

## PIAGET E O ENSINO DE CIÊNCIAS\*

Anna Maria Pessoa de CARVALHO \*\*

---

**RESUMO:** Na primeira parte do trabalho, procuramos ressaltar, através da análise de duas experiências descritas por Inhelder e Piaget, no livro "Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente", algumas características do estágio de desenvolvimento intelectual concreto e formal, importantes para o ensino de Química. A primeira experiência procura mostrar as operações que intervêm na dissociação de fatores e a segunda estuda o raciocínio combinatório por meio da combinação de corpos químicos. Nas duas experiências, as operações lógicas são estudadas através da análise das falas das crianças e adolescentes. Na segunda parte, procuramos mostrar a diferença entre a pesquisa piagetiana e o professor em sala de aula. Levantamos duas questões: os modelos conceituais dos adolescentes são coerentes com os modelos dos cientistas? existe relação entre o aprendizado de um conteúdo e os níveis de desenvolvimento do pensamento definidas por Piaget? Para respondê-las analisamos duas pesquisas feitas, aqui no Brasil, em ensino de Física.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Ciências. Ensino de Química. Piaget. Pesquisa em ensino.

---

Sendo eu Física e não Química, estou um tanto preocupada com a minha palestra; entretanto, espero poder alcançar o objetivo a que me propus: apresentar o impacto do pensamento de Piaget no ensino de Química. O que me sossega um pouco é que, como o próprio Piaget (1971) diz, "o mais importante não é o que a gente diz, mas a discussão que se segue e as respostas às questões que forem propostas".

Assim, gostaria de, nessa manhã, transmitir algumas idéias da teoria de Piaget que me parecem importantes e relacioná-las com algumas difi-

---

\* Trabalho apresentado no III Encontro Estadual de Professores de Química, UFMG, Belo Horizonte, 1983.

\*\* Professora Assistente Doutora, Departamento de Metodologia e Educação Comparada, Faculdade de Educação, USP.

culdades que encontramos ao ensinarmos Química, ou melhor, em os alunos aprenderem Química.

Todos nós que ensinamos no curso secundário ou nos cursos básicos da Universidade, principalmente para os grupos de não químicos, percebemos que uma grande quantidade de alunos acha Química muito difícil, incompreensível mesmo. Infelizmente o *fato* de os estudantes encontrarem dificuldades é muito mais evidente do que *as causas* dessas dificuldades.

Muitos autores — Herron, 1975, 1978; Good, Kromhout, Mellon, 1979; Goodstein e Howe, 1978 — formularam hipóteses sobre essas causas e a tese desenvolvida por eles é que um número substancial de alunos dos cursos secundários, e mesmo dos cursos básicos, ainda não estão num nível de desenvolvimento intelectual denominado por Piaget de estágio formal, permanecendo no nível concreto do desenvolvimento intelectual.

Entretanto, o conteúdo dos cursos de Química e a maneira pela qual ensinamos Química para nossos alunos requerem destes uma série de operações ao nível formal para que possam compreender os conceitos que lhes são apresentados.

E o que é operar a nível formal ou a nível concreto, para Piaget?

Vamos mostrar, através de algumas experiências feitas por Inhelder e analisadas por Piaget (Inhelder e Piaget, 1976), quais as principais características dos estágios de desenvolvimento intelectual concreto e formal.

## 1 — ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS ESTÁGIOS CONCRETO E FORMAL

### Primeira Experiência — Dissociação de fatores

Com essa primeira experiência vamos mostrar as operações que intervêm na dissociação de fatores. Esse tipo de raciocínio — dissociar as variáveis relevantes de um fenômeno e estudá-las separadamente uma por uma, deixando, cada vez, as demais constantes — é tão espontâneo em nós, professores de Ciências, que nos espantamos quando os alunos não entendem o que estamos fazendo e não raro não conseguimos compreender o que eles não entendem.

A situação experimental é a seguinte: uma cuba de água (fig. 1), onde podemos colocar hastes que podem ser encurtadas ou encompridadas. As hastes são feitas de aço, latão e madeira, com vários diâmetros e formas de corte (quadradas, redondas e retangulares) diferentes. A flexibilidade depende, então, destas quatro variáveis (material, comprimento, grossura, forma de corte) e, com igualdade de condições, suas inclinações variam em função do peso que colocamos em suas extremidades. Aos sujeitos pedimos que procurem verificar quando a extremidade de cada barra atinge o nível da água.

A importância deste experimento está em que nele não interferem noções de grande dificuldade (só a flexibilidade) e nos permite verificar o

pensamento hipotético-dedutivo e o aparecimento do esquema “quando todas as outras coisas permanecem iguais”, isto é, o método que faz variar um único fator de cada vez, mantendo-se os outros constantes.

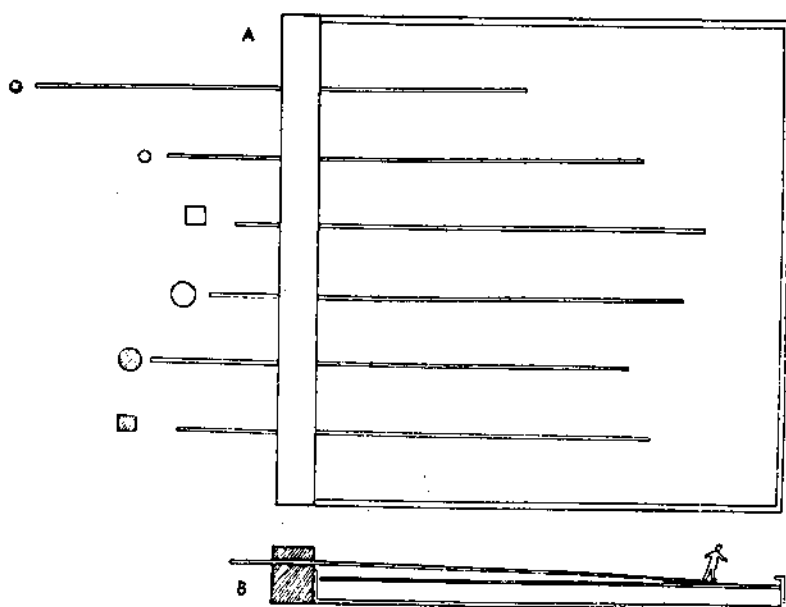


FIGURA I — O diagrama A exemplifica as variáveis utilizadas no experimento sobre flexibilidade. As hastes podem ser encurtadas ou encompridas, através da variação do ponto em que são presas (ver, em B, o sistema empregado). As formas das hastes são apresentadas na esquerda de cada uma delas; as formas sombreadas representam hastes de latão, as sem sombra representam hastes de outro material. Para a variável peso, são usados bonecos (ver B). Os bonecos são colocados na extremidade da haste. Indica-se o máximo de flexibilidade quando a extremidade da haste toca a água.

Fonte: INHELDER, B. e PIAGET, J. — *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*. São Paulo, Pioneira, 1976, p. 35.

