

Estudo Preliminar do Nível Operatório de Estudantes Universitários*

M. CÉLIA DIBAR URE

Universidade Federal Fluminense

Recebido em 28 de Fevereiro de 1981

The reasonings used by Elementary Physics students at U.F.F. to solve 4 Piagetian tasks (floating bodies, pendulum, probability and correlations) are studied through clinical interviews. These are compared to the answers given by Geneva adolescents, and the differences are examined and discussed. A rough estimate of the percentages of responses corresponding to each operatory level is obtained, for comparison to those obtained by other authors while the difficulties in interpreting them when dealing with adults are considered.

Os raciocínios usados por alunos de Física Elementar, na UFF, para resolver 4 tarefas Piagetianas (flutuação de corpos, pêndulo, probabilidade e correlações) são estudadas através de entrevistas clínicas. São comparados às respostas dadas por adolescentes de Genebra, e as diferenças são examinadas e discutidas. É obtida uma estimativa aproximada das percentagens de respostas correspondentes a cada nível operatório e são feitas comparações às obtidas por outros autores, ao mesmo tempo que se consideram as dificuldades em interpretá-las no caso de adultos.

(*) Comunicação deste trabalho apresentada na 30^a Reunião Anual da SBPC
São Paulo - 1978

INTRODUÇÃO

É comum que os alunos de ciências apresentem dificuldades na resolução de problemas, sobretudo nos primeiros cursos de Física. Este fato, aliado ao alto índice de repetência, nos tem levado a pesquisar o tipo de raciocínio por eles usado. Seguimos para isso as linhas gerais da teoria desenvolvida pela escola de Genebra de Psicologia Genética. Os primeiros trabalhos sobre adolescentes¹ mostram que os jovens de Genebra atingem o raciocínio formal ou hipotético-dedutivo na adolescência, apesar de o próprio Piaget² posteriormente questionar a generalidade desta observação.

Trabalhos recentes com jovens universitários e adultos em cursos de especialização apontam que uma apreciável percentagem de estudantes adultos não atingiram o referido nível de raciocínio formal, indispensável à aprendizagem de disciplinas científicas.

Mc Kinnon e Renner³, testando universitários de 1^a série com tarefas de conservação de volume, reflexão de uma bola na parede, flutuação, pêndulo e flexibilidade, acharam que 50% dos alunos apresentavam raciocínio concreto (o estágio anterior ao estágio formal) e 25% ainda não tinham atingido completamente o raciocínio formal.

Griffiths⁴, aplicando uma tarefa de plano inclinado relata aproximadamente 30% de alunos "formais". Ele caracteriza os alunos não só como usando raciocínio formal ou não formal, mas também segundo a linguagem técnica por eles usada e acha que muitos alunos, apesar de não terem o raciocínio formal, utilizam tal linguagem para não pensar ou não ver as contradições entre as suas explicações e as próprias observações da experiência de laboratório.

Schircks e Laroche⁵, testando adultos com nível de estudo de primeiro grau, e que estavam fazendo cursos de aperfeiçoamento, descobrem 8% de alunos formais e 80% de alunos pré-formais e intermediários.

Como as provas desenvolvidas por Piaget para testar nível formal em entrevistas clínicas foram usadas em Genebra com adolescentes de até 17 anos, e como as aplicações a adultos ainda são poucas, propuse-

TABELA DE CLASSIFICAÇÃO POR NÍVEIS (EM PERCENTAGENS)

	esta pesquisa			outros autores		
	Probabilidades	Flutuação ²⁾	Pêndulo	Mc Kinnon et al.	Griffiths ⁴⁾	Schirks ³⁾ et Laroche ⁵⁾
concretos	18	31	16	50	70	12
						42
intermediários	50	46	25	25		38
						8
formais	32	23	59	25	30	

- 2) ver na discussão as características desta prova
 3) ver na seção Método as diferenças sub-classificações

mo-nos a fazer um trabalho preliminar, experimentando algumas das provas de Piaget com pequenas modificações e usando entrevistas clínicas e alguns problemas escritos que requerem o nível formal para ver quais eram as respostas dos alunos de Física Geral da Universidade Federal Fluminense.

Achávamos de interesse:

- Estudar as respostas mais típicas nestas provas, e compará-las com as dos adolescentes de Genebra.
- Verificar se obtinhamos mascaramentos por linguagem técnica, assim como Griffiths obteve.
- Encontrar as percentagens de alunos com respostas características do concreto, Intermediário e formal em cada prova, numa primeira aproximação ao estudo do problema.

