dificuldade do item ao longo da variável, representados pela letra X, em um intervalo de 4 logits à -4 logits. Analisando o mapa, observamos que o desvio padrão em *logit*<sup>(2)</sup>, representado pelas letras S, é 1 logit para a

---

<sup>1</sup> Componente da Matriz Curricular do Curso Técnico Integrado em Química do CEFET-MG, presente no Projeto Pedagógico aprovado em julho de 2016.

<sup>2</sup> **Logit**: unidade das medidas Rasch: contração de *log odds unit*.

habilidade do estudante e 2 logits para a dificuldade do item. O segundo passo foi obter o valor da média representado no mapa pela letra M. Para as pessoas foi, aproximadamente, 1,2 logits, e dos itens é sempre zero, por convenção do modelo.

Em seguida, consultamos a figura 1 disponível no manual do WINSTEPS® (LINACRE, 2020), e localizamos o ponto máximo de variância explicada prevista pelo modelo Rasch para nossos dados. Para localizarmos este ponto no gráfico, o valor no eixo das abcissas foi dado pela média das medidas das pessoas (1,2 logits) menos a média das medidas dos itens (0 logit),  $x=1,2$ . Para o valor no eixo das ordenadas (variância dos dados explicada em porcentagem) verificamos o desvio padrão das pessoas (1 logit) e dos itens (2 logits), e delimitamo-nos como 1~2, respectivamente.

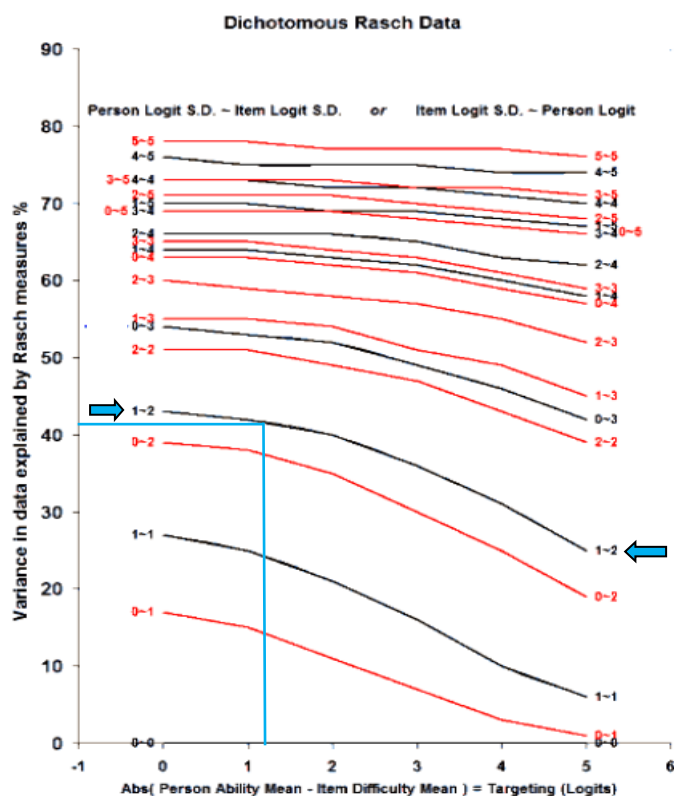
Após demarcarmos os eixos, consideramos que o máximo de variância explicada pelas medidas Rasch foi aproximadamente 42% para nossos dados. Esta porcentagem foi a referência para analisarmos na tabela de variação residual padronizada (Tabela 1), a porcentagem de variância explicada no teste, e para verificarmos o quão os nossos dados se ajustaram ao modelo.

**Quadro 1:** Checklist elaborado e validado para a avaliação da habilidade de preparo de soluções a partir de solutos sólidos

Itens	1ª fase – Medição do soluto sólido	Sim	Não
01	Usou um recipiente de pesagem limpo e seco?		
02	Colocou o recipiente vazio no centro do prato da balança?		
03	Tarou a balança?		
04	Transferiu de forma lenta e contínua a massa do soluto sólido para o recipiente vazio sobre prato da balança, com auxílio de uma espátula?		
05	Transferiu o soluto sólido, cuja massa será medida, para o recipiente sobre o prato da balança, sem deixar cair no prato?		
06	Transferiu o soluto sólido, cuja massa será medida, para o recipiente sobre o prato da balança até a indicação da massa desejada no <i>display</i> ?		
07	Retirou cuidadosamente o recipiente do prato da balança?		
08	Zerou a balança?		
Itens	2ª fase – Preparação para a transferência do líquido	Sim	Não
09	Transferiu o sólido para um béquer contendo um volume de água destilada?		
10	Transferiu o sólido para o béquer com o auxílio de um jato de água destilada de uma pisseta, lavando o recipiente de pesagem suficientemente?		
11	Agitou o sistema com um bastão de vidro até dissolução completa?		
12	Certificou-se de que o funil a ser usado na transferência estava limpo e seco?		
13	Apoiou o funil em um suporte?		
Itens	3ª fase – Transferência e finalização do preparo da solução	Sim	Não
14	Transferiu o líquido com auxílio de um bastão de vidro, posicionando-o verticalmente em relação ao funil?		
15	Transferiu a solução para o balão volumétrico lavando as paredes do béquer suficientemente?		
16	Transferiu a solução para o balão volumétrico lavando o bastão suficientemente?		
17	Transferiu a solução para o balão volumétrico lavando as paredes do funil suficientemente?		
18	A solução transferida para o balão volumétrico estava à temperatura ambiente?		
19	Adicionou água destilada ao balão até que o nível da solução ficasse um pouco abaixo da base do colo do balão?		
20	Colocou a tampa com firmeza no lugar e homogeneizou a solução agitando o balão com movimentos circulares?		
21	Destampou o balão e completou o volume da solução com água destilada, de modo que a parte inferior do menisco tangenciasse o traço de aferição do balão?		
22	Segurou o balão pelo colo ao aferir o menisco da solução?		



