

## **RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS I: DIFERENÇAS ENTRE NOVATOS E ESPECIALISTAS<sup>1</sup>**

**Sayonara Salvador Cabral da Costa**

Instituto de Física, PUCRS

Av. Ipiranga, 6681 90619-900 - Porto Alegre - RS

**Marco Antonio Moreira** [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física, UFRGS

Av. Bento Gonçalves, 9500 91501-970 - Porto Alegre - RS

### **Resumo**

Trata-se de uma revisão de literatura na área de resolução de problemas, particularmente em Física, enfocando apenas a questão novato/especialista. Foram analisados 31 artigos em termos de base teórica - método/sujeitos - resultados, os quais foram organizados em uma tabela que serviu de base para uma síntese feita pelos autores. Este trabalho é o primeiro de uma série de quatro artigos de revisão abordando diferentes aspectos do tema resolução de problemas.

### **Abstract**

This paper presents a review of the literature in the area of problem solving, particularly in physics, focusing only on the expert/novice issue. Thirty-one papers have been analyzed in terms of theoretical basis - method/subjects - findings, which were organized in a table that served as support for a synthesis made by the authors. It is the first of a four-paper series reviewing different aspects of the problem solving subject.

### **Apresentação**

Este é o primeiro de uma série de quatro artigos de revisão da literatura na área de resolução de problemas, enfocando particularmente o campo da Física. Nele apresentamos apenas trabalhos que relacionam ou diferenciam a tarefa de resolução de problemas quando executada por novatos ou por especialistas.

Os demais artigos desta área focalizam, respectivamente, propostas de uma metodologia didática para trabalhar problemas em sala de aula, fatores que influenciam na resolução de problemas e estratégias específicas sugeridas para facilitar a atividades de resolver problemas.

Para fazer esta revisão consultamos as seguintes revistas, nos períodos indicados: *Studies in Science Education* (1981 a 1990); *Journal of Research in Science Teaching* (1981 a 1994); *European Journal of Science Education* (1979 a 1986) e *International Journal of Science Education* (1987 a 1994); *Enseñanza de las Ciencias* (1983 a 1994); *Science Education* (1980 a 1994); *Revista Brasileira de Ensino de Física* (1979 a 1994); *Caderno Catarinense de Ensino de Física* (1984 a 1994); *Revista de Enseñanza de la Física* (1985 a 1994).

Certamente não fizemos um levantamento completo da literatura, mas cremos que foi um trabalho bastante extenso cobrindo toda a década de 80 até meados da de 90 em várias das principais revistas internacionais de ensino de ciências.

---

<sup>1</sup> Trabalho arbitrado pela Comissão Organizadora da IX Reunião de Educação em Física da Associação Argentina de Professores de Física, Salta, Argentina, setembro de 1995.

## **Justificativa e definição**

Os processos cognitivos envolvidos no que chamamos resolução de problemas, estudados há já algum tempo no campo da Psicologia, têm despertado um interesse marcante entre os pesquisadores das áreas de Ciências e Matemática. Por um lado, isto é atribuído ao fato de que a resolução de problemas (R.P.), raciocínio e pensamento são atividades que se sobrepõem e fazem parte do “menu” destas disciplinas - “... R.P. pode ser vista como um elemento do pensamento, mas é provável que seja mais apropriadamente considerada como uma atividade de aprendizagem complexa que envolve pensamento”(Garrett, 1987, p. 127); por outro, o fracasso generalizado nesta tarefa, dentro do contexto educacional, reforça a necessidade de entendê-la melhor com o objetivo de reverter esta situação.

Definir o que se entende por problema pode dar margem a várias interpretações: um problema é um estado subjetivo da mente, pessoal para cada indivíduo, um desafio, uma situação não resolvida, cuja resposta não é imediata, que resulta em reflexão e uso de estratégias conceituais e procedimentais, provocando uma mudança nas estruturas mentais. Hayes (1980) definiu problema como a fenda que separa um estado presente de um estado almejado; Gil Pérez et al. (1988) consideram problema como uma situação para a qual não há soluções evidentes; já Perales (1993) considera-o uma situação qualquer que produz, de um lado, um certo grau de incerteza e, de outro, uma conduta em busca de uma solução.

De qualquer modo, falar em problema é considerar uma gama de situações que inclui desde simples quebra-cabeças, passando por problemas que enfrentamos no nosso cotidiano até problemas específicos envolvendo conhecimentos e/ou habilidades muito particulares.