MÉTODO

A metodologia básica compõe-se de entrevistas individuais do tipo usado pela Escola de Epistemologia Genética liderada por Jean Piaget. Esta é uma técnica flexível que permite acompanhar e pesquisar os

passos dados pelo aluno ao tentar resolver os problemas que lhe são propostos. Uma discussão deste método, também chamado de exploração crítica, pode ser achada na introdução do livro *Aprendizagem e Estruturas de conhecimento*⁶. As entrevistas são gravadas em fitas cassete para uma análise posterior.

A escolha das provas nesta fase preliminar foi feita levando-se em conta a possibilidade de se achar material para as experiências.

Nossa classificação, pelo mesmo fato de este trabalho ser preliminar e não estar dedicado especificamente a classificar alunos em níveis operatórios, não é detalhada. Classificamos os tipos de raciocínio apenas como concretos, intermediários e formais, como também o fazem os autores americanos. Schirks e Laroche⁵, por sua vez, classificam as operações do mesmo modo que Inhelder e Piaget¹, isto é, cada estágio subdividido em dois subestágios (por exemplo, nesta nomenclatura o concreto corresponderia a IIA e IIB e o formal a IIIA e IIIB), agregando a estas um nível intermediário entre IIB e IIIA.

Usamos a classificação de intermediário para designar aqueles alunos que, tendo atingido numa dada prova, operações características do estágio Concreto, começam a trabalhar com algumas operações formais mas ainda em forma muito instável. Assim ficam incluídos, necessariamente como intermediários, alguns raciocínio:, que corresponderiam ao nível IIIA e também alguns IIB. Por exemplo, na prova de probabilidade, nós consideramos como intermediária o tipo de resposta que 'casava' fichas para comparar probabilidades (exemplo discutido na seção seguinte), que em Inhelder e Piaget¹ aparece num exemplo do subnível IIB. Temos duas razões para este critério: a primeira é que achamos aqui um tipo de início de compensação usando correspondência mas que leva em conta simultaneamente as duas variáveis, ou seja, um início de operações formais; em segundo lugar, e reforçando nossa idéia, muitos alunos que 'casam' numas respostas, em outras oscilam entre vários critérios (por exemplo às vezes escolhem pelo número de cruces, às vezes pelo número de brancos) indicando que começam a sentir a influência das diferentes variáveis.

Por outro lado, a classificação de algumas reações dos sujeitos dos subníveis 'B' como intermediárias está implícita nos primeiros

trabalhos do próprio Piaget⁷ onde, por exemplo, o sub-título do nível IB é: 'Reações intermediárias entre os estágios I e II.'

PROVAS USADAS NAS ENTREVISTAS CLÍNICAS

Começamos usando a prova do pêndulo da mesma forma que é usada em adolescentes por Inhelder¹, ou seja, deixando que o sujeito trabalhe logo após lhe perguntar o que faria para modificar o 'tempo que o pêndulo demora para ir e voltar', isto é, o período.

As únicas alterações nossas foram:

- a) Pedir que, antes de mexer, ele relacionasse todas as coisas que ele modificaria e quando deixava de mencionar alguma das mais importantes (peso, comprimento do fio), perguntávamos se ele achava que, modificando-a, o tempo de ida e volta seria alterado. Depois sugeríamos que ele trabalhasse à vontade e dávamos toda a ajuda necessária.
- b) Tínhamos um cronômetro com o equipamento que ele podia usar, caso precisasse. Isto foi feito porque achávamos que estudantes universitários poderiam ficar atrapalhados se não conseguissem medir o tempo.

Esta prova teve um número muito grande de respostas escolarizadas, uma vez que a maioria dos alunos se lembrava, vagamente, de ter visto uma demonstração do pêndulo ou de ter estudado uma fórmula do seu período. Mas, para aproximadamente 30% dos alunos estas respostas escolarizadas não levavam a uma interpretação mais clara dos dados. Usavam uma linguagem técnica que encobria as observações ou mostravam uma enorme resistência em medir, preferindo ficar com as explicações de que se lembravam. Se mediam, era com pouco interesse, e até pareciam temer que a experiência contradissesse respostas dadas anteriormente. Este foi o caso de muitos alunos que, para verificar a própria hipótese de que o comprimento não influía, o modificava de forma quase imperceptível. Muitos também chegavam até mesmo a se enganar propositalmente nas leituras das medidas feitas, como um aluno que, tendo afirmado inicialmente que todos os pêndulos possuíam o mesmo período, de um segundo, mesmo depois de fazer a experiência, não deixou o entrevistador ver o cronômetro, e no momento de dar a sua conclusão, disse que realmente havia se engana-

do, o período não era sempre igual a um segundo mas sim igual a dois segundos!!