**Figura 1:** Proporção de variância explicada prevista para dados dicotômicos



**Fonte:** Manual WINSTEPS® (LINACRE, 2020)

**Tabela 1:** Tabela de variância residual padronizada

INPUT: 108 PERSON 25 ITEM MEASURED: 105 PERSON 25 ITEM 2 WINSTEPS 3.70.0				
Source of variance	Empirical			Modeled
Total raw variance in observations	36.8	100.00%		100.00%
Raw variance explained by measures	13.8	37.50%		37.90%
Raw variance explained by persons	5.6	15.10%		15.30%
Raw Variance explained by items	8.2	22.40%		22.60%
Raw unexplained variance (total)	23	62.50%	100.00%	62.10%
Unexplained variance in 1st contrast	2.6	7.10%	11.30%	
Unexplained variance in 2nd contrast	2.2	6.00%	9.50%	
Unexplained variance in 3rd contrast	1.9	5.10%	8.20%	
Unexplained variance in 4th contrast	1.6	4.50%	7.20%	
Unexplained variance in 5th contrast	1.5	3.90%	6.30%	
Unexplained variance in 5th contrast	1.5	3.90%	6.30%	

**Fonte:** WINSTEPS® Version 3.70.0

Pela tabela 1, verificamos que nossos dados atingiram 37,5% da variância explicada. Ou seja, ao considerarmos a porcentagem de referência como 42% (Figura 1), observamos que 37,5% representam 89% desta variância. De acordo com Linacre (2020, p. 412), 50% da variação nos dados é explicada pelas medidas de Rasch para um desvio padrão em torno de até 3

logits. A partir desta análise, evidenciamos que o teste atendeu ao requisito da unidimensionalidade de forma aceitável.

O modelo também provê a estatística *Infit(MnSq)* que nos permite avaliar o ajuste de cada medida estimada, para os itens e para as pessoas. Segundo Linacre (2020), valores para *Infit* entre 0,5 e 1,5 indicam confiabilidade da medida. As medidas Rasch, obtidas a partir de nossos dados, apresentaram valores de *Infit(MnSq)* entre 0,84 e 1,25 para 23 itens, e um valor mínimo (0) para os itens 12 e 18. Para a habilidade dos estudantes os valores ficaram entre 0,61 e 2,02. Estes resultados indicam que as medidas dos 23 itens são confiáveis e os itens 12 e 18 devem ser descartados porque se mostraram muito fáceis, e uma medida da habilidade de um estudante em uma ocasião não é confiável, mas não houve degradação das medidas.

## Conclusões

Diante aos desafios nas ciências humanas de mensurar traços latentes, como a habilidade técnica, consideramos que, através dos dados observáveis desse atributo, o instrumento construído, com poucas modificações, mostrou-se válido para mensurar as habilidades técnicas no contexto de uma disciplina de caráter prático-profissional de Química. Portanto, a utilização deste instrumento possibilita que outros professores possam utilizar essa ferramenta para avaliar a aprendizagem do estudante no ambiente do laboratório escolar.

## Agradecimentos e apoios

Agradecemos ao programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG, e ao grupo AMTEC e GEMATEC, nesse trabalho realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

## Referências

- AMANTES, Amanda; COELHO, Geide Rosa; MARINHO, Rafael. A medida nas pesquisas em educação: empregando o modelo rasch para acessar e avaliar traços latentes. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 3, p. 657–684, 2015.
- GOMES, Anders Teixeira *et al.* Ensino Experimental: Implementando um plano de gerenciamento de laboratórios didáticos de Química em uma Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. **Acta Biomédica Brasiliensia**, v. 6, n. 2, p. 97, 2015.
- LINACRE, John Michael. **A User's Guide to Winsteps Ministep-Rasch-Model Computer Programs**. Program Manual 4.5.4, ISBN 0-941938-03-4, 2020.
- LINACRE, John Michael. WINSTEPS® (Version 3.70.0) **Rasch measurement computer program**. Beaverton, Oregon, 2010.
- NÚÑEZ, Dani Cerdas; ROJAS, Eliana Monteiro. Uso del modelo de Rasch para la construcción de tablas de especificaciones: Propuesta metodológica aplicada a una prueba de selección universitaria. **Actualidades Investigativas en Educación**, v. 17, n. 1, p. 16, 2017.
- PRADES, Anna; ESPINAR, Sebastián Rodríguez. Laboratory assessment in chemistry: An analysis of the adequacy of the assessment process. **Assessment and Evaluation in Higher Education**, v. 35, n. 4, p. 449–461, 2010.
- QUEIROZ, Salete Linhares; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em

química. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 41–53, 2004.

RASCH, G. On Specific Objectivity: An Attempt at Formalizing the Request for Generality and Validity of Scientific Statements. **Danish Yearbook of Philosophy**, v. 14, p. 58-93, 1977. Disponível em: <<http://www.rasch.org/memo18.htm>>. Acesso em: 30 jun 2020.