#### *Sujeitos do Estágio II (nível concreto)<sup>(1)</sup>*

BAU (9;2): *Algumas se curvam mais que outras porque são mais leves (mostra a menor) e as outras são mais pesadas.* — Mostre que uma leve se dobra mais do que uma pesada (recebe uma haste curta e grossa, outra longa e fina, e uma curta e fina). (Coloca 200 g sobre a longa e fina e 200g sobre a curta e grossa, sem considerar o fato de que a haste fina que escolheu é também a mais longa). — *Tá aí.* — Mostre que a longa se dobra mais do que a curta. — (De novo

(1) INHELDER, B. e PIAGET, J. — *Op. cit.*, p. 36.

coloca 200 g sobre as duas hastes e o resultado é considerado como capaz de provar o papel do comprimento). — Se eu tirar a longa, você é capaz de comparar outra vez para saber que é a mais leve que se dobra mais? — *Sou, esta e esta* (as duas curtas, a grossa e a fina). — O que é que é mais justo: comparar essas duas ou comparar como você fez antes? — *Esta* (longa e fina, curta e grossa) — Por quê? — *Elas são mais diferentes.*

OT (9;3) começa por fazer referência ao comprimento: *A gente vê isso, porque a haste é mais comprida: pode descer melhor.* — E se colocamos duas hastes com os mesmos comprimentos (damos a ele uma fina e uma grossa)? — *Lá afunda mais porque é mais fina que a outra, que é grossa, mas aquela não.* Depois, verifica a influência do peso, e prevê, no caso de uma haste curta: *Ele não vai: a barra é muito curta e o peso é muito leve para a barra.*

Observamos pelos protocolos estudados que os sujeitos de nível concreto fazem uma leitura sistemática da experiência bruta, pois eles já classificam, seriam e fazem correspondência (operações da fase concreta). Mas essas são leituras e fatos apresentados à observação, e não provocados com o objetivo de verificar uma hipótese ou dissociar os fatores. Assim, quando o experimentador escolhe dois fatores para comparação, mantendo os outros constantes, a comparação feita pela criança parece significativa, mas quando pede para ela resolver sozinha, tudo se complica (BAU escolhe para comparar duas hastes, curta e grossa e comprida e fina, porque elas são mais diferentes).

Os sujeitos do estágio de operações concretas, sabendo ler a experiência sob a forma de correspondências diversas (comprimento  $\times$  peso, grossura  $\times$  comprimento etc.), podem construir implicitamente tabelas de duas entradas, mas não sabem interpretá-las, a não ser no caso de correspondência imediata, e não conseguem dissociar os fatores.

#### *Sujeitos do Nível III (nível formal)<sup>(2)</sup>*

Este nível se caracteriza, inicialmente, pelo aparecimento do pensamento hipotético-dedutivo e por uma busca de verificação das hipóteses.

PEY (12;9) supõe que, para que a haste seja dobrada até a água, é preciso que seja "comprida e fina". Depois de várias tentativas, conclui: *Quanto mais longa e mais grossa, mais resiste.* — Que foi que você observou? — *Esta* (de latão, quadrada, com 50 cm de comprimento, 16 mm<sup>2</sup> de corte transversal e 300 g de peso) se *dobra mais do que aquela* (de aço, sob outros aspectos, as mesmas condições que escolheu como iguais): *é um outro metal. E esta aqui* (latão, redondo) *se dobra mais do que aquela* (latão, quadrada; mes-

(2) INHELDER, B. e PIAGET, J. — Op. cit., p. 41.

mas condições de peso e de comprimento, mas 10 e 16 mm<sup>2</sup> de corte transversal). — E se você quisesse escolher uma haste que se dobrasse o mais possível? — *Eu escolheria uma redonda, fina, longa e de metal mole.*

AULE (12;10) deseja provar que uma haste longa se dobra mais do que uma curta: pega duas hastes de aço, uma redonda com 22 cm, e outra quadrada, com 50 cm, mas, percebendo que não têm a mesma forma de secção transversal, ajusta as duas com 22 cm de comprimento: *Esta (redonda) se dobra mais porque é fina (elas têm a mesma espessura, mas uma é redonda e a outra quadrada).* — Que foi que você provou? — *Acho que não provei nada. Ah! provei sim, provei que as redondas se dobram mais do que as quadradas.*

KRA (14;1) Você pode me mostrar que uma grossa se dobra menos do que uma haste fina? — (Coloca 200 g sobre a haste de aço, redonda, com 50 cm de comprimento e 16 mm<sup>2</sup> de secção transversal). — *Esta aqui (aço, fina) desce mais.* — Por quê? — *Ele é redonda, mais flexível, o aço é menos pesado, ela é redonda e mais fina.* — Bem, mas eu gostaria de uma prova rigorosa que, é por que ela é mais fina. — (Coloca 200 g sobre a haste de aço, redonda, com 50 cm e 16 mm<sup>2</sup>, e 200 g sobre a haste de aço, redonda, com 50 cm e 10 mm<sup>2</sup>). *Tá aí: esta se dobra mais porque é menos grossa.* — Muito bem. Você poderia fazer isso com outras? — *Posso (aço, quadrado, 50 cm e 16 mm<sup>2</sup>, em lugar da haste de aço, redonda e com 16 mm<sup>2</sup>; a comparação não é, portanto, mais exata).* — *Esta (fina e redonda) se dobra mais, ela é menos pesada.* — E você poderia demonstrar o papel da forma? — (Coloca 200 g sobre a haste de latão, retangular, com 50 cm e 16 mm<sup>2</sup>, e 200 g sobre a de aço, redonda, com 50 cm de comprimento e 16 mm<sup>2</sup> de secção transversal) — Por que é que esta (a de aço, redonda) se dobra mais? — *Por que é redonda.* — Somente por isso? — *A de latão é também mais pesada (espontaneamente tira a haste de aço e pega uma de latão, quadrada, com 50 cm e 16 mm<sup>2</sup>).*

DEI (16;10) Quero que você me diga inicialmente (depois de tentativas) quais são os fatores que intervêm. — *O peso, a matéria, o comprimento da haste, e talvez sua forma.* — Você pode provar isso? — (Ela compara os dois pesos de 200 g e 300 g sobre a mesma haste de aço). *Tá aí: o papel do peso está provado. Para a matéria, não sei.* — Pegue as de aço e as de latão. — *Acho que devo pegar duas hastes com a mesma forma. Então, para provar o papel do metal, eu comparo estas duas (aço e latão, quadradas, de 50 cm de comprimento e 16 mm<sup>2</sup> de secção transversal, com 300 g sobre cada uma) ou aquelas duas (aço e latão, redondas, com 50 e 22 cm e 16 mm<sup>2</sup>); para o comprimento, vou encurtar aquela (50 cm*

e reduzida a 22). *Para* (provar o papel da) *forma, comparo estas duas* (latão redonda e latão quadrada, de 50 cm cada uma, e 15 mm<sup>2</sup>). — Será que a gente poderia provar a mesma coisa com estas duas (latão, redonda e quadrada, 50 cm de comprimento e 16 e 7 mm<sup>2</sup> de secção)? — *Não, porque esta (7mm<sup>2</sup>) é bem mais fina.* — E a grossura? — *Compare estas duas* (latão, redondas, 50 cm de comprimento, com 16 e 7 mm<sup>2</sup> de secção transversal).

Vemos, então, que só por volta dos 15-16 anos (clientela de Piaget. Será a nossa igual?) os sujeitos utilizam sem erros e espontaneamente o método de separação de variáveis.

Vamos observar através dos protocolos as principais diferenças entre os dois estágios: o concreto e o formal.

A atitude de espírito dos sujeitos de nível formal é completamente diferente da de nível concreto. Estes se limitam a registrar os dados da experiência bruta, relacionam as variáveis, mas são incapazes de dissociar os fatores e, portanto, não tem sentido para eles a criação de hipóteses e de provas.

Os sujeitos de nível formal “começam a verificar os fatos, como no nível II, por meio de operações concretas de classificação e correspondência”<sup>(3)</sup>, mas não param aí, considerando essas operações como ponto de partida para novas operações. Assim, concebem “desde o início o real como um produto de diferentes fatores que se organizam segundo um conjunto de combinações possíveis”<sup>(4)</sup>.

