

Alunos Bons Solucionadores de Problemas de Física: Caracterização a Partir de Um Questionário para Análise de Entrevistas*

(Students who are good problem solvers in physics: characterization based on an interview analysis questionnaire)

Paulo R.S. Rosa[†], Marco A. Moreira e Bernardo Buchweitz

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15051

Campus do Vale, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil

Recebido para publicação em 16 de Outubro de 1991; Revisão feita pelos autores recebida em 27 de Fevereiro de 1992
Aceito para publicação em 12 de Março de 1992

Resumo

Este trabalho está relacionado com as formas de resolver problemas de Física dos estudantes. Foram comparados dois grupos, um de bons e outro de maus solucionadores de problemas. Os dados foram obtidos por meio de entrevistas gravadas, nas quais estudantes de graduação que cursavam disciplinas de Física Geral foram solicitados a relatar o procedimento que haviam adotado ao resolver cada problema das suas provas. A análise das entrevistas consistiu da obtenção de respostas para questões específicas. Os resultados mostraram algumas diferenças significativas entre os procedimentos dos dois grupos, particularmente em termos de interpretação do problema, planejamento da solução, obtenção da resposta e explicação do processo de resolvê-lo.

Abstract

This study is concerned with students' ways of solving physics problems. Two groups of students, one of high and another of low achievement in problem-solving, were compared. The data were gathered through taped interviews in which undergraduates taking introductory physics were asked to describe how they had proceeded in solving each problem of their exams. The analysis of the interviews consisted of obtaining answers to specific questions. The results showed some significant differences between the procedures of the two groups, particularly in terms of interpreting a problem, designing a solution, accomplishing an answer, and explaining the process of solving it.

I. Introdução

A entrevista nos moldes piagetianos tem sido utilizada por pesquisadores ligados à área de ensino de Física de modo a distinguir o bom solucionador de problemas de Física (o especialista) dos maus solucionadores

de problemas de Física (novatos). Larkin e Reif (1979), por exemplo, utilizaram-se da entrevista para caracterizar a maneira como o especialista resolve um problema e a forma como o novato resolve o mesmo problema. A técnica por eles utilizada é a chamada técnica de pensar alto ("think aloud") que consiste na explicação por parte de quem está resolvendo um problema dos raciocínios utilizados durante a resolução. Neste sentido, a entrevista por eles utilizada pode ser considerada ainda a entrevista piagetiana (ou clínica).

*Trabalho desenvolvido com apoio parcial do CNPq e da FINEP.

[†]Professor do Departamento de Física da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, atualmente afastado para fazer o doutorado em Física no IF/UFRGS dentro do Programa PICD/CAPEs.

Resultados por eles obtidos podem ser encontrados no Quadro 1.

Na área de Química, também como exemplo, pode-se citar, Gabel, Sherwood e Enocks (1984) que investigaram estratégias utilizadas pelos estudantes para solucionar problemas. O propósito desse estudo era determinar as habilidades gerais empregadas pelos estudantes na resolução de problemas que envolvessem moles, estequiometria, leis dos gases e molaridade. Como instrumento de análise foi utilizada novamente a técnica do pensar alto. Seus resultados indicaram que estudantes exitosos e aqueles com alta habilidade de raciocínio proporcional tendiam a utilizar estratégias de raciocínio algorítmico mais freqüentemente do que estudantes não exitosos e de baixo raciocínio proporcional.¹

No presente trabalho relatamos um estudo no qual também investigamos o tipo de raciocínio utilizado por estudantes bons solucionadores de problemas de Física. O que nos diferencia, em termos metodológicos, dos trabalhos citados é o fato de que o teste de solução de problemas foi uma das provas das disciplinas cursadas pelos alunos, ao invés de um teste especial, e a entrevista foi realizada a posteriori, i.e., após a realização e correção das provas. Para a análise de entrevistas foi desenvolvido um questionário composto por 16 itens onde procurou-se determinar o tipo de processo lógico por trás da explicação dada pelo aluno. Na conclusão deste relato nos referiremos a possíveis limitações do estudo em virtude da técnica utilizada.