No contexto em que está inserida esta revisão de literatura, a resolução de problemas será considerada, principalmente, uma atividade de papel e lápis, mas poderá também envolver atividades experimentais em ciências ou matemática, onde o sujeito terá oportunidade de, aplicando seus conhecimentos e procedimentos na busca de uma solução para a situação proposta, desenvolver a sua estrutura cognitiva. Na vida diária se resolve um problema para se obter um resultado; ao contrário, no contexto escolar o resultado importa menos do que a própria resolução (Dumas-Carré, 1987).

A maioria dos pesquisadores nesta área, vê a resolução de problemas como “um processo pelo qual o aprendiz descobre uma combinação de regras anteriormente aprendidas que ele pode aplicar para atingir uma solução para uma situação problemática nova” (Gagné, 1965). Este processo deve favorecer a aprendizagem significativa na medida em que propicia uma reorganização da informação e do conhecimento armazenado na estrutura cognitiva do sujeito (Novak, 1977).

Uma vez justificada a importância do tema escolhido e definido o que entendemos por resolução de problemas, podemos passar à revisão propriamente dita.

## **Artigos**

Encontramos 31 artigos sobre resolução de problemas focalizando a questão novato/especialista. Tais artigos estão referenciados ao final e condensados na tabela 1 em termos de autores/conteúdo, base teórica, método/sujeitos e resultados. A questão foco é sempre a mesma: diferenças entre novatos e especialistas na resolução de problemas. Como a tabela é auto-

explicativa, resta ver se a partir dela é possível identificar regularidades, coisas em comum nesses artigos, tanto no que se refere ao domínio conceitual como ao metodológico.

## Regularidades

- No domínio conceitual das pesquisas feitas, apenas três delas não tinham por detrás um modelo de processamento da informação (Newell e Simon, 1972; Anderson, 1983). Ainda assim, dois desses três trabalhos estiveram baseados na teoria de aprendizagem de Ausubel (1980) que tem muito de processamento de informação. O terceiro estudo era de base piagetiana.

- Em termos de metodologia de pesquisa, a técnica mais usada foi a análise de protocolos verbais. Esta técnica consiste na verbalização do processo de resolução de problemas, o que permite obter informações sobre as estratégias e os conteúdos empregados. Em menor escala, foram usados testes de associação de palavras e programas de computador. • Física (18 artigos), Genética (8), Química (4) e Ciências (1) foram os conteúdos enfocados nas pesquisas.

- No que se refere aos resultados de pesquisa, em princípio foram confirmados os modelos de Larkin (1979; 1981) e de Chi, Feltovich e Glaser (1981), segundo os quais a aquisição de habilidades em R.P. (em domínios formais, como a Física) pode ser entendida pelo modelo de Sistemas de Produção. Estes sistemas, implementados computacionalmente, aprendem por enriquecimento de princípios abstratos enquanto trabalham numa sucessão de problemas. Sempre que um princípio é aplicado com êxito, o mecanismo de aprendizagem armazena na memória uma produção com uma condição indicando a situação para a qual o princípio foi aplicado e uma ação para acrescentar na representação do problema o conhecimento que pode ser gerado por aquele princípio.

Assim, o sistema inicialmente procura princípios através de estratégias fracas (e.g., análise de meio-e-fim) e recupera princípios de forma geral que devem ser interpretados para o contexto do problema. À medida que o modelo se aperfeiçoa através da prática, seu comportamento fica dominado pela informação específica que ele aprendeu e a nova informação é automaticamente adicionada com bases em padrões reconhecidos de informações presentes no problema.

- De um modo geral, os comportamentos de novatos e especialistas na resolução de problemas foram diferenciados quanto à maneira como os conceitos e princípios são armazenados e recuperados na memória de longo-prazo, bem como quanto ao estoque de estratégias utilizáveis pelos sujeitos em função de seu conhecimento e experiência (prática). Por conseguinte, fica implícito o papel relevante do conteúdo e do contexto na execução da tarefa de resolução de problemas.

Esta constatação corrobora o que diz Pozo (1994) ao afirmar que a melhor eficácia dos procedimentos técnicos e estratégicos empregados por especialistas está sujeita a maior base de conhecimentos específicos de domínio que eles têm (p. 41).

## Conclusão

As diferenças observadas nesta revisão de literatura entre novatos e especialistas, quando executam tarefas de resolução de problemas, possivelmente constituem uma fonte de informações relevantes no sentido de tentar esclarecer como o conhecimento é organizado na estrutura cognitiva do indivíduo e de que forma ele é utilizado.