Vemos então o aparecimento de duas condutas, para nós, professores de Ciências, muito importantes e que não tinham significado para os alunos do nível concreto: o aparecimento da hipótese (PEY) e da prova sistemática, que nada mais é do que o estabelecimento das combinações que efetivamente obedecem à experiência, permanecendo “todas as outras coisas iguais”. Em outras palavras, o “sujeito de nível II aceita tudo em confusão e o de nível III só utiliza suas descrições concretas preliminares como matéria-prima para hipóteses e provas”<sup>(5)</sup>.

### *Segunda Experiência*

Outro esquema de raciocínio muito importante para o ensino de Química é a constituição de uma combinatória. Quando ensinamos indutivamente, necessitamos que os alunos combinem entre si todas as variáveis de uma dada experiência: quando usamos a dedução, é através da combinação de elementos que separamos os fatores certos dos errados. E quando este aluno é capaz de fazer essa combinatória? A técnica usada por Inhelder

(3) INHELDER, B. e PIAGET, J. — Op. cit., p. 44.

(4) Idem, ibidem, p. 41.

(5) INHELDER, B. e PIAGET, J. — Op. Cit., p. 42.

e Piaget, com a colaboração de Noelling, para estudar o desenvolvimento do raciocínio combinatório<sup>(6)</sup> foi pedir aos sujeitos que combinassem corpos químicos. Apresentaram às crianças e aos adolescentes quatro frascos semelhantes com líquidos incolores, inodoros e perceptivamente idênticos, os quais foram numerados da seguinte forma:

- n.º 1 = ácido sulfúrico diluído
- n.º 2 = água
- n.º 3 = água oxigenada
- n.º 4 = tiosulfato
- n.º 5 = tiosulfato

e um vidro com conta-gotas denominado g, com iodeto de potássio.

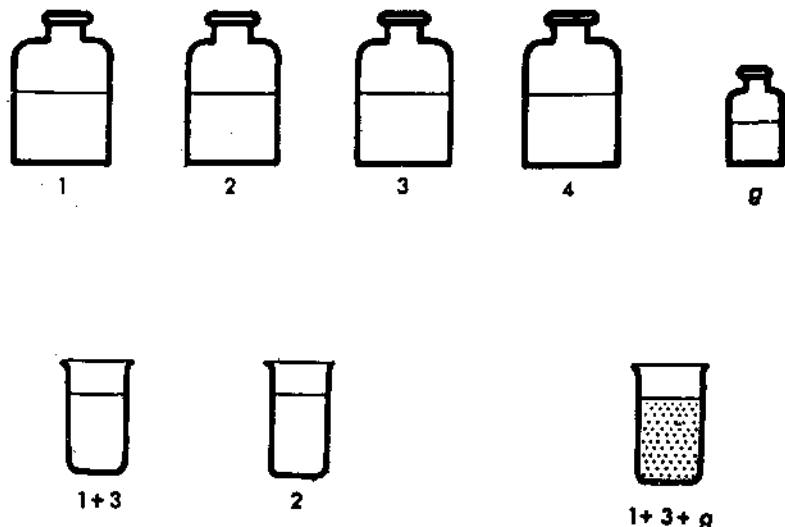


FIGURA 2 — Este diagrama mostra o Experimento I, problema das substâncias químicas coloridas e incolores. Quatro frascos semelhantes, com líquidos incolores e inodoros: 1) ácido sulfúrico diluído; 2) água; 3) água oxigenada; 4) tiosulfato. O frasco menor contém 1 + 3, o outro contém 2. Enquanto o sujeito observa, o experimentador acrescenta várias gotas de g a esses dois vidros. O líquido do vidro que contém 1 + 3 fica amarelo. O sujeito deve depois reproduzir a cor, usando todos ou qualquer um dos cinco frascos.

Fonte: INHELDER, B. e PIAGET, J. — Op. Cit., p. 82.

A mistura 1 + 3 + g dá uma cor amarela. A água (2) é neutra e sua adição não muda a cor. O tiosulfato (4) descolora a mistura (1 + 3 + g). O experimentador apresenta dois frascos ao sujeito: um com (1 + 3) e outro com (2). Diante do sujeito, ele despeja algumas gotas de g nos dois

(6) Idem, ibidem, pp. 81 a 91.

frascos, o que provoca reações diferentes. Ao sujeito é pedido que refaça a cor amarela, usando à vontade os frascos 1, 2, 3, 4 e g.

*Sujeitos do Estágio II (nível concreto)<sup>(7)</sup>*

IM (7;6) começa também com  $4 \times g$ ,  $2 \times g$ ,  $3 \times g$  e  $1 \times g$ , mas como nada acontece, acrescenta as gotas a  $3 \times g$ , depois a toda a série. Depois disso (o que é novo), mistura os quatro, mas na ordem  $3 \times 2 \times 1 \times 4$ , colocando cada vez as gotas: "Não veio. Se repartiu (há cor depois de  $3 \times 2 \times 1 \times g$ , mas não parou aí, e a cor desapareceu com 4). — Que foi que fez repartir? — É que eu coloquei muita água. (= líquido das quatro garrafas). — Vamos tirar esta garrafa (4). Recomeça. — (Refaz a mistura total, sem compreender a sugestão de exclusão). Não veio de novo porque pus demais.

CUR (8;11) procede igualmente, um a um com g: *Não tem nada. Não podemos fazer isso, a não ser que a gente coloque tudo do mesmo vidro.* Mistura os quatro sem resultado, depois acrescenta a hipótese, não que tenha colocado demais, mas que seria preciso escolher uma outra ordem: *Não tem nada. Seria preciso começar por aquela (2).* Faz isso, mas, como não domina as operações de permutações e nem de combinações, segue a ordem 2, 3, 4, 1, g e depois adota uma ordem qualquer: *Ela não vem, porque fiz ao contrário.* Depois, finalmente (sempre com a intenção de colocar os quatro), segue a ordem  $1 \times 2 \times 3 \times g$ : *Ela fica amarela! Mas logo acrescenta também (4), e precisa começar tudo de novo. Coloque o menor número de coisas. — O menor número, então são duas.*

TUR (11;6) começa com  $1 \times g$ , etc. *Isto não dá. É preciso misturar as quatro (faz isso). Isto não dá (muda várias vezes a ordem, sem acertar, e depois tenta combinações duas a duas:  $1 \times 4 \times g$ ;  $2 \times 3 \times g$ ;  $3 \times 4 \times g$  e depois  $2 \times 1 \times g$ ). Fico pensando se não existe água em todos.* Depois passa espontaneamente às combinações três a três (com g), mas sem ordem:  $3 \times 4 \times 1 \times g$ ; depois,  $2 \times 3 \times 4 \times g$ ; depois,  $1 \times 4 \times 2 \times g$ ; depois,  $3 \times 1 \times 2 \times g$ ; *Tá aí.* — Que é preciso fazer para a cor? — *Colocar o n.º 2.* — As três são necessárias? — *Uma de cada vez (com g) não dá certo. Com duas, penso que não dá: falta um líquido.* — É você tem certeza de ter tentado tudo com dois? — *Não tenho, não (tenta ainda  $2 \times 1 \times g$ , já feito, e depois  $3 \times 1 \times g$ ). — 1, é um corante, 2 impede a cor, não, não impede pois isso deu certo. O 3 tira o efeito do 2 e o 4 não tem efeito.*

(7) INHELDER, B. e PIAGET, J. — Op. Cit., p. 84.