II. Descrição do Estudo

O estudo aqui descrito foi efetuado junto a alunos de Física, Química, Farmácia e Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em disciplinas de Física Geral.

Logo após a aplicação da primeira prova do semestre foram selecionados, em cada turma, os 20% de alunos com nota mais alta e os 20% de alunos com notas mais baixas. Os primeiros formaram o grupo dos alunos bons solucionadores de problemas e os segundos formaram o grupo dos alunos maus solucionadores de problemas. Depois de constituídos os grupos, os alunos foram convidados a terem uma entrevista, individual, com o primeiro autor deste trabalho. As entrevistas duraram em média 20 minutos, e nelas os alunos eram solicitados a descrever o mais completamente possível o modo como tinham resolvido cada um dos problemas da prova. Foram realizadas e gravadas trinta entrevistas que, após transcritas, foram analisadas conforme o questionário a

ser descrito na próxima seção. Dos trinta alunos entrevistados 14 pertenciam ao grupo mau solucionador e 16 ao grupo bom solucionador de problemas.

III. O Questionário para a Análise das Entrevistas

O questionário de análise das entrevistas era composto de 16 questões. Cada uma delas poderia ser respondida, pelos pesquisadores, segundo quatro categorias: sempre, geralmente, às vezes e nunca. As questões foram as seguintes:

- 1) O aluno faz desenhos, esquemas ou gráficos antes de resolver o problema?

Trabalhos anteriores (e.g., Larkin e Reif, 1979) indicavam que o especialista começa a resolução de um problema pela reconstrução do mesmo em termos de uma linguagem própria; o esboço de um esquema ou desenho seria parte dessa reconstrução.

- 2) O aluno resolve literalmente as equações antes de substituir os valores numéricos?

Também havia sido observado que o especialista somente no final do processo de solução costuma substituir os valores numéricos, preferindo resolver os problemas literalmente até obter uma expressão na qual a incógnita esteja já isolada.

- 3) Existe a aplicação de um princípio geral orientando a solução do problema?

Entende-se aqui por princípio geral uma lei física ou um princípio físico fundamental que oriente o processo de resolução do problema.

- 4) O aluno admite que usa um plano para a resolução do problema?

Plano é entendido aqui como uma seqüência de passos, decidida a priori pelo aluno, que o levará à solução do problema. Esse plano pode ser, por exemplo, a escolha de um princípio geral, do método de solução matemática, etc. O importante aqui é que isso seja admitido pelo aluno durante a entrevista, revelando que para ele a solução do problema é um ato consciente. A diferença desse item para o item 3 é que nele o pesquisador procura, a partir da análise da entrevista do aluno, um princípio geral ou lei Física implícito na solução do problema enquanto neste o aluno admite isso explicitamente.

- 5) O raciocínio usado é do tipo inferencial indutivo?

¹A título de exemplo, nos referimos apenas a dois trabalhos que, por usarem a técnica de pensar alto, tiveram maior influência em nossa pesquisa. Ao leitor interessado em outros aspectos da área de solução de problemas sugerimos, também como ilustração, os trabalhos de Peduzzi (1981), Dumas-Carré e Delacôte (1981), Pérez e Torregrosa (1983), Kempa e Nichols (1983), Good (1984), Finley (1984), Bascones e Novak (1985), Kempa (1986), Pérez et al. (1988), McMillan e Swadener (1991).

Quadro 1

Aspectos principais dos modelos de solução de problemas de novatos e especialistas (Larkin e Reif, 1979).

1. Processos do Novato:

- Constrói descrição original.
- Constrói descrição matemática:
 - identifica e aplica princípios relevantes;
 - combina equações para eliminar quantidades indesejáveis.

2. Processos do Especialista:

- Constrói descrição original.
- Constrói descrição física em detalhes:
 - seleciona um método;
 - seleciona aspectos chave do problema.
 - aplica princípios principais:
 - constrói descrição mostrando forças paralelas a aceleração ou velocidade;
 - verifica se não existem anomalias.
 - aplica princípios subsidiários:
 - verifica se nenhuma quantidade parece problemática.
- Constrói a descrição matemática.
- Aplica o princípio principal para obter as equações.
- Aplica princípios subsidiários para eliminar quantidades indesejáveis.
- Combina e soluciona as equações.