A importância deste esclarecimento para a pesquisa em ensino de Ciências pode ser muito grande uma vez que representa um significativo passo na tentativa de responder a outras questões como “É possível ensinar a resolver problemas? O que um novato precisa para tornar-se um especialista? Até que ponto o conteúdo e o contexto interferem ou influenciam na tarefa de resolução de problemas?”

Para o professor, especialmente, oportuniza uma reflexão para a sua proposta de trabalho em sala de aula, permitindo um questionamento se a atividade de resolução de problemas que proporciona a seus alunos é compatível com o objetivo de promover com eficácia o desenvolvimento de suas estruturas cognitivas.

## **TABELA 1**

### **Trabalhos que relacionam/diferenciam a tarefa de R.P. feita por novatos e especialistas**

\* Os trabalhos assinalados com asterisco nesta tabela não estavam diretamente acessíveis no momento da pesquisa. Por isso, não foi possível identificar de maneira direta o(s) método/sujeitos. Contudo, foram incluídos na tabela por terem sido citados em vários dos artigos efetivamente analisados.

\*\* Os trabalhos assinalados com dois asteriscos nesta tabela citam outros que se utilizam de resultados da ciência cognitiva, especialmente a metáfora da mente como um sistema de processamento de informação. Como não é explícito o engajamento dos autores nesta teoria, parece ser esta a sua base teórica.

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
1. Simon e Simon (1978) (Física)	Processamento da informação	*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Especialistas:</b> têm um estoque maior de estratégias de conhecimento e noção "<i>do que fazer quando</i>" como função da experiência acumulada.</li> </ul>
2. Larkin (1979) (Física)	Processamento da informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dois professores de Física em Berkeley, EUA (especialistas) e um novato (ótimo aluno) resolveram um problema cuja resolução foi gravada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foram detectadas diferenças em como eles processavam a informação e armazenavam os princípios físicos na memória.</li> <li>• Na memória de um <b>especialista</b>, os princípios físicos são armazenados em "<i>chunks</i>" - grupos de princípios que provavelmente serão, de modo útil, aplicados juntos.</li> <li>• Após selecionar um "<i>chunk</i>", o <b>especialista</b> o aplica numa análise qualitativa que parece servir de degrau para a geração de relações quantitativas.</li> <li>• Nesta transição, o <b>especialista</b> pode acessar e aplicar "<i>chunks</i>" comumente usados juntos.</li> </ul>
<p>Os trabalhos assinalados com asterisco nesta tabela não estavam diretamente acessíveis no momento da pesquisa. Por isso, não foi possível identificar de maneira direta o(s) método/sujeitos. Contudo, foram incluídos na tabela por terem sido citados em vários dos artigos efetivamente analisados.</p>			

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
3. Larkin e Reif (1979) (Física)	Processamento da informação (sistemas de produção)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocolos verbais de um aluno universitário que recém terminara o curso de Mecânica (novato) e de um professor que recentemente lecionara a mesma disciplina (EUA).</li> <li>• Ambos resolveram 5 problemas de Mecânica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Novatos:</b> descrição matemática; combinação de equações para eliminar quantidades indesejáveis.</li> <li>• <b>Especialistas:</b> descrição física detalhada, seleção de métodos, descrição matemática e resolução.</li> </ul>
4. Larkin, McDermott, Simon e Simon (1980) (Física e Matemática)	Processamento da informação	<p>Protocolos de estudantes secundários em problemas de Física, especialistas e novatos. Simulações de computador reforçam o modelo: <b>Student</b> (novatos), <b>ISAAC</b> e <b>APS</b> - Adaptative Production System (especialistas) (EUA).</p> <p><b>Student:</b> programa de computador (1968), principalmente sintático na tradução de problemas de álgebra.</p> <p><b>Isaac:</b> mais sofisticado do que o <b>Student</b>, contém um conjunto de esquemas na memória de longo prazo que descrevem alavancas e seu funcionamento - conhecimento semântico do trabalho de objetos físicos idealizados.</p> <p><b>APS:</b> baseado na idéia que a aprendizagem efetiva envolve mais do que (e difere de) memorizar materiais apresentados em textos e aulas. Cada produção num sistema de produção tem uma condição e uma ação. Um APS cresce ao criar novas produções que serão incorporadas a ele.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Especialistas</b> trabalham para frente, <b>novatos</b> para trás.</li> <li>• <b>Novatos</b> mencionam cada equação que usam; <b>especialistas</b> usam um procedimento mais geral, compiladamente.</li> <li>• O <b>novato</b> usa tradução sintática; o <b>especialista</b> parece usar representação física.</li> <li>• Tornar-se <b>especialista</b> exige conhecimento (esquemas ricos) obtidos com muita prática.</li> </ul> <p>Modelo proposto para explicar diferenças:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N° de "<i>chunks</i>" armazenados na memória de longo prazo.</li> <li>• Estes "<i>chunks</i>" contêm também informações sobre ações e estratégias.</li> <li>• A memória humana consiste de uma organização complexa de nodos e ligações entre eles.</li> </ul>