Uma grande percentagem (41%) dos alunos testados parecia ter dificuldade para observar os resultados, mesmo quando modificavam uma só variável por vez (o que, segundo Piaget, é um critério fundamental nesta tarefa para identificar o raciocínio formal, que foi usado por 59% dos alunos);

Alguns alunos tiravam conclusões depois de fazer uma variação tipo matricial (2 massas com dois comprimentos, do tipo: $m_1 l_1, m_2 l_2, m_1 l_2, m_2 l_1$). As vezes estes procedimentos os levava a erros, já que precisavam voltar ao comprimento inicial e, no mesmo tempo que se preocupavam em pedir cronômetros para realizar medidas muito precisas de tempo, às medidas de comprimento não davam a mesma importância, tentando manter o tamanho usado inicialmente no comprimento do pêndulo apenas qualitativamente na memória, não tendo mesmo havido nenhum caso de aluno que pedisse uma régua para medir com precisão estes comprimentos. Daí, muitas vezes as variações do período do pêndulo não eram atribuídas a variações do comprimento do mesmo, tendo-se portanto conclusões equivocadas.

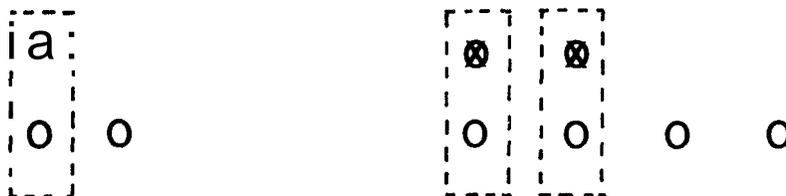
A segunda prova⁷ introduzida foi uma de probabilidade⁸ onde se pedia ao aluno para avaliar em qual dos dois grupinhos de cartões em branco e com uma cruz, se tinha mais chance de tirar um cartão com cruz, tirando-se uma só vez, sem olhar.

Esta prova era bem mais agradável aos alunos e, certamente por parecer mais vinculada aos jogos de azar do que a trabalho escolar, quase não obtínhamos respostas escolarizadas que perturbassem o raciocínio, sendo que os que respondiam com a palavra "probabilidades" e comparavam numericamente as frações, eram os que a realizavam bem.

Nesta prova encontramos respostas que só levavam em conta uma das variáveis, esquecendo a outra. Nestes casos, os alunos consideravam apenas o número total de fichas, ou o número de cartões com cruz, ou o número de cartões brancos, características das operações concretas. Vimos ainda tipos de respostas intermediárias entre os dois níveis operatórios, nas quais os alunos oscilavam entre dois ou mais critérios, sem

conseguir integrá-los numa estratégia Única que não levasse a respostas contraditórias. Vejamos dois exemplos típicos:

- a) Trabalhando com os grupinhos de probabilidades $1/3$ e $2/6$, muitos alunos, 50% dos entrevistados, achavam que as chances de tirar uma cruz era diferente nos dois grupos, escolhendo, por exemplo, o grupo de probabilidades $1/3$, por ser o número total de fichas menor do que o de $2/6$. Quando em seguida dividíamos o grupo de $2/6$ em dois grupinhos de $1/3$, eles achavam que os três grupinhos tinham a mesma chance mas, quando o experimentador voltava à situação inicial, respondiam com o mesmo erro; alguns, porém, ficavam perturbados pela contradição evidenciada e construíam respostas de "conciliação" do tipo: "a probabilidade (anteriormente só falava em chance) é que é igual, mas eu fico com este" (o escolhido inicialmente).
- b) Para comparar dois grupos, muitos alunos 'casavam' isto é, formavam pares de fichas com cruz e em branco e depois comparavam as que sobravam em cada grupo. Aplicando este critério ao exemplo anterior, daria que há mais chance de tirar cruz no grupo de probabilidade $1/3$ do que no de $2/6$ porque no primeiro sobra um branco e no segundo sobram dois, como se vê no desenho:



Este comportamento, que aparece num exemplo do nível II B⁸ pode ser interpretado como uma tentativa de comparação por compensação, 'anulando' o efeito de uma cruz com um branco, usando correspondência, operação que os concretos dominam bem, mas levando em conta a influência das duas variáveis.

Nesta experiência classificamos preliminarmente 18% de concretos, 50% de intermediários e 32% de formais.