Vamos agora analisar esta seqüência de protocolos para tirarmos algumas conclusões a respeito do raciocínio ao nível de desenvolvimento concreto.

Vemos que inicialmente os sujeitos associam cada elemento com o g e depois todos ao mesmo tempo. Nos dois primeiros protocolos, os sujeitos ainda não chegaram à idéia de construir combinações dois a dois ou três a três. Mesmo TUR, que se encontra no limite superior deste estágio e já é capaz de fazer tais combinações, ainda não consegue sistematizá-las.

Outro ponto importante a se notar é que os sujeitos não têm idéia de atribuir a cor à reunião de vários elementos, mas ela é procurada em elementos específicos.

### *Sujeitos do Estágio III (nível formal)*

SAR (12;3) Faça de novo o amarelo. — *Será que o líquido do vidro amarelo deve ser reunido com todos os quatro?* — Isso não posso dizer. — (Tenta inicialmente com  $4 \times 2 \times g$ . depois  $2 \times g \times 4 \times g$ ). *Ainda não* (procura sentir o odor dos líquidos, e depois tenta  $4 \times 1 \times g$ ). *Ainda não está amarelo. Mistério.* (Tenta os quatro, depois cada um isolado com g, depois passa espontaneamente a diversas combinações dois a dois, mas sente que esquece). *Quero escrever para me lembrar:  $1 \times 4$  está feito;  $4 \times 3$  está feito e  $2 \times 3$ . Tem vários que ainda não fiz (vê que são seis, depois junta as gotas e descobre o amarelo com  $1 \times 3 \times g$ ). Ah! está amarelado. Precisa 1, 3 e as gotas. — Onde está o amarelo? — ... — Lá dentro (g)? — Não, isso vai junto. — E (2)? — Acho que isso não faz nada, é água. — E (4)? — Isso não faz nada, é água também. Mas quero tentar mais: A gente nunca tem muita certeza (tenta  $2 \times 4 \times g$ ) Me dá um copo d'água (pega na torneira e coloca  $3 \times 1 \times \text{água} \times g$ , isto é, a combinação que lhe deu a cor, mais a água da torneira, sabendo que  $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times g$  não dá nada). Não, isso não é água. Talvez seja uma matéria que impeça que isso fique colorido (coloca  $1 \times 3 \times 2 \times g$  e depois  $1 \times 3 \times 4 \times g$ ). Ah! Aquele impede (4). — E este (2)? — Esse é água.*

CHA (13;0) *É preciso tentar todas as garrafas. A gente vai começar com a do fim (de 1 a 4, com g). Isso não dá mais. É preciso misturar (tenta  $1 \times 2 \times g$ , depois  $1 \times 3 \times g$ ). Isso dá amarelo: os líquidos de 1 a 3 quando se misturam e recebem g, dão a cor. Mas será que há outras soluções? Vamos tentar ( $1 \times 4 \times g$ ;  $2 \times 3 \times g$ ;  $2 \times 4 \times g$ ;  $3 \times 4 \times g$ ; o que, com as duas combinações precedentes, dá as seis combinações, dois a dois, com método). Isso não dá. Só dá com ( $1 \times 3 \times g$ ). — É certo. — E (2) e (4)? — 2 com 4 e com g não dão a cor conjunta. São negativas. Talvez a gente pudesse juntar (4) em ( $1 \times 3 \times g$ ) para ver se*

*anulava (faz isso). O líquido 4 anula o conjunto. É preciso ver se 2 tem a mesma influência (faz isso). Não; portanto, 2 e 4 não são semelhantes, pois sobre  $1 \times 3$ , o 4 atua e o 2 não. — Que é que existe em 2 e 4? — Em 4 é certo que tem água. Não, o contrário, em 2 é certo que tem água, pois não atua sobre os líquidos, deixa mais claros. — E se eu dissesse que 4 é água? — Se o líquido 4 é água, quando a gente o colocasse com  $(1 \times 3)$  não impediria completamente a formação do amarelo. Não é água; é alguma coisa que prejudica.”*

Podemos perceber, analisando estes protocolos, o desenvolvimento do pensamento dos adolescentes com relação à operação de combinação. Constitui-se nesse estágio, a combinatória  $n$  a  $n$ , de uma maneira sistemática. Notamos isso bem em SAR que, com medo de esquecer, faz uma lista por escrito das combinações.

Além disso, os sujeitos não se contentam apenas em achar a solução do problema, mas procuram ver se existem outras soluções. Isto indica que o interesse não é o acerto por meio de uma combinatória, mas “a compreensão do papel desempenhado por ela no conjunto das combinações possíveis”<sup>(8)</sup>. (E quantas vezes nós, professores, quem sabe premidos pelo tempo ou por ignorância, queremos que nossos alunos acertem logo e não fiquem “brincando” depois de terem resolvido a questão!)

Outro fator importante que advém do raciocínio formal, isto é, do raciocínio baseado nas combinações de fatores, é a nova concepção sobre a causa da cor. Esta não é mais procurada num ou noutro elemento, mas na união, ou seja, na combinação dos elementos.

Usando a mesma metodologia, isto é, colocando sujeitos de diversas idades em frente a problemas experimentais para a solução dos quais é necessário o uso de certos tipos de raciocínio bem determinados, Piaget e Inhelder verificaram que a noção de equilíbrio de um líquido em vasos comunicantes e o raciocínio proporcional só são elaborados e sedimentados ao nível formal.

Ao falarmos em proporções, não nos referimos ao fato de o aluno saber ou não mexer com frações. O raciocínio proporcional requer muito mais, uma vez que nele intervêm claramente os processos de compensação. Os sujeitos constroem o esquema de proporcionalidade quando compreendem, diante de duas variáveis independentes, que o crescimento de uma produz um resultado idêntico ao da diminuição da outra.

Se temos:

$$\frac{x}{y} = \frac{x'}{y'}$$

nos produtos  $xy' = x'y$ , uma modificação em  $x$  deve ser compensada em uma modificação em pelo menos um dos outros dois termos, para que a

(8) INHELDER, B. e PIAGET, J. — Op. Cit., p. 88.

igualdade se conserve. O raciocinar em termos de proporção é essencial para o ensino de Química. A grande maioria dos problemas de Química do 2.º grau está em "armar as regras de três", o que nada mais é que fazer uso dos processos de compensação entre as variáveis.

Toda vez que tentamos simplificar uma teoria tão complexa como a de Piaget, sentimos receio de nossas palavras não serem bem interpretadas, mas precisamos de limitar algumas condições que caracterizam o raciocínio formal e que estão muito relacionadas com o ensino de Ciências.

Podemos dizer que o pensamento formal é essencialmente hipotético-dedutivo, isto é, o adolescente não se refere mais à realidade percebida, mas a partir dessa realidade enuncia proposições hipotéticas e procura escolher a melhor das hipóteses. O adolescente procura, coordenando as leituras dos resultados experimentais, estruturar a realidade na qual está atuando.

Uma segunda característica do pensamento formal é o adolescente trabalhar com uma nova lógica, a das proposições. Isto significa, em termos amplos, que ele é capaz de raciocinar não apenas a partir de objetos reais, mas tendo por base enunciados verbais. Além disso, ele é capaz de exercer um raciocínio combinatório.

Outra característica do pensamento formal é o adolescente ser capaz de construir um sistema de operações de segunda potência, isto é, estabelecer relações entre relações que são, por exemplo, as proporções.

Caracterizando deste modo o nível de desenvolvimento formal, podemos agora estudar as relações entre a teoria de Piaget e o ensino de Química.