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
5. Chi, Feltovich e Glaser (1981) (Física)	Processamento da informação	*	<p><b>Novatos:</b> tendem a agrupar problemas que tenham as mesmas características superficiais; levam mais tempo para R.P.</p> <p><b>Especialistas:</b> agrupam problemas por princípios; levam menos tempo; gastam mais tempo analisando e entendendo os problemas.</p>
6. Reif (1983) (Física)	Processamento da informação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrição e análise do problema.</li> <li>• Métodos de busca da solução.</li> <li>• Conhecimento auxiliar exigido.</li> </ul> Estes três tópicos constituem alguns dos objetivos propostos para aulas sobre " <b>Entendendo e ensinando R.P. em Física</b> " (EUA).	<p><b>Novatos:</b> tentam imediatamente resolver o problema; resolvem-no por acaso numa sequência linear; geralmente não possuem muito conhecimento auxiliar.</p> <p><b>Especialistas:</b> dão uma atenção especial à análise baseados no seu conhecimento tácito e experiência; resolvem problemas por métodos de refinamento; possuem conhecimento auxiliar numa forma mais tácita (parcialmente inconscientes).</p>
7. Heller e Reif (1984) (Física)	Processamento da informação.	*	<p><b>Especialistas:</b> trabalham para frente; constroem uma representação mais completa do problema pelo seu conhecimento extra disponível.</p> <p><b>Novatos:</b> trabalham para trás na busca das incógnitas das equações.</p>

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
8. Tobon e Perea (1985) <b>(Física)</b>	Cita processamento da informação.	Analisa resultados obtidos de trabalhos nesta área que podem ajudar a entender o que acontece quando se resolve um problema (Colômbia).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Especialistas</b> aproximam-se da solução através de um processo de refinamentos sucessivos; começam com uma descrição crua dos problemas, em palavras e desenhos e só então examinam os detalhes do problema e introduzem matemática.</li> <li>• <b>Especialistas</b> organizam seu conhecimento em grandes blocos coerentes de informação, mais acessíveis que os princípios individuais e as equações.</li> <li>• <b>Novatos</b> começam por uma busca de princípio e equação; não têm o conhecimento inter-relacionado como os especialistas.</li> </ul>
9. Hardiman, Dufresne e Mestre (1988) <b>(Física)</b>	Processamento da informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 45 alunos universitários que acabaram de cursar Mecânica Clássica com conceitos <math>\geq B</math> (novatos) e 8 PhD em Física, junto com 2 estudantes de pós-graduação submeteram-se à tarefa de <b>Categorização de Problemas</b>, envolvendo um como "modelo" e outros dois para comparar (EUA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correlação positiva entre desempenho em categorizar problemas e R.P. entre <b>novatos</b>.</li> <li>• <b>Especialistas</b>: tendem a agrupar problemas por princípios.</li> <li>• <b>Novatos</b>: por semelhança de enunciados ou forma.</li> </ul>
10. Maloney (1988) <b>(Física)</b>	Cita Viennot, Chi, Feltovich e Glaser  **	Discussão de dois problemas para alunos universitários que não têm muita experiência em Física (Universidade de Indiana, EUA).	<b>Novatos</b> reforçam a tese de considerar aspectos locais, superficiais, em detrimento dos mais profundos.
Os trabalhos assinalados com dois asteriscos nesta tabela citam outros que se utilizam de resultados da ciência cognitiva, especialmente a metáfora da mente como um sistema de processamento de informação. Como não é explícito o engajamento dos autores nesta teoria, parece ser esta a sua base teórica.			