Em terceiro lugar testamos com uma prova de correlação¹ entre a cor dos cabelos e a cor dos olhos, não em geral, mas dado um certo nú-

mero de cartões nos quais são desenhados rostos com cabelos e olhos coloridos. Sendo que a respostas certa requer uma comparação entre probabilidades, ela representa um nível de dificuldade maior. Não é de se estranhar, então, que os alunos demorassem bem mais até em compreender o que era pedido e que classificássemos a maior parte (72%) das respostas como raciocínios intermediários entre os estágios concreto e formal. Sendo assim, decidimos abandonar esta prova na testagem posterior e conservar a de probabilidades, que achamos mais breve e mais adequada ao nível de nossa população.

Na quarta prova, a de flutuação¹, apresenta-se ao aluno uma coleção de diversos objetos, pedindo-lhe que os classifique segundo eles afundem ou boiem quando colocados na água. Entre estes objetos encontram-se cinco cilindros de mesmo volume (dois de diferentes metais, um de plexiglass e um de plástico oco) que podem ser usados para comparar qualitativamente os pesos entre si e com a água. Pede-se ao aluno que indique o critério usado na sua classificação, antes e depois de experimentar e, caso ele sugira critérios errados, evidenciamos pares contraditórios. Por exemplo: se ele acha que o peso é que determina se o corpo flutua ou afunda, mostramos um alfinete e um pedaço de madeira bem grande e perguntamos porque um afunda e outro boia.

Os estudantes demonstraram também um interesse muito grande por esta experiência, sendo que alguns deles ficaram visivelmente perturbados pelas contradições encontradas nas suas respostas e inclusive pediram alguma explicação antes de ir embora.

Alguns alunos (4 no total) ficaram com explicações diferentes para diferentes objetos, evitando assim ver as contradições. (Por exemplo: este porque é pesado, aquele pela forma, aquele outro pela superfície...), mas todos eles mostravam muita influência escolar, um falando inicialmente em densidade e abandonando completamente a idéia, sem conseguir explicar o que era densidade, outro, se preocupando muito com a reação química possível entre o corpo e a água (como determinante da flutuação ou não). Portanto, mesmo que este tipo de explicações múltiplas seja considerado, se tratando de crianças, como correspondendo a um raciocínio anterior ao concreto, nós classificamos preliminarmente estes alunos como concretos. Nos parece de muito interesse para uma in-

interpretação mais profunda, pesquisar melhor este tipo de esquema muito usado, o de fugir às contradições com armas que diferem entre adultos escolarizados e crianças.

Achamos várias respostas que atribuíram a flutuação às características do material como: "madeira boia" ou "metal afunda", sem conseguir separar as propriedades do material que realmente influem; e outras que ficavam com apenas uma variável, tipicamente o peso ou a superfície, sendo assim levados a contradições marcantes. Classificamos preliminarmente estes alunos (7 no total) como intermediários e não como concretos, pois a maioria utilizou também algum raciocínio com, proporções ou usou contra-exemplos para descartar hipóteses erradas, mesmo em forma incompleta.

Somente um aluno tentou comparar os objetos cilíndricos de mesmo volume, tendo também sugerido que seria interessante termos objetos de mesmo peso e volumes diferentes.

Da discussão anterior conclui-se que esta prova apresenta características diferentes das outras: os alunos em geral dão respostas correspondentes a estágios anteriores, mas usando também alguns raciocínios mais avançados. Classificando-os segundo estes últimos, pode-se ver na tabela anexa que as percentagens não diferem muito das de probabilidades. Cabe-se questionar a razão deste efeito e melhor pesquisá-lo, uma vez que esta prova foi pré-testada com apenas 14 alunos.

A explicação poderia estar ligada ao fato de que certos avanços no raciocínio levam nesta prova a respostas mais contraditórias com a realidade (por exemplo o peso aparece nas explicações das crianças do nível IIB, mas quando começa a ser usado separado do volume, leva a mais contradições do que as explicações baseadas apenas no material, do estágio IIA).

Um efeito similar é visto por A. Karmiloff-Smith e B. Inhelder⁹ que estudam as estratégias usadas por crianças na resolução dos problemas que lhes são propostos. No caso do problema do equilíbrio de barrinhas de densidades uniformes e não uniformes, os avanços que levam à formulação pelos meninos da teoria do centro geométrico leva temporariamente a mais fracassos no próprio equilíbrio mas, enquanto que durante

um tempo o menino só se interessa pelo sucesso na tarefa proposta, gradualmente elas notam que a atenção da criança passa ao problema de 'como equilibrar' passando assim a testar suas próprias teorias.