## 2 — A TEORIA PIAGETIANA E AS PESQUISAS EM ENSINO DE CIÊNCIAS

É preciso deixar bem claro a diferença entre o trabalho de Piaget e seus colaboradores e o do professor de Química em sala de aula. Piaget não foi um pedagogo e sim um epistemólogo. A pesquisa — da qual vimos dois pequenos exemplos —, que constitui o fio condutor de seu pensamento, consiste em estudar e elucidar, pela observação e experimentação, o funcionamento e o desenvolvimento do sistema cognitivo da criança, a fim de compreender melhor como o adulto (em particular o cientista) representa o real (Halbwachs, 1978). Ao contrário, o professor parte de uma ciência inteiramente construída que ele conhece, e que por sua formação é levado a atribuir-lhe um valor de verdade absoluta, e se esforça por transportar essa ciência para o espírito do jovem. Os dois procedimentos são, pois, inversos.

São, não, eram inversos, pois todos os estudos feitos por Piaget, mais todas as pesquisas baseadas em suas descobertas já focalizando em particular o ensino de cada disciplina (Matemática, Física, Química etc.), levaram-nos a ver a sala de aula e o problema da transmissão de conhecimentos sob um ponto de vista mais amplo, não tão restrito ao conteúdo

que temos de ensinar, mas levando muito em conta o processo de desenvolvimento intelectual do aluno que aprende esse conteúdo.

O "o que" ensinar, o "quando" ensinar e o "como" ensinar vêm sofrendo muita influência desse conjunto de pesquisas.

Para nos situarmos na relação: teoria de Piaget-ensino de Ciências, vamos discutir duas questões de extrema importância para o trabalho em sala de aula:

- 1.<sup>a</sup> Os modelos conceituais dos adolescentes são coerentes (compatíveis) com os modelos dos cientistas?
- 2.<sup>a</sup> Existe relação entre o aprendizado de um conteúdo e os níveis de desenvolvimento do pensamento definidos por Piaget?

2.1 — *Os modelos conceituais dos adolescentes são coerentes (compatíveis) com os modelos dos cientistas?*

Piaget mostrou através de suas investigações que a criança forma conceitos espontâneos e que estes se modificam com as mudanças estruturais de seu pensamento. Na primeira parte desta palestra, vimos como o conceito de aparecimento cor evoluía das crianças (que estavam no nível concreto), para as quais a cor era devida a uma substância em particular, aos jovens (no estágio formal), quando o aparecimento da cor já era ligado à combinação de vários elementos.

Analisando outras situações experimentais, Piaget detectou e mostrou a importância do aparecimento de vários conceitos tais como: peso específico, força de resistência e trabalho. Além destes, estudou em detalhes o desenvolvimento das noções de solubilidade, velocidade, espaço etc. O aparecimento e a evolução desses conceitos têm importância fundamental no desenvolvimento do pensamento, assim como o crescimento intelectual acarreta a formação e desenvolvimento de novos conceitos.

Mas será que todos os modelos espontâneos que se formam na mente dos adolescentes evoluem para modelos semelhantes aos dos cientistas? Será que a evolução dos conceitos é igual para todos os adolescentes? Quais serão estes conceitos espontâneos?

Em nosso grupo, em São Paulo, temos quatro pessoas estudando a formação e evolução dos modelos conceituais espontâneos. Destes quatro trabalhos, um já está terminado — é o de Sonia K. Teixeira, que estudou o modelo de visão. O problema que nós nos propusemos era entender como as crianças e os adolescentes explicam, como eles vêem objetos luminosos e iluminados. Para esse fim, montamos as seguintes situações experimentais: primeiramente mostrava-se uma brasa de palito de fósforo a cerca de 50 cm do sujeito, depois apresentava-se uma pequena lanterna a essa mesma distância e em seguida levava-se a lanterna a uma distância de alguns metros. Basicamente as perguntas feitas foram: Tem luz na brasa? Tem luz saindo da brasa? A luz que sai da brasa chega a seus olhos? Como

você sabe? Até onde ela está mandando luz? As perguntas, nas duas situações com a lanterna foram semelhantes. Para estudar o problema da visão de corpos não luminosos, escolhemos perguntas como: "Como você consegue enxergar esta borracha?" Pedimos também que o sujeito desenhasse ele vendo a borracha. Encontramos resultados bem interessantes sobre o modelo de visão que os alunos têm. O ponto que mais nos chamou atenção foi que, para grande parte dos sujeitos, a luz, quando de baixa intensidade, não ia até onde ele enxergava, mas até onde ela conseguia iluminar. Assim, para a brasa e para a lanterna, a mais ou menos 2,5 m de distância, a quase totalidade dos sujeitos admitiu que, apesar de enxergar, a luz alcançava uma distância menor do que a distância fonte-observador.

ANDREA (15;8) disse que a lanterninha mandava luz a "(...) pouca distância. Ela não consegue iluminar tudo (...) Eu acho que ela só está iluminando esse pedacinho".

Respondendo à pergunta "Tem luz saindo da brasa", temos os seguintes depoimentos que exemplificam o que queremos mostrar:

ROBERTO (11;7) (...) "ela (a luz) fica no lugar mesmo (...) Ela não se espalha. Não se manifesta (...) ela é fraca (...) Ela não sai não".

LUCIENE (11;7) ao ser questionada se sai a luz da brasa, perguntou: "Pra iluminar alguma coisa? (...) Não".

PAULO (17;8) respondeu: "Eu acho que ela não sai. Ela fica no palito mesmo. É muito pequena para sair (...) e refletir em algum lugar".

Vemos que reconheceram o efeito da luz pelo poder que ela tem de clarear. Foram poucos os sujeitos que usaram os olhos para reconhecer a luz.

FRANCISCO (18;0) disse que a luz vai "(...) até onde alguém possa enxergar (...) Se há luz, eu posso ver. Se não puder ver, não há luz".

Então, qual seria a função reservada aos olhos para aqueles sujeitos que, apesar de verem a fonte luminosa, acreditavam que a luz acabava antes de chegar a seus olhos? Para tanto, estudamos a relação entre o "ver" e "chegar luz nos olhos". Mais da metade dos sujeitos (17 em 30) foram coerentes nas três situações (lâmpada perto, lâmpada longe e brasa), afirmando que, se viam a luz era porque esta chegava aos olhos.

REINALDO (18;0) afirmou que a luz chegava aos olhos "(...) porque a luz está transmitindo (...) uma energia, e logo (...) a minha visão está captando os raios transmitidos por ela".

FERNANDA (11;5) que inicialmente negou que da brasa saía luz, mudou de idéia, usando o seguinte argumento: "*Se não estivesse saindo, eu não estaria vendo, né?*"

Entretanto, uma boa parte dos sujeitos (13 dos 30), em alguma das três situações, ou admitiu que via sem a luz atingir os olhos ou que, para ver, era preciso dirigir os olhos para o objeto. Damos abaixo dois exemplos que esclarecem o que estamos dizendo.

LUCIENE (11;7) ao ser questionada se a luz da lâmpada chegava a seus olhos, respondeu: "*Não. Chega se a gente fizer isso (aproxima a lanterna dos olhos): aí chega*".

FRANCISCO (18;0) primeiramente admitiu que saía luz da lâmpada e que esta chegava a seus olhos. Mas a seguir duvidou: "*Ou eu estou vendo?! Ela não está saindo, eu estou vendo*".

Se os alunos têm dificuldade em admitir que sai luz de objetos luminosos (quando estes são de fraca intensidade), como eles explicariam o ver um objeto não luminoso como uma borracha? Na verdade, somente dois dos trinta sujeitos entrevistados tinham um modelo de visão semelhante ao do Físico.