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
11. Dufresne (1988) (Física)	Processamento da informação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de programa de computador baseado no comportamento de especialistas - HAT ("<i>Hierarchical Analysis Tool</i>") para melhorar desempenho de novatos (universitários recém saídos do curso de Mecânica) (EUA).</li> <li>• Grupos de controle: um deles utilizou livro-texto; o outro, outro programa computacional - EST ("<i>Equation Sorting Tool</i>"), baseado no desempenho de novatos.</li> </ul>	<p><b>Especialistas:</b> trabalham para frente; constroem uma representação mais completa do problema pelo seu conhecimento extra disponível.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo que usou HAT mostrou crescimento em categorizar problemas por princípios.</li> <li>• Uso do HAT não melhorou a R.P. em relação ao grupo de controle.</li> <li>• A abordagem via computador para <b>novatos</b> deve ser precedida por uma realimentação dos conteúdos.</li> </ul>
12. McMillan e Swadener (1991) (Física)	Processamento da informação.	Protocolos verbais com 6 alunos voluntários (curso introdutório universitário no Colorado, EUA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver problemas numericamente não significa entendê-los qualitativamente.</li> <li>• Mesmo "<i>bons alunos</i>" não usam raciocínio qualitativo para R.P.</li> </ul>
13. Joshua e Dupin (1991) (Física)	Cita processamento da informação. **	Exercícios individuais e em grupo com alunos voluntários do nível secundário em Marselha, França.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não faz sentido ensinar a R.P.</li> <li>• O <b>mau solucionador</b> de problemas enfrentará cada novo problema como um problema.</li> <li>• O <b>bom solucionador</b> de problemas se diferencia do mau em problemas implicitamente difíceis.</li> </ul>

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
14. Rosa, Moreira e Buchweitz (1992) (Física)	Ausubel	Protocolos verbais analisados por um questionário; 20% dos melhores e piores em R.P. (universitários) (UFRGS, Brasil).	Um <b>bom solucionador</b> se diferencia do mau: <ul style="list-style-type: none"> <li>• interpreta o problema com um gráfico ou desenho;</li> <li>• normalmente, resolve-o de maneira literal;</li> <li>• estabelece um plano para a solução;</li> <li>• parte de um princípio geral, usando raciocínio dedutivo;</li> <li>• consegue explicar fluentemente e com linguagem técnica;</li> <li>• sabe localizar o problema dentro do contexto da disciplina.</li> </ul>
15. Barba e Rubba (1992) (Física)	Cita processamento da informação. **	Comparação através dos níveis hierárquicos de Gagné (1965) com 30 professores em formação (novatos) e 30 em serviço (especialistas) (EUA).	Apóiam teoria de Norman (1982) na qual os <b>especialistas</b> utilizam a sintonia (" <i>tunning</i> ") em R.P. enquanto os <b>novatos</b> , a estruturação.
16. Rosa, Moreira e Buchweitz (1993) (Física)	Ausubel	Teste de associação de conceitos com 20% dos melhores e dos piores em R.P. (alunos universitários) (UFRGS, Brasil).	O que categoriza os grupos como <b>bons</b> ou <b>maus solucionadores</b> de problemas parece ser a forma como os conceitos são armazenados e recuperados e não a presença de mais e/ou conceitos diferentes.
17. Zajchowski e Martin (1993) (Física)	** Cita processamento da informação.	Protocolos verbais com 10 estudantes do 1º ano universitário de Física que resolveram dois problemas, um " <i>fácil</i> " e outro " <i>difícil</i> " (Canadá).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A organização do conhecimento é que diferencia <b>novatos</b> fortes e fracos em R.P.</li> <li>• Contrariamente aos resultados de Larkin (1979), os dois grupos parecem aptos a resolver problemas usando estratégia "<i>para frente</i>" (resultado da resolução do problema fácil).</li> </ul>

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
18. Barba e Rubba (1993) (Ciência da Terra e do Espaço)	Gagné (1965) e Norman (1982) e processamento da informação	Análise qualitativa das habilidades de R.P. de 6 professores especialistas e 6 novatos em Ciência da Terra e do Espaço (escola secundária - Pensilvânia, EUA). A tarefa consistia de 5 problemas que foram feitos em voz alta, assistidos por observadores experientes.	<b>Especialista:</b> a) traz mais conhecimento declarativo para o problema; b) usa menos passos para resolvê-lo; c) gera mais subrotinas; d) gera mais soluções alternativas; e) move-se menos entre o conhecimento declarativo e procedimental; f) resolve problemas mais detalhadamente do que os novatos; g) trabalha no nível da "sintonia" enquanto os <b>novatos</b> no de "acréscimo" (Norman, 1982).
19. Kempa e Slimming (1980) (Química)	Cita processamento da informação **	Entrevistas com estudantes de 15 anos para investigar a causa do fracasso em exames de Química (Inglaterra - Staffordshire).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamento em R.P. em exames têm baixa correlação com habilidades gerais (teste Q.I.).</li> <li>• R.P. é fortemente afetada pelo contexto no qual o problema ocorre: bons solucionadores numa área não o são necessariamente em outra.</li> </ul>
20. Kempa e Nicholls (1983) (Química)	Cita processamento da informação **	Estudantes (N=93) de 4 escolas inglesas (14,5-15,5 anos) submetidos a um teste de associação de palavras e a outro com problemas típicos de exames (Inglaterra).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As estruturas cognitivas de <b>bons solucionadores</b> de problemas são mais complexas e contêm mais associações para um dado nível de relação entre conceitos.</li> <li>• A intensidade dos elos entre os conceitos parece interferir na R.P.</li> <li>• Deficiências em <b>maus solucionadores</b> de problemas predominam em conceitos de alto nível de abstração.</li> </ul>