De acordo com nossos resultados preliminares desta experiência de flutuação, caberia uma análise da influência do tipo atual de ensino na maneira dos alunos progredirem intelectualmente. Poderia-se tomar como hipótese que, o fato de este tipo de ensino valorizar apenas os resultados finais corretos, não atribuindo nenhum mérito às dúvidas e buscas realizadas pelo aluno à procura da solução do problema, desestimule-o a questionamentos, levando-o mesmo a regredir, como no nosso caso, no qual os alunos preferem ficar com respostas que são justificadas pelo tipo de material, não se aprofundando nas características que influem, pois, no início das considerações que, finalmente conduziram a uma resposta certa, as hipóteses sobre o peso conduzem a muitos erros.

CONCLUSÕES

As entrevistas clínicas realizadas em forma preliminar no Instituto de Física da UFF, com alunos das cadeiras básicas de Física, mostram que, de um modo geral, os erros demonstrados por estes alunos são muito semelhantes aos dos adolescentes entrevistados pelo próprio Piaget, podendo ser atribuídos à utilização de operações concretas de raciocínio ou ao período intermediário de transição entre estas e as operações formais, mas havendo a se notar uma forte influência da escolarização além de outras características que, segundo nossa proposta, se devem aofatodeos alunos tentarem evitar as contradições entre as suas teorias e a experiência realizada.

Esta problemática confirma a corplexidade do problema de testagem dos adultos^{2,4,10}, mesmo quando estes pertencem à área de ciências, e sugere o interesse de futuras pesquisas nesse sentido, levando em conta aspectos variados, que não sejam apenas estritas percentagens de alunos segundo os seus níveis operatór os.

Uma vez que uma boa compreensão de disciplinas científicas, tais como a Física, requer que o aluno possua o nível operatório formal

bem sedimentado e, diante dos resultados preliminares encontrados neste trabalho, cabe aqui discutir se o ensino da Física elementar e, mais dramaticamente, o ensino do 2º grau, como vem sendo dado, de uma forma geral, proporciona ao aluno atividades que realmente contribuem para um desenvolvimento adequado do seu raciocínio. As falhas típicas, já discutidas nas experiências de pêndulo e flutuação podem ser devidas a um ensino que só valoriza as respostas corretas, não se dando nenhum valor aos tipos de erros e equívocos que fazem o raciocínio progredir^{11,9} e requerendo muitas vezes que o aluno use raciocínios mais avançados do que seu desenvolvimento permite, forçando-o assim a um aprendizado passivo e decorado.

Com base nesta experiência inicial decidimos realizar outra série de entrevistas usando as provas de probabilidades e flutuação, às quais agregamos flexibilidade, combinações químicas e balança. Novos resultados encontram-se em fase de conclusão e deverão ser brevemente apresentados.

Paralelamente a este trabalho começou-se a trabalhar na obtenção de uma prova escrita equivalente às entrevistas individuais, mesmo sabendo-se que a informação assim obtida não é tão rica quanto a obtida usando o método clínico.

No entanto esta prova coletiva permitirá avaliar turmas inteiras num tempo curto.

Os resultados de sucessivas tentativas serão apresentadas separadamente em breve.

REFERÊNCIAS

1. Inhelder, B. et Piaget, J. *De la Logique de l'enfant à la Logique de l'adolescent*; Paris, P.U.F. (1955); (traduzido para o Português: Pioneira Ed. 1976).
2. Piaget, J. *Human Development* 15, 1 (1972).
3. McKinnon, J.W. e Renner, J.W. *Am.J.Phys.* 39, 9 (1971).

4. Griffiths, D.H., *Am.J.Phys.* 44, 1 (1976).
5. Schircks, A. e Laroche, J.L., *Travail Humain* 33, 2 (1970).
6. Inhelder, B. *Apprentissage et Structures de la Connaissance*; 1974 Paris, P.U.F.
7. Nota: No trabalho final que se acha em andamento, esta prova foi aplicada tanto em forma individual como coletiva. Nesta Última pediamos aos alunos que justificassem por escrito os resultados, e nestas justificativas achamos raciocínios idênticos aos observados na prova individual.
8. Piaget, J., *La Genèse de l'idée de Hasard chez l'enfant*; (1951), Paris, P.U.F. (traduzido para o Português: Record Ed.) .
9. Karmiloff-Smith, A. e Inhelder, B. *Cognition* 3, 3 (1975).
10. Gruber, H.E. e Susswein, Ben J., *Arch.Psych.* XLIII, 169 (1975).
11. Donaldson, M., *Bull.Psych.* 33, 327 (1977).