O processo de inferência indutiva é aquele no qual a partir de exemplos particulares ocorre uma generalização. Em termos de solução de problemas esse tipo de raciocínio pode ser expresso da seguinte forma: se uma determinada maneira é utilizada para resolver um, dois ou mais problemas, então é válida para todos os problemas daquela classe.

- 6) A explicação dos problemas durante a entrevista é fluente?
- 7) O aluno faz alguma previsão física dos resultados antes de tentar resolver o problema?
- 8) É costume do aluno fazer uma verificação quanto à natureza do resultado obtido?
- 9) O aluno utiliza uma linguagem técnica para a explicação do problema?
- 10) O raciocínio usado é do tipo se ... então?

Esse tipo de raciocínio é típico do pensamento dedutivo. O processo dedutivo é aquele que partindo de

um princípio (axioma) dele se tira conseqüências verificáveis. Se as conseqüências são verificadas então o princípio primeiro é considerado não refutado, caso contrário deve ser abandonado.

- 11) O aluno parte de alguma definição de caráter geral?
- 12) Se houve erro, ele ocorreu por falta de recurso matemático?
- 13) Se houve erro, ele ocorreu porque o aluno partiu de um princípio incorreto para aquele problema específico?
- 14) É explicitamente evidenciado pelo aluno o sistema de referência por ele utilizado desde o início do processo de solução?
- 15) O aluno consegue localizar no enunciado os dados e a incógnita?
- 16) O aluno consegue localizar o problema dentro do contexto da disciplina?

Todo problema analisa apenas alguns aspectos de uma totalidade. Por isso, deve ele ser localizado, por quem vai resolvê-lo, dentro de uma estrutura maior, procurando aquilo que é mais relevante.

IV. Resultados

Para cada entrevista, todos os itens do questionário foram respondidos – em termos das categorias previamente definidas – por um dos pesquisadores e conferidos por outro. Na aplicação do teste χ^2 aos dados obtidos foi construída para cada questão uma tabela 4 x 2 do tipo mostrado na Tabela 1:

Tabela 1
Tabela de contingência usada no teste χ^2

	B	M
Sempre		
Geralmente		
Às vezes		
Nunca		

Os resultados desse tipo de análise podem ser encontrados nas tabelas 2 e 3. Comentaremos aqui apenas aqueles quesitos nos quais houve diferenciação entre os dois grupos de respondentes, pelo menos ao nível 0,05. Na verdade, as 16 tabelas analisadas não são independentes, mas o fato de se obter diferenças estatisticamente significativas em 10 delas, sugere que tais diferenças não foram obras do acaso.

1) O aluno faz esquemas, desenhos ou gráficos antes de resolver o problema?

Os números obtidos sugerem que existe uma tendência maior no grupo dos bons solucionadores de fazer desenhos, gráficos ou diagramas antes de iniciar a resolução de um problema.

2) O aluno resolve literalmente as equações antes de substituir valores numéricos?

Pode-se ver no quadro 1 que resolver literalmente os problemas antes de substituir valores numéricos é um fator diferenciador entre especialistas e novatos. No estudo feito, esta foi uma característica dos bons solucionadores de problemas.

3) Existe a aplicação de um princípio geral orientando a solução do problema?

Nesta questão específica houve forte diferenciação entre os dois grupos. Os bons solucionadores, de um modo geral, apresentaram um princípio geral orientando a atividade de resolução dos problemas.

4) O aluno admite que usa um plano para a resolução do problema?

Esse é outro ponto que diferenciou os dois grupos. O plano que os bons solucionadores de problemas geralmente admitiram usar consiste em:

- 1º) ler atentamente o problema;
- 2º) verificar quais são os dados fornecidos e qual é a incógnita;
- 3º) listar as equações onde os dados e a incógnita aparecem;
- 4º) resolver o sistema de equações obtido.

Eis aqui alguns trechos de entrevistas a respeito disso:

"... eu nunca pego a caneta e vou escrevendo. Eu primeiro leio o problema uma ou duas vezes, vejo o que eu tenho, os dados que eu tenho e o que ele pede, principalmente, e a maneira como eu posso calcular. Depois que eu tento fazer o problema. E também não pego uma equação e (...) relaciono os dados que eu tenho e de acordo com os dados procuro resolver a equação. Não faço isso. Normalmente eu tento fazer uma linha de raciocínio."