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
21. Gabel, Sherwood e Enochs (1984) (Química)	Piaget	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparação de processos usados por estudantes secundários com êxito em R.P. <b>versus</b> não êxito (Indiana, EUA).</li> <li>• Utilização de protocolos cujos resultados foram decodificados usando a heurística de Polya (1945).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maioria resolve problemas de Química usando somente métodos algorítmicos, sem entender os conceitos empregados.</li> <li>• Estudantes com alta habilidade em raciocínio proporcional tendem a usar mais algoritmos do que os com baixa habilidade.</li> <li>• Dependendo do conteúdo, alunos com êxito em RP. utilizam diferentes estratégias.</li> </ul>
22. Yaroch (1985) (Química)	Cita trabalhos sobre processamento da informação **	Entrevistas envolvendo R.P. sobre balanceamento de equações químicas com 14 alunos de Química de 2 escolas secundárias (Michigan, EUA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nove estudantes mostraram saber resolver os problemas sem conhecer as leis neles envolvidas.</li> <li>• A diferença no desempenho foi a qualidade do conhecimento que dispunham: o nível mais alto, incorporação de símbolos abstratos à explicação; nível mais baixo, uma eficiente manipulação matemática de símbolos.</li> </ul>
23. Good (1984) (Genética)	Processamento da informação	Uso de protocolos verbais com especialistas e novatos resultaram no desenvolvimento de sistemas de produção para simulações de computador em R.P. - <b>Bacon</b> (Flórida, EUA), 5ª versão de um programa " <i>dirigido por dados</i> " que foi sofisticado para incorporar métodos " <i>dirigidos por expectativas</i> ".	Reforçam a tese de Larkin et al. (1980) de que, contrariamente aos <b>especialistas, novatos</b> analisam problema superficialmente; a tarefa é de lembrança e não revisam a resposta.

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
24. Smith e Good (1984) (Genética)	Processamento da informação.	Protocolos verbais de 11 universitários (novatos) e 9 estudantes de pós-graduação ou instrutores na R.P. (EUA).	A radical diferença entre <b>novatos</b> e <b>especialistas</b> é imprópria: a principal dicotomia está nas estratégias de desempenho dos sujeitos em R.P.: <b>especialistas</b> têm a tendência de perceber o problema como uma tarefa de análise e raciocínio; <b>novatos</b> procuram a resposta para o problema; <b>especialistas</b> tendem a ter e usar conhecimento acurado; <b>novatos</b> exibem falta de compreensão.
25. Smith (1988) (Genética)	Processamento da informação.	Protocolos verbais de resolução de 1 a 3 problemas clássicos de Genética de 16 estudantes universitários (novatos) e 11 estudantes de pós-graduação (especialistas) (Georgia, EUA).	<p>Confirmando resultados de outras pesquisas, os <b>novatos</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tendem a usar regras incorretamente;</li> <li>• enxergar pistas onde não existem;</li> <li>• considerar a primeira opção;</li> <li>• não testar hipóteses;</li> <li>• usar mal a lógica;</li> <li>• ignorar raciocínios anteriores;</li> <li>• não refletir o resultado;</li> <li>• tendem a não perceber similaridades entre problemas;</li> <li>• geralmente não conseguem retroagir nos passos dados;</li> <li>• tendem a ter pouca compreensão de frações, razões e probabilidades.</li> </ul>