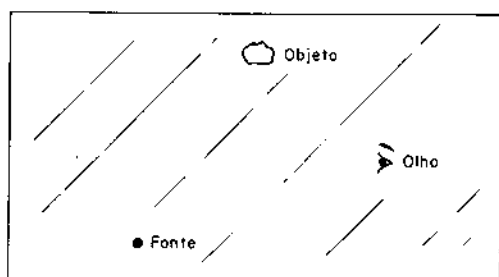
ROBERTO (15;6) "*Acho que tudo reflete um pouco de luz (. . .) Eu não estou vendo o sol para ter uma claridade desta (. . .) do sol. Então, essa claridade (da sala) seria indireta, ou seja, refletida pelas paredes (. . .) Ela (a borracha) devolveria a luz para os olhos. Não só para os olhos, para o ambiente, né? Toda volta dele*".

REINALDO (18;0) "*(. . .) Eu acho que essa energia (que o sol manda) ao bater em algum lugar, se propaga. É o caso do lápis: bate e transmite essa força à minha visão*".

Os outros sujeitos não admitiram que pudesse sair luz de um objeto não luminoso e essa luz atingir nossos olhos. Como diz Paulo (17;8), o objeto "*seria uma coisa neutra (. . .) porque a lâmpada eu enxergo no escuro (. . .) o lápis não*". A dificuldade em acreditar que da borracha saía luz foi bem explicada por Fernanda (11;5): "*Porque ela (a borracha) não clareia (. . .) ela não dá luz*". Vimos, então, que mais uma vez o critério usado para detectar a presença da luz foi o da iluminação.

A partir dos protocolos, dos quais citamos alguns exemplos, pudemos reconstruir alguns modelos que os sujeitos fazem para explicar a visão.

O mais freqüente (19 em 30 alunos) é o denominado "banho de luz", representado do seguinte modo:



Para os alunos que explicam a visão por esse modelo, o necessário, e quase suficiente, é o ambiente estar claro. Percebemos nitidamente esse raciocínio pelos seguintes protocolos:

ROBERTO (11;5) "(...) se a gente tivesse num lugar bem escuro mesmo, não ia dar pra mim ver (...) a borracha. Agora, quando a gente estamos no claro, dá pra ver".

RICARDO (18;3) disse que enxergaria o lápis "se iluminasse a sala".

ROSILDA (18;0) "enxergo este objeto porque (...) bate claridade nele (...) bate luz nele".

Se falamos que era necessário, e quase suficiente, o ambiente estar claro, é porque 15 destes sujeitos não incluíram os olhos no processo de enxergar, e aqueles que o fizeram deram aos olhos um "poder ativo", como exemplificamos a seguir.

CARLOS (11;3) "a luz que está saindo é dos meus olhos (...) porque se não fosse essa luz a gente não conseguiria ver nada, como se fosse cego".

ANDREA (15;8) "eu desenhei pra mostrar que estou olhando (...) diretamente para o giz".

MARIA DO CARMO (17;9) "(...) é para onde meu olho está dirigindo".

Concluindo esta parte do trabalho, vemos que só dois sujeitos — Roberto (15;6) e Reinaldo (18;0) — dos trinta, apresentaram um modelo de visão semelhante ao do Físico; os outros, independentemente da idade e da escolaridade, tinham um modelo espontâneo de visão bem diferente do esperado por um professor de Física (a luz da brasa acaba antes de chegar aos olhos, ver sem que seja necessário chegar luz aos olhos). Este

choque entre o modelo científico que o professor impõe e o modelo espontâneo que o aluno tem, sem às vezes ter consciência, faz com que ele "use" os dois modelos: uma para a escola, para a lição de casa e outro, para as discussões, para as explicações do dia-a-dia.

O importante no ensino é, muito antes de impor o modelo científico, respeitar os modelos espontâneos das crianças e resolver o problema da passagem de um modelo ao outro.

## 2.2 — *Existe relação entre o aprendizado de um conteúdo e os níveis de desenvolvimento do pensamento definidos por Piaget?*

A relação entre o aprendizado de um conteúdo e o nível de desenvolvimento dos alunos é o grande problema para o professor de Ciências, Física, Química ou Biologia. Temos de ensinar um conteúdo que exige um raciocínio predominantemente formal para alunos que possivelmente ainda não se encontram neste nível de desenvolvimento. Será que conseguiremos ensinar um conteúdo de Ciências para estes alunos? O quanto deste conteúdo eles conseguirão entender?

Abib (1983) fez uma experiência, numa classe de segundo ano de uma escola estadual noturna de 2.º grau, de São Paulo. Como consta do conteúdo programático do curso colegial Hidrostática, ela preparou um conjunto de aulas com uma metodologia baseada na teoria de Piaget, para ensinar a lei de flutuação dos corpos (Um corpo flutua num líquido quando sua densidade for maior do que a densidade do líquido). Durante essas aulas, os alunos eram colocados diante de uma série bem dosada de situações-problemas que eles teriam de resolver.

O material experimental estava disponível aos alunos, e o professor, durante todo o curso, discutia os pontos fundamentais ou em grupos ou com toda a classe.

É importante salientarmos que a lei de flutuação dos corpos tem um caráter formal pois implica em: 1.º) os alunos levantarem hipóteses sobre as possíveis variáveis, do corpo e do líquido, que influem no fenômeno; 2.º) os alunos testarem essas hipóteses, ou seja, usarem o raciocínio "variável um único elemento permanecendo constante as demais condições"; 3.º) elaborar o conceito de densidade que é uma proporção ( $M/V$ ) e comparar as duas densidades do corpo e do líquido.

Foi determinado, através do teste de Langeot (Langeot, 1974), o nível de desenvolvimento (formal e não formal) dos alunos e foi medido o aprendizado da lei de flutuação através de provas que continham perguntas classificadas em três níveis: conhecimento específico (memorização), compreensão e aplicação.

Foram feitas duas provas estatísticas, uma correlacionando o nível de desenvolvimento dos alunos e a aprendizagem da classe (índice de correlação de Spearman) e a prova U, onde procuramos conhecer a diferença de desempenho dos grupos.



Os resultados obtidos podem ser discutidos de uma maneira mais visual por quatro séries de gráficos em que foram relacionados, para cada grupo formal e não formal, os números de pontos obtidos na prova e os pontos quartis das distribuições dos sujeitos para os casos em estudo.

Para cada série foi elaborado três gráficos: o do pós-teste, o da retenção — a mesma prova aplicada um mês depois — e o da diferença entre os pontos obtidos na retenção e no pós-teste.

A primeira série de gráficos (Diagramas 1, 2 e 3) representa o desempenho dos grupos no total da prova.

Através desses gráficos podemos notar que existe uma diferença entre esses dois grupos (significativa ao nível de 0,05) já no pós-teste e que essa diferença se acentua na retenção, isto é, quando reaplicamos a mesma prova um mês depois. É importante entendermos bem o terceiro gráfico. Ele representa realmente o ganho ou a perda de conhecimento no decorrer do tempo. Para o grupo formal, podemos dizer que 75% dos sujeitos apresentaram melhores resultados na retenção do que no pós-teste ou no mínimo manteve a mesma situação. Para o grupo não formal, mais de 50% dos sujeitos sofreram uma perda, isto é, apresentaram resultados na retenção inferiores ao dos pós-testes.

Estes resultados nos levam a discutir dois problemas: a diferença da memória nos grupos e o aprendizado durante uma prova para o grupo de alunos formais.