"... o plano é um só: eu leio, eu tiro os dados, depois eu faço o esquema, depois eu vejo as fórmulas que dão resultado e só ..."

"... é eu listo as equações, os conceitos que eu tiver, e daí aplico isto, principalmente os conceitos que eu tenho."

"... eu primeiro vejo o que é mais fácil de achar. Incógnitas que estão faltando, onde são mais fáceis de achar. Primeiro acho as mais fáceis e depois as mais difíceis."

"Eu dou uma olhada nos dois, assim: as equações, o que elas querem e qual a equação que é adequada mais ao que se quer ..."

Como se vê, a ênfase principal é dada ao trinômio: equações disponíveis – incógnita – dados. Isso é o que basicamente determina o caminho a ser escolhido pelo aluno.

6) A explicação dos problemas durante a entrevista é fluente?

A fluência verbal na explicação dos procedimentos utilizados durante a solução de um problema foi um indicador do aluno bom solucionador de problemas.

9) O aluno utiliza uma linguagem técnica para a explicação do problema?

Novamente temos um fator diferenciador dos dois grupos. De um modo geral, o grupo bom solucionador

Tabela 2
Análise das entrevistas - número de casos por questão
(B = bons solucionadores; M = maus solucionadores)

Nº da Questão	Sempre		Geralmente		Às vezes		Nunca	
	B	M	B	M	B	M	B	M
1	9	4	5	6	2	0	0	4
2	1	0	7	2	5	2	3	10
3	3	0	12	1	0	3	1	10
4	5	3	11	4	0	2	0	5
5	0	0	0	0	0	0	16	14
6	9	1	7	8	0	1	0	4
7	2	0	4	2	3	6	7	6
8	4	1	7	6	3	3	2	4
9	5	1	11	7	0	4	0	2
10	6	0	8	6	2	4	0	4
11	3	0	9	1	2	5	2	8
12	0	0	0	0	0	3	16	11
13	11	9	3	3	0	1	2	1
14	1	0	0	0	0	1	15	13
15	15	2	1	9	0	1	0	2
16	14	1	2	4	0	4	0	5

Tabela 3
Valores de χ^2 nos casos em que a diferença foi estatisticamente significativa pelo menos ao nível 0,05.

Questão	χ^2	α
1	7.92	0,05
2	8.74	0,05
3	22.64	0,001
4	10.68	0,02
6	11.38	0,01
9	9.46	0,05
10	10.87	0,02
11	14.22	0,01
15	19.30	0,001
16	20.90	0,001

conseguiu explicar de uma forma mais técnica o que foi feito.

10) O raciocínio usado é do tipo se ... então?

Este foi outro fator diferenciador do grupo bom solucionador em relação ao grupo mau solucionador. O número de alunos bons solucionadores que usa o raciocínio dedutivo foi significativamente diferente do número de alunos maus solucionadores. Isto está de acordo com os resultados das questões 3, 4 e 11.

11) O aluno parte de alguma definição de caráter geral?

O grupo dos bons solucionadores geralmente partiu de definições de caráter geral enquanto o grupo mau solucionador poucas vezes o fez.

15) O aluno consegue localizar no enunciado os dados e a incógnita?

Os resultados sugerem que o grupo bom solucionador consegue localizar a incógnita e os dados no problema com mais facilidade que o grupo mau solucionador.

16) O aluno consegue localizar o problema dentro do contexto da disciplina?

Este foi outro fator de forte diferenciação entre os dois grupos. A maior parte do grupo mau solucionador não soube localizar o problema dentro do contexto da disciplina.

Em resumo, poder-se-ia dizer que, segundo o que foi apurado a partir das entrevistas, um aluno bom solucionador de problemas teve as seguintes características, que o diferenciaram de um aluno mau solucionador de problemas:

- 1^o) interpretava o problema através de um desenho, gráfico ou diagrama;
- 2^o) normalmente resolvia literalmente o problema;
- 3^o) estabelecia um plano a partir do qual partia para a resolução do problema;
- 4^o) partia de um princípio geral para a solução do problema, e de definições de caráter geral, usando um raciocínio dedutivo;
- 5^o) conseguia explicar o que fez fluentemente e usando uma linguagem técnica;
- 6^o) sabia localizar o problema dentro do contexto da disciplina.