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
26. Hackling e Lawrence (1988) (Genética)	Processamento da informação	Comparação entre professores universitários e estudantes universitários do curso de Genética (1º ano) (Austrália).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve diferença no produto final.</li> <li>• <b>Especialistas</b> apresentam soluções mais completas e conclusivas, tentam mais hipóteses e são mais rigorosos no falseamento das mesmas.</li> </ul>
27. Slack e Stewart (1990) (Genética)	Processamento da informação	Programa de computador GCK - " <i>Genetics Construction Kit</i> " gerou 119 problemas resolvidos por 30 estudantes secundários (EUA) em voz alta.	<p>Protocolos dos <b>novatos</b> indica:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. falta de uma abordagem planejada: nem hipóteses geradas, nem testadas;</li> <li>2. trabalho "<i>de frente para trás</i>";</li> <li>3. ênfase no nível quantitativo.</li> </ol>
28. Stewart e Van Kirk (1990) (Genética)	Processamento da informação.	Estudo do conhecimento conceitual e procedimental de estudantes secundários e especialistas em R.P., utilizando-se simulações de computador (EUA).	Existe uma correlação positiva entre a organização do conhecimento e seus efeitos em R.P. em <b>novatos</b> e <b>especialistas</b> .
29. Smith (1992) (Genética)	Processamento da informação	Análise da resolução de 28 problemas clássicos de genética por estudantes novatos, especialistas e consultores em genética (EUA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados corroborados: <b>especialistas</b> agrupam problemas por princípios, <b>novatos</b> o fazem por configuração.</li> <li>• Discordância de Chi et al. (1981): uma vez adquirida a especialidade, o sujeito reestrutura seu conhecimento de forma a otimizar seu uso (não quer dizer que <b>novatos</b> analisem superficialmente e <b>especialistas</b> profundamente).</li> </ul>

AUTORES/CONTEÚDO	BASE TEÓRICA	MÉTODO/SUJEITOS	RESULTADOS
30. Simmons e Lunetta (1993) (Genética)	Processamento da informação	Uso de simulação de computador - CATLAB - gravados em vídeos, com 3 Ph.D em Ciências e 13 secundaristas. Estudos dos comportamentos em R.P. e conceitos genéticos (EUA.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempenho bom: uso de procedimentos sistemáticos e razões científicas válidas.</li> <li>• Desempenho não tão bom: menos procedimentos sistemáticos e razões científicas válidas e inválidas.</li> <li>• Maus desempenhos: procedimentos aleatórios e explicações científicas não válidas.</li> </ul>
31. Mandell (1980) (Ciências)	Cita alguns autores de trabalhos em R.P., epistemologia e educação (e.g., Polya, Piaget e Inhelder, Bruner e outros)	Estudantes do 6º ano (N=25), considerados bons solucionadores de problemas, foram entrevistados em sessões individuais gravadas onde tinham que resolver 6 problemas (EUA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado foi tabulado em comportamentos padronizados (fase de ataque, de desenvolvimento, de incubação e de solução), envolvendo tempo, eficiência e organização.</li> <li>• Grupo considerado como <b>bons solucionadores</b> apresentou as seguintes características:                         <ol style="list-style-type: none"> <li>1. rapidez na identificação do problema;</li> <li>2. habilitação no uso das 4 habilidades no grupo INRC de Piaget;</li> <li>3. não dependência do cálculo na maioria dos problemas;</li> <li>4. caso necessário o cálculo, facilidade de organização;</li> <li>5. possibilidade de expressar seu raciocínio com facilidade.</li> </ol> </li> </ul>