A segunda série de gráficos (Diagramas 4, 5 e 6) já nos mostra o desempenho dos grupos na categoria de conhecimento específico ou memorização.

Não houve diferença significativa entre os grupos em nenhum dos três gráficos. Vemos que a nível de conhecimento específico, no pré-teste, as duas curvas quase se coincidem e elas diferenciam-se um pouco na retenção pelos fatores já discutidos, mas essa diferença não se torna significativa.

A terceira série de gráficos (Diagramas 7, 8 e 9) representam os resultados dos grupos na categoria de compreensão.

Aqui a diferença entre os grupos já é significativa ao nível de 0,05, tanto no pós-teste quanto na retenção.

No Diagrama 7, observamos um ponto importante: para os alunos formais, o valor do 1.º quartil (64 pontos) é maior que o valor do 3.º quartil (59 pontos), para o grupo dos alunos do nível não formal, e essa disparidade ainda aumenta na prova de retenção.

A quarta série de gráficos (Diagramas 10, 11 e 12) representam os pontos quartis para os resultados dos grupos na categoria de aplicação.

Para essa série de gráficos, as diferenças foram significativas ao nível de 0,01, para a retenção e a diferença entre retenção e pós-teste. Para o pós-teste, apesar das curvas apresentarem um distanciamento, os dois grupos não apresentaram um bom rendimento — 50% dos sujeitos do grupo formal obtiveram até 29, enquanto que 50% dos sujeitos do grupo não formal obtiveram até 17 pontos. É muito interessante ver o crescimento dos alunos

Diagrama 1: Pontos quartis referentes aos resultados dos grupos no pós-teste

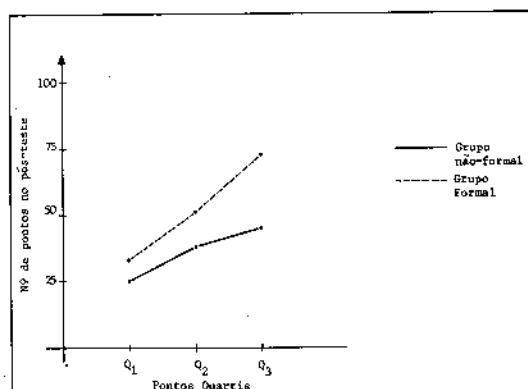


Diagrama 2: Pontos quartis referentes aos resultados dos grupos na prova de retenção

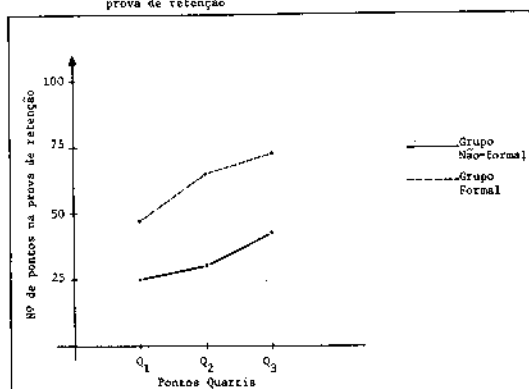
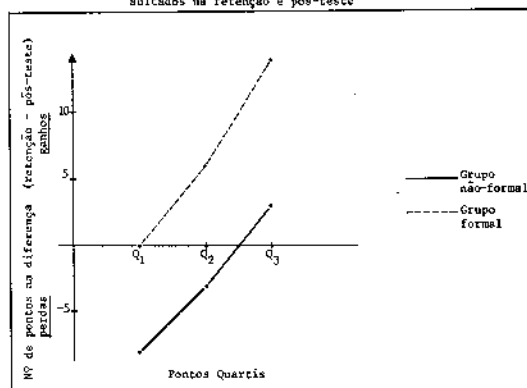
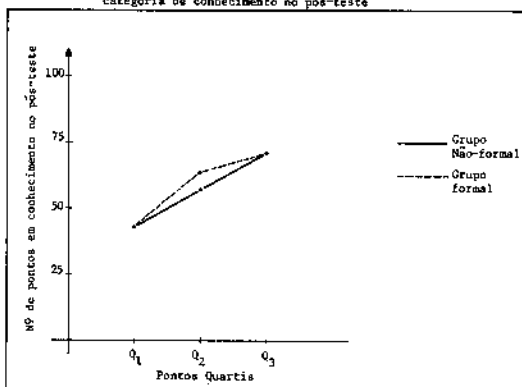


Diagrama 3: Pontos quartis referentes à diferença entre os resultados na retenção e pós-teste

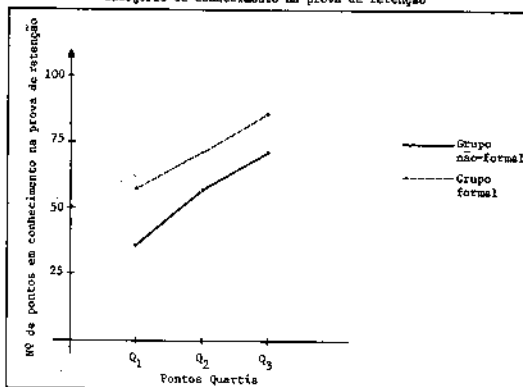


FONTE: ABIB, Maria Lúcia V. S. — *A Interferência do Nível de Desenvolvimento Cognitivo na Aprendizagem de um Conteúdo de Física*. Dissertação de Mestrado, IF/FEUSP, 1983.

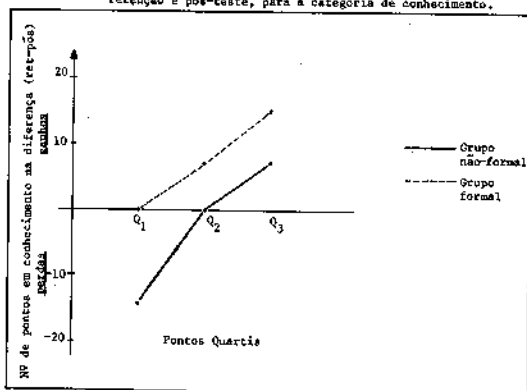
**Diagrama 4:** Pontos quartis referentes aos resultados dos grupos na categoria de conhecimento no pós-teste



**Diagrama 5:** Pontos quartis referentes aos resultados dos grupos na categoria de conhecimento na prova de retenção



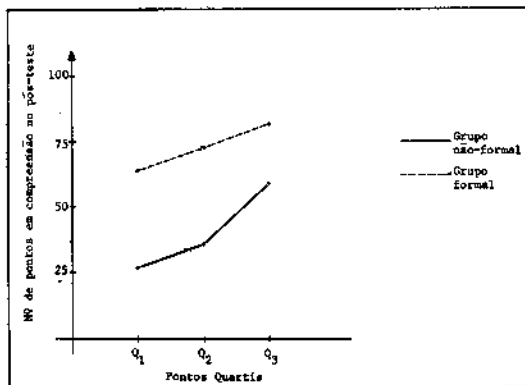
**Diagrama 6:** Pontos quartis referentes à diferença entre os resultados na retenção e pós-teste, para a categoria de conhecimento.



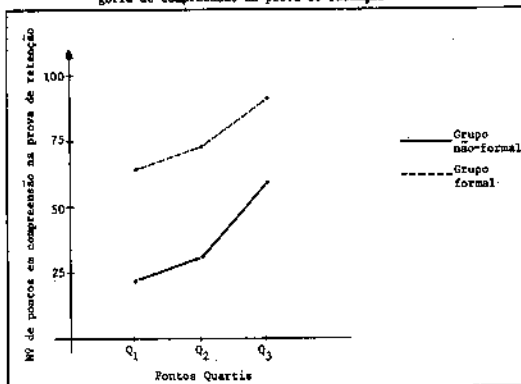
FONTE: ABIB, Maria Lúcia V. S. — Op. Cit.

R. Fac. Educ., 9(1/2):55-77, 1983

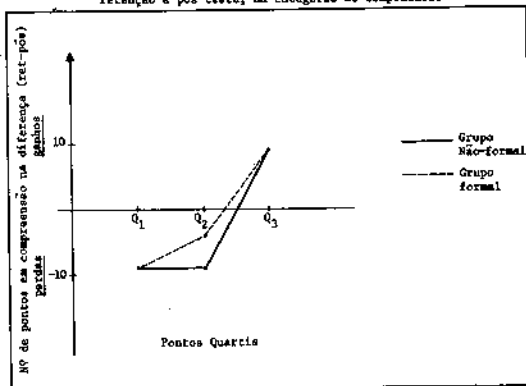
**Diagrama 7:** Pontos quartis referentes aos resultados dos grupos na categoria de compreensão no pós-teste



**Diagrama 8:** Pontos quartis referentes aos resultados dos grupos na categoria de compreensão na prova de retenção



**Diagrama 9:** Pontos quartis referentes à diferença entre os resultados na retenção e pós-teste, na categoria de compreensão



FONTE: ABIB, Maria Lúcia V. S. — Op. Cit.

Diagrama 10: Pontos quartis referentes aos resultados dos grupos na categoria de aplicação no pós-teste

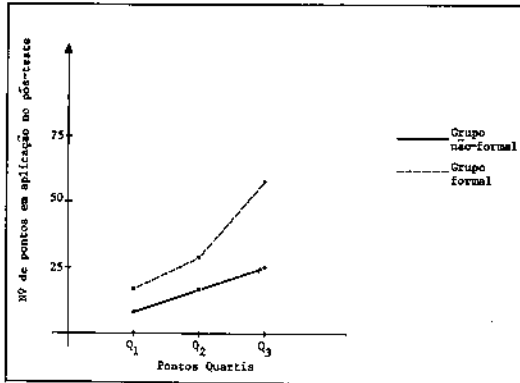


Diagrama 11: Pontos quartis referentes aos resultados dos grupos na categoria de aplicação na prova de retenção

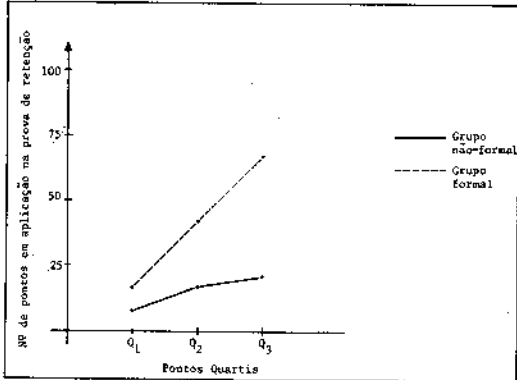
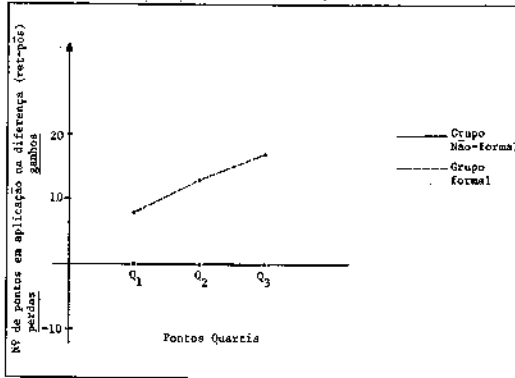


Diagrama 12: Pontos quartis referentes à diferença entre os resultados na retenção e pós-teste, em aplicação



FONTE: ABIB, Maria Lúcia V. S. — Op. Cit.

quando da retenção e comparar as duas curvas no Diagrama 12. Os alunos do grupo formal, um mês depois, mês de férias, conseguiram resolver problemas de aplicação de conhecimentos que um mês antes não tinham conseguido. Será que eles pensaram no assunto, discutiram com alguém, "dormiram sobre o problema" e conseguiram resolvê-los?

A diferença entre essas três últimas séries de gráficos, conhecimento específico de um lado e compreensão e aplicação de outro, tem um valor e uma importância muito grande para o ensino.

De um lado, mais pesquisas devem ser feitas para checar esses resultados, mas se elas forem válidas, nós, professores de Ciências, que trabalhamos com conteúdos que necessitam do raciocínio formal para a sua aprendizagem, precisamos distinguir bem o entre ensinar e a avaliação deste ensino.

Não podemos nos limitar a ensinar só ao nível de conhecimento específico, pois não estaríamos dando chance para nossos alunos se desenvolverem quer intelectualmente quer mesmo dentro de nosso próprio conteúdo, além disso estaríamos nivelando por baixo não dando oportunidade para nossos alunos formais compreenderem, aplicarem, enfim, "entenderem", no sentido mais amplo da palavra, aquilo que pretendemos ensinar.

De outro lado, quando nós avaliamos uma classe, temos de estar conscientes das limitações desses alunos. Não podemos reprovar pessoas só porque elas ainda não são capazes de raciocinar formalmente. O objetivo primordial da educação é o desenvolvimento do indivíduo e quem sabe, nós, professores de Química, Física, Biologia, temos mais condições de apresentar situações que estimulem o aparecimento de raciocínio formal em nossos adolescentes, do que as demais disciplinas. É possível que, além de ensinarmos Química, estejamos dando oportunidade a eles para que se desenvolvam intelectualmente.

#### BIBLIOGRAFIA

- ABIB, Maria Lúcia V. S. — *A Interferência do Nível de Desenvolvimento Cognitivo na Aprendizagem de um Conteúdo de Física*. Dissertação de Mestrado. IF/FEUSP, 1983.
- GOOD, R.; KROMHOUT, R. e MELLAN, E. K. — Piaget's Work and Chemical Education. In *Journal of Chemical Education*, Vol. 56, n.º 7, July, 1979, pp. 426-430.
- GOODSTEIN, M. M. e HOWE, A. — Aplicação da Teoria de Piaget ao Curso Introdutório de Química. In *Journal of Chemical Education*, Vol. 55, n.º 3, March, 1978.
- HALBWACHS, F. — Sur l'impact potentiel de la pensée de Piaget sur l'enseignement de la physique. In *Europhysics Education News*, n.º 6, September, 1978.
- R. Fac. Educ., 9(1/2):55-77, 1983

- HEVRON, J. D. — Piaget for Chemists. In *Journal of Chemical Education*, Vol. 52, n.º 3, march, 1975, pp. 146-150.
- — Piaget in the Classroom. In *Journal of Chemical Education*, Vol. 55, march, 1978, p. 165.
- INHELDER, B. e PIAGET, J. — *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente, ensaio sobre a construção das estruturas operatórias formais*. São Paulo, Pioneira, 1976.
- LANGÉOT, F. — *L'Echelle de Développement de la Pensée Logique: Manuel d'Instruction*. Issy-les-Moulineaux, Éditions Scientifique et psychotechniques, 1974.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. — *A Conservação das Quantidades Físicas nas Crianças*. São Paulo, Zahar, 1971.
- — *Le Representation de l'Espace chez l'Enfant*.
- PIAGET, J. — *Les motions de Mouvement et de Vitesse chez l'Enfant*.
- TEIXEIRA, Sonia K. — *Estudos das noções espontâneas acerca de fenômenos relativos à luz em alunos de 11-18 anos*. Dissertação de mestrado. IF/FEUSP, 1982.