V. Conclusão

Neste estudo foi investigada a forma pela qual um bom solucionador de problemas resolve problemas de Física, em oposição a maneira de resolução empregada pelos maus solucionadores de problemas. Para isso foi

utilizada a técnica da entrevista (pensar alto), a qual foi submetida a uma análise através de um questionário de 16 itens. Esta análise revelou diferenças entre os grupos de bons solucionadores e de maus solucionadores, em termos de planejamento da solução, modo de solução e explicação do processo de busca da solução dos problemas. As características identificadas como mais peculiares aos bons solucionadores são consistentes com aquelas identificadas por Larkin e Reif (1979) como típicas do especialista em relação ao novato.

Entretanto, embora as entrevistas tivessem sido feitas logo após a prova, na prática isso significou, pelo menos para alguns alunos, dias depois. Este fato impõe certas limitações ao estudo pois a descrição feita pelos alunos sobre como resolveram os problemas da prova pode ter ficado prejudicada pelo fator tempo envolvido. Não há dúvida de que muitos aspectos gerais relacionados à resolução de problemas são lembrados, algum tempo depois, por quem os resolve. Todavia, detalhes de cunho específico ocorridos durante o processo de resolvê-los, e que poderiam interessar ao pesquisador, podem passar despercebidos durante a descrição. Além disso, é preciso ressaltar que nem todos os procedimentos (incluindo complexos processos mentais envolvidos) ocorridos durante a resolução são de plena consciência do solucionador. Este fato, porém, não invalida o uso da técnica de pensar alto para investigar aspectos gerais da solução de problemas, como é o caso da maioria dos itens analisados neste estudo.

Em nível internacional (não tanto no Brasil) resolução de problemas é um dos temas mais investigados na pesquisa em ensino de Física. Talvez, pela simples razão de que, assim como fazer experiências, resolver problemas é uma atividade considerada indispensável à aprendizagem da Física. Contudo, ainda não se chegou a resultados conclusivos sobre o que torna o aluno um bom resolvidor de problemas de Física. A distinção entre as estratégias usadas por especialistas e aprendizes parece ser um caminho promissor, na medida em que se descobrir como facilitar a aproximação do aprendiz em relação ao especialista no que se refere aos processos cognitivos usados para resolver problemas.

Referências Bibliográficas

- Larkin, M.J. e Reif, F. Understanding and teaching problem - solving in physics. *European Journal of Science Education*, 1(2): 191-203, 1979.
- Peduzzi, L.O.Q. Dois estudos sobre a solução de problemas de Física em nível universitário básico: o efeito de uma estratégia e a influência da estrutura cognitiva. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS, 1981.
- Dumas-Carré, A. e Delacôte, G. A network for the analysis of school exercises in physics. *Euro-*

- pean *Journal of Science Education*, 3(4): 397-411, 1981.
- Pérez, D.G. e Torregrosa, J.M. A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4): 447-455, 1983.
- Kempa, R.F. e Nicholls, C.E. Problem solving ability and cognitive structure: an exploratory investigation. *European Journal of Science Education*, 5(2): 171-184, 1983.
- Gabel, D.L. et al. Problem solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2): 221-233, 1984.
- Good, R. Scientific problem solving by expert system. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(3): 331-340, 1984.
- Finley, F.N. Using propositions from clinical interview as variables to compare student knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(8): 809-818, 1984.
- Bascones, J. e Novak, J.D. Alternative instructional systems and the development of problem-solving skills in physics. *European Journal of Science Education*, 7(3): 253-261, 1985.
- Kempa, R.F. Resolución de problemas de Química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2): 99-110, 1986.
- Pérez, D.G., Torregrosa, J.M. e Pérez, F.S. El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2): 131-146, 1988.
- McMillan, C. e Swadener, M. Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatics. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8): 661-670, 1991.