## Referências

- ANDERSON, J.R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- BARBA, R.H. e RUBBA, P.A. (1992). A comparison of pre-service and in-service earth space science teachers general mental abilities, content knowledge and problem solving skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(90):1021-1035.
- BARBA, R.H. e RUBBA, P.A. (1993). Expert novice earth and space science: teachers declarative, procedural and structural knowledge. *International Journal of Science Education*, 15(3): 273-282.
- CHI, M.T.H., FELTOVICH, P.J. e GLASER, R. (1981). Expertise in problem solving. Em R. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, 1. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- DUFRESNE, R.J. (1988). *Problem solving: learning from experts and novices*. Trabalho financiado por National Science Foundation (NSF), University of Massachusetts.
- DUMAS-CARRÉ, A. (1987). *La résolution de problèmes en physique au lycée*. Tese de doutorado, Universidade de Paris 7.
- GABEL, D.L., SHERWOOD, R.D. e ENOCHS, L. (1984). Problem solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2): 165-176.
- GAGNÉ, R.M. (1965). *The conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- GARRETT, R.M. (1987). Issues in science education: problem solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, 9(2):125-137.
- GIL PEREZ, D., MARTINEZ TORREGROSA, J. e SENENT PEREZ, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2): 131-146.
- GOOD, R. (1984). Scientific problem solving by experts systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(3): 263-275.
- HACKLING, M.W. e LAWRENCE, J.A. (1988). Expert and novice solutions of genetic pedigree problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(7):531-546.
- HARDIMAN, P.T., DUFRESNE, R. e MESTRE, J.P. (1988). The relation between problem categorization and problem solving among novices and experts. Submetido a *Memory and Cognition*, Universidade de Massachusetts.
- HAYES, J.R. (1980). *The complete problem solving*. Philadelphia: Franklin Institute.
- HELLER, J. e REIF, F. (1984). Prescribing effective human problem solving processes: problem description in physics. *Cognition and Instruction*, 1(2):177-276.
- JOSHUA, S. e DUPIN, J.J. (1991). In physics class, exercises can also cause problems... *International Journal of Science Education*, 13(3):291-301.
- KEMPA, R.F. e SLIMMING, D. (1980). Resultados de um estudo de pesquisa não publicado, Universidade de Keele (Inglaterra).
- KEMPA, R.F. e NICHOLS, C.E. (1983). Problem solving ability and cognitive structure - an exploratory investigation. *European Journal of Science Education*, 5(2):171-184.
- LARKIN, J.H. (1979). Processing information for effective problem solving. *Engineering Education*, dez., 285-288.
- LARKIN, J.H. (1981). Enriching formal knowledge: a model for learning to solve textbook physics problems. Em J.R. Anderson (Ed.) *Cognitive skills and their acquisition* (p.311-333). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

- LARKIN, J.H. e REIF, F. (1979). Understanding and teaching problem solving in physics. *European Journal of Science Education*, 1(2):191-203.
- LARKIN, J.H., MCDERMOTT, J., SIMON, D.P. e SIMON, H.A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, 208(4450):1334-1342.
- MALONEY, D.P. (1988). Novice rules for projectile motion. *Science Education*, 72(4):501-513.
- MCMILLAN, C. e SWADENER, M. (1991). Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatic. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8):661-670.
- NEWELL, A. e SIMON, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- NORMAN, D.A. (1982). *Learning and memory*. São Francisco, Califórnia: WH Freeman.
- NOVAK, J.D. (1977). *A theory of education*. Ithaca: Cornell University Press.
- PERALES, F.J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2):170-178.
- POLYA, G. (1945). *How to solve it - a new aspect of mathematical method*. (2nd. ed). New Jersey: Princeton University Press.
- POZO, J.I. et al. (1994). *La solución de problemas*. Madri: Santillana, S.A.
- REIF, F. (1983). Understanding and teaching problem solving in physics. *Aulas no International Summer School on Physics Education, La Londe les Maures, França, jun.-jul.*
- ROSA, P.R.S., MOREIRA, M.A. e BUCHWEITZ, B. (1992). Alunos bons solucionadores de problemas: caracterização a partir de um questionário para análise de entrevistas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(2):94-100.
- ROSA, P.R.S., MOREIRA, M.A., BUCHWEITZ, B. (1993). Alunos bons solucionadores de problemas: caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 15(1 a 4): 52-60.
- SIMMONS, P.E. e LUNETTA, V.N. (1993). Problem solving behaviors during a genetic computer simulation beyond the expert/novice dichotomy. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2):153-173.
- SIMON, D.P. e SIMON H.A. (1978). Individual differences in solving physics problems. Em R.D. Siegler (Ed.), *Children's thinking: what develops?*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- SLACK, S.J. e STEWART, J. High school student's problem solving performance on realistic genetics problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1): 55-67.
- SMITH, M.U. (1988). Successful and unsuccessful problem solving in classical genetics pedigrees. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(6):441-433.
- SMITH, M.U. (1992). Expertise and the organization of knowledge: unexpected differences among genetic counselors, faculty and students on problem categorization tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2):179-205.
- SMITH, M.U. e GOOD, R. (1984). Problem solving in classical genetics: successful and unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9):885-893.
- STEWART, J. e VAN KIRK, J. (1990). Understanding and problem solving in classical genetics. *International Journal of Science Education*, 12(5):575-588.
- TOBON, R., R. e PEREA, A., 1985. Problemas actuales en la enseñanza de la Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 1(1):7-15.
- YARROCH, W.L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5):449-459.
- ZAJCHOWSKI, R. e MARTIN, J. (1993). Differences in the problem solving of stronger and weaker novices in physics: knowledge, strategies on knowledge structure? *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5):